

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

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de
Magister en Architecture
Option : Architecture et développement durable.

Présenté par :

M^r Chabi Mohammed

SUR LE THEME :

**ETUDE BIOCLIMATIQUE DU LOGEMENT SOCIAL-PARTICIPATIF DE
LA VALLEE DU M'ZAB : CAS DU KSAR DE TAFILELT.**

Devant le jury composé de :

M. Kaci Salah	Professeur,	U.M.M.T.O.	Président
M. Dahli Mohamed	Maître de Conférences,	U.M.M.T.O	Rapporteur
M. Chenak Abdelkrim	Chargé de recherche,	C.D.E.R. Alger	Examineur
M. Atek Samir	Chargé de recherche,	U.M.M.T.O	Examineur

Soutenu le : 27/06/ 2009.

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche pour l'obtention du diplôme de Magister, dirigé par Monsieur Dahli Mohamed, Maître de Conférences, a été mené au Département d'Architecture de la Faculté du Génie de la Construction de l'Université M. Mammeri de Tizi-Ouzou.

Je remercie en premier lieu mon Directeur de mémoire Mr Dahli Mohamed, pour sa disponibilité et son aide tout au long de la préparation de ce travail de recherche.

Je remercie également Messieurs Moussa Amara et Hadj Ahmed Nouh, initiateurs et gestionnaires du projet du ksar de Tafilelt pour leur aide précieuse dans la réalisation des mesures hygrothermiques et de l'enquête menée sur site pendant la période de juillet 2008.

Mes remerciements vont également à M^r Toubal Ramdane, aux responsables de la bibliothèque de notre département, de la bibliothèque centrale de l'université et celle de l'E.N.S.A. (ex E.P.A.U) ainsi que les chercheurs de la division thermique du C.D.E.R, particulièrement Mr Chenak Abdelkrim, qui m'ont facilité la tâche dans mes recherches bibliographiques.

A tous mes collègues du département d'Architecture, qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail de recherche, qu'ils trouvent toute ma gratitude.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté de porter leur apport. Je remercie Mr Kaci Salah d'avoir accepté la présidence du jury, Mr Atek Samir et Mr Chenak Abdelkrim d'avoir accepté à leur tour d'examiner le travail de recherche du présent mémoire. J'espère que leurs remarques, critiques, orientations et conseils me seront très utiles pour une continuité dans le processus de ma formation.

Remerciements	i
Sommaire	ii
Résumé	ix
Abstract	x
ملخص	xi

TABLE DES MATIERES Pages

Chapitre Introductif

1.	Introduction	01
2.	Problématique générale	06
3.	Problématique spécifique	07
4.	Hypothèses	08
5.	Objectifs	08
6.	Méthodologie et contenu des chapitres	09

PREMIERE PARTIE : CORPUS THEORIQUE

Chapitre 1 Politiques, stratégies et typologies du Logement en Algérie

1.1. Politiques et stratégies	12
Introduction	12
1.1.1. Evolution des politiques et des stratégies de l'habitat	14
1.1.1.1. Avant l'indépendance	14
1.1.1.2. Après l'indépendance	15
1.1.2. Exemple de politique de l'habitat : Cas de la France	35
Introduction	35
1.1.2.1. Problématique	35
1.1.2.2. Les causes de recherche du confort	36
1.1.2.3. Les propositions	37

1.2. Typologies de d'habitat en Algérie	41
Introduction	41
1.2.1. Les différentes typologies	42
1.2.1.1. L'habitat traditionnel	42
1.2.1.2. L'habitat colonial	44
1.2.1.3. L'habitat après l'indépendance	45
Conclusion	48

Chapitre 2 Le développement durable

Introduction	53
2.1. Généralités sur le développement durable	54
2.1.1. Les origines	54
2.1.2. Les définitions	57
2.1.3. Vers une définition commune	60
2.1.4. Les principes	61
2.1.5. Les Enjeux	61
2.1.5.1. La dégradation des milieux naturels	62
2.1.5.2. L'effet de serre	62
2.1.5.3. La pérennité du développement	64
2.1.5.4. Les agendas 21	65
2.1.5.5. Les engagements de Kyoto	65
2.1.6. Les dates marquantes du développement durable	66
2.1.7. Le développement durable aujourd'hui	66
2.2. Le développement durable en Algérie	67
Introduction	67
2.2.1. Sur la voie du développement durable	68
2.2.2. Les villes du sud dans la vision du développement durable	69
2.2.2.1. Cas de la vallée du M'Zab	70
Conclusion	71

Chapitre 3 Les contributions au développement durable

3.1. L'architecture bioclimatique	73
Introduction	73
3.1.1. Problématique	75
3.1.2. Définition de l'architecture bioclimatique	76
3.1.3. Evolution de la pratique bioclimatique	77
3.1.3.1. L'architecture vernaculaire	78
3.1.3.2. L'architecture antique	87
3.1.3.3. L'architecture musulmane	88
3.1.3.4. L'architecture moderne	95
3.1.3.5. L'architecture solaire	98
3.1.3.6. L'architecture bioclimatique	99
3.1.3.7. Labellisation de l'architecture bioclimatique	100
3.1.4. Les systèmes et principes bioclimatiques	105
Introduction	105
3.1.4.1. Les notions de base	107
3.1.4.1.1. Les échanges thermiques	107
3.1.4.1.2. Le stockage de la chaleur	110
3.1.4.2. Le chauffage solaire passif	111
3.1.4.3. Le refroidissement naturel	113
3.1.4.4. Les systèmes à gain direct	120
3.1.4.5. Les Systèmes à gain indirect	120
3.2. L'urbanisme durable	122
Introduction	122
3.2.1. Définition	124
3.2.2. Problématique	125
3.2.3. Les Concepts de la ville durable	125
3.2.4. Théorisation de l'urbanisme durable	127
3.2.5. Les approche de l'urbanisme durable	129
3.2.6. Exemple de ville durable	130
Conclusion	132

Chapitre 4 La conception bioclimatique dans l'approche du confort thermique

4.1. Le confort thermique	134
Introduction	134
4.1.1. Définition	135
4.1.2. Les échanges thermiques	135
4.1.2.1. La conduction	136
4.1.2.2. La convection	136
4.1.2.3. Le changement de phase	137
4.1.2.4. Le rayonnement	137
4.1.3. Les paramètres affectant le confort thermique	139
4.1.3.1. Les paramètres de l'ambiance thermique	139
4.1.3.2. Les paramètres individuels	141
4.1.3.3. Les paramètres liés au cadre bâti	142
4.1.4. Evaluation du confort thermique	143
4.2. La conception bioclimatique	144
Introduction	144
4.2.1. Les options d'ensemble	145
4.2.1.1. La localisation	145
4.2.1.2. L'orientation	146
4.2.1.3. La forme	150
4.2.1.4. L'organisation intérieure	151
4.2.2. Les options de détail	153
4.2.2.1. Les protections solaires	153
Introduction	153
4.2.2.1.1. Evolution des pratiques de contrôle de l'ensoleillement	154
4.2.2.1.2. Les différents types de protection solaires	156
4.2.2.2. La ventilation naturelle	161
4.2.2.3. L'isolation thermique de l'enveloppe	163
4.2.2.4. L'inertie thermique du bâtiment	170

4.3. Etat de l'art en conception bioclimatique dans les milieux à climats chauds et secs (désertique)	174
4.3.1. Considérations générales	174
4.3.2. Les principales recherches	175
4.3.2.1. Givoni B.	175
4.3.2.2. Konya A.	177
4.3.2.3. Chatelet A.	178
4.3.3. La recherche bioclimatique en Algérie	180
4.3.3.1. Le village solaire intégré	181
4.3.3.2. L'habitation rurale du C.N.E.R.I.B	182
4.4. Les outils d'évaluation bioclimatique	183
Introduction	183
4.4.1. Le diagramme solaire	184
4.3.2. Le diagramme bioclimatique	186
Conclusion	189

DEUXIEME PARTIE : CAS D'ETUDE

Chapitre 5. Présentation du cas d'étude et sa région

5.1. Présentation de la vallée du M'Zab	190
5.1.1. Données géographiques	190
5.1.2. Données historiques	192
5.1.2.1. Histoire du kharidjisme.	194
5.1.2.2. L'Ibadisme.	195
5.1.3. Données urbaines.	196
5.1.3.1. Principes généraux.	196
• L'échelle urbaine.	197
• L'échelle architecturale.	198
• L'échelle constructive.	201
• Synthèse	204

5.1.3.2. Les ksour de la vallée du M’Zab	207
5.1.3.2.1. El Attef	207
5.1.3.2.2. Bounoura	208
5.1.3.2.3. Ghardaïa	209
5.1.3.2.4. Melika	210
5.1.3.2.5. Béni-Isguen	210
5.1.4. Données climatiques	211
5.1.4.1. Données climatiques de l’Algérie	211
5.1.4.2. Données climatiques de la vallée du M’Zab	214
5.1.4.3. Synthèse des données climatiques	223
5.1.5. Données de l’habitat	223
5.2. Présentation du Ksar de Tafilelt	225
5.2.1. Présentation	225
5.2.2. Fiche technique du projet	227
5.2.3. Approche conceptuelle	227
5.2.4. Les impacts du projet de Tafilelt	230
Chapitre 6. Etude bioclimatique du Ksar de Tafilelt	
Introduction	231
6.1. Etude à l’échelle urbaine	232
6.1.1. La compacité	232
6.1.2. L’ensoleillement	234
6.1.3. La ventilation	237
6.2. Etude à l’échelle architecturale	238
Introduction	238
6.2.1. Description de la maison étudiée	239
6.2.2. Aspects géométriques, dimensionnels et topologiques	243
6.2.3. Aspects bioclimatiques	244
Introduction	244
6.2.3.1. Indications conceptuelles et constructives selon le diagramme bioclimatique de Givoni.	244
6.2.3.2. La forme	247

6.2.3.3. L'implantation et l'orientation	248
6.2.3.4. L'organisation spatiale	250
6.2.3.5. La cour	252
6.2.3.6. Les matériaux de construction	254
6.2.3.7. Les ouvertures	258
6.2.3.8. Comparaison entre la maison de Tafilelt et la maison traditionnelle	259
6.2.4. Analyse et interprétation des résultats de l'enquête	261
Conclusion	267
Conclusion générale.	270
Liste des figures, tableaux, photos et planches	275
Bibliographie	280
Annexes	299

Résumé :

La crise du logement en Algérie s'est accrue jusqu'au début des années 2000, mais avec l'apparition de nouveaux programmes, mis en place par l'Etat en complément à la formule du logement social locatif, notamment, la location vente (AADL), le social participatif, le promotionnel et l'aide à l'auto construction, la tension s'est un peu abaissée. L'expérience de la vallée du M'Zab dans le programme du logement social participatif reste une référence. En effet dès 1996 des associations comme "*Amidoul*" à Beni-Isguen, ont commencé à s'activer dans cette nouvelle tendance du logement social participatif, où des projets ont été lancés dans le souci de répondre aux besoins de la population locale, dans le domaine. Parmi ces projets, le Ksar de Tafilelt composé de 870 logements individuels étant très particulier, il a vu le jour en 1997 et achevé en 2006. Notre intérêt pour ce projet est fondé sur sa particularité en terme d'impacts sur divers plans : sociaux, écologiques, patrimoniaux, économiques et techniques. Pour être plus précis, le projet du ksar de Tafilelt s'inscrit parfaitement dans le cadre d'un développement durable, en s'inspirant de l'existant (ancien) pour bâtir le présent et garantir le futur.

L'objectif de notre présent travail est de procéder à une étude (thermique) bioclimatique de cet habitat et d'élaborer des recommandations toujours liées au bioclimatisme dans le cas d'une nécessité.

Mots-clés : M'Zab, Tafilelt, écologie, économie, développement durable, confort thermique, bioclimatisme.

Abstract:

The housing crisis in Algeria has increased until the early of 2000s, but with the emergence of new programs implemented by the Algerian state, in addition to the formula of public rental housing, including rent for sale (AADL), social participation, and promotional assistance to self construction, the voltage was lowered a bit. The experience of the M'Zab valley in the participatory social housing remains a benchmark. In effect since 1996 associations as "*Amidoul*" in Beni-Isguen, began to become active in this new trend of participatory social housing, where projects have been launched in order to meet the needs of the local population, in the field. Among these projects, the Ksar of Tafilelt composed of 870 individual dwellings being very particular. The construction of the Ksar was started in 1997 and completed in 2006. Our interest in this project is based on its specificity in terms of impacts on various levels: social, ecological, heritage, economic and technical. To be more precise, the project of the Tafilelt's ksar fits perfectly in the context of sustainable development, drawing on the existing (old) to build the present and secure future.

The aim of our present work is to conduct a study (thermal) of bioclimatic habitat and develop recommendations related to bioclimatisme always in the case of a necessity;

Keywords: M'Zab, Tafilelt, ecology, economics, sustainable development, thermal comfort, bioclimatisme.

ملخص :

إن أزمة السكن في الجزائر في زيادة ملحوظة حتى أوائل 2000, لكن بعد ظهور برامج جديدة بالإضافة إلى صيغة السكن بالا جار , بما في ذلك سكن البيع بالا جار المنجز من طرف عدل(AADL) السكن التساهمي و السكن الذاتي بمساعدة الدولة , انخفضت بالمقارنة مع السنوات الماضية.

تجربة وادي المزاب في المشاركة على انجاز برنامج هام من السكن التساهمي قد تكون مرجعية في المجال العمراني . حيث قامت جمعية " اميدول" المقررة ببني يزقن بالتنشيط في هذا الاتجاه الجديد من انجاز سكنا تساهميا لتلبية حاجيات سكان المحليين يسمى هذا المشروع بقصر تافيلالت الذي يحتوي على 870 مسكن . أنجز من 1997 إلى غاية 2006.

أهمية هذا المشروع يرجع إلى تأثيره الجيد على مختلف مستويات منها الاجتماعية , البيئة و التراث على الصعيدين الاقتصادي و التقني لمزيد من الدقة. فلهدا يناسب المشروع تماما في سياق التنمية المستدامة , استنادا إلى قيم الماضي لبناء الحاضر و لمستقبل امن.

الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة قصر تافيلالت تتعلق بتلاؤمه مع المناخ ووضع توصيات تتعلق بالراحة الحرارية والحيوي المناخي في حالة الضرورة .

كلمات المفتاح : تافيلالت , البيئة , الاقتصاد, التنمية المستدامة, الراحة الحرارية, الحيوي المناخي.

CHAPITRE INTRODUCTIF

1. Introduction

L'architecture à la fin du millénaire passé, tend à devenir un champ d'application exagéré de la technologie au détriment d'autres valeurs complémentaires, pour la satisfaction de nos besoins en matière de confort. Cette architecture, négligeant les cultures et les modes d'habiter des populations, le climat et le comportement des matériaux de construction dans les échanges thermiques, entraîne souvent de l'inconfort, des transformations structurelles et un gaspillage considérable en énergie, tant pour le chauffage en hiver que pour la climatisation en été notamment dans le logement, si bien qu'on pourrait chauffer des villes entières avec les pertes de chaleurs de ces bâtiments¹.

En effet, les attentes liées aujourd'hui au logement dépassent très largement les frontières sémantiques usuelles où, "habiter" devient désormais beaucoup plus que se "loger". Ce déplacement des exigences, allié à la recherche d'économies d'énergies, amène les concepteurs à penser différemment l'habitat, énergétivore, gros émetteur de gaz à effet de serre et générateur de déchets durant tout son cycle de vie, pour offrir davantage de bien-être et limiter le gaspillage énergétique. C'est un sujet désormais incontournable pour l'ensemble des acteurs de la filière de l'acte de bâtir qui tentent de développer des approches en conformité avec les attentes du développement durable².

Trois défis sont alors à relever simultanément, à travers : la quantité, l'économie de ressources et l'exigence accrue de confort et de sécurité. Une équation à trois dimensions, qui nous rappelle les volets du développement durable défini dans le rapport Brundtland des Nations Unis (1987) et popularisé lors du sommet de la terre de Rio (Brésil) en 1992, où plusieurs termes relatifs à la société, l'économie, l'écologie et plus tard le culturel sont apparus dans la littérature tant profane que spécialisée, notamment :

- L'équité sociale ;
- Le développement économique et sa disparité mondiale ;
- Les ressources énergétiques et leur pérennité face au devenir de l'environnement ;
- La culture comme spécificité à préserver et à transmettre aux générations futures.

¹ Comité permanent "climatologie et architecture" (1980) « Connaissances fondamentales de climatologie en architecture et urbanisme » Editions de la Fédération Internationale pour l'Habitation, l'Urbanisme et l'Aménagement des Territoires (F.I.H.U.A.T), Luxembourg.

² Wallez, P. (2006) « Développement durable et logement social » in revue " Pensée plurielle" n° 12, Editions De Boeck, Belgique.

L'intégration de ce concept à l'architecture se traduit par des notions de durabilité et de confort, basées sur :

- L'économie des ressources naturelles (eau, énergie et matières premières) en ayant recours aux moyens passifs de chauffage, de refroidissement et d'éclairage naturel ;
- L'intégration de la dimension humaine et sociale ;
- Le cycle de vie du bâtiment, depuis l'extraction des matériaux nécessaires à sa construction jusqu'à sa destruction en fin de vie.

Sur le plan énergétique, la préoccupation environnementale, dans les débats récents sur le réchauffement climatique et l'effet de serre, met en avant le rôle négatif du secteur de la construction tant par sa forte consommation d'énergie que par ses rejets de CO₂. Il s'avère alors nécessaire que toutes les parties concernées doivent contribuer chacune à son niveau pour mettre en œuvre une stratégie énergétique appropriée³. Dès lors, la prise en compte du développement durable dans la construction est considérée comme une priorité à traduire sous deux angles⁴ :

- *Comment maintenir le niveau de performance de chacune des fonctions d'usage dans le temps ? ;*
- *Comment choisir une stratégie d'action pour le faire avec le meilleur rendement dans l'utilisation des ressources ?*

Face à cette problématique, un nombre important d'architectes, essentiellement en Europe, plaide en faveur d'un retour à des modes passifs de conception qui relèvent de l'architecture climatique ou bioclimatique et de la maîtrise de l'énergie, comme contribution au développement durable, par⁵ :

- La qualité des ambiances intérieures et des relations entre le bâtiment et son proche environnement ;
- La moindre consommation d'énergie.

Ses principes simples se présentant aujourd'hui comme nouveauté voir originaux sont en

³ Chitour C. E. et al (2003) « Pour une stratégie énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030) in Bulletin des énergies renouvelable n° 3 du C.D.E.R (Centre des Energies Renouvelables) de Bouzaréah, Alger.

⁴ Gobin C. (2003) « Le développement durable et BTP » in revue n°C 3 057 de GTM Construction, France.

⁵ Lavigne P. et al (1994) « Architecture climatique, une contribution au développement durable » Tome 1 : Bases physiques, Editions EDISUD, Aix-en-Provence, France.

fait très anciens, une lecture rétrospective révèle l'existence de nombreux exemples d'architecture traditionnelle comme les ksour de la vallée du M'zab qui attestent de la nécessité de construire avec le climat pour que confort, homme et habitat soient abordés ensemble.

D'ailleurs, jusqu'à l'effondrement des frontières culturelles, survenu au XIX^{ème} siècle, on rencontrait sur toute la terre des formes et détails architecturaux locaux, et les constructions de chaque région étaient le fruit merveilleux de l'heureuse alliance de l'imagination du peuple et des exigences du paysage⁶. Cette architecture est la synthèse d'une accumulation d'expérience et d'un savoir faire transmis par la tradition qui est la symbiose de l'habitant constructeur avec son environnement.

Les lectures des publications des années soixante dix et des publications plus récentes montrent l'évolution du domaine bioclimatique en recherche. Depuis les constructions vernaculaires, aux maisons solaires, qui ont suivi le premier choc pétrolier utilisant activement le climat extérieur pour la régulation du climat intérieur sans chauffage ni ventilation, jusqu'aux maisons passives d'aujourd'hui, il y a 30 ans d'expériences et de perfectionnement des outils de conception et de construction. Si les premières réalisations répondaient au souci de réduire les consommations d'énergies, celles d'aujourd'hui s'inscrivent dans le contexte plus large du développement durable.

Dans l'approche bioclimatique, l'architecture est l'enveloppe de l'espace de vie de l'être humain, les parois sont l'interface du corps humain et du climat qui a toujours joué un rôle déterminant dans la définition de la forme du bâti, il intervient aux côtés d'autres facteurs aussi importants tel que le social, le culturel, et l'économique. Le rôle de l'architecte et du thermicien est de pouvoir concilier entre les exigences de l'homme et son environnement. Ceci doit passer par une étude climatique globale de la région d'implantation du projet⁷.

L'approche bioclimatique assure une adaptation de la construction aux besoins physiologiques de l'habitant. Elle est la recherche d'une maîtrise des ambiances intérieures par l'adaptation au climat. Cette maîtrise est rendue possible par des approches complémentaires : la compréhension des besoins physiologiques, la maîtrise des flux de

⁶ Shearer, W. (1986) « Natural energy and vernacular architecture principles and examples with reference to hot arid climates » Editions the university of Chicago press. U.S.A.

⁷ Nezzar, S. et Gourdache, M. (1999) « Etude des performances énergétiques d'une conception bioclimatique en région aride » article publié par la World Energy Council, Angleterre.

chaleur et de l'hygrométrie entre l'intérieur et l'extérieur et l'utilisation des données du climat.

L'approche bioclimatique est complexe par la diversité des données qui la composent et par l'incidence sociale des espaces créés. Aussi chaque acteur doit-il évoluer dans ses pratiques, le concepteur dans ses outils de conception pour la prise en compte du site et des constructions passives, le maître d'ouvrage dans les moyens qu'il met en œuvre (règlement d'urbanisme, prise en compte du coût global) et les entreprises pour l'optimisation des techniques. Les utilisateurs en seront les principaux bénéficiaires grâce à un meilleur confort, de besoins énergétiques réduits mais aussi une plus grande convivialité. En effet, l'approche bioclimatique est complémentaire d'une approche sociale où chacun doit pouvoir bénéficier d'une qualité de vie égale, qualité qui passe par la conception d'un logement sain, confortable, économe et accessible à tous.

En Algérie, les mutations profondes de la société des ces dernières décennies ont entraîné des mutations dans le domaine de l'architecture, si bien que sa pratique a connu une disparition quasi-totale du bâtisseur traditionnel⁸ délaissant de fait les solutions architecturales et urbaines mises en œuvre pour se protéger des aléas climatiques, au profit de celles dites modernes incompatibles avec le climat local. Les nouveaux modèles architecturaux ainsi produits qu'on appelle « constructions modernes » reflètent un caractère universelle de l'architecture, surtout dans la production du logement social (locatif ou participatif), que nous soyons au Nord, à l'Est, à l'ouest ou au Sud, la même architecture s'offre à nos yeux avec souvent un caractère d'inachevé. L'orientation et l'implantation de la construction se libèrent des données du site et les matériaux sont souvent en contradiction avec les exigences du milieu naturel, créant ainsi de l'inconfort et un déséquilibre entre l'élément construit et l'environnement ambiant. Pour pallier à ce problème d'inconfort, un recours systématique s'opère vers le chauffage et la climatisation moyennant des dépenses supplémentaires. Malheureusement, dans les logements sociaux, compte tenu des faibles revenus de leurs occupants, le chauffage et la climatisation sont un luxe, ce qui contraint les habitants de vivre dans de mauvaises conditions de surchauffe ou de froid. Dans les climats chauds, il est possible néanmoins de remédier à ces problèmes par des dispositions architecturales passives adéquates ainsi qu'un bon choix de matériaux ou tout simplement l'application réfléchie des principes de l'architecture bioclimatique.

⁸ Chevalier, D. (1979) « L'espace social de la ville arabe » Editions Maisonneuve, Paris.

Le développement des villes du sud Algérien, a été fait à l'instar des villes du nord, en marginalisant les caractéristiques climatiques très rudes de ces régions. Souffrant de plus d'une pénurie de logements croissante, face à des climats chauds, les modèles architecturaux importés ont le défaut d'être coûteux pour leur mise en œuvre et mal intégrés climatiquement⁹, aujourd'hui, ces constructions sont responsables de plus de 70 % de consommation de l'électricité en période estivale par l'installation de climatiseurs pour assurer le confort thermique¹⁰.

Par ailleurs, une expérience urbaine dans la vallée du M'Zab, à quelques encablures du ksar de Beni-Isguen, vient de se concrétiser, où un programme très important de logements sociaux participatifs (870 au total), est conçu dans l'esprit des anciens ksour. Il porte d'ailleurs le nom du ksar de Tafilelt, qui selon ses initiateurs notamment le Dr Hadj Ahmed Nouh, président de l'association Amidoul, vise d'une part à rendre le logement à la portée de tout le monde sans porter atteinte à l'environnement naturel et d'autre part à considérer le logement traditionnel du M'Zab comme référent pour les nouvelles constructions, puisqu'il est reconnu aujourd'hui comme étant une architecture millénaire digne de l'appellation 'développement durable'.

L'objectif de ce travail, vise l'étude du ksar de Tafilelt sur son rapport au climat, par la recherche d'une adaptation entre la conception, la construction et l'environnement naturel dans lequel il s'insère. La méthode que nous préconisons s'inspire, des principes bioclimatiques en tant que domaine scientifique, de l'enseignement transmis par notre patrimoine architectural traditionnel comme référence de formes climatiques de notre culture constructive et enfin des résultats du questionnaire que nous avons transmis aux habitants de ce ksar (questionnaire joint en annexe du présent mémoire).

A travers cette étude bioclimatique, nous dégagerons des recommandations architecturales pour l'amélioration du confort thermique dans le ksar de Tafilelt dans le cas d'identification de dispositions inadaptées et contribuer globalement à ouvrir des perspectives d'amélioration du confort thermique dans le logement social, uniquement par des dispositions architecturales, durant une grande partie de l'année, sans recourir systématiquement aux moyens actifs de chauffage et de climatisation.

⁹ Abdulac, S et Pinon, P. (1973) « L'architecture du M'Zab, modèle d'architecture climatique » in revue Architecture d'Aujourd'hui n° 167. France.

¹⁰ Fezzioui, B et al (2008) « Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien » in revue des énergies renouvelables Volume 11 n° 1. Alger.

2. Problématique générale

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'amélioration de l'aspect qualitatif, notamment le confort thermique dans les logements sociaux que l'Etat Algérien construit sans cesse pour répondre à une demande de plus en plus croissante. Dans cette forme de réponse, l'architecture se trouve victime d'une technologie qui ne reflète aucunement les aspirations socioculturelles du citoyen algérien, tout en ignorant les exigences climatiques et économiques des régions concernées¹¹. Il a été alors produit des bâtiments non confortables, aux implantations et orientations arbitraires, à l'utilisation de matériaux de constructions inadaptés et à une organisation spatiale standardisée.

La première conséquence de cette "approche" est d'abord d'ordre social par la non adaptation des espaces au mode de vie local, ensuite économique par les surcoûts engendrés suite aux diverses transformations pour l'appropriation des espaces et enfin écologique par la forte consommation d'énergie, engendrée pour assurer le confort thermique, malgré la promulgation d'une réglementation précise sur la maîtrise de l'énergie, comme les lois¹² et les autres documents mis en places^{13 14}.

En effet, du point de vue du confort thermique, un édifice construit présente entre autres fonctions celle de créer un micro-climat plus confortable que le climat ambiant, parfois plus froid, plus chaud ou plus sec. Cette fonction a tendance à devenir importante avec l'augmentation des exigences de bien-être, qui malheureusement certains architectes semblent confier à la technique le soin de créer ce micro-climat artificiel, sans que le confort réel ne soit réellement atteint. De plus chauffage et climatisation nécessitant un investissement, un entretien et des dépenses d'énergies, sont liés à une pollution, devenue alarmante, liée à la production de gaz carbonique qui crée un effet de serre atmosphérique et des rejets de CFC qui participent peut-être à la rupture de la couche d'ozone. Il devient alors pressant, avec l'intérêt grandissant pour le développement durable et la lutte contre le changement climatique, de réduire les émissions de CO₂ le bâtiment.

¹¹ Fezzioui, N. (2003) « Modélisation de la convection forcée lors d'un écoulement d'air chaud à travers un cylindre poreux en vue de stockage de la chaleur sensible de l'habitat » Mémoire de magistère, Centre universitaire de Béchar, 2003. Algérie.

¹² Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, 'Loi N°99-09 du 28 Juillet 1999 Relative à la Maîtrise de l'Energie', J.O.R.A., N°51 du 2 Août 1999, Alger, Algérie.

¹³ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire, 'Décret exécutif N°2000-90 du 24 Avril 2000 Portant Réglementation Thermique dans les Bâtiments Neufs', J.O.R.A., N°25 du 30 Avril 2000, Alger, Algérie.

¹⁴ Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, Commission Technique Permanente, 'Règles de Calcul des Apports Calorifiques', Document Technique Réglementaire, CNERIB, Août 1998, Alger, Algérie.

En reconsidérant ainsi l'architecture du confort, de l'atmosphère et de l'économie, elle doit créer elle-même par son enveloppe (forme, matériaux, répartition des espaces et ouvertures...) c'est-à-dire passivement, un micro-climat confortable et un minimum d'impact sur l'environnement, cette forme d'architecture doit être "bioclimatique". De l'approche suivie, que nous venons d'expliquer, par les concepteurs et décideurs Algérien, le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergétivores avec une consommation de 07 Mtep* représentant 46 % de l'énergie¹⁵. Alors :

- *Est-il possible de construire aujourd'hui des logements sociaux, confortables thermiquement, économes en énergie, avec le minimum d'impact sur l'environnement ?*
- *Quelle approche doit adopter le législateur le concepteur et le constructeur pour produire une architecture capable de conceptualiser le bioclimatisme, voir le développement durable ?*

3. Problématique spécifique

Dans les régions présahariennes, notamment au M'Zab, le niveau de consommation du secteur de l'habitat pour assurer le confort thermique, notamment en période estivale, est l'une des préoccupations majeures exprimées dans le cadre du modèle de consommation énergétique algérien, malgré que notre pays jouisse d'une position relativement enviable en matière énergétique, où les niveaux actuels de consommation, face aux réserves en hydrocarbures, permettent de rester serein pour quelques temps encore, il est urgent de poser le problème de la conception architecturale et urbanistique complète, tenant compte du climat et recherchant le confort, sans ou avec le minimum de consommation d'énergie. Le ksar de Tafilelt est conçu, selon ses initiateurs, en fonction des données locales (climat, matériaux et traditions constructives et architecturales). Notre intérêt scientifique est alors de vérifier par quelles dispositions architecturales, ce ksar répond aux principes bioclimatiques, offre t-il des ambiances confortables, respecte t-il l'environnement, c'est autant de questionnements que nous pouvons reformuler sous la problématique suivante :

- *Comment approcher analytiquement et d'une manière cohérente, la complexité spatio-climatique du ksar de Tafilelt, en vue d'améliorer son confort thermique par voie passive?*

* Million de tonnes équivalent pétrole

¹⁵ Yacef, A. (1996) « Eléments pour une politique énergétique nationale » in actes du 1^{er} symposium du comité Algérien d'énergie, Alger, 25-26 Novembre 1996.

4. Hypothèses

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

1. L'architecture vernaculaire représente un répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives au confort thermique;
2. L'habitat de la vallée du M'Zab développe plusieurs niveaux d'adaptation au climat de la région;
3. La réinterprétation des principes de l'architecture et de l'urbanisme ksourien est une approche d'intégration climatique;
4. Le ksar de Tafilelt, inspiré des anciens ksour, reflète une démarche de l'architecture bioclimatique ;
5. La formule du logement social participatif constitue une des réponses à la crise du logement en Algérie.

5. Objectifs

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

- Son organisation urbaine face aux conditions climatiques (soleil, vent) de la région ;
- La décomposition du logement en éléments et espaces pour comprendre leur interaction face au climat, où nous nous baserons sur la forme, l'implantation, l'orientation, les matériaux, l'organisation des espaces.

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

6. Méthode de travail et contenu des chapitres

Pour aborder la présente recherche, nous nous sommes basés sur une méthodologie d'approche qui puisse inscrire le logement dans une optique de développement durable, puisque sa conceptualisation agit sur les dimensions sociales, économiques et

environnementales de manière systémique. Notre travail de recherche concerne l'étude bioclimatique d'un habitat existant (*le ksar de Tafilelt dans la vallée du M'Zab*) avec comme objectif l'amélioration de son confort thermique de manière naturelle ou par des dispositions architecturales passive.

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

- **Chapitre introductif**

Il s'agit dans ce chapitre d'introduire notre thème de recherche, à travers un aperçu rétrospectif du développement de la pratique de l'architecture, qui sera axée sur la qualité des ambiances produites et son impact sur la production de l'espace, particulièrement le logement en Algérie. Cet aperçu est ensuite redéfini dans une problématique générale et une autre spécifique à notre cas d'étude (le ksar de Tafilelt). La mise en place d'hypothèses suivies d'objectifs, constituera le fil conducteur de l'ensemble de la recherche.

- **Chapitre 1 : Politiques, stratégies et typologie du logement en Algérie.**

La suite qui nous paraît méthodologiquement cohérente, est l'analyse de la production du logement en Algérie pour comprendre d'une part les différentes politiques et stratégies adoptées pour le secteur du logement et d'autre part déceler les carences de cette approche pour pouvoir comprendre réellement la crise du logement sous toutes ses dimensions notamment le confort thermique. Ce chapitre sera rehaussé par l'analyse d'une approche française pour la réussite de la qualité dans le logement, notamment social.

- **Chapitre 2 : Le développement durable.**

L'intégration du concept de développement durable à l'architecture est la conséquence d'une volonté de prise en considération des valeurs sociales, économiques et écologiques par l'ensemble des acteurs de la construction. Basé sur l'équilibre harmonieux entre le respect de l'environnement, l'équité sociale et une croissance économique viable, il

devient une base conceptuelle, qui a marqué le domaine du bioclimatique pour s'intéresser aux retombées sociales, énergétiques et environnementales. Un des objectifs du développement durable des territoires interpelle directement le cadre bâti et plus précisément le secteur de la construction où le logement génère à lui seul 25% des émissions de CO₂ à l'échelle mondiale. Nous nous intéressons également dans ce chapitre à l'intérêt accordé par l'Algérie à ce concept, mais aussi ses retombées sur l'architecture.

- **Chapitre 3 : Les contributions au développement durable**

Les travaux de recherches sur les outils conceptuels du développement durable, ont mis l'accent sur les principes de l'architecture bioclimatique qui peuvent constituer, une contribution au développement durable, car elle fourni aux habitants plus de confort tout en maîtrisant la consommation d'énergie et en limitant les impacts sur l'environnement. Dans ce chapitre nous ferons également état du développement de la pratique bioclimatique dans l'histoire pour pouvoir relever les dispositions architecturales d'intégration au climat par l'homme qui a ingénieusement construit pour se protéger des caprices du temps et a su tirer parti du climat et de solutions techniques simples pour améliorer son confort thermique ; mais comme il n'ya pas d'architecture sans urbanisme, nous allons nous intéresser également à une forme d'urbanisme qui puisse être repensée dans la tendance du développement durable, pour apparaît dans une théorie très différente de celle appliquée à ce jour.

- **Chapitre 4 : La conception bioclimatique dans l'approche du confort thermique.**

Le confort thermique abordé dans le chapitre 3, sera défini avec plus de détails puisqu'il constitue l'un des éléments venant le plus vite à l'esprit lorsque l'on pense au confort dans un bâtiment. Nous nous intéresserons dans ce chapitre à l'ensemble des paramètres affectant le confort thermique comme les paramètres du climat, le métabolisme et la vêtue, mais notre intérêt sera porté sur les paramètres affectant le bâti bioclimatique comme la localisation, l'orientation, la forme, l'organisation intérieure, les protections solaires, les matériaux, la ventilation naturelle et l'isolation.

Nous développerons également dans ce chapitre l'état de l'art (recherche bibliographique) des travaux menés sur les la conception bioclimatique dans les climats chauds et secs dans le monde et en Algérie. Cette recherche constitue méthodologiquement un référentiel

comparatif des principes de conception et de construction à confronter avec le logement du Ksar de Tafilelt.

Comme il sera relevé dans ce chapitre les outils d'aide à l'évaluation bioclimatique, pour les besoins de notre cas d'étude.

- **Chapitre 5 : Présentation du cas d'étude (le ksar de Tafilelt) et de sa région.**

Outre la présentation classique de notre cas d'étude (géographie), nous nous intéressons particulièrement aux conditions culturelles (histoire, religion, traditions...) qui ont permis la réalisation d'un système bâti dans un milieu hostile, pour le maintien d'une population depuis plus de neuf siècles et séduit les plus illustres architectes. Nous nous intéressons également aux côtés des données climatiques de la région à l'identification et à l'analyse des éléments d'architecture ayant contribué au caractère bioclimatique des anciens ksour afin d'établir un comparatif avec notre cas d'étude.

- **Chapitre 6 : Etude bioclimatique du ksar de Tafilelt et recommandations**

Ce chapitre constitue la capitalisation des éléments relevés dans les précédents chapitres pour les appliquer dans l'étude de notre cas. Cette étude basée sur un certain nombre d'outils d'aide (référence à l'état de l'art de conception dans les climats chauds et sec, diagramme de Givoni, comparaison avec les anciens ksour et l'enquête par questionnaire) permet d'inventorier les dispositions existantes, et mettre à jour éventuellement leurs insuffisances.

Cette étude permet également, le cas échéant, de recommander les solutions jugées réalistes pour l'amélioration du confort thermique dans ces logements en particulier et dans les logements sociaux en général.

CHAPITRE 1
POLITIQUES, STRATEGIES ET
TYPOLOGIES DE L'HABITAT EN ALGERIE

1.1. Politiques et stratégies

Introduction

Aussi loin que l'on puisse remonter dans l'histoire de l'humanité, on relève que les efforts déployés par l'homme ont longtemps été dirigés vers la satisfaction de deux besoins universels et fondamentaux : se nourrir et s'abriter. Ainsi donc, après la nourriture, apparaît d'autres préoccupations essentielles de l'être humain à savoir, la nécessité d'avoir un toit et abriter les membres de sa famille. A ce propos, la déclaration universelle des droits de l'homme a reconnu en 1948 le droit de chaque individu de disposer d'un logement décent. L'importance de ce problème a vu naître de nombreuses conférences nationales et internationales, séminaires et colloques sur les différents aspects de ce problème parmi les quelles on peut citer:

- Les travaux de l'union nationale des fédérations d'organismes d'HLM, au XII^{ème} congrès national d'habitation et d'urbanisme, tenu à Alger en mai 1952, concernant la crise du logement et les solutions financières, techniques et architecturales à lui apporter¹⁶.
- Les travaux du séminaire national sur l'habitat rural, tenu à Alger du 20 au 24 mars 1973 qui a vu naître l'opération des 1000 villages socialistes¹⁷.
- La déclaration de l'année 1976 celle de l'habitat, dans la conférence de l'ONU à Vancouver, où il a été recommandé que *la conception des établissements humains doit chercher à créer un cadre de vie où l'identité de l'individu, des familles et des sociétés soit préservée et où soient ménagés les moyens d'assurer la jouissance de la vie privée, les contacts personnels et la participation de la population à la prise de décision*¹⁸.
- Les conférences de Nations Unis sur les établissements humains (Habitat II¹⁹ à Istanbul en 1996 et Habitat +5²⁰ à New York en 2001), tenues à l'orée du XXI^{ème} siècle, appellent à l'amélioration de la qualité de vie dans les établissements humains suivant un programme fondé sur le développement économique, le

¹⁶ Fourcault A. (2002) « Alger – Paris : Crise du logement et choix des grands ensembles autour du XII congrès national d'habitation et d'urbanisme d'Alger (mai 1952) » in actes du colloque international « Alger, lumières sur la ville » (volume 1) tenu à Alger du 04 au 06 mai 2002.

¹⁷ Lesbet D. (1987) « Le coût d'un logement gratuit, le paysan face au nouveau cadre bâti », Editions Office de Publications Universitaires (O.P.U) Alger.

¹⁸ Déclaration de Vancouver sur les établissements humains, 1976 – point 2 – III du préambule, in Hamidou, R. (1989) « Le logement : Un défi » co-éditions O.P.U, E.N.A.L, Alger.

¹⁹ Déclaration d'Istanbul sur les établissements humains, téléchargeable sur le site <http://www.portail.unesco.org/>

²⁰ Examen et évaluation d'ensemble sur l'application du programme pour 'habitat, téléchargeable sur le site <http://www.un.org/istanbul5/déclaration/>

développement social et la protection de l'environnement, éléments interdépendant et complémentaires du développement durable que nous développons dans le chapitre 2.

En Algérie, durant l'année de la déclaration de Vancouver, le logement figure en bonne place parmi les préoccupations et les principes directeurs énoncés par la charte Nationale²¹, car le logement, selon *Nadir A. BENMATI*, s'affirme comme une des revendications sociales majeures du fait de la rapidité de l'accroissement démographique et aussi des exigences des citoyens en matière d'amélioration du niveau de vie²². Mais la production de l'habitat, dans notre pays, tant quantitative que qualitative, n'a jamais pu être proportionnelle à la demande catalysée par l'accroissement démographique et l'exode rural malgré les efforts déployés par l'Etat depuis l'indépendance jusqu'à nos jours, pourtant l'un des domaines les plus sensibles des différentes crises vécus par le pays est assurément celui de l'habitat, les démarches initiées au cours des différents plans de développement et qui faisaient de l'Etat l'unique producteur et distributeur de logements ont montré leurs limites.

Par ailleurs, c'est faute, d'une approche répartissant clairement les rôles entre les différentes sphères du pouvoir et les citoyens que des politiques souvent généreuses n'ont pu contribuer d'une façon décisive à résoudre sinon à atténuer un problème aussi déterminant pour l'équilibre de la société, mais aussi, l'estimation des besoins annuels en logements à caractère social qui se fait, selon une répartition aux wilayas, de manière administrée, sur la base d'une évaluation des besoins calculés en fonction d'un T.O.L* fixé, ce dernier a démontré par le temps qu'il constituait un critère non opérationnel²³. Cette démarche crée souvent des paradoxes en ce sens, qu'elle ne répond ni à la qualité de la demande ni à la dynamique en matière de construction.

Pour faire face à cette situation, l'Algérie, s'est dotée à partir des années 90, d'une nouvelle politique de l'habitat, rendue possible par le système de l'économie de marché, que l'Algérie a opté et la promulgation de plusieurs lois dont la 90-25²⁴ qui introduit la

²¹ La charte Nationale constitue la source suprême de la politique de la nation et des lois de l'Etat Algérien a été institué par l'ordonnance n°76-57 du 5 juin 1976.

²² Préface de, Le logement un défi, ENAP, OPU, ENAL 1989 par N A.BENMATI, Ministre de l'urbanisme et de la construction -1989

* T.O.L: Taux d'occupation par logement.

²³ Ministère de l'habitat et de l'urbanisme (1996), «Recueil de textes législatifs et réglementaires relatifs au foncier et à l'urbanisme», Tome II, décembre 1996.

²⁴ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire "Loi 90-25 du 1^{er} décembre 1990 portant orientation foncière".

privatisation des sols et la libéralisation des transactions foncières. Ceci a introduit de nouveaux acteurs en matière d'urbanisation (le privé et le public).

1.1.1 Evolution des politiques et des stratégies de l'habitat

1.1.1.1 Avant l'indépendance

D'un point de vue historique, il convient de rappeler que ce qui se passait dans de nombreux pays où le problème de l'habitat constituait une préoccupation majeure de l'Etat, la construction de logements en Algérie a été jusqu'aux années 1940 abandonnée presque totalement à l'initiative privée. Même à Alger la capitale, malgré l'OPHBM* créé en 1921 et la régie foncière de la ville d'Alger en 1931, les quelques cités de logement social font figure de prototypes : cité Scala par Lathuilière (1935), cité patronal Altairac (1931), cité Sainte Corinne-Ouchaya (1937)²⁵.

Face aux faibles réalisations de logements, Les destructions dues à la guerre aggravent les problèmes des mal-logés. Rares, surpeuplés, les logements sont sous-équipés, le recensement de 1954 montre que dans la plus part des cas, les logements sont dépourvus de sanitaires, ou de W.C intérieurs et l'eau courante est presque inexistante, c'est ainsi que l'épisode des cités d'urgence place au premier plan de l'actualité les conséquences dramatiques de la crise du logement²⁶, il met aussi en lumière les contradictions de l'heure : comment construire dans l'urgence et à bas prix des logements qui ne deviennent pas immédiatement « des taudis neufs »²⁷. Des réflexions sur cette crise sort, à partir de la seconde moitié des années 1950, la politique de construction de grands ensembles collectif de logement social, à Alger comme autour des grandes villes.

Au plan statistique, en 1945, la situation dans les villes était critique, le parc total de logements était estimé à 1.050.000 habitations ordinaires alors que la population algérienne était de 7,1 millions, le T.O.L. moyen était alors de presque 8. De 1954 à 1955, le parc logement s'est développé pour atteindre 1.220.000 logements pour une population de 9.450.000. Le T.O.L. s'est alors amélioré pour descendre à 7,76. Le rythme de

* Office Public de l'Habitat à Bon Marché.

²⁵ Malverti, X. (1999) « Heurs et malheurs de l'architecture algéroise », in Alger 1940-1962 Une ville en guerre, Paris, Mémoires, n° 56.

²⁶ Legoullon, G. (2000) « La politique des cités d'urgence 1954 – 1958 », mémoire de maîtrise d'histoire, Université de Paris I.

²⁷ Fourcault, A. (2002) Op. cit page 257 du recueil des communications au colloque 'Alger, lumières sur la villes' mai 2002, Alger.

constructions représentait 15.000 logements /an²⁸. A la campagne, la surexploitation des algériens par les colons et l'écart considérable entre leurs niveaux de vie, les a poussé à une fuite vers les villes, plus tard, *la guerre a accentué ce phénomène par le regroupement de deux millions de paysans*²⁹ d'où la prolifération des taudis aux abords des grandes villes. Des cités de recasements ont été à cet effet réalisées avec des surfaces en dessous de toute norme, l'habitation comprend une pièce unique de 12,4 m² de surface longée d'une loggia de 4 m² dans laquelle se trouve un W.C. et un point d'eau³⁰.

Ce n'est qu'après le déclenchement de la révolution armée de 1954 que les autorités coloniales ont commencé à s'intéresser d'une certaine façon au secteur du logement, à travers le plan de Constantine qui fût un instrument psychologique et politique pour détourner les idéaux de liberté du peuple algérien face au nationalisme montant. L'objectif assigné était alors de construire au cours des cinq années de ce plan 220.000 logements en milieu urbain et 110.000 en milieu rural³¹.

1.1.1.2. Après l'indépendance

Au lendemain de l'indépendance, en 1964, la charte nationale stipulait « *les logements abandonnés par les Européens ne suffisent plus, il faudrait prévoir 75.000 logements nouveaux dans les villes en plus de 65.000 à prévoir dans les campagnes* » et de préciser « *l'impossibilité de fournir à assez brève échéance des logements acceptables à tous les ménages, car une telle initiative épuiserait les ressources nationales* »³² La situation de l'habitat et de la construction depuis l'indépendance à nos jours peut s'articuler autour de six périodes :

- **Le pré-plan et le plan triennal de 1967 à 1969**

Les bouleversements socio-économiques qui ont précédé et suivi l'accession de notre pays à l'indépendance ont affecté avec différentes intensités divers secteurs dont celui du bâtiment; en effet, l'appareil financier dans son ensemble notamment le système bancaire et le crédit ne pouvaient échapper à ces mutations; car pour ne citer que l'exemple de financements à long terme, ceux-ci étaient dans la plus part des cas assurés par les institutions financières françaises (caisses des dépôts et consignations, crédit national...).

²⁸ Secrétariat Général d'Alger (1959) « Le sous-développement en Algérie » Eition. SSA.

²⁹ Enquête sur l'habitat en Algérie (1958 - 1959) par le service de l'habitat. ITEBA. 1959.

³⁰ Deluz, J.J. (1988) « L'urbanisme et l'architecture d'Alger », Editions MARDAGA. OPU.

³¹ Hamidou, R. (1989), Op. cit page 29

³² Charte nationale, pages 95 et 97

C'est en 1965 que fût créée la commission interministérielle de l'habitat (*elle regroupait une vingtaine de membres relevant des divers ministères et organismes concernés par ce problème*) dont la présidence a été confiée au ministre des travaux publics et de la construction dont l'objectif principal fût la reprise et l'achèvement de tous les chantiers abandonnés qui représentaient environ 38.000 logements urbains et 4.000 logements ruraux, le financement de ces opérations fût assuré exclusivement par le trésor public. Parallèlement à cela, il a été entrepris en milieu rural la construction de quelques 34.000 logements. Au total, en plus d'un certain nombre d'initiatives des collectivités locales, organismes publics et sociétés nationales, il a été enregistré la livraison d'environ :

- 20.000 logements ruraux dont 3.000 au titre du plan triennal ;
- 27.000 logements urbains.

Pour compléter le tableau, il ya lieu de tenir compte de la réalisation de quelques centaines de constructions privées financées soit par auto financement soit par la caisse nationale d'épargne et de prévoyance (C.N.E.P.) «*Jusqu'en 1974, le trésor public assurait presque la totalité de financement de logements, après cette date, la majeure partie de financement d'habitat collectif a été transféré à la C.N.E.P.*»³³.

- **Le premier plan quadriennal de 1970 à 1973**

Issu de l'ordonnance n°70 – 10 du 20 janvier 1970

Pendant cette période qui synchronisait avec la construction du socialisme en Algérie, on assiste à la mise en place du programme quadriennal, avec comme option principale, le fondement de bases économiques de développement à travers la concentration de l'investissement dans l'industrie lourde et l'hydrocarbure.

Dans le domaine de l'habitat, malgré la conscience des autorités supérieures de l'Etat que, *la politique générale d'investissement ne pouvait manifestement pas faire une place importante aux programmes des équipements sociaux*³⁴, Le plan quadriennal proposait la réalisation de 45.000 logements urbains, s'inscrivant dans une perspective d'atténuation des tensions existantes dans les grandes villes du pays en réponse aux besoins induits par le développement industriel. En réalité à la fin 1978, le programme s'est réalisé à hauteur de 18.000 logements seulement. Il est à noter toutefois que le logement n'a pas été posé comme prioritaire, il est considéré comme un produit de consommation et non de

³³ Hamidou, R. (1989), Op. cit page 34

³⁴ Idem, page 35

production, il apparaissait dès lors comme secondaire par rapport au programme d'industrialisation, garant de l'indépendance économique et politique du pays³⁵.

Malgré l'insuffisance de logements dans les villes, il n'en demeure que la quantité et la qualité d'équipements urbains sont nettement supérieures à la situation dans le monde rural. C'est en partie pour cette raison que la politique en matière d'habitat rural constituait un des volets essentiels pour le développement des conditions de vies des populations rurales. Il est prévu à cet effet, la réalisation de 40.000 logements ruraux durant la période, seulement à la fin de l'année 1978, il n'a été réalisé que 24.000 logements. La politique préconisée pour ce genre de programme favorise des actions regroupées et d'encourager un modèle de peuplement favorable à une organisation collective de la vie sociale. Les directives prescrivaient qu'il fallait à tout prix éviter les actions éparpillées et qu'il était souhaitable d'introduire dans les esprits et dans les faits la notion de «village»³⁶.

La conception de ce type de logements ruraux a été élaborée de telle manière que les futurs occupants puissent bénéficier des équipements collectifs nécessaires à la vie moderne, avec possibilité d'effectuer des extensions pour leurs habitations.

La notion d'habitat rural, dans le cadre de l'application de la révolution agraire, est prise au sens le plus large incluant donc non seulement le logement mais tous les équipements collectifs, d'accompagnement, nécessaires à une vie sociale harmonieuse.

L'objectif du premier plan quadriennal, concerne essentiellement la réunion des conditions nécessaires pour l'industrialisation des secteurs essentiels de la nation; pour celui du bâtiment, l'objectif fût l'installation d'industrie d'exploitation et de traitement des matériaux de construction et l'industrialisation du bâtiment à travers la préfabrication tridimensionnelle. La mise en place de ce procédé technique permettrait, la construction de logements en quantités suffisantes d'une part, mais aussi provoquer les effets d'entraînement sur les autres secteurs économiques d'autre part.

Néanmoins, pour deux raisons fondamentales, les résultats escomptés n'étaient pas atteints, ceci s'explique, d'abord par l'inadaptabilité de ces nouvelles technologies au contexte socio-économique, ensuite par l'absence d'une politique technologique précise; ces résultats ne peuvent être réellement obtenus qu'à long terme, lorsque sera atteint un certain niveau d'industrialisation générale et lorsque l'ensemble des conditions nécessaires au développement de l'industrialisation du bâtiment sont réunies.³⁷.

³⁵ Benmati N. (1982) « l'habitat du tiers monde, cas de l'Algérie », Edition SNED, Alger.

³⁶ Hamidou R, (1989), Op. cit page 37

³⁷ Baduel P.R. (1988) « Habitat, Etat, Société au Maghreb » Editions du CNRS, Paris.

▪ **Le deuxième plan quadriennal de 1974 à 1977**

Ce plan qui s'inscrit dans la stratégie générale du pays, se base sur la transformation locale des richesses nationales pour accroître leur utilisation à l'intérieur de l'économie algérienne en vue de supprimer, progressivement, l'extraversion du pays.

Il est à noter que l'industrie occupe la place de choix dans la conception de ce plan au détriment des autres secteurs tant dans les projets d'investissement que dans la répartition du budget, mais *en optant pour une priorité, sans lui accorder toutes les conditions de sa réussite, on remet en cause son propre choix. La priorité accordée à l'industrie au détriment des investissements sociaux s'est souvent soldée de fait par des contradictions car, par exemple, une usine réalisée à un coût souvent énorme a une efficacité affaiblie par, entre autre, la non disponibilité de logements à proximité, parce que l'habitat n'étant pas prioritaire, les investissements dans ce domaine sont très élevés*³⁸.

Ainsi, l'industrialisation générale du pays, est sujette à la mise en place d'industries d'intégration, par le tissage d'un réseau de relations industrielles denses diversifiées et continues. Au titre de cette stratégie d'intégration industrielle, planifiée, pour rattraper le retard cumulé dans la construction, il a été préconisé le rapprochement des lieux de production du matériel et des matériaux de construction aux chantiers et l'industrialisation du bâtiment. Aussi, face à l'accroissement de la population dans les villes, conjuguée à la difficulté d'atteindre les objectifs assignés dans les différents plans passés pour la réalisation des programmes de réalisation de logements, la définition d'une nouvelle politique d'habitat plus dynamique s'imposait; ce qui nécessite le recours aux techniques de construction industrialisées qui s'appuient sur des contrats-programmes entre maîtres d'ouvrages et réalisateurs. En outre, pour l'exécution des programmes inscrits, la mobilisation des ressources financières devait être favorisée par la mobilisation à grande échelle des ressources financières par des mécanismes d'épargne-logement, destinés à faire accéder les épargnants à la propriété des logements construits.

Ainsi, par l'instauration de cette nouvelle politique de l'habitat, il a été retenu pour cette période (2^{ème} plan quadriennal) au niveau des programmes urbains, le lancement de 100.000 logements, avec des coûts de construction raisonnables pour ne pas engendrer des distorsions en matière de loyers et de revenus. Quant à l'habitat rural, l'action engagée dans les campagnes a été plus intense que l'habitat urbain; la dynamisation de ces

³⁸ Benmati, N.A. (1982) Op. cit, page 51.

opérations a été représenté par «les programmes spéciaux» notamment par le biais de la formule de l'auto-construction et par l'édification de villages socialistes. En effet, pour introduire dans les campagnes, les éléments essentiels du progrès social, le village agricole, se doit non seulement un lieu d'habitat, mais aussi d'offrir aux travailleurs de la terre et à leur famille, les meilleures conditions possibles de la vie moderne en collectivité par la réalisation au sein même du village les équipements collectifs indispensables tels : l'école, le dispensaire, le bureau de poste, la mosquée, la salle des fêtes et la place publique au centre du village.

Au plan législatif, la mise en œuvre depuis 1971 de la politique de la révolution agraire (*Cf. Ordonnance portant révolution agraire*) devait se concrétiser par le lancement d'environ 300 villages socialistes agricoles dont l'objectif fixé à long terme consistait en l'édification de 1.000 villages (*le nombre moyen de logements par village est de l'ordre de 175*) et qui doit constituer un élément important de la politique d'aménagement de l'espace rural.

L'aspect management du village a mis l'accent sur la notion de participation des bénéficiaires à toutes les étapes, c'est à dire depuis sa conception, jusqu'à sa gestion, en passant par sa réalisation. L'importance de ce programme de logements très ambitieux pour cette époque s'est vue rehausser par la construction de 20.000 logements ruraux et la poursuite des programmes d'auto-construction à hauteur de 40.000 logements. Au total, c'est donc un programme de plus de 100.000 logements ruraux qui devaient être lancés au cours des quatre années du deuxième plan, tandis que les livraisons devaient atteindre un nombre de 90.000 compte tenu des programmes en cours³⁹.

Dans les villes, face à la demande croissante de logements, l'extension de ces dernières s'imposait plus que jamais, c'est ainsi qu'un nouvel instrument de planification spatial fait son entrée dans la politique en matière d'urbanisme fait dans la législation algérienne sous l'appellation de *Z.H.U.N*⁴⁰, grands ensembles ou communément sous le terme de nouvelle ville, cet outil devrait maîtriser la croissance de l'espace urbain. Entre sa codification et son application en 1975 jusqu'à son abrogation en 1981, 149 ZHUN avaient été étudiées et lancées à travers le pays, mais étant donné que de multiples opérateurs y intervenaient, cette procédure n'a pas pu être assimilée à un instrument d'aménagement⁴¹.

³⁹ Hamidou R, (1989), Op. cit page 42.

⁴⁰ Z.H.U.N: Zone d'Habitat Urbaine Nouvelle

⁴¹ Semmoud, B. (1988) « Changements politiques et économiques et croissance urbaine en Algérie. Essai de périodisation. Processus d'urbanisation en Afrique » Tome 2, édition L'HARMATAN.

▪ **Le 1^{er} plan quinquennal de 1980 à 1984**

Face à la reconnaissance du pouvoir central que l'Etat ne pourrait plus assurer désormais seul la charge de l'ensemble des besoins dans le domaine de l'habitat⁴², plusieurs actions dans le cadre de la réforme économique ont été prises, il s'agit notamment de:

- La restructuration des entreprises nationales, en les transformant en petites et moyennes entreprises pour mieux maîtriser leur gestion, mais cette action d'atomisation des stocks, a compliqué le système de distribution notamment des matériaux de construction ;
- La multiplication des centres de décision, dont le control échappait à l'organe central de planification, suite à l'autonomie financière et administrative de ces entreprises ;
- L'uniformisation des salaires des travailleurs selon les postes de travail occupés.

Toutes ces mesures, sont en fait un indicateur de l'intérêt porté par les autorités politiques du pays, à la solution de la crise de logement⁴³. Il s'en suit la diversification des segments de l'offre (participation des collectivités locales et des promoteurs privés) d'une part et, d'autre part, les masses financières mobilisées (*le secteur de l'habitat occupait la deuxième place après l'industrie*) sans cesse croissantes d'année en année, on y relève la mobilisation financière répartie comme suit :

- L'habitat planifié qui a consommé 51,89 milliards de DA, passant de 2,89 en 1979 à 9,05 milliards de DA;
- L'habitat promotionnel a bénéficié d'une enveloppe de 02,70 milliards de DA, passant de 0,115 en 1980 à 0,426 milliards de DA en 1987;
- Les prêts consentis aux non-épargnants dont le montant cumulé de 1982 à 1986 a atteint 2,2 milliards de DA, est passé de 0,28 en 1982 (*date de la mise en place de cette formule*) à 0,799 milliards de DA en 1986;
- Les crédits individuels consentis aux épargnants se sont élevés à 1,6 milliards de DA dont leur ventilation est passée de 0,71 en 1979 à 0,428 milliards de DA;
- Les prêts accordés aux coopératives immobilières se sont élevés à 284,4 millions de DA, passant de 71 en 1979 à 429 millions de DA en 1986.

⁴² Mahi H. (1994) « La promotion immobilière, atout pour la résorption du problème du logement en Algérie, » Master of art. Angleterre.

⁴³ Bahlouli, A. (2000) « Politique de l'habitat et processus de financement du logement social en Algérie » mémoire de magistère EPAU, Alger.

On remarque que le volume global des financements accordés à l'habitat pendant cette période par le canal du trésor et de la C.N.E.P. représente 4,19 fois les consommations globales de crédits de la période 1967-1978 (14 milliards de DA)⁴⁴.

▪ **Le 2^{ème} plan quinquennal de 1985 à 1989**

Cette période, comme suite au plan précédent, s'est vue confortée au plan législatif par la promulgation de la loi 86-07 du 04 mars 1986 relative à la promotion immobilière, car l'Etat, ne pouvant plus prendre en charge l'intégralité des besoins en logements, s'est rendu compte qu'il était nécessaire de mettre en place un nouveau système qui prenne en charge le financement d'une partie du secteur de l'habitat; ce plan développait aussi la vente des logements biens de l'Etat et l'encouragement à l'accession à la propriété privée.

Cette stratégie est conçue comme un moyen pour la diversification de l'investissement dans le domaine de l'habitat pour que l'Etat, au titre des réformes lancées, puisse se *désengager de la gestion directe de certains secteurs et promouvoir une politique économique, c'est-à-dire une rentabilisation des entreprises et en fin de compte une régulation de l'économie de marché*⁴⁵.

A partir de la mise en place de cette loi sur la promotion immobilière, une distinction nette commençait à apparaître entre le logement promotionnel réalisé par des organismes publics ou privés et le logement social locatif réalisé par les collectivités locales et l'O.P.G.I. (*Office de Promotion et de Gestion Immobilière*) avec des subventions de l'Etat par le biais du trésor public et de la C.N.E.P.

Quant au problème lié à la prolifération des bidonvilles aux abords des grandes villes, un programme de résorption de l'habitat précaire fût mis au point, il s'agit du R.H.P. En outre, sur le plan financier, la baisse des ressources du pays conjuguée à la dévaluation du dinar, a emmener les pouvoirs publics à diminuer les crédits alloués annuellement au secteur de l'habitat, ainsi, la consommation des crédits est passée de 9,5 milliards de dinars en 1986 à 3,9 milliards de dinars en 1989, ceci a obligeait l'Etat à chercher d'autres ressources pour financer le logement.

Suite à cela la situation, des programmes, arrêtée à fin 92 démontre la diversification des promoteurs, activants dans le secteur du logement ;

⁴⁴ Hamidou R, (1989), Op. cit page 54.

⁴⁵ Mahi, H. (1994), Op. cit page 24.

Tableau 1.1 : Situation physique, des programmes de logements, arrêtée au 31.12.1992⁴⁶.

Organismes	Programmes (logements)
O.P.G.I	38.394
E .P.L.F	70.965
A.P.C	46.947
C.N.E.P	40.216
Promoteur privé	17.787
Entreprise	16.356
Total	230.625

▪ **De 1990 à nos jours**

Ce n'est qu'à partir des années 90 que nous pouvons réellement parler d'une réelle prise en charge du secteur du logement, les faits déclencheurs de cette nouvelle stratégie sont d'une part la voie de l'économie de marché que l'Algérie a définitivement opté et d'autre part les dispositions contenues dans la constitution de 1989 garantissant le droit de propriété.

Au plan législatif, cette mutation politique et économique a permis la promulgation de divers textes de loi dans divers secteurs (aménagement, urbanisme, foncier et architecture), il s'agit notamment de:

- La *loi 90-25* du 18 novembre 1990 portant orientation foncière, qui fixe la consistance technique et le régime juridique du patrimoine foncier⁴⁷ met fin aux dispositions des réserves foncières communales pour restaurer le droit de chaque propriétaire foncier public ou privé à agir librement;
- La *loi 90-29* du 1^{er} décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme qui introduit de nouveaux outils de gestion urbaine et de planification spatiale qui sont les Plans Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U) et Plans d'Occupation des Sols (P.O.S) et édicte des règles visant la formation et la transformation du bâti selon une gestion économe des sols, de l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que la préservation de

⁴⁶ Journée internationale d'études sur les tendances et instruments de la construction moderne du 26-27 octobre 1993, Editions PUBLITECH, Alger.

⁴⁷ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire "La loi 90-25 du 18 novembre 1990 portant orientation foncière", article 1^{er}.

l'environnement, des milieux naturel, des paysages et du patrimoine culturel et historique⁴⁸;

- La *loi 90-30* du 1^{er} décembre 1990 portant loi domaniale qui définit la composition du domaine national ainsi que les règles de sa constitution, de sa gestion et de contrôle de son utilisation⁴⁹.

Néanmoins le problème du logement s'étant aggravé davantage, dans une conjoncture de crise politique, a emmené les autorités du pays à reconsidérer l'approche jusqu'alors appliquée en matière d'habitat tout en remettant en cause sa stratégie de désengagement car il apparaît clairement que le logement s'affirme comme une des revendications sociales majeures et la crise de logement constitue dans notre pays, avec le chômage, la principale source de préoccupation et de mécontentement populaire allant jusqu'à menacer la cohésion de la société⁵⁰. C'est ainsi que, dès 1992, un programme de 25.000 aides à l'accession à la propriété était mis en œuvre, à destination des couches sociales à faibles et moyens revenus par le trésor public à travers la C.N.L. (*caisse nationale du logement*). En outre au titre de l'impulsion de l'offre du logement, il est préconisé de donner plus de liberté au secteur privé d'investir dans l'immobilier, l'Etat veut passer du rôle constructeur et contrôleur à un Etat contrôleur. M. Mohamed Maghlaoui alors ministre de l'habitat précise en 1994 «*il est préconisé la refonte législative relative à l'acte de bâtir pour créer un marché de l'habitat. Ce dernier doit permettre le passage du système administré à l'instauration d'un marché foncier et immobilier* »⁵¹. L'effet de cette prise de conscience s'est traduit, à partir de 1994, par une nouvelle dynamique de la politique de l'habitat qui commençait à se dessiner, dont la stratégie réside en la diversification de l'offre mais surtout par la mise en place d'une démarche d'évaluation des besoins en logements selon le principe du plan local de l'habitat, considéré alors comme un outil méthodologique.

○ **Les principes généraux**

Cette politique s'appuie essentiellement sur:

- La déconnexion entre les actes de puissance publique et de régulation de l'Etat d'une part, et les actes économiques de financement, d'aménagement foncier et

⁴⁸ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire "La loi 90-29 du 1^{er} décembre 1990 (modifiée et complétée) relative à l'aménagement et l'urbanisme", article 1^{er}.

⁴⁹ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire "La loi 90-30 du 1^{er} décembre 1990 relative aux domaines, article 1^{er}.

⁵⁰ Mahi H. (1994), Op. cit page 35.

⁵¹ Albane, L., (1995) « la transition à l'économie de marché, la ville et l'architecture » in HTM n° 3 (revue d'architecture et d'urbanisme). Editions ARCCO, 1995, Alger.

de bâtir d'autre part, qui devront être à l'avenir le seul fait des opérateurs économiques publics et privés;

- La refonte de la réglementation et la clarification des rôles à l'effet de soustraire le cycle de production de l'habitat à toute intrusion à caractère administratif, d'assurer la cohésion de l'utilisation des instruments de régulation et de doter les collectivités locales de plus de prérogatives et de moyens.

○ **La diversification de l'offre de logement**

Pour permettre l'émergence d'un marché immobilier, il est impératif que l'offre s'adapte à la demande. Or cette dernière est largement tributaire de la manière dont elle est financée et aidée par les pouvoirs publics. A cet effet, une gamme de formules de financement pour répondre à la diversité des besoins exprimés existe depuis:

- Le logement social locatif couplé à une politique de loyers permettant de recouvrer les coûts avec une aide publique personnalisée;
- L'accès à la propriété rurale qui se traduit par une procédure simplifiée d'aide publique permettant de stabiliser les populations rurales;
- L'habitat en location vente qui s'adresse en priorité aux jeunes ménages ayant une capacité financière contributive;
- La promotion immobilière destinée aux travailleurs, organisés en collectif pouvant bénéficier des ressources du fond social;
- L'habitat évolutif en accès à la propriété qui cible les occupants des poches de pauvreté et pouvant bénéficier de financements adaptables;
- L'autoconstruction et la promotion immobilière libres pour renforcer l'offre de logements;
- La promotion de logements de fonction non cessibles, destinés à permettre la mobilité des agents de l'Etat;
- Le logement social participatif promotionnel par le biais de promoteurs immobiliers et d'opérateurs publics avec des avantages financiers et fiscaux octroyés par l'Etat.

○ **L'amélioration de l'offre foncière**

La relance de l'habitat passe par une amélioration du volume de l'offre foncière et des conditions d'accessibilité. A ce titre, les communes sont désengagées totalement des actes économiques pour s'occuper de l'augmentation de l'offre foncière à travers les agences

foncières qui doivent jouer le rôle d'aménageur pour le compte des pouvoirs publics et selon les règles de commercialité dans ses relations avec les tiers. Les maîtres d'ouvrage chargés de l'habitat doivent renforcer leurs compétences en matière de programmation et de montages des opérations inscrites au plan local de l'habitat.

L'aménagement foncier devient une nécessité pour mettre un terme au lotissement en tant que partage de rente foncière pour s'orienter vers la création de tissus urbains structurés.

○ **L'amélioration de l'offre en matériaux de construction**

Les matériaux de construction constituent un élément essentiel du soutien de l'habitat en direction de l'outil de réalisation, c'est une démarche adoptée en vue:

- d'améliorer l'offre en matériaux de construction;
- d'augmenter les performances de l'appareil de production.

○ **Le financement de l'habitat**

La question du financement du logement est une question centrale du fait de la longue durée de sa production, ainsi ce financement ne pouvant être assuré uniquement par le crédit nécessite une large intervention de la puissance publique tant dans la collecte des ressources que leur transformation en moyens de paiement.

Le financement de l'habitat ne peut être opéré par le seul canal des dotations budgétaires annuelles et des subventions comme cela se faisait dans le passé, mais par l'encouragement de toutes les formes de promotion qu'elles soient publiques ou privées.

○ **Le plan local de l'habitat**

Pour traduire dans les faits la politique nationale en matière d'habitat, le plan local de l'habitat est conçu de telle façon qu'il devienne l'instrument de concertation et d'engagement entre l'administration centrale et les collectivités locales pour encadrer l'intervention de l'Etat en la matière. Ce dispositif vise notamment à :

- couvrir le territoire des wilayas par les instruments d'urbanisme (P.D.A.U. et P.O.S.), utilisés comme outils de développement local ;
- assurer un diagnostic en matière d'habitat de chaque localité, d'en évaluer le déficit et d'arrêter des priorités;

- identifier le volume des différentes strates de la demande et de les répartir par type de promotion, de financement et de nature de l'aide attendue de l'Etat;
- évaluer les besoins en matériaux et autres ressources à mobiliser pour la concrétisation des programmes (les institutions de maîtrise d'ouvrage, les moyens d'étude, les moyens de réalisation, les matériaux de construction et les ressources foncières à mobiliser)⁵².

Depuis 2000, l'accent est toujours mis sur la diversification de l'offre, sous plusieurs formules, afin atténuer la crise de logement, il en est ainsi pour le programme du million de logements pour le quinquennal 2005-2009 (tableau 1.2).

Tableau 1.2: Etat des différents programmes de logements inscrits au titre du plan quinquennal 2005-2009⁵³.

<i>Programme Segment</i>	<i>Prog. quinquennal</i>	<i>Progr Comp. Sud</i>	<i>Programme Comp. Hauts-plateaux</i>	<i>Prog. R.H.P</i>	<i>Autres Prog. spécifiques</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Logt. Social	239 412	11 700	16 500	29 545	14 733	311 810	29,93
Logt. Participatif	233 733	9 707	18 000	0	0	261 440	20,89
Habitat rural	394 238	40 593	63 300	0	12 565	510 696	40,82
Location vent	129 115	0	0	0	0	12 915	10,32
Logt. promotionnel	30 068	0	0	0	0	38 068	3,04
Total	1 034 566	97 800	29 545	29 545	27 298	1 251 209	100

○ **Les principaux textes promulgués visant l'amélioration quantitative de l'offre**

Pour s'adapter progressivement aux règles de l'économie de marché, les pouvoirs publics ont promulgué plusieurs textes (lois, décrets instructions) visant à réorganiser les rôles, les droits et les devoirs des différents partenaires, bailleurs et locataires, promoteurs et acquéreurs, mais aussi pour s'intégrer dans l'approche du développement durable; il s'agit notamment :

⁵² Instruction interministérielle n° 1 du 31 mai 1994 relative à la relance de l'habitat. Alger.

⁵³ M.H.U - DPC (2007) « Programme d'habitat inscrit pour 2005-2009 », document récapitulatif à fin décembre 2007. Alger.

✓ ***Du décret législatif n° 93-03 du 1^{er} mars 1993 relatif à l'activité immobilière***⁵⁴
(Révision de la loi 86-07 du 04 mars 1986 portant même objet)

Ce décret a pour objet la définition du cadre général relatif à l'activité de la promotion immobilière, son article 2 stipule «*l'activité de promotion immobilière regroupe l'ensemble des actions concourant à la réalisation ou à la rénovation de biens immobiliers destiné à la vente, la location ou la satisfaction de besoins propres*».

Pour encourager l'activité immobilière, l'Etat peut octroyer des aides visant à la réalisation de logements à caractère sociale destinés à la vente ou à la location, tout en précisant que les promoteurs immobiliers sont réputés commerçants, le présent décret régit aussi les relations entre promoteur et acquéreur et entre bailleur et locataire.

✓ ***Du décret exécutif n° 91-144 du 12 mai 1991 portant restructuration de la C.N.E.P., distraction d'une partie de son patrimoine et création de la C.N.L.***⁵⁵

L'importance de ce décret porte sur la création d'une caisse nationale du logement en la forme d'un établissement public à caractère industriel et commercial [art.1] dont le patrimoine lui relevant est issu de la restructuration de la C.N.E.P.

✓ ***Du décret exécutif n° 91-145 du 12 mai 1991 portant statuts de la caisse nationale du logement (C.N.L.)***⁵⁶

L'intérêt que nous portons à ce décret au titre de la recherche sur l'habitat en Algérie, réside dans son *article 5* qui définit les missions et les attributions de la dite caisse, ce sont :

- La participation à la définition de la politique de financement de l'habitat social;
- La gestion des actions et contributions de l'Etat en faveur de l'habitat;
- La recherche du financement du logement social par la recherche et la mobilisation de sources de financements autres que budgétaires;
- La mise en oeuvre du montage des financements des programmes de construction de logements sociaux;
- L'élaboration de toutes études tendant à améliorer l'action des pouvoirs publics en direction de l'habitat social;
- L'entreprise et la réalisation de toute études, expertises, enquêtes et recherches liées à l'habitat.

⁵⁴ Décret législatif n° 93-03 du 1^{er} mars 1993 relatif à l'activité immobilière. Alger.

⁵⁵ Décret exécutif n° 91-144 du 12 mai 1991 portant restructuration de la CNEP. Alger.

⁵⁶ Décret exécutif n° 91-145 du 12 mai 1991 portant statuts de la caisse nationale du logement Alger.

- ✓ ***Du décret exécutif n° 94-218 du 23 juillet 1994 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-050 'Fonds national du logement'⁵⁷.***

Le présent décret s'inscrit dans le cadre de la politique de soutien de l'Etat en matière d'habitat, il détermine à ce titre tous les éléments nécessaires au fonctionnement du compte relatif au fond national du logement, notamment les ressources pouvant le créditer (*les dotations du budget de l'Etat, la quote-part de l'impôt sur la patrimoine, d'autres ressources liées à la gestion immobilière*) et dans quel domaine les dépenses peuvent s'effectuer (*études d'urbanisme et d'aménagement, études de recherche en matière d'habitat, les aides pour l'acquisition de terrains, contribution pour l'habitat rural et urbain à caractère social, aides pour l'accession à la propriété*).

- ✓ ***De l'instruction ministériel du 07 août 1999 relative au développement du logement promotionnel à caractère social destiné à l'accession à la propriété***

La mise en œuvre des programmes de logements sociaux locatifs, par la mobilisation d'importants moyens financiers, a permis au ministère de l'habitat de réorienter l'intervention de l'Etat, en assurant une transition du système d'aide généralisé au système d'aide personnalisée, ceci étant de nature à diversifier les sources de financement par une mobilisation de l'épargne des ménages.

Les programmes de logements réalisés dans ce cadre, sont destinés en totalité à l'accession à la propriété avec le bénéfice du soutien de l'Etat, ce qui doit permettre l'augmentation de l'offre de logements destinée à la satisfaction des catégories sociales à revenus intermédiaires.

La typologie des logements collectifs porte sur une consistance physique moyenne de 70 m², soit entre 50 et 100 m² et comprise entre le F2 et le F4.

- ✓ ***De l'instruction interministériel n° 03/CAB du 09 avril 2002 définissant les règles d'intervention de la caisse nationale du logement en matière de soutien financier des ménages.***

Ce décret vient compléter et modifier celui promulgué en 2000, la modification concerne le relèvement du niveau de l'aide financière accordé par la C.N.L., fixée, en fonction du revenu du bénéficiaire augmenté de celui de son conjoint, comme suit :

⁵⁷ Décret exécutif n° 94-218 du 23 juillet 1994 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-050. Alger.

Tableau 1.3: Niveau de l'aide financière accordée par la C.N.L.⁵⁸.

<i>Catégorie</i>	<i>Revenus (D.A)</i>	<i>Montant de l'aide</i>
I	$R \leq 2,5 \text{ SNMG}$	500.000 DA
II	$2,5 \text{ SNMG} < R \leq 4 \text{ SNMG}$	450.000 DA
III	$4 \text{ SNMG} < R \leq 5 \text{ SNMG}$	400.000 DA

Ces aides à l'accèsion à la propriété ne peuvent être consenties lorsque le coût de réalisation du logement ou de son acquisition est supérieur à quatre fois le montant maximum de l'aide. Les aides définies par l'arrêté interministériel⁵⁹ sont allouées pour la réalisation de programmes de logements dénommés «logement social participatif (L.S.P.)», et viendraient en complément à la participation financière du bénéficiaire comportant, éventuellement, un concours bancaire.

- **Les principaux textes promulgués visant l'amélioration qualitative de l'offre dans le cadre du développement durable**

- ✓ *Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie*⁶⁰

Cette loi a pour objet général, la définition des conditions, moyens et mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise de l'énergie, devenue désormais une activité d'utilité publique impliquant de fait la contribution au défi du développement durable compte tenu de ses retombées positives considérables sur la préservation de nos ressources énergétiques, la protection de l'environnement, le progrès technologique et l'amélioration de la productivité économique nationale. Elle vise ainsi une utilisation rationnelle de l'énergie, la promotion des filières de transformation des énergies renouvelables et la réduction de l'impact du système énergétique sur l'environnement qui consiste en la réduction de gaz à effet de serre.

Son contenu bien que global, fixe de nombreux aspects liés à la maîtrise de l'énergie dans le domaine de la construction, de l'industrie et des transports tels que, les normes et exigences d'efficacité énergétique régissant les constructions et bâtiments neufs; d'ailleurs l'isolation thermique figure avec force dans le chapitre I si bien que la réglementation thermique dans les bâtiments neufs, s'appliquant à la conception et à la construction détermine :

⁵⁸ Arrêté interministériel n°03 du 09 avril 2002, article 05, Alger.

⁵⁹ Article 4 du l'arrêté interministérielle du 09 avril 2002, Alger.

⁶⁰ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire "Loi n°99-09 du 28 Juillet 1999 relative à la maîtrise de L'énergie".

- les catégories de bâtiments et les normes de rendement énergétique y afférentes, selon les données climatiques des lieux où sont situés les bâtiments;
- Les normes techniques relatives à la construction se rapportant à la résistance thermique, à l'étanchéité des ouvertures de l'enveloppe extérieure, à la qualité des matériaux d'isolation, à la fenestration, aux dispositifs des systèmes de chauffage ou de climatisation.

✓ *Loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable*⁶¹.

Elle a pour objet de fixer les modalités de promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable, au sens de la loi sont qualifiés d'énergies renouvelables, autres les formes d'énergies obtenues à partir de la transformation du rayonnement solaire, de l'énergie du vent, de la géothermie, des déchets organiques, de l'énergie hydraulique et des techniques d'utilisation de la biomasse, l'ensemble des procédés permettant des économies significatives par le recours à des techniques de construction relevant de l'architecture bioclimatique.

✓ *Documents techniques réglementaires*

La réglementation algérienne s'est aujourd'hui, enrichie de plusieurs documents techniques réglementaires, confectionnés par le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (C.N.E.R.I.B.)⁶² sous la tutelle du ministère de l'habitat et de l'urbanisme, il s'agit entre autres pour les aspects touchant le confort hygrothermique de :

- D.T.R. C.3.2 portant réglementation thermique des bâtiments d'habitation, règles de calcul des déperditions calorifiques (deuxième édition 2007);
- D.T.R. C.3.31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation;
- D.T.R. C.3.4 fixant les règles de calculs des apports calorifiques des bâtiments.

D'autres textes réglementaires viendront s'ajouter à ces D.T.R., pour prendre en compte les dispositions relatives :

- au problème d'été;
- au problème d'hiver en introduisant non seulement les déperditions calorifiques, mais également les apports solaires et internes;
- à la migration de vapeur d'eau et sa condensation.

⁶¹Loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

⁶²Le CNERIB est créé par le décret n° 85-235 du 25 août 1985

○ **Les principales formules de logements d'actualité**

Les segments de l'offre de logements qui paraissent susciter actuellement l'engouement de la population sont ceux réalisés, soit en location-vente soit en social participatif; vu les modalités de financement très abordables pour les catégories sociales moyennes et la finalité d'accession à la propriété, d'ailleurs le plan quinquennal (2005-2009) du président de la république a retenu 129.115 logements pour la première formule et 261.440 pour la seconde dont 1.800 et 6.411 *pour la wilaya de Ghardaïa*⁶³ (tableau 1.2).

✓ **Le logement en location-vente**

Définition

La formule location-vente est née le 1^{er} août 2001, avec l'inscription d'un premier programme de 55.000 logements au profit du maître d'ouvrage l'A.A.D.L (Agence de l'Amélioration et du Développement du logement) suivi d'un autre d'une capacité de 65.000 et 129.115 au titre du plan quinquennal (2005-2009), inscrits dans la cadre du million de logements du programme présidentiel. Ce type de logements est venu en réaction aux effroyables conditions de vie d'une frange de la population pour avoir un logement social⁶⁴.

L'engouement suscité par la formule "location-vente" selon les explications de M^r. N. HAMIMID (Ministre de l'habitat et de l'urbanisme jusqu'à 2007) s'explique par :

- L'originalité de cette formule, qui traduit la volonté du gouvernement de promouvoir en la diversifiant, l'offre de logements en faveur des citoyens à revenus moyens;
- Le niveau de l'aide consentie par l'Etat au bénéfice de cette formule est substantiel (Gratuité des terrains d'assiette, le paiement du coût du logement par tranches dont 75% sans intérêts sont financés par sur un prêt du trésor public et remboursable sur une période de 25 ans par tranches mensuelles sous forme d'un loyer).

Les caractéristiques principales

Les aspects sociologiques, économiques et de confort surfacique sont les déterminants de la typologie des logements inscrits dans cette formule, il a été retenu deux types de logements, F3 et F4, car la tendance actuelle vire vers la famille restreinte (un couple avec deux ou trois enfants), les urbanistes et autres sociologues qui ont eu à s'exprimer sur le

⁶³ Ministère de l'habitat et de l'urbanisme, Etat cumulé des programmes, 2007. Alger.

⁶⁴ Ladjouz, K. (2003) « Immeuble à grande hauteur, séquence dans la ville ou l'urbanité retrouvée », in la revue de l'AADL n° 01, septembre 2003. Alger.

sujet, ont tous mis en exergue la logique socio-spatiale du logement⁶⁵ par l'action d'un type d'urbanisation est un choix de société. On retrouve à l'intérieur des logements, la séparation des espaces jour et nuit, cuisine suffisamment grande pour la prise des repas, salle de bain et W.C. éclairés naturellement, loggia abritée des regards extérieurs⁶⁶, d'autres besoins spécifiques des personnes âgées ou handicapées sont pris en compte.

La réalisation de ces logements a donné des images toutes nouvelles dans nos paysages urbains, leur imposante hauteur (IGH)⁶⁷ mise en valeur par un mélange de couleurs ne laisse personne indifférent.

Ces tours construites selon une conception en somme très classique en référence à l'approche des Z.H.U.N., aucune innovation architecturale n'est à souligner sauf dans certains sites où l'échelle urbaine est définie au plan formel et fonctionnel. Quand à la notion de l'environnement, elle n'a été appréhendée que dans sa dimension la plus restreinte à savoir l'aménagement immédiat des bâtiments, alors que la notion d'environnement est plus large et complexe, elle englobe, outre des aspects sociologiques et géographique, l'ensemble des éléments naturels et artificiels répartis dans un espace que l'on peut parcourir ou apercevoir⁶⁸ mais aussi les aspects liés au concept du développement durable, dont il convient d'en bénéficier de leur atouts sans en porter préjudice, telle que les ressources naturelles abiotiques et biotiques (air, atmosphère, l'eau, le sol et le sous-sol, la faune et la flore) ainsi que les sites, les paysages et les monuments naturels⁶⁹.



Photo 1.1: Logements A.A.D.L. à Bab-Ezzouar Alger.



Photo 1.2: Logements A.A.D.L. à Noumiret Ghardaïa.

⁶⁵ Lasri, A. (2003) « F3 et F4, les raisons objectives du choix » in la revue de l'AADL n° 01, septembre 2003. Alger.

⁶⁶ Ladjouz. K, Op. cit, pages 12 et 13.

⁶⁷ I.G.H: Immeuble à grande hauteur.

⁶⁸ Dictionnaire Larousse 1986.

⁶⁹ Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire 'Loi n°03-10 du 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

○ **Le logement social participatif**

Parallèlement à la formule de la location-vente, celle du logement participatif est une formule qui est appelé pour sa part à contribuer sensiblement à améliorer l'offre de logements, ainsi dans le sillage des principes édictés par le décret législatif n°93-03 du 1^{er} mars 1993 relatif à l'activité immobilière, l'Etat encourage les activités de promotion immobilière initiées par des personnes physiques ou morales sous la forme d'actes de commerce.

Définition

Le logement social participatif constitue en fait un logement promotionnel aidé obéissant à l'instigation d'organismes par le biais de promoteurs immobiliers et d'opérateurs publics ou privés lesquels peuvent, sur la base d'avantages financiers et fiscaux octroyés par l'Etat, susciter une demande potentielle solvable parmi les ménages dits à revenu intermédiaire.

Caractéristiques

Ce logement revêt à la fois le caractère promotionnel et le caractère social. Il a le caractère promotionnel parce qu'il est initié par des promoteurs, pour leur propre compte ou celui d'organismes publics, suivant diverses typologies en conformité avec les règles d'urbanisme et de construction. Il a le caractère social parce qu'il bénéficie du soutien de l'Etat sous forme d'aides directes et indirectes. Ce soutien vise à augmenter la solvabilité des postulants à l'acquisition d'un logement auprès des promoteurs et/ou des établissements financiers dans le cas de recours au crédit immobilier.

Le soutien de l'Etat

1. Aide directe de l'Etat :

Il s'agit d'une aide financière non remboursable dite « aide à l'accession à la propriété » instituée par les dispositions du décret exécutif 94-308 du 04 octobre 1994 définissant les règles d'intervention de la caisse nationale du logement (CNL) en matière de soutien financier des ménages. Le montant de l'aide frontale accordée par la caisse nationale du

logement pour l'acquisition d'un logement neuf auprès d'un promoteur, ou la réalisation, en auto construction en milieu rural, est fixé à 700.000,00 DA.⁷⁰

L'aide à la réhabilitation et/ou l'extension est déterminée sur la base d'une étude préalable, approuvée par les services habilités du ministère chargé de l'habitat, dans les limites des ressources financières susceptibles d'être mobilisées à raison d'un montant maximal de 700.000,00 DA par logement.

2. Aide indirecte de l'Etat

L'Etat consent d'autres avantages, sous forme d'aides indirectes, au profit des souscripteurs aux logements de cette nature, il s'agit :

- D'un abattement de 80% sur la valeur des terrains domaniaux reconnus nécessaires pour servir à la réalisation de programmes de logements sociaux participatifs ;
- D'une exonération de l'I.R.G. et de l'I.B.S. applicables sur les bénéfices tirés des activités de réalisation des programmes de logements répondant aux conditions réglementaires en termes de coût de cession et de surface du logement (arrêté interministériel du 08 mars 2006);
- D'une exonération du paiement des droits d'enregistrement et de la taxe de publicité.

Conditions d'éligibilité

Le bénéfice des aides financières est réservé aux ménages justifiant d'un revenu mensuel n'excédant pas six (6) fois le SNMG. En outre, les postulants à l'aide à l'acquisition d'un logement neuf ou à l'aide à l'auto construction d'un logement en milieu rural doivent également justifier de :

- n'avoir pas bénéficié de l'attribution d'un logement du patrimoine public locatif sauf engagement préalable de restitution de ce logement,
- n'avoir pas bénéficié d'une aide de l'Etat destinée au logement ;
- ne pas posséder en toute propriété une construction à usage d'habitation.

Les aides à l'accession à la propriété ne peuvent être consenties lorsque le coût de réalisation du logement ou de son acquisition est supérieur à quatre (4) fois le montant de l'aide financière.

⁷⁰ Arrêté interministériel du 13 septembre 2008 fixant les modalités d'application du décret exécutif n° 94-308 du 04 octobre 1994 définissant les règles d'intervention de la caisse nationale du logement en matière de soutien financier de ménages. Alger.

1.1.2. Exemple de politique de l'habitat :

Cas de la France

Introduction

Le logement a toujours fait l'objet de préoccupations des acteurs sociaux : c'est un facteur essentiel de la personnalité de chaque individu et de la cohésion sociale de la nation, il est porteur de l'avenir collectif et individuel. Il est donc indispensable d'en prévoir l'avenir. C'est au cœur de cette situation que le conseil économique et social français s'est toujours préoccupé du problème du logement, si bien qu'il y a consacré de nombreux rapports et avis dont, parmi les plus récents⁷¹:

- En 2002, les travaux sur la copropriété en difficulté ;
- En 2003, la loi d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine ;
- En 2004, la loi de programmation pour la cohésion sociale.

Si les aspects quantitatifs prédominaient dans les travaux du conseil, la question de la qualité avait fait l'objet d'attention particulière, en effet les progrès technologiques permettent maintenant d'améliorer le confort en diminuant les coûts grâce à une industrialisation des produits, tout en étant en adéquation avec les aspects du développement durable. La qualité a certainement un coût mais ne peut en aucun cas être assimilée à un surcoût, puisque l'investissement dans l'isolation thermique et les énergies renouvelables, épargnera les énergies fossiles en voie d'épuisement et diminuer les dépenses énergétiques à venir.

1.1.2.1. Problématique

Les légitimes exigences, en matière de confort et de santé entraînent des consommations d'énergie et de matières premières incompatibles avec le développement durable, ainsi, plusieurs questionnements sont à poser par le concepteur comme :

- Comment concevoir, édifier et aménager le bâtiment et le territoire en n'hypothéquant pas l'avenir de nos enfants ?
- Quelle architecture et quel urbanisme seront capables de répondre à nos besoins et ceux des générations futures ?⁷²

⁷¹.Felzine, C. (2005) « Le logement de demain, pour une meilleure qualité de vie », Rapport 2005, France.

⁷² Liebart, A. et De Herde, A. (2005), «Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique: Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition Observ'ER, France.

1.1.2.2. Les causes de recherches du confort

Mais en plus des considérations liées au développement durable, d'autres aspects apparaissent pour plaider la recherche d'un confort dans le logement, parmi eux:

- **La transformation des modes d'habiter et attentes des ménages**

Dans ce cadre, les attentes se portent prioritairement sur une extension spatiale, l'isolation thermique et phonique, la qualité de l'air, le chauffage, les équipements sanitaires et les fermetures. La famille vit de façon atomisée où chacun de ses membres ayant acquis sa propre autonomie spatiale. On assiste à une certaine remise en cause des standards traditionnels. La salle à manger perd sa fonction au profit de la cuisine qui devient un lieu de convivialité. Chacun peut y préparer son propre repas à l'heure qui lui convient, et le consommer sur place entre le four à micro-ondes et le réfrigérateur congélateur.

La chambre est transformée en espace polyvalent. On y dort toujours certes, mais elle est aussi devenue un espace de travail, de détente, de récréation et de convivialité où les enfants peuvent recevoir leurs amis, le besoin d'espace est évident. La salle de bains aussi s'est modifiée, elle accueille, outre les équipements habituels, des appareils de sport, de nombreux rangements, des plantes vertes et s'ouvre fréquemment sur l'extérieur. L'absence de buanderie continue à transformer le circuit du linge (lavage séchage, repassage rangement) en un véritable casse-tête. Toutes ces modifications s'accompagnent d'un goût prononcé pour la nature. Balcons, terrasses dans les appartements, vérandas et jardins pour les maisons font l'objet de soins attentifs. Le jardinage devient l'une des activités de loisirs les plus prisées des Français. L'allongement de la durée de la vie, l'extension du temps libéré par la mise en place des 35 heures et la pratique du travail à domicile, exercent une forte influence sur les attentes des habitants pour leur habitat de demain.

- **La mise en place d'une réglementation spécifique**

Grâce à l'adoption de réglementation, normes, labels et certification, l'amélioration de la qualité s'est progressivement imposée à travers la démarche HQE⁷³, Qualitel⁷⁴, la

⁷³ HQE : *Haute qualité environnementale.*

⁷⁴ Qualitel : *Concerne la qualité technique des projets immobiliers neufs ou à réhabiliter.*

marque NF construction et récemment la promulgation de la RT 2005⁷⁵ et la loi d'orientation énergétique, publiée au Journal Officiel du 13 juillet 2006.

Toutefois, face à la cherté du logement, les ménages et les maîtres d'ouvrages partagent la même perception de la qualité, qui serait un surcoût ; pourtant, les pays du Nord de l'Europe n'hésitent pas à innover dans leur constructions si elles conduisent à des économies d'énergie, ceci étant rendu possible par le caractère obligatoire d'introduire les énergies renouvelables.

1.1.2.3. Propositions⁷⁶

Sous la pression de l'urgence, malgré des réalisations et des prestations de qualité, le logement à quelques exceptions près reproduit dans la plupart des cas la typologie des plans standard.

Il convient à cet effet, dans le domaine de l'habitat, tant pour le logement social locatif que pour l'accession à la propriété, de donner aux ménages un logement durable qui se traduit par:

- Une bonne insertion dans un environnement adapté ;
- L'utilisation des techniques et matériaux plus performants.

Car, concevoir un habitat de qualité est un défi à relever. Il doit à la fois favoriser les solidarités, respecter l'environnement, économiser les ressources et offrir à l'architecture un espace d'expression ce qui convient à cet effet de:

❖ Inscrire le logement dans la politique de développement durable

Le concept de développement durable, appliqué au logement, à l'architecture et à l'urbanisme, revient à remettre en cause les pratiques les plus usuelles de construction qui sont synonymes de gaspillage en énergies, en espaces et paysages, coûteuses en maintenance et peu favorables au lien social.

La notion de durabilité ne permet plus de concevoir et de réaliser des ouvrages comme par le passé ; la construction durable est un processus dont la réflexion commence très en

⁷⁵ R.T. 2005 : Réglementation thermique 2005 répond à la stratégie énergétique nationale énoncée par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 juillet 2005.

⁷⁶ Felzine, C. (2005), Op. cit, page 19.

amont en s'inscrivant dans un souci d'aménagement du territoire. Les matériaux comme les techniques utilisées doivent, répondre à la préoccupation environnementale, par:

❖ **Généraliser la démarche HQE**

Compte tenu de la situation énergétique créée par l'épuisement programmé des ressources fossiles et de l'augmentation de leur coût, la démarche Haute Qualité Environnementale vise à maîtriser les impacts des bâtiments sur leur environnement tout en créant des intérieurs sains et confortables. Elle concerne toutes les étapes de l'élaboration et de la vie du logement, depuis la programmation, la conception, la construction, l'utilisation, la gestion jusqu'à la démolition du bâtiment.

❖ **Favoriser les matériaux, les techniques et les équipements à haute performance environnementale**

✓ **Les matériaux naturels**

Le bois, la pierre et la terre sont des matériaux naturels et renouvelables, qui conviendraient d'être renforcés dans l'habitat individuel, car en France, l'utilisation du bois dans les maisons reste assez faible (4%)⁷⁷ par rapport aux pays de l'Europe du Nord et outre atlantique malgré son caractère écologique qui lui permet de stocker le CO₂ et donc à lutter contre l'effet de serre.

✓ **L'isolation et la ventilation**

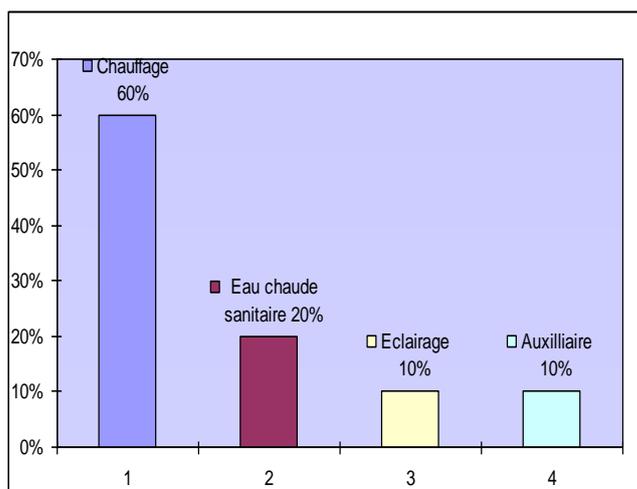


Figure 1.1 : Répartition moyenne des consommations d'énergie.

L'isolation dans le logement devient primordial compte tenu de l'importance des dépenses énergétique des ménages (70 %) réparties suivant l'histogramme suivant; qui nous relève l'importance des dépenses du poste chauffage; a cet effet il est préconisé, de mieux utiliser tous les types d'isolants (laines minérales ou naturelles, les vitrages actifs et sélectifs à la fois

⁷⁷ Felzine, C. (2005) Op.cit, page 25.

isolants et producteurs d'énergie). Cette isolation doit en outre tenir compte de la ventilation double flux pour éviter la concentration d'humidité.

✓ **L'acoustique**

Les bruits de voisinage restent toujours la nuisance la plus évoquée malgré la nouvelle réglementation acoustique (N.R.A) entrée en application depuis janvier 1996.

✓ **Les énergies renouvelables**

L'objectif dans ce domaine, est de couvrir l'ensemble des besoins énergétiques, mais aussi de réduire les dépenses engendrées; il convient cependant d'opter pour la combinaison entre les énergies renouvelables, car pris séparément, elles ne peuvent suffire à répondre aux besoins du logement. Pour permettre leur accessibilité au large public, des aides financières de l'Etat sont accordées à travers l'A.D.E.M* qui gère depuis le 1^{er} janvier 2005 les aides directes accordées pour les équipements performants énergétiquement (chaudières à condensation, isolation, chauffe eau solaire, pompes à chaleur...).

❖ **Concevoir le logement selon l'évolution des modes de vie**

Face aux mutations dans le mode d'occupation du logement, induits par le développement technologique et celui du niveau de vie : augmentation des appareils électroménagers, polyvalence des espaces développement du travail à domicile, les logements doivent être conçus et réalisés pour pouvoir évoluer dans le temps et ainsi permettre de répondre aux besoins d'espaces, d'intimité et de s'adapter aux évolutions de la composition des familles.

❖ **Promouvoir la pratique du coût global**

Généralement, que se soit le promoteur comme l'accédant à la propriété, ils établissent leur budget sur un coût « à la livraison » mais les coûts ultérieurs de gestion (chauffage, consommation d'eau, transports...) et d'entretien sont rarement pris en compte. Pourtant, sur une durée de cinquante ans, la répartition des coûts d'un bâtiment d'habitation révèle que⁷⁸ : 03 % sont consacrés au montage, 02 % à la conception, 20 % à la construction et 75 % à l'entretien et à la maintenance.

* Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

⁷⁸ La qualité dans le logement neuf, ARECOOP, USFSA, octobre 2005

❖ **la réglementation thermique 2005 (RT 2005)**

Le champ d'application de la RT 2005 qui s'inscrit dans la continuité de la RT 2000, est le bâtiment neuf résidentiel et tertiaire dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12°C. L'objectif de cette réglementation, qui concerne les constructions réalisées après le 1^{er} septembre 2006, porte sur l'amélioration des performances énergétiques de la construction. Elle prévoit une diminution de 40 % à horizon 2020 et a pour enjeux :

▪ **L'enjeu environnemental : Lutter contre l'effet de serre**

Conformément aux accords de Rio et de Kyoto, qui fixent les objectifs de réduction de gaz à effet de serre, l'enjeu porte sur la maîtrise de la consommation d'énergie des bâtiments qui sont concernés à plus d'un quart à la production de gaz à effet de serre. Le plan *Climat* 2004, décrit déjà les mesures traduites dans la directive européenne du 16 décembre 2002 qui traite de la performance énergétique des bâtiments.

Les objectifs tracés à ce titre par la RT 2005 comme nous le montre la figure 1.2 sont :

- ✓ L'amélioration de la performance énergétique d'au moins 15% par rapport à la RT 2000 pour passer à 40% en 2020.
- ✓ La limitation du recours à la climatisation ;
- ✓ La maîtrise de la demande en électricité.

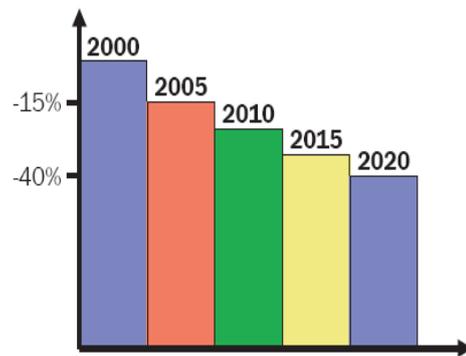


Figure 1.2 : Evolution de la consommation moyenne des bâtiments en énergie.

▪ **L'enjeu social**

Il contribue à diminuer les charges du logement, à travers la réduction de la facture énergétique d'au moins 15% par rapport aux bâtiments construits selon les recommandations de la RT 2000. Cette diminution des charges constitue une étape importante pour que chacun puisse trouver un logement correspondant à ses capacités financières.

▪ **L'enjeu économique**

Cet enjeu s'exprime par l'encouragement des systèmes et des techniques constructifs performants pour, d'une part, contribuer à l'indépendance énergétique et d'autre part, favoriser la compétitivité économique (ingénierie, technique, produit...).

1.2. Typologies de l'habitat en Algérie

Introduction

Si l'Algérie est connue pour sa richesse culturelle, tant matérielle qu'immatérielle, son patrimoine architectural traditionnel, en demeure le plus révélateur, c'est le reflet d'un savoir-faire ancestral dans le domaine de la construction, basé sur l'architecture vernaculaire qui utilise les ressources locales et le climat.

Selon que nous soyons au nord ou au sud, cette architecture si variée s'adapte parfaitement au climat dans lequel elle se trouve (vieilles médinas du sahel méditerranéen, villages des montagnes kabyles, ksour des oasis du Sahara)⁷⁹, mais aussi participe à une transformation naturelle du milieu, elle est comparée à une leçon de *modestie*⁸⁰.

Différentes typologies de l'architecture vernaculaire:



Photo 1.3 : Maisons mozabites.
Source : OPVM* 1999.



Photo 1.4 : maisons kabyles à Ath-Yenni.
Source : Collection Haouchine Belkacem.

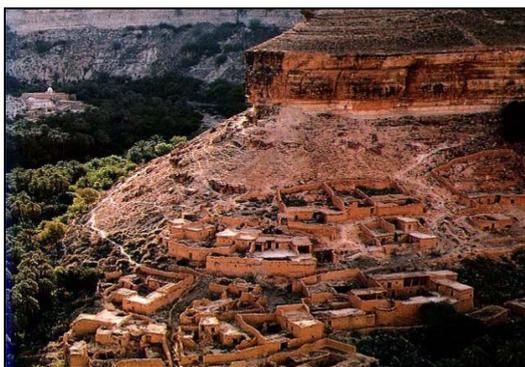


Photo 1.5: Maisons du Roufi (Aurès).

[Source: Ould-Hennia dans thèse: Choix climatiques et construction, zones arides et semi arides].

⁷⁹ H.T.M, (1993) «Eléments de réflexion sur la crise identitaire», in revue d'architecture et d'urbanisme n° 1, Octobre 1993, Editions ARCCO, Alger.

⁸⁰ C. et P. Donnadiou / H. et J-M. Didillon (1986) « Habiter le désert, les maisons mozabites» Editions Pierre MARDAGA, Bruxelles.

* O.P.V.M. : Office de Protection de la Vallée du M'Zab, crée par décret exécutif n°92/419 du 17.11.1992 suite à la restructuration de l'ex Atelier d'études et de restauration de la vallée du M'Zab crée le 27.01.1970.

La période de la colonisation française de 1830 à 1962, est caractérisée par des typologies de type d'abord européenne pour ensuite utiliser des concepts locaux (style Jonnart) et enfin s'imprégner profondément du courant moderniste; c'est l'image d'une civilisation qui vient bouleverser l'ordre ancien établi.

Après l'indépendance, le choix d'un modèle de développement socio-économique basé sur l'industrialisation, a fortement influencé le secteur de l'habitat, à travers la mise en place de modèles importés, incompatibles avec le contexte culturel, social et climatique du pays. Cette incompatibilité s'est vite fait ressentie par un malaise général (inadaptation du logement au mode de vie algérien, transformation d'espaces, modification de façades, recherche de l'introversion...) et un inconfort réajusté par le recours à des équipements souvent coûteux et gros consommateurs d'énergie.

1.2.1. Les différentes typologies

Les types d'habitat en Algérie, sont multiples et souvent se juxtaposent ou se superposent, c'est le résultat de plusieurs périodes et civilisations qui s'y sont succédées, soit antérieurs à la période de la colonisation française ou hérités de cette période, soit plus récents comme résultat de l'urbanisation et de l'industrialisation⁸¹.

Un type d'habitat peut, selon Ould Hennia,⁸² être classé suivant plusieurs critères:

1. Son apparition chronologique (coloniale, moderne...);
2. Sa forme (groupé ou dispersé);
3. Sa localisation (site, situation, zone climatique);
4. Sa fonction (urbaine ou rurale).

A partir de ces critères, l'habitat en Algérie peut être classifié en trois principales catégories:

1.2.1.1. L'habitat traditionnel

Qu'il soit de type urbain ou rural, l'habitat traditionnel s'adapte aux régions climatiques de sa localisation par l'architecture, les matériaux, la forme, l'implantation et les modes d'occupation diurnes et nocturnes.

⁸¹ Deluz, J. (1980) «Les grands types d'habitat en Algérie», polycopiés Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU) Alger, 1980.

⁸² Ould-henia, A. (2003) «Choix climatiques et construction, zones arides et semi arides: La maison à cour de Boussaâda», thèse de doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Suisse.

- **Urbain:** Les vieilles médinas du sahel, maisons turcs et mozabites sont caractérisées par une organisation introvertie autour d'un patio ou cour et construites avec des matériaux locaux.

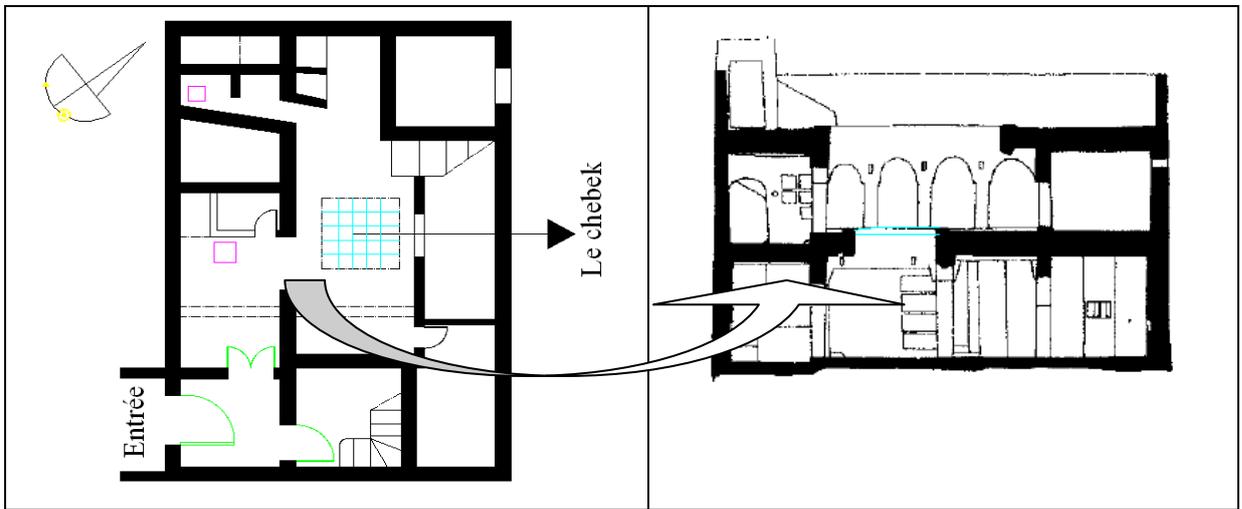


Figure 1.3: Schéma de la maison mozabite⁸³.

- **Rural:** Se sont les villages de Kabylie, des Aurès ou du Sahara, avec des maisons introverties, organisées autour d'un espace central (cour, patio), la forme des toitures est adaptées au climat (en pentes pour les régions nord et plates pour les régions des hauts plateaux et du sud) et l'utilisation des matériaux locaux⁸⁴.

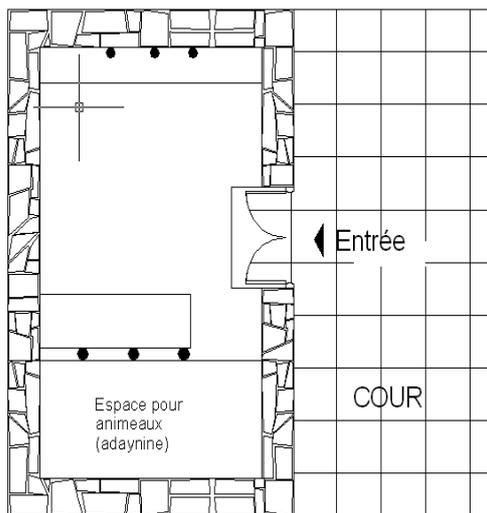


Figure 1.4: Schéma de la maison kabyle



Photo 1.6: Maison de Kabylie à Ath douala

⁸³ C. et P. Donnadiou / H. et J-M. Didillon, Op. cit. page 199.

⁸⁴ Odul, P. (1983) «Des architectures de terre en Algérie», recherche en post graduation, université de Louven Belgique.

1.2.1.2. L'habitat colonial

• **Urbain:** La colonisation a introduit un nouveau mode de production architecturale voire typologique, qui se substitue à la logique et cohérence des tissus originels, au détriment d'un équilibre ancestral; de nouveaux concepts apparaissent inaugurant une ère nouvelle dans l'histoire de l'architecture algérienne⁸⁵. D'ailleurs, après la deuxième guerre mondiale, on rencontre, en Algérie, tout un groupe d'architectes Français de la deuxième génération du *Mouvement moderne*, encore largement influencés par les idées de Le Corbusier. Néanmoins, certains d'entre eux, originaires d'Algérie, comme Louis Miquel et Roland Simounet ont pris des distances vis-à-vis du grand maître en cherchant à reprendre certains aspects de l'architecture local et en considérant la dimension climatique de l'Algérie et la richesse des constructions vernaculaires et non de l'architecture hispano-mauresque⁸⁶.

Généralement, la période coloniale est caractérisée par plusieurs styles d'architecture :

- Le néoclassique du début de la colonisation jusqu'à la fin du siècle, caractérisé par des immeubles de type Haussmannien ;
- Le style Jonnart, survenu au tournant du siècle, remplace le néoclassique au profit de tendances 'orientalistes' qui ambitionnent de récupérer l'art islamique et l'expression populaire ;



Photo 1.7 Immeuble néoclassique de la fin du XIX^{ème} S. Alger.

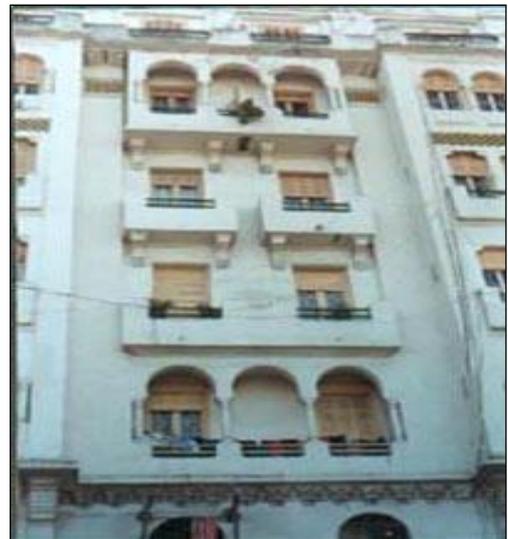


Photo 1.8: Immeuble de style Jonnart. Alger.

⁸⁵ Deluz, J (1988) «L'urbanisme et l'architecture d'Alger, aperçu critique» Editions OPU / MARDAGA.

⁸⁶ Borie, A. (2002) « La reconstruction du centre d'Orléansville par Jean Bossu : Une architecture Algérienne moderne » in actes du colloque international tenu à Alger du 4 au 6 Mai 2002, sous le titre 'Alger : lumière sur la ville'.

- Le style moderne, en comptabilité avec le contexte international favorable à ce mouvement est appliqué à partir des années 1930 par les architectes : Paul Guion, Marcel Lathuilliere ou Xavier Salvador⁸⁷. Ce sont des bâtiments conçus selon un schéma d'organisation de type européen (extraversion, prolongement extérieur du logement sous forme de balcon, distribution des espaces le long d'un dégagement ou couloir, grandes ouvertures, utilisation du béton, acier ou pierre comme matériaux de structure...).



Photo 1.9: Immeuble annonçant les prémices de l'architecture moderne. Alger.



Photo 1.10: Immeuble cité million (Tizi Ouzou) 1959.

- **Rural:** Maisons en pierre connues sous le nom de «villas coloniales».

1.2.1.3 L'habitat après l'indépendance

La typologie de l'habitat de l'Algérie indépendante est dans une certaine mesure une copie de modèles étrangers et se présentent comme suit:

- **Urbain:** Ce sont des immeubles barres ou tours, en béton et brique, avec un schéma d'organisation de type européen comme le montre les photos ci-après et des villas individuelles construites pour leur majorité dans des lotissements selon des styles d'architecture très diversifiés.

⁸⁷ Euromed (2005) «Patrimoine architectural et urbain du XIX^{ème} et XX^{ème} S en méditerranée».



Photo 1.11. Immeubles des années 80
(ZHUN de Tizi Ouzou)



Photo 1.12: Immeubles récents de
type L.S.P (Tizi Ouzou)

- **Rural:** le monde rural se caractérise par des maisons individuelles avec quelques fois des immeubles de même typologie que ceux de l'espace urbain.

Tableau 1.4: Caractéristiques de l'habitat en Algérie.

[Source: CORPUS «Architecture traditionnelle méditerranéenne» (2002) et Ould-henia. A. «Choix climatiques et construction, zones arides et semi arides: La maison à cour de Boussaâda (2003)].

Habitat traditionnel	Implantation	Orientation	Volumétrie/ Plan	Organisation	Ombrage	Ouvertures	Ventilation	Chauffage	Matériaux
Maison citadine / Nord (turque)	Site en pente Intégration au tissu dense	Varie suivant parcelle Principale N/S	Compacte/ Carrée R+1+ terrasse	Entrée chicane Introvertie Autour d'un patio	Maisons voisines Moucharabieh	A l'int. Patio Très petites à l'extérieur	Effet cheminé Entrée/patio	Passif solaire Bois	Murs maçonnerie Plancher bois Plâtre (chaux)
Maison montagnarde Nord (Kabylie)	Perpendiculaire aux courbes de niveau .Face au soleil levant Tissu dense	Principale N/S	Compacte/ Rectangulaire R+1	Cour intérieure	Végétation: Oliviers, figuiers	Extérieurs et int. Moyennes	Entrée/cour Fenêtres	Bois	Pierre moellons Plancher bois Toit tuile
Maison montagnarde Hauts plateaux (Aurès)	Site en pente Site plat Tissu dense en gradins	Est et Ouest (les oueds coulent du nord vers le sud)	Compacte R+1+ terrasse	Cour intérieure Semblable au Ksar	Maisons voisines Végétation: Oliviers, figuiers	A l'int. Cour Très petites à l'extérieur	Entrée/cour	Passif solaire Bois	Pierre, argile, terre Plancher bois
Maison Mozabite Pré Sahara	Site en pente ou vallée Tissu très dense	Est et Sud sont les plus recherchées	Compacte R+1 + terrasse	Réinterprétation patio: <i>chebeq</i> Introvertie Entrée chicane	Maisons voisines Végétation: Palmiers	Presque inexistent. Fentes (larg. 7cm)	Effet cheminé Entrée/patio	Passif solaire Bois	Moellons de pierre Sable, chaux Tronc palmiers
Ksar du désert	Site relativement plat	Varie suivant parcelle Principale N/S	Compacte R+1	Entrée dans cour Introvertie, autour cour	Maisons voisines Palmiers	Zénithal sur cour Fentes sur rue	Effet cheminé Entrée/cour	Passif solaire Bois	Briques, terre Argile, pisé Tronc palmiers
Habitat colonial	Implantation	Orientation	Volumétrie/ Plan	Organisation	Ombrage	Ouvertures	Ventilation	Chauffage	Matériaux
Immeuble Haussmannien Nord	Site plat Tissu urbain Ilot	Principale N/S Double	Rectangulaire+ variantes R+4 à R+8	Cage d'escalier Couloir Chambre	Balcons, auvents, avancées, persiennes, volets	Fenêtres Portes fenêtres	Gaines, fenêtres cheminée	Bois Mazout	Brique, hourdis, enduit plâtre Bois, pierre
Maison coloniale Nord	Site plat Tissu urbain Ilot	Principale N/S	R+1	Maison européenne classique	Balcons, auvents, avancées, persiennes, volets	Fenêtres Portes fenêtres	Gaines, fenêtres Cheminée	Bois Mazout	Brique, hourdis, enduit plâtre Bois, pierre
Ferme	Site plat Découpage agricole	Principale N/S	R+1	Forme en C ou L Véranda, étable	Balcons, auvents, avancées, persiennes, volets	Fenêtres Portes fenêtres	Gaines, fenêtres Cheminée	Bois Mazout	Brique, hourdis, enduit plâtre Bois, pierre
Habitat post-colonial	Implantation	Orientation	Volumétrie/ Plan	Organisation	Ombrage	Ouvertures	Ventilation	Chauffage	Matériaux
Immeuble années 70	Site plat Indépendante du tissu	Diverses	Barres, tours R+4 à R+21	Cages d'escaliers Coursives Couloirs	Avancées, horiz/vert, loggias	Fenêtres Portes fenêtres Baies	Gaines, fenêtres Cheminée	Mazout Gaz	Béton, acier briques, parpaings
Appartement courant	Site plat Indépendante du tissu	Diverses	Rectangle Barres, tours R+4 à R+21	Cages d'escaliers Couloirs	Loggias, persiennes, volets	Fenêtres Portes fenêtres	Gaines fenêtres	Gaz	Béton, béton préfabriqué, acier, briques, parpaings

Conclusion

Au moment où dans les villes des pays développés, la réflexion en matière d'habitat est d'ordre qualitative, par la recherche du confort sous tous ses aspects, qu'ils soient aux plans thermique, ensoleillement, vue panoramique, espace, proximité des équipements, accessibilité aux réseaux de communication ; dans nos villes et campagnes, la préoccupation reste toujours soutenue par l'aspect quantitatif de l'habitat si bien que l'approche statisticienne basée sur l'objectif de réduire le T.O.L. demeure l'approche la plus privilégiée pendant longtemps, cette approche semble la solution idéale des pouvoirs publics à la question de : comment construire vite et en grande quantité?

Si l'action de l'Etat depuis l'indépendance à nos jours, dans le domaine de l'habitat, a donné des résultats probants en matière de la quantité de logements réalisés, notamment le logement social, il n'en demeure que l'aspect qualitatif c'est-à-dire le confort des logements et la maîtrise des impacts sur l'environnement sont sans doute les moins fournis. Le manque de recommandations dans le domaine et l'insuffisance des réglementations, à peine naissantes lorsqu'elles ne sont pas totalement absentes, est fortement préjudiciable à la qualité du cadre de vie et des conditions sanitaires dans les espaces résidentiels. En outre, la conception de l'habitat est rarement dictée par des considérations d'intégration au zoning climatique algérien, du moins d'un point de vue réglementaire⁸⁸. Toutefois, l'émergence ses dernières années d'une réglementation spécifique, dont la loi sur la maîtrise de l'énergie, interpelle les concepteurs, gestionnaires et usagers pour une utilisation plus rationnelle et une conservation de l'énergie dans l'habitat du moment que le secteur résidentiel est considéré comme le plus énergétivore, devançant même le secteur industriel.

Examinons maintenant le niveau de satisfaction atteint par les logements construits en Algérie. Si l'objectif du «plan de Constantine» qui visait, entre autres considérations de l'époque (*à partir de 1958*), la construction de logements au profit de catégories sociales les plus déshéritées, l'étude des régimes de loyers en vigueur ont permis de mettre en évidence l'existence d'une relation très étroite entre les caractéristiques des logements sociaux et le degré de solvabilité de ceux qui devaient en bénéficier, ce qui a amené les autorités de l'époque à réaliser un type de logement avec un coût en rapport avec les possibilités financières réelles de ses futurs bénéficiaires, la surface du logement ainsi retenu consistait en une habitation avec une surface habitable variant entre 39 et 43 m³ et

⁸⁸ Ministère délégué auprès du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique chargé de la recherche scientifique (2002), « Programme National de Recherche - Habitat », Alger.

une normalisation des espaces utiles⁸⁹. Une telle définition du logement montre que la satisfaction du confort des occupants n'est nullement recherchée, car comme signalé plus haut, la réalisation de ces logements sociaux a été directement liée au degré de solvabilité des populations. Aussi, il convient de souligner que ce genre de logements est assez mal adapté au mode de vie algérien.

Durant la gestion planifiée, c'était l'époque du plan type où l'Algérie avait, en schématisant à peine, un seul C.E.M., presque un logement, une polyclinique ou un hôpital, le bâtiment de l'architecte Moretti conçu pour le site de Mohammadia à Alger, se retrouve dans toutes les régions du pays. C'était la même démarche intellectuelle quel que soit le site ou la spécificité régionale. Le système de préfabrication des entreprises a même cassé toute innovation conceptuelle, si bien que le moindre changement dans la cellule perturbait le bon déroulement dans la réalisation, l'architecte accepte de se confiner durant des années dans un réel système constructif, montrant par là une véritable démission intellectuelle, le profil de l'architecte est le produit de la planification économique.⁹⁰ C'était aussi l'époque du tout politique, avec un Etat légiférant, entrepreneur et contrôleur, cette multiplicité des missions avait conduit à une situation de sclérose intellectuelle où l'initiative et la créativité étaient presque du domaine de l'interdit.

A partir des années 1990, les prémisses d'une nouvelle politique de production de l'espace urbain et architectural apparaît, mettant en avant une logique de rentabilité, de créativité, de concurrence et de participation avec la diversification des programmes, mais cette stratégie ne peut constituer une solution en soi pour améliorer le confort du logement, c'est uniquement l'aspect financier qui distingue une formule de l'autre, ainsi :

- Il existe une négligence de toutes les relations de la construction avec l'environnement, malgré les innombrables études et recherches tant algériennes qu'étrangères dans ce domaine. En 1986 il est déjà précisé « *qu'en ce qui concerne l'impact des échanges thermiques entre le climat et les ambiances intérieures aux constructions, il a été particulièrement négligé en Algérie* »⁹¹, malgré les architectures vernaculaires présentes qui ont préservé l'harmonie entre l'homme, le

⁸⁹ Hamidou, R. (1989) Op. cit, page 68..

⁹⁰ H.T.M (1995) « La transition à l'économie de marché, la ville et l'architecture » in revue d'architecture et d'urbanisme n° 3. Editions ARCCO, Alger.

⁹¹ Dumitriu-valcea, E. (1986), « Isolation thermique des constructions en Algérie », Edition Entreprise nationale du livre, Alger.

climat et l'environnement, comme le cas de la vallée du M'Zab, citée d'*exemplaire* par un de ses illustres défenseurs André Ravérau⁹².

- Aucune amélioration notable en matière du choix des matériaux, où nous remarquons que le béton et la brique en sont les plus utilisés quelque soit le site d'intervention même dans le sud comme le montre la photo ci contre.



Photo 1.13 : Logements A.A.D.L. à la ville nouvelle de Noumirat, programme 2002, Ghardaïa.

- Aucune recherche dans la conception des espaces face aux mutations sociales qui induisent de nouveaux modes d'habiter, comme l'exemple du balcon qui n'est jamais utilisé en tant que tel.
- Malgré des moyens financiers, humains et matériels mis à la disposition du secteur de l'habitat, pour le plan quinquennal, la pression sur le logement persiste; le président du c.n.e.a.⁹³ impute la problématique au niveau de la mise en œuvre de tous ces moyens et surtout leur utilisation rationnelle et l'absence de complémentarité avec les autres paramètres tels que la nature des matériaux utilisés, la qualification de la main d'œuvre spécialisée et l'organisation de chantier⁹⁴.
- Enfin, le logement doit s'inscrire dans une démarche de développement durable, concept nouveau qui intègre dans son approche les dimensions sociales, économiques, environnementales et patrimoniales., la question de rationalisation de l'utilisation de l'énergie en Algérie, constitue une préoccupation nouvelle dans le secteur de la construction, cette position est justifiée du fait que l'énergie à usage domestique constitue la plus grande part dans de la consommation nationale compte tenu de la subvention sur le prix d'énergie, entravant l'éveil d'une "culture" de l'économie tant chez les architectes que chez les usagers⁹⁵.

⁹² Raverau, A. (1981), «Le M'Zab, une leçon d'architecture», Edition Sindbad, Paris 1981.

⁹³ Cnea : *Collège national des experts architectes*.

⁹⁴ Le quotidien « liberté » du 17 avril 2006. Alger.

⁹⁵ Khelifi, L. (2006) « contribution méthodologique à la conception bioclimatique en architecture ». Mémoire de magistère soutenu le 18.09.2006. EPAU Alger.

« Sur les 20 Mtep (millions tonnes équivalent pétrole) consommés en Algérie en 2002, 10 Mtep, soit 50%, le sont par le secteur "ménages et autres" qui comprend le résidentiel, l'agriculture et les activités tertiaires. Le secteur des ménages, qui est alimenté par le réseau basse tension (BT) consomme à lui seul environ 32% de l'électricité fournie par la Sonelgaz »⁹⁶

La qualité du cadre de vie c'est bien sûr celle du logement, sa dimension, ses équipements, son évolution, son adaptabilité et ses ambiances mais c'est aussi son environnement social et urbain et ses services de proximité, c'est finalement son insertion dans la démarche du développement durable selon aspects du tableau 1.5

Tableau 1.5 : Caractéristiques d'un bâtiment « durable »⁹⁷

Caractériser la phase de construction initiale	Permettre une optimisation technico-économique	Capacité à satisfaire la fonctionnalité (fonction d'usage)
		Impact capitalistique
	L'accompagner de conditions de mise en œuvre acceptables	logistique de mise en œuvre
		Condition de travail
		Impact sur la valorisation personnelle de l'emploi
	Conduire à des prélèvements de ressources minimaux	Nuisance de chantier
		Impact sur le prélèvement des matières premières
Maîtriser la phase d'exploitation	Assurer la maîtrise des fonctions d'usage	Impact sur le prélèvement des ressources énergétiques
		Durée de vie : robustesse
		Entretien, maintenance optimisée
	Maîtriser la gestion bâtiment/quartier	Consommation et rejets
		Services collectifs
		Personnes : sécurité, santé
	Participer et contribuer à la vie urbaine	Immatérielle, communication
		moyens de transport
		Incorporation des services de proximité
		impact sur la valeur patrimoniale du lieu
	Gérer la phase de réhabilitation / démolition	Permettre une rénovation - réhabilitation
Capacité d'adaptation		
Capacité à changer d'utilisation		
Autoriser une déconstruction		Opportunité d'amélioration des performances
		Facilité de démolition
		Déconstruction (capacité de tri), valorisation des déchets.

⁹⁶ Balon, H. (2004) « Economie d'énergie, in revue *Energie et Mines* N° 2 Avril 2004. Alger.

⁹⁷ Gobin, C. (2003) « Le développement durable et BTP » in revue n°C 3 057 de GTM Construction, France.

La qualité a certainement un coût mais ne peut en aucun cas être assimilée à un surcoût. Investir dans l'isolation thermique et les énergies renouvelables c'est à la fois épargner des énergies fossiles en voie d'épuisement et diminuer les dépenses énergétiques à venir.

Prévoir des logements accessibles, plus spacieux et mieux isolés et insonorisés c'est aussi assurer un meilleur climat, tant, entre les divers membres de la famille qu'avec le voisinage.

En France, à titre d'exemple, la préoccupation d'améliorer la qualité dans le logement était un défi à relever depuis les années 70; mais l'avènement du concept du développement durable a transformé sa dimension pour désormais l'inscrire dans les enjeux sociaux, économiques et environnementaux à travers l'amélioration d'une législation déjà existante notamment les réglementations thermiques qui permettent le calcul et la valorisation des outils de la conception bioclimatique tant pour diminuer les besoins de chauffage et de refroidissement que pour assurer un meilleur confort. Certaines dates restent une référence en la matière, comme :

- 1974: Première réglementation thermique (RT 1974). Suite à l'augmentation du prix de l'énergie, une isolation thermique performante pour les parois et une bonne gestion de la ventilation sont demandées aux logements neufs;
- 1980: Lancement du 1^{er} label «la haute isolation» pour inciter à dépasser les exigences et préparer les évolutions suivantes;
- 1982: Les niveaux d'isolation du 1^{er} label deviennent obligatoires pour tous les logements, un fait nouveau fût introduit concernant la déduction des apports solaires des déperditions pour le calcul des besoins en chauffage;
- 1983: Lancement des labels " Haute Performance Energétique" et solaire;
- 1988: Progression des labels HPE et solaire et deuxième réglementation thermique (R.T 1988) qui s'applique aux bâtiments neufs résidentiels et non résidentiels ;
- 2000: La troisième réglementation thermique (RT 2000) renforce la RT 1988 (consommation maximale réduite de 20% pour le résidentiel et 40% pour le tertiaire ;
- 2005; La RT 2005 remplace la RT 2000, demande une amélioration de 15% de la performance thermique et s'applique à la rénovation⁹⁸ ;
- Promulgation des décrets et arrêtés relatifs aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétiques des constructions.

⁹⁸ fr.wikipedia.org/wiki/RT_2005/

CHAPITRE 2
LE DEVELOPPEMENT DURABLE

2. Le développement durable

Introduction

L'expression «développement durable» devient aujourd'hui incontournable dans le monde, c'est la conséquence d'une volonté de prise en considération des valeurs sociales, économiques et écologiques par l'ensemble des acteurs de la construction et plus généralement par tous⁹⁹. Actuellement, qui pourrait s'opposer à cette notion ? Personne !, puisqu'il est difficile et surtout incorrect de contester les bienfaits d'un développement basé sur l'équilibre harmonieux entre le respect de l'environnement, l'équité sociale et une croissance économique viable. Le développement durable s'impose donc dans la vie politique, économique, écologique et sociale de toutes les sociétés. Pour autant, les divergences sont grandes dès lors qu'il s'agit de le définir. Quand certains disent du développement durable qu'il est un concept, d'autres parlent de doctrine, d'autres d'utopie et certains de démarche. Une chose est sûre, le terme est très polysémique et probablement en train d'être généralisé¹⁰⁰. Si nous adoptons ce concept, nous sommes amenés à le décliner sur les différents secteurs économiques, et donc à étudier, en particulier, son application dans le secteur de la construction.

Le concept de développement durable constitue le cœur du présent mémoire, au travers de l'architecture bioclimatique, qui analyse un ensemble de paramètres quantifiables et qualifiables, du projet étudié (*le ksar de Tafilalet à Ghardaïa*). Bien que cette discipline de l'architecture, telle qu'esquissée par Victor Olgay (1963)¹⁰¹, apparaisse déjà comme principe de conception architecturale, du fait de l'utilisation, au moyen de l'architecture, des éléments favorables du climat pour la satisfaction du confort de l'homme, l'émergence du développement durable comme base conceptuelle, a marqué le domaine du bioclimatique qui s'est vu évoluer pour s'intéresser aux retombées énergétiques et environnementales¹⁰².

L'architecture bioclimatique constitue, dans ce cadre, une contribution au développement durable, car elle fournit aux habitants plus de confort tout en maîtrisant la consommation

⁹⁹ Cherqui F., Wurtz, E. et Allard F. (2004) «Elaboration d'une méthodologie d'aménagement durable d'un quartier». Annales du bâtiment et des travaux publics, n°1, France.

¹⁰⁰ Marjolet, R. (2005) «La notion de développement durable dans les projets urbains français» mémoire de DESS, aménagement et urbanisme, institut français d'urbanisme, université Paris 8.

¹⁰¹ Olgay, V. (1963) «Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism», Princeton University presses. U.S.A.

¹⁰² Khelifi, L. (2006) «Contribution méthodologique à la conception bioclimatique en architecture». Mémoire de magister. EPAU. Alger.

d'énergie et en limitant les impacts sur l'environnement¹⁰³. D'ailleurs, un des objectifs du développement durable des territoires interpelle directement le cadre de vie bâti et plus précisément le secteur de la construction. En France, à titre d'exemple, le secteur du bâtiment consomme à lui seul 50 % des ressources naturelles, 40 % de l'énergie, 16 % de l'eau et produit plus de 50 % de déchets. En terme de rejet de CO₂, les bâtiments résidentiels et tertiaires en génèrent au niveau mondial 25 % des émissions totales¹⁰⁴.

2.1. Généralités sur le développement durable

2.1.1. Les origines

Si le développement durable se base en partie sur l'environnement, les préoccupations environnementales ne sont pas récentes mais permanentes dans l'organisation des sociétés urbaines, nous relevons :

- Le souci de citoyenneté, du paysage et de la qualité de l'eau, relevé par les philosophes grecs de l'antiquité ;
- L'introduction de l'écologie urbaine par l'école de Chicago (1925) pour l'amélioration de l'organisation sociale, en s'inspirant du fonctionnement écosystémique* de la nature ;
- La pensée hygiéniste du début du XX^{ème} siècle qui vise la dédensification urbaine et la création des ceintures vertes tout en étendant les surfaces construites¹⁰⁵.
- L'année 1789, date de la déclaration des droits de l'homme, et du citoyen comme premier pas social ;

Pour nous, l'intérêt concerne l'évolution du terme lui-même de développement durable dont ses bases remontent au 18^{ème} siècle dans les travaux de *Malthus** qui mettait en exergue les problèmes de l'insuffisance des ressources face à la forte poussée démographique. En 1864, le géographe américain insistait déjà sur le gaspillage des ressources naturelles, envisagé comme contraire à la loi divine et aux intérêts économiques de la nation. L'allemand Friedrich mettra l'accent sur la manière durable d'utilisation des

¹⁰³ Lavigne P. et al, (1998) « Architecture climatique, une contribution au développement durable », Tome 1, Editions. EDISUD. France.

¹⁰⁴ Gabanieu J., Galibourg J-M. et Gauzin-Müller D. (2003) « Constructions publiques architecture et HQE », document de la mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, France.

* Ecosystème: *unité écologique constituée par un ensemble d'animaux et de végétaux et le milieu dans lequel ils vivent*, Dictionnaire Microsoft encarta 2008.

¹⁰⁵ Rouxel F. et Rist D. (2000) « Le développement durable: Approche méthodologique dans les diagnostics territoriaux », Editions TEC □ □ DOC. France.

* Malthus.T.R, économiste anglais (1766–1834) auteur de « L'essai sur le principe de populations (1798) », in dictionnaire Larousse 1986.

ressources naturelles en essayant de les améliorer et même de les augmenter. En Amérique, le mouvement "conservationniste" né au 19^{ème} siècle a déjà pris conscience sur les possibilités d'un développement à long terme, il est à l'origine, de la naissance des premières grandes associations de protection de la nature et des premiers parcs américains (Yellowstone).

Au 19^{ème} et 20^{ème} siècle, tous les discours mettent en valeur les problèmes qu'encourent l'environnement mais sans une véritable analyse scientifique.¹⁰⁶ Le tournant décisif a lieu dans les années 1970, suite à la publication d'un retentissant rapport inaugural de scientifiques, (fondateurs de l'écologie moderne regroupés sous le nom de groupe de Rome), qui allait réveiller les consciences planétaires sur les questions écologiques à travers les limites des ressources naturelles, mais aussi, la découverte des retombées de la crise de l'énergie de 1973 par le quadruplement des prix de pétrole ainsi que les risques d'une croissance économique exponentielle enclenchée depuis la révolution industrielle (deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle) mettant en péril les ressources non renouvelables¹⁰⁷.

Face aux limites de ce modèle productiviste des pays riches, des effets néfastes commencent à se faire ressentir (environnement affecté par les produits chimiques utilisés pour une agriculture intense, pollution au mercure au Japon, rejet de gaz toxiques dans l'atmosphère, pollutions en tout genre...). C'est dans ce contexte de la prise de conscience des limites du progrès technique, qu'apparaît le concept du développement durable, certes la formule n'existe pas puisqu'on parle alors d'écodéveloppement, mais les prémices fondatrices sont déjà en place¹⁰⁸:

- La conférence Biosphère de l'UNESCO (1968) avance l'idée d'un "développement écologiquement viable" en réponse au modèle de développement productiviste mis en œuvre dans les sociétés industrielles;
- La naissance en 1969 et 1971 de deux des plus puissantes O.N.G* environnementales actuelles, *Friends of the Earth et Greenpeace* qui dénoncent le gaspillage, la pollution et la disparition des espèces. La publication de l'ouvrage

¹⁰⁶ Moïssac A. Arnould P. et Veyret Y. (2004) «Développement durable, affaire de tous, approche de géographes; vers une géographie du développement durable». In revue *Historiens & Géographes* n° 387. France.

¹⁰⁷ Club de Rome (1972) «Halte à la croissance ?», rapport sur les limites de la croissance, Edition Fayard, Paris.

¹⁰⁸ Brunel, S. (2007) «Le développement durable», 2^{ème} Edition, P.U.F. (Presses Universitaires de France), « Que sais-je ? », Paris.

* O.N.G: *Organisation Non Gouvernementale*.

de Pierre George aux éditions (Que sais-je?) intitulé «*L'environnement*» qui évoque la montée des pollutions de toutes natures¹⁰⁹;

- La parution en 1972 du rapport du club de Rome, «*The limits of growth*»¹¹⁰, qui exhorte les pays développés à revoir leur modèle de croissance productiviste, a permis de réveiller les consciences planétaires sur les questions écologiques et leur impact sur la pérennité des ressources naturelles;
- La tenue de la première conférence mondiale des Nations Unis sur l'environnement humains, la même année (1972) à Stockholm, baptisée «*Une seule terre*». Elle se clôt par une déclaration appelant le monde à mieux protéger la nature. Le Programme des Nations Unis pour l'Environnement (P.N.U.E.) est créé; ainsi que les bases de la notion «d'écodéveloppement»* :
 - La prise en charge équitable des besoins de tous les hommes;
 - L'autonomie des décisions et la recherche des modèles propres à chaque contexte historique, culturel et économique;
 - La prudence écologique par la recherche d'un développement en harmonie avec la nature.

Le concept d'écodéveloppement, paraissant encore trop radical aux yeux des autorités américaines, est considéré comme le précurseur et le concurrent de l'expression développement soutenable qui apparaîtra au début des années 1980, selon Ignacy SACHS ce concept représente un développement des populations par elles-mêmes, utilisant au mieux les ressources naturelles, s'adaptant à un environnement qu'elles transforment sans le détruire. L'enjeu étant de trouver un modèle de croissance qui rend compatible le progrès social et la gestion saine des ressources et du milieu¹¹¹.

- La crise de l'énergie avec le quadruplement des prix du pétrole (1973), qui montre la fragilité de la croissance occidentale et la remise en question des postulats productivistes et technocrates qui ont marqué les décennies précédentes.

Ce sont deux O.N.G. environnementales et l'agence des Nations Unis chargée de l'environnement qui intronisent le terme de développement durable: il apparaît

¹⁰⁹ George, P. (1971) «*L'environnement*» Edition. P.U.F. (Presses Universitaires de France), Paris.

¹¹⁰ Meadows. D.H. et al, (1972) «*Limits in growth*», Edition Potomac associates book, London.

* Ecodéveloppement: *développement sur le plan régional ou local en fonction des potentiels de chaque zone, qui prête attention à l'utilisation adéquate et rationnelle des ressources naturelles, des technologies et des modes d'organisation respectueux des écosystèmes naturels et des contextes sociaux et culturels locaux*, P.N.U.E, 1975.

¹¹¹ Sachs, I. (1997) «*L'écodéveloppement*» Editions. La découverte, Paris.

officiellement en 1980 dans un document intitulé *La stratégie de la conservation mondiale*, mais c'est le rapport *Brundtland*¹¹² « Notre avenir à tous », publié en 1987 qui lui donne ses lettres de noblesse. Ce concept n'a pas réussi à s'imposer immédiatement, il émerge au tournant des années 1990. En 1992, est adopté à Rio de Janeiro (Brésil), dans le cadre du 2^{ème} sommet de la terre:

- Le programme d'action 21 ou agenda 21, texte qui définit l'objectif que doit se donner le développement durable, à savoir: *concilier protection de l'environnement, efficacité économique et équité sociale* (termes constituant le développement durable). Comme la plupart des questions internationales ne peuvent être traitées concrètement qu'à l'échelle locale, il est décliné «des agendas 21 locaux» qui reflètent en fait la notion de '*penser globalement, agir localement*' et mettent à l'honneur le concept de démocratie participative;
- Le texte de création de la commission mondiale pour le développement durable;
- Deux conventions, l'une sur le climat et l'autre sur la biodiversité;
- Des textes sur les forêts et la désertification.

2.1.2. Les définitions

Le Développement durable est la traduction française du terme anglo-saxon «Sustainable development», apparu et mis en l'honneur en 1987 par les travaux de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (C.M.E.D), communément appelé rapport *Brundtland*. La définition la plus connue constitue plus un programme d'action qu'une définition: «*Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures de répondre aux leurs*»¹¹³.

Cette définition s'appuie sur deux concepts: Celui des besoins, particulièrement ceux des plus démunis auxquels une grande priorité est à accorder, et l'idée des limitations que doit imposer nos techniques et notre organisation sociale sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. Le développement durable est souvent présenté comme la recherche d'un équilibre entre trois pôles: le social, l'économie et

¹¹² Du nom de Grö Harlem Brundtland, alors Premier ministre de la Norvège.

¹¹³ Brundtland, G.H. (1988) «Notre avenir à tous». Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (C.M.E.D). Montréal, Editions du Fleuve. Le rapport « Notre avenir à tous » est disponible à cette adresse: http://www.wikilivres.info/wiki/index.php/Rapport_Brundtland.

l'environnement, cette représentation correspond au modèle de Jacobs et Sadler¹¹⁴, inspirée de la théorie des ensembles comme schématisée dans la figure 2.1¹¹⁵.

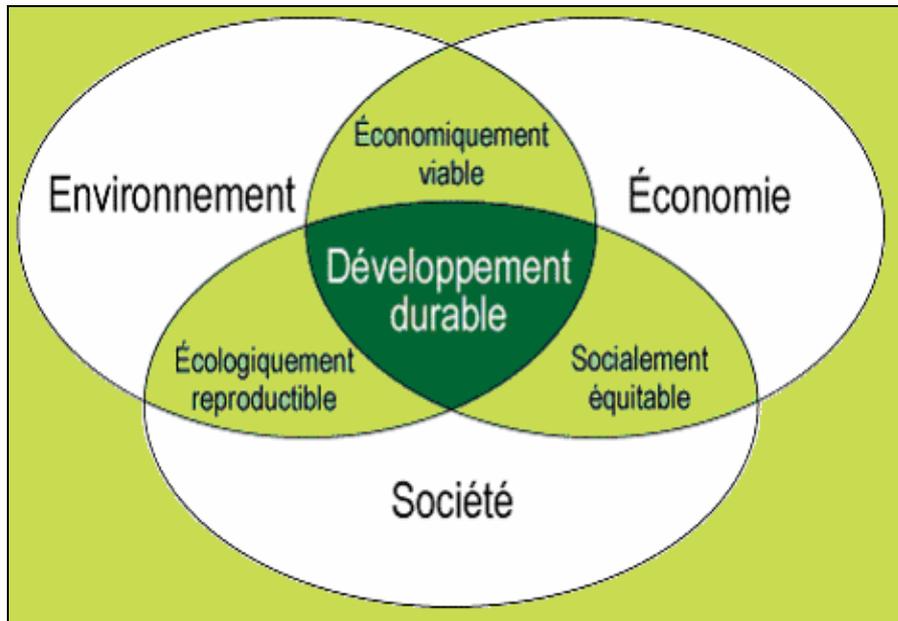


Figure 2.1: Les trois piliers du développement durable.

La notion de développement durable, considéré dans sa genèse comme un mot d'ordre international issu d'une prise de conscience d'une forme déséquilibrée et irresponsable de développement, a, au regard de l'importance et de la diversité des domaines d'intérêt, (figure 2.2.) donné naissance à un brassage d'idées donnant lieu à diverses définitions:

- *«Le développement durable signifie l'amélioration de la qualité de vie, tout en respectant la capacité de charge des écosystèmes sur lesquels elle repose»¹¹⁶.*
- *«De manière générale, le concept de développement durable a pour ambition de fonder un projet à la fois politique, économique et culturel pour rendre compatible, à long terme, les exigences de l'environnement et celles de développement économique»¹¹⁷.*

¹¹⁴ Sadler B. et Jacobs. P. (1990) «A key to tomorrow: On the relationship of environmental assessment, perspectives on planning for a common future» Ottawa, Canadian Environment Assessment Research Council.

¹¹⁵ http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable/

¹¹⁶ UICN, PNUE et WWF, (1991) «Sauver la planète».

¹¹⁷ Camagni R. Gibelli M.C. (1997) «Développement urbain durable: Quatre métropoles européennes à l'épreuve», Edition de l'Aube, la tour d'Aigues, France.

- *«Le développement durable vise un développement harmonieux de l'ensemble du territoire national selon les spécificités et les atouts de chaque espace régional. La finalité étant:*
 - *La création de conditions favorables au développement de la richesse nationale et de l'emploi;*
 - *L'égalité des chances de promotion et d'épanouissement entre tous les citoyens;*
 - *L'allègement des pressions sur le littoral, les métropoles et les grandes villes par la promotion des zones de montagnes, des régions des hauts plateaux et du sud, ceci ne peut être assuré qu'à travers l'incitation à la répartition appropriée entre les régions et les territoires des bases et des moyens de développement;*
 - *La stabilisation des populations des milieux ruraux et zones en difficultés par le soutien à leur dynamisation;*
 - *Le rééquilibrage de l'armature urbaine et la promotion des fonctions régionales, nationales et internationales des métropoles et des grandes villes;*
 - *La protection et la valorisation des espaces et des ensembles écologiquement et économiquement sensibles.*
 - *La protection des territoires et des populations contre les risques liés aux aléas naturels;*
 - *La protection, la mise en valeur et l'utilisation rationnelle des ressources patrimoniales et culturelles et leur préservation pour les générations futures»¹¹⁸.*

A travers ces différentes définitions, il ressort que les aspects liés au *développement* et à la *durabilité* constituent le dénominateur commun qu'il y a lieu de définir, à cet effet, nous pouvons citer à nouveau Alain Miossec, Paul Arnould, Yvette Veyret (Historiens & Géographes n°387), qui les ont détaillé comme suit :

Développement

Vocabulaire économique ou écologique. Pour les biologistes il est soigneusement distingué de croissance qui évoque un phénomène de nature fondamentalement

¹¹⁸ Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire "Loi n° 01-20 du 12 décembre 2001, relative à l'aménagement et développement durable".

quantitative et cumulative. Le développement lui, est un phénomène marqué certes par une tendance à la croissance mais doublée de sauts qualitatifs correspondants à des améliorations spectaculaires vers des états de structure de plus en plus perfectionnés.

Durabilité

C'est un mot qui qualifie des pratiques écologiques, économiques et sociales, politiquement correctes : viable, soutenable, défendable, profitable, rentable, équitable, admirable, acceptable, souhaitable, désirable, valable.... Durable, évoque immédiatement la notion de temps dans une perspective constructive. Dans la gamme des temporalités, la durée possède une dimension longue qui met en perspective le fait historique. Par rapport à l'événementiel, le durable semble, dès l'abord, un gage de sérieux et de validité.

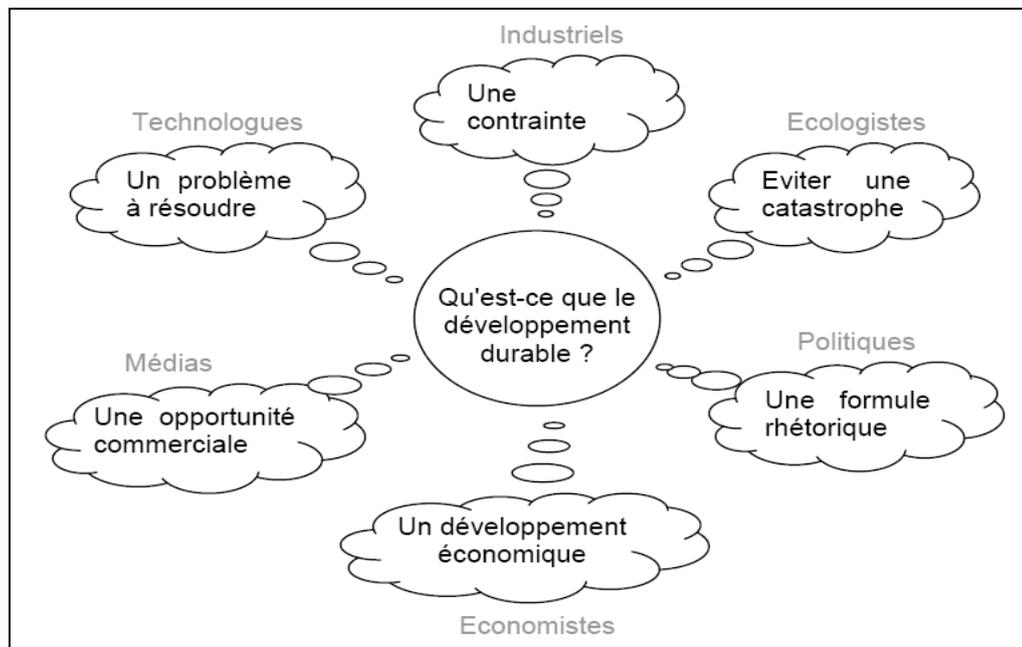


Figure 2.2: Différentes images du développement durable

[Source: Khalfan M.M.A]¹¹⁹

2.1.3. Vers une définition commune

Le développement durable est un concept qui se situe à l'intersection de l'économique, du social et de l'environnement, c'est une démarche globale qui concilie ces trois piliers de la vie en société et établit un processus vertueux d'évolution. Ainsi, en

¹¹⁹ Khalfan, M.M.A. (2002) «Sustainable development and sustainable construction». A literature review, Loughborough University. London.

respectant les écosystèmes, en rendant efficient la consommation des ressources naturelles, en recherchant une efficacité économique à long terme et en intégrant la dimension sociale, il vise à garantir un développement équilibré et équitable.

Le développement durable positionne le développement social comme pivot du développement économique et de la protection environnementale, car il ne s'agit pas de privilégier l'environnement, la nature par rapport à l'homme et au développement économique. Pour s'intégrer dans cette logique, des principes conditionnent la démarche du développement durable.

2.1.4. Les principes

Si Rio 1992 a permis d'officialiser le concept de développement durable, par la communauté internationale, la conférence de l'ONU [Istanbul 1996: 2^{ème} conférence sur les établissements humains (Habitat II)] insiste sur la nécessité de s'engager réellement sur cette voie, elle établit les principes suivants:

- Précaution et prévention par l'action d'éviter l'irréversible, prévenir plutôt que guérir;
- Economie et bonne gestion, par la réduction du gaspillage;
- Responsabilité par le principe de qui dégrade doit payer afin de participer à la réparation;
- Participation de tous les acteurs concernés notamment les décideurs, les industriels, les agriculteurs et les ONG;
- Solidarité vis-à-vis des autres pays, régions et générations futures ¹²⁰.

2.1.5. Les enjeux

Le 2^{ème} sommet de la terre (Rio) a alerté l'opinion sur les conséquences de gaspillage des matières premières, l'augmentation inquiétante de l'effet de serre et la dégradation rapide des équilibres écologiques. Les engagements ainsi pris se sont concrétisés par de nombreuses mesures dans divers domaines: industrie, transport, maîtrise de l'énergie, gestion des déchets et habitat.

¹²⁰ <http://www.notre-planète.info/Devdurable/>

2.1.5.1. La dégradation des milieux naturels

La planète et les hommes qui l'habitent encourent, selon les experts, des dommages irréversibles liés à quatre phénomènes majeurs:

- L'accroissement rapide de la population, qui est passée d'environ 1,5 milliards en 1900 à 6 milliards en 2000 pour atteindre 8 milliards en 2050¹²¹. Cet accroissement important pose entre autre le problème de la nourriture, du logement et de la qualité de la vie, surtout dans les régions défavorisées où la démographie est galopante;
- Le gaspillage des matières premières et des ressources d'énergie fossiles qui connaît une progression, compromettant à court terme le développement des générations futures;
- La dégradation de l'air, de l'eau et du sol met en danger la santé de la population;
- L'abondance des déchets qui polluent les sols, entraînant des désastres sur les productions agricoles et la qualité de l'alimentation.

2.1.5.2. L'effet de serre

Naturellement la terre, qui reçoit le rayonnement solaire, émet vers l'espace un rayonnement tellurique de nature infrarouge qui lui est partiellement renvoyé par les *gaz à effet de serre*¹²². Ce phénomène naturel, qui règle la température sur terre, connaît depuis une cinquantaine d'années une accentuation inquiétante, où selon les experts, le réchauffement de la planète est essentiellement lié à cet accroissement de l'effet de serre, le CO₂, sans cesse en augmentation (figure 2.3¹²³) depuis la révolution industrielle (1750), est responsable pour environ 60% par rapport aux autres gaz présents dans l'atmosphère¹²⁴. Nous avons besoin des gaz à effet de serre pour rendre notre planète vivable, mais à cause de leur augmentation et de leur concentration dans l'atmosphère, notre serre naturelle est de plus en plus efficace pour conserver de la chaleur¹²⁵.

¹²¹ Ailleret, F. (2000) «les défis de l'énergie au XXI^e siècle» paru dans la revue intitulée: Quelles technologies face au défis énergétiques du nouveau siècle ? France.

¹²² Gaz à effet de serre: Selon la convention sur les changements climatiques, s'entend «*les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et réémettent le rayonnement infrarouge*». Glossaire de l'environnement et du développement durable, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie. Les gaz à effet de serre visés par le protocole de Kyoto sont : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydro fluorocarbones (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆).

¹²³ Khedim M. (2005) « L'énergie solaire, utilisation thermique et photovoltaïque », Edition ANEP, Alger.

¹²⁴ Philippe, C. (2006), «C'est trop tard pour la terre», Editions JC Lattès, Paris.

¹²⁵ Crichton, M. (2006) « Climat fou : faut-il y croire ? », in revue science et avenir, n° 708, février 2006. France.

L'élévation anormale des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est responsable selon les scientifiques de plusieurs phénomènes à savoir :

- L'élévation de la température, dont sa courbe n'a cessé d'augmenter depuis le début du XX^{ème} siècle (figure 2.4).
Notons que la concentration de CO₂,

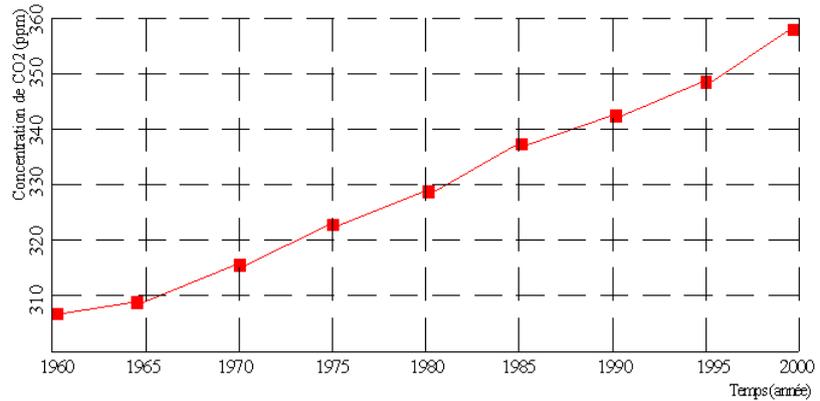


Figure 2.3 : Concentration de CO₂ (ppm) dans le temps.

issue en partie de l'urbanisation et de l'industrialisation, suit une évolution quasi parallèle à celle des températures depuis 1850 ;

- Le recul des glaciers, qui est l'une des manifestations les plus spectaculaires du réchauffement climatique ;
- Le manque d'eau qui sévit sur tous les continents, qui se traduit par l'assèchement des continents, le lac Tchad avec une diminution de 10% de sa surface initiale (26.000 km²) en est la preuve tangible ;
- La hausse régulière des niveaux des mers, par la dilatation thermique des masses d'eau, menaçant des populations entières à quitter leur terre tels les Tuvalu et les Maldives où abondent les îlots¹²⁶.

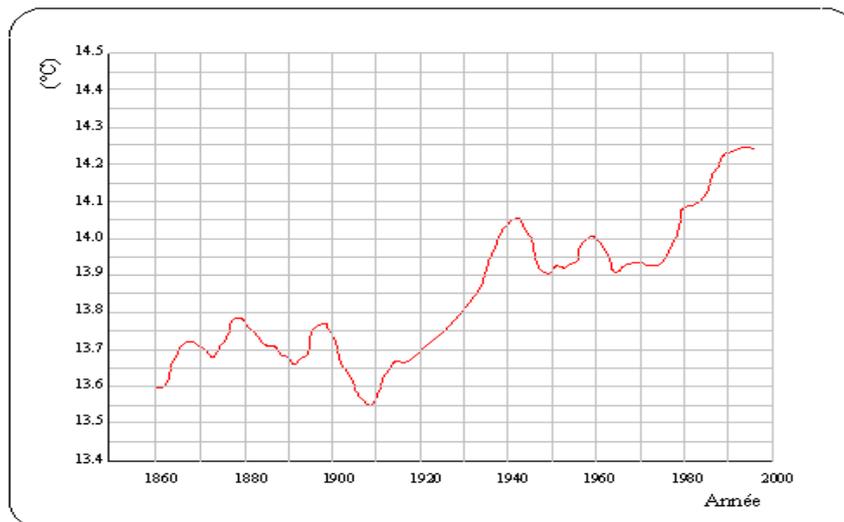


Figure 2.4 : Variations de la température de la surface de la Terre pour les 140 dernières années¹²⁷.

¹²⁶ « L'équilibre est rompu », in revue *science et vie* n°240 (hors série spécial climat), septembre 2007.

¹²⁷ Ploeg, J. (2002) « L'énergie et le changement climatique », rapport de l'académie canadienne du génie.

Actuellement, plus de 21 milliards de tonnes de CO₂ sont rejetés chaque année dans l'atmosphère, d'autres gaz liés aux activités humaines contribuent à aggraver la situation du réchauffement et de la destruction de la couche d'ozone comme le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les chlorofluorocarbures (CFC), et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC)¹²⁸.

En France, à titre d'exemple, les consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires représentent 43% des énergies consommées au niveau national, et sont à l'origine de 25% des émissions de gaz à effet de serre¹²⁹, dont le principe est illustré dans la figure 2.4¹³⁰.

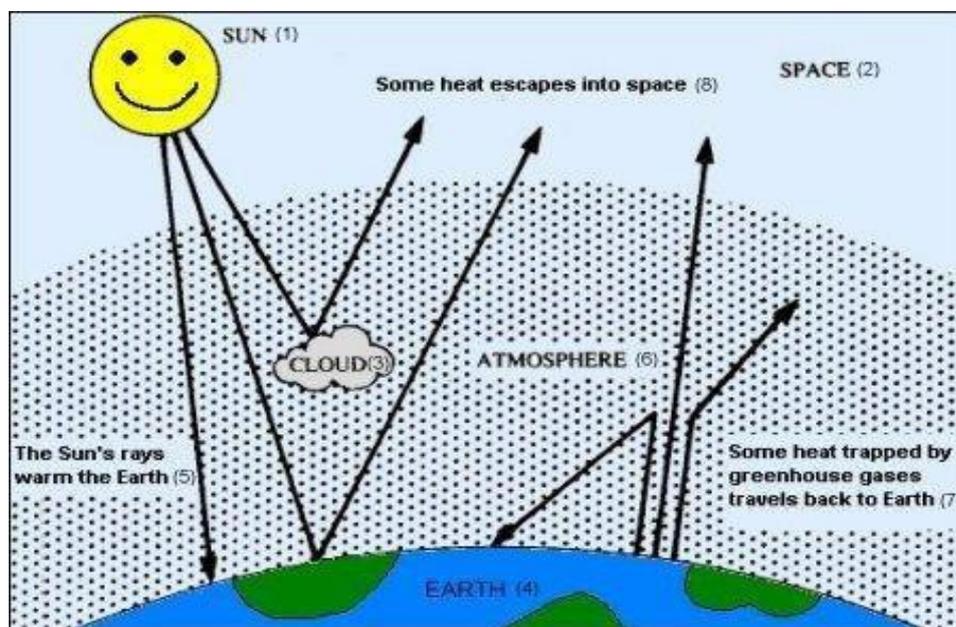


Figure 2.5: Le principe de l'effet de serre.

- 1- soleil 2- espace 3- nuage – 4 - terre 5- les rayons de soleil échauffent la terre 6- atmosphère
7- une partie de la chaleur piégée par les gaz à effet de serre revient vers la terre
8- une partie de la chaleur s'échappe vers l'espace.

2.1.5.3. La pérennité du développement

Pour assurer un développement qui soit en mesure d'être durable à la place du modèle productiviste, le concept de développement durable (Rio 1992) repose sur trois principes:

¹²⁸ Gauzin-Müller, D. (2001) «L'architecture écologique», Editions du Moniteur, Paris.

¹²⁹ Kerhuel, N. et Constant, G. (2006) « Lutte contre l'effet de serre dans la construction », in dossiers de la direction Générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, France.

¹³⁰ Projet Européen TAREB (2004) « Energie, environnement et climat » in Architecture à faible énergie, chapitre 1, London Metropolitan University. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/>

- la prise en considération de l'ensemble du cycle de vie des matériaux;
- le développement de l'utilisation et des énergies renouvelables;
- la réduction des quantités de matières et d'énergie utilisées lors de l'extraction des ressources naturelles, de l'exploitation des produits et de la destruction ou du recyclage des déchets.

2.1.5.4. Les agendas 21

Les principes de la déclaration de Rio sont associés à un programme de développement pour le XXI^{ème} siècle appelé action 21 ou agenda 21, qui recommande une approche intégrée pour assurer le développement durable, selon les dimensions sociales, économiques et l'intégration des préoccupations écologiques dans les processus de prise de décision.

Le chapitre 7 du rapport de la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio 1992), relatif à la promotion d'un modèle viable d'établissements humains, édicte les principes suivants¹³¹:

- Un logement adéquat pour tous;
- Pour une meilleure gestion des établissements humains;
- Pour une planification et une gestion durable des ressources foncières;
- Pour une infrastructure environnementale intégrée: eau, assainissement, drainage et gestion des déchets solides;
- Pour une politique viable de l'énergie et des transports au service des établissements humains;
- Promotion d'une production durable de l'industrie de la construction.

2.1.5.5. Les engagements de Kyoto

Le sommet de Kyoto en 1996, avait une vocation plus opérationnelle par rapport au sommet de Rio qui a marqué les esprits par ses dimensions sociales et culturelles. En effet, les chefs d'Etats présents à Kyoto, se sont engagés à ne pas dépasser en moyenne, sur les années 2008 à 2012, le niveau d'émission de gaz à effet de serre de 1990, l'impact étant considérable, en France par exemple, la contribution du bâtiment représente (16,6 %) sur une réduction de 16 millions de tonnes équivalent carbone.

¹³¹ Rapport téléchargé du site : <http://www.agora21.org/>

Pour mener cette action de réduction de gaz à effet de serre, trois types d'actions sont à observer:

- La réduction de la consommation d'énergie, qui dans le domaine de l'habitat, par des dispositions architecturales ;
- Le remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables;
- Le stockage du carbone.

2.1.6. Les dates marquantes du développement durable

Le graphique de la figure 2.6 illustre l'évolution du concept de développement durable dans le temps, il se distingue en amont par la prise de conscience des acteurs, pour progressivement influencer les consommateurs. Ce concept a fait l'objet de nombreux débats mondiaux où plusieurs sujets sont traités, comme le montre l'axe spatio-temporel 1:

2.1.7. Le développement durable aujourd'hui

Les mouvements écologiques préoccupés par la composante environnementale du développement durable, peut dans certains cas empêcher de prendre en considération d'autres impératifs, tels ceux du développement immédiat des pays émergents. Ainsi la constitution de réserves naturelles dans les pays du sud ne prend pas en considération, que ces espaces constituent le cadre de vie et le moyen de subsistance des populations autochtones. Les institutions financières garantes de l'orthodoxie monétaire et des grands équilibres financiers, renouent avec le processus de croissance économique qui, pour endiguer la pauvreté, poussent les états du sud à attirer les grandes entreprises sur leur sol, ceci engendre des processus très destructeurs (exploitation des forêts, extraction minière, désertification aggravée, pollution, épuisement des ressources non renouvelables (Indonésie, Guyane, Nigeria...)).

La conciliation entre protection de l'environnement et développement social n'a pas fait le consensus; les partisans de la *durabilité forte* donnent la priorité à l'environnement en préconisant la « *décroissance* » et ceux de la *durabilité faible* donnent la priorité à l'humanité et se caractérisent par une grande confiance dans les techniques, pour qui le progrès remet en question la notion d'irréversibilité des destructions et des dégradations portées à l'environnement, entre les deux, la fracture conceptuelle se produit¹³².

¹³² Brunel, S. (2007), Op. cit, page 55.

2.2. Le développement durable en Algérie

Introduction

L'Algérie depuis le milieu des années 60 a bien changé, industrialisation accélérée, équipement du territoire, développement massif des équipements socio-éducatifs, amélioration urbaine..., ce développement s'est évidemment répercuté sur l'urbanisation où, le nombre de villes a été plus que décuplé (près de 500 villes dès 1987) le taux d'urbanisation avoisine les 60%. Cette urbanisation, significative des mutations socio-économiques du pays, est également lourde de conséquences et porteuse de beaucoup de problèmes, liée au départ, au développement des activités, elle s'est ensuite dénaturée sous l'effet de la forte croissance démographique qu'a connu le pays, des excès de la concentration des industries vers les villes du nord et surtout de l'insuffisance accordée à l'agriculture et au monde rural, surexploitation des ressources en eau, pollutions liées aux rejets urbains massifs.

Les effets positifs de l'urbanisation sont largement contrecarrés par l'insuffisance maîtrise et organisation des grandes villes notamment pour lesquelles on déplore:

- Une périurbanisation effrénée qui menace les terres agricoles et des concentrations démographiques qui portent atteintes dommageables aux ressources;
- Une menace, dans les régions sahariennes qui, perturbe l'équilibre fragile des systèmes oasiens;
- Dévitalisation des milieux ruraux, sous l'effet attractif des chefs lieux urbains.

Au niveau architectural, notamment dans le domaine du logement, le souci de construire en grande quantité fait oublier aux décideurs et aux concepteurs les dimensions sociales et environnementales si bien que le recours aux matériaux industrialisés (brique, ciment, acier...) est devenu tellement classique qu'il devient difficile de réfléchir à d'autres matériaux, sans omettre le recours systématique aux appareils de chauffages et de climatisation (gros consommateurs d'énergie) pour assurer le confort des occupants. Une telle situation, dépasse le seul contexte de l'urbanisme, de l'architecture et des outils mis en œuvre, et relève de l'absence d'une politique cohérente et globale au détriment d'une politique sectorielle de développement. Il est donc nécessaire d'organiser et de rationaliser les actions de développement en les inscrivant dans les options d'équilibre territorial et de développement intégré et durable.

2.2.1. Sur la voie du développement durable

Suite à sa participation aux différents sommets pour la protection de l'environnement et le développement durable, la signature et ratification de plusieurs accords et traités, le lancement en 2002 du Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) ainsi que la promulgation de plusieurs textes de lois traitant de la question environnementale et de la maîtrise de l'énergie, l'Algérie a définitivement choisi le chemin du développement. On y relève à cet effet:

▪ L'intérêt pour les problèmes de l'environnement

- Participation aux travaux de la première Conférence Mondiale à Stockholm en 1972 sous l'égide des Nations Unies: l'environnement est un problème Planétaire, toute politique à long terme n'est envisageable que dans un contexte international ;
- Création du Comité National de l'Environnement (C.N.E) en 1974 : organe consultatif qui a pour mission de proposer les éléments essentiels de la politique environnementale dans le cadre de l'aménagement du territoire et du développement économique et social ;
- Promulgation de la loi 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement dont l'objet tend à la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles, la préservation et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance ainsi que l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie ;
- Création de l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (A.N.P.E.) ;
- Loi fondamentale qui édicte les principes généraux couvrant les principaux aspects de la protection de l'environnement.

▪ L'adhésion aux traités internationaux

Depuis l'indépendance, l'Algérie a ratifié une vingtaine de conventions et protocoles internationaux conclus dans le domaine de l'environnement et portant sur :

- la protection de la mer;
- la protection des ressources biologiques naturelles;
- la protection de l'atmosphère;
- la lutte contre la désertification;
- le contrôle des déchets dangereux.

▪ La coopération internationale

- Projet PNUD: renforcement des capacités nationales pour la protection de l'environnement;
- Projet de coopération avec GTZ-Allemagne: gestion des déchets solides et rejets liquides;
- Projet avec le Fonds Mondial pour l'Environnement ;
- Mise en place d'un système de gestion de la pollution pétrolière ;
- Elaboration de stratégie et programme national sur la diversité biologique ;
- Programme d'action pour la Méditerranée consacré à la pollution d'origine tellurique ;
- Projet avec la Banque Mondiale: contrôle de la pollution industrielle (Annaba) ;
- Projet avec le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM): (développement durable du littoral Algérien).

2.2.2. Les villes du sud dans la vision du développement durable

Les villes du sud n'ont pas échappé à la logique d'utilisation irrationnelle de l'espace, puisqu'elles totalisent souvent des volumes importants de populations qui mettent en péril les écosystèmes sensibles au sein desquels elles évoluent et déstabilisent les systèmes oasiens qui ont toujours été à leur origine. Ils menacent ainsi les milieux de vie (remontée capillaires des nappes, affaissement des sols, destruction des systèmes hydrauliques traditionnels comme les foggaras...). A ce danger proprement écologique, ces villes ajoutent par leur hypertrophie, la confiscation du dynamisme économique, ainsi que l'amplification des problèmes de leur propre gestion (approvisionnement, gestion des réseaux, adductions d'eau potables, dégradation des palmerais par l'urbanisation). Ainsi, des mesures doivent intervenir pour restituer chacune des villes dans les conditions écologiques spécifiques qui conditionnent leur développement efficient et durable¹³³.

Selon Abdelkader KHELLIL (délégué à l'aménagement du territoire) cité dans (*Demain l'Algérie, Les dossiers de maîtrise de la croissance des villes*), l'extension anarchique de l'urbanisation dans les villes, notamment du sud, conduit à un risque de catastrophes écologiques irréversibles, impliqués pour des systèmes oasiens souvent millénaires. Il

¹³³ Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence Nationale d'Aménagement du Territoire, (A.N.A.T), (1998) «Demain l'Algérie, Les dossiers de maîtrise de la croissance des villes», Alger.

s'agit en effet d'inscrire la marche de l'Algérie de demain, en rupture avec la logique d'urbanisation spontanée, dans la mesure où cette démarche abandonne l'évolution des villes aux pressions de la demande sociale et hypothèque les chances d'émergence de nos grandes villes comme pôles organisateurs d'espaces régionaux compétitifs.

2.2.2.1. Cas de la vallée du M'Zab

Comme toutes les villes du sud, Ghardaïa est tributaire d'un milieu fragile particulièrement spécifique. Sa croissance urbaine qui a atteint déjà 87.599 habitants¹³⁴ affecte l'ensemble de l'écosystème de la vallée du M'Zab, il est à craindre que cette situation ne soit préjudiciable au patrimoine universel auquel se rattache la ville de Ghardaïa. L'urbanisation de la ville, dûe au dynamisme économique qu'elle a connu, à l'attractivité qu'elle a ainsi exercée sur les populations de son aire métropolitaine et à l'urbanisation mal maîtrisée et excessive, a pour conséquence directe sur la surexploitation des ressources en eau et le déclin de la phoeniciculture, autrement dit de l'élément essentiel à l'équilibre oasien, auquel s'ajoute une approche erronée dans le marché de construction par l'inadaptation à l'environnement naturel, le mauvais choix des sites à implanter, l'inadaptation des matériaux, l'absence de confort, l'ignorance des valeurs culturelles, la mauvaise programmation des infrastructures... Cette menace suggère une maîtrise de l'urbanisation anarchique en prenant exemple sur le mode d'urbanisation des anciens ksour (réinterprétation, relecture, analyse...) ou des nouveaux comme c'est le cas du *ksar de Tafilelt* (objet d'étude du présent mémoire), qui demeure selon ses concepteurs une expérience humaine en matière d'urbanisme et d'architecture très particulière par ses approches: sociale, urbanistique écologique et patrimoniale, en s'appuyant sur: la contribution des institutions sociales traditionnelles, l'implication du futur habitant dans la mise en œuvre de son foyer, l'interprétation consciente de l'héritage architectural ancien, et l'implantation impérative dans un milieu rocheux pour préserver le milieu fragile.

Concernant les instruments d'urbanisme, comme la majorité des villes d'Algérie, le décalage de la vision du P.D.A.U, par rapport à la vision de complémentarité et de solidarité territoriale qui est un fait établi depuis longtemps dans la vallée du M'Zab, n'est pas de nature à rétablir l'équilibre de l'écosystème et encore moins à assurer sa promotion, dans le sens d'un développement durable.

¹³⁴ Office National des Statistiques (O.N.S), résultats du 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat (R.G.P.H) 1998.

Conclusion

L'Algérie a connu une tentative opérationnelle de prise en charge de la problématique du développement durable, particulièrement à l'échelle communale, à travers le programme de la «charte communale pour l'environnement et le développement durable» pour la période 2001-2004, qui se voulait une base pour la confection d'un agenda 21 local, ce programme, malheureusement, est resté au stade d'inachevé car les communes n'ont pas les outils nécessaires à son application¹³⁵. Au plan institutionnel, les lois relatives au développement durable promulguées par les ministères de l'aménagement du territoire et de l'environnement et celui de l'énergie, n'ont pas eu d'impact sur la loi régissant l'aménagement et d'urbanisme (loi 90-29 du 1/12/90 modifiée et complétée par la loi 04-05 du 14/08/04) qui constitue la référence en matière d'organisation du sol et de production du cadre bâti (urbanisme et architecture). Sur la scène internationale, l'Algérie jouit d'une place honorable dans les questions de l'environnement, à l'image de l'action du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement et du tourisme (Mr Cherif RAHMANI) qui a reçu en 2008 la distinction «le bouclier de l'environnement» décerné par le réseau arabe pour l'environnement et le développement durable (Raed)¹³⁶ ou encore l'élection de l'Algérie en décembre 2007 à Bali (Indonésie) à la présidence du groupe africain sur les changements climatiques pour la période 2008-2009¹³⁷, sans omettre la dynamique de l'Algérie dans le continent africain, comme la conférence africaine des ministres chargés de l'environnement sur les changements climatiques qui s'est tenue à Alger le 19 Novembre 2008, où les discussions sont axées sur les effets dangereux du changement climatique sur le bien être des pays, les écosystèmes et le progrès socio économique, que l'Afrique subi et subira davantage, alors que le continent n'est responsable de 3.50 % des émissions mondiales des gaz à effet de serre¹³⁸.

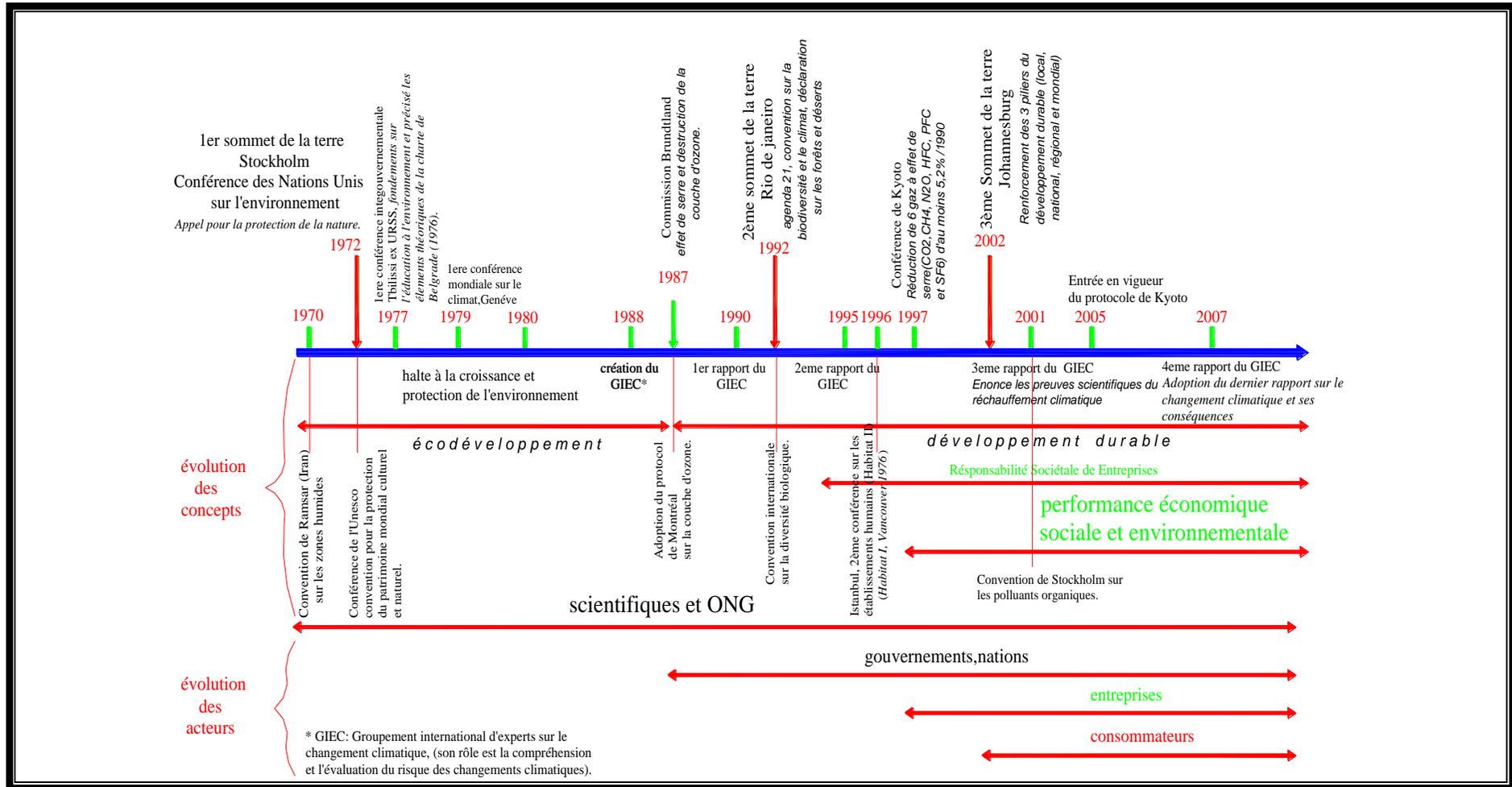
¹³⁵Dakhia K. (2006) «Développement durable et environnement: les nouveaux défis de l'urbanisme en Algérie», in revue «Vies de villes» n°4, février 2006, Alger.

¹³⁶R.N. «Rahmani reçoit la distinction «le bouclier de l'environnement» article paru dans le quotidien national d'information «Liberté» du 11 mars 2008. Alger.

¹³⁷«L'Algérie fait adopter une décision recommandant une décennie des nations unies sur le changement climatique» article paru dans le quotidien national d'information «liberté» du 2 mars 2008. Alger.

¹³⁸Saidoun N. « Une conférence Africaine sur les changements climatiques » article paru dans le quotidien national d'information «Liberté» du 19 Novembre 2008. Alger.

Figure 2.6 : Axe spatio-temporel des grandes dates de la politique du développement durable^{139, 140, 141}.



¹³⁹ Brodhag, G. (2004) «Développement durable et énergie», Journées X-ENS-UPS Physique, Ecole polytechnique, 14 mai 2004, France.

¹⁴⁰ Le Monde diplomatique (2007) «L'Atlas environnement, analyses et solutions» Editions S.A Le Monde Diplomatique 2007, France.

¹⁴¹ Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, «Glossaire de l'environnement et du développement durable, 2004, Algérie.

CHAPITRE 3
LES CONTRIBUTIONS AU DEVELOPPEMENT
DURABLE
L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE ET L'URBANISME
DURABLE

3.1. L'architecture bioclimatique

Introduction

La construction du XXI^{ème} siècle ne peut plus ignorer tout à la fois les limites physiques de la planète, les exigences sociales en terme de sécurité et de bien-être, le rôle du bâti dans la culture et les contraintes fortes de l'environnement et de l'économie. Il s'agit, à ce titre, de replacer l'architecture dans une autre dimension de durabilité qui doit concilier plus que jamais les aspirations des individus et les contraintes collectives, dans une pratique qui prend aussi en compte l'intérêt des générations futures¹⁴².

L'objectif du présent chapitre ne concerne pas l'analyse de tous les aspects liés au développement durable, mais il porte sur l'identification et la définition des concepts et éléments à introduire dans l'acte architectural pour mieux répondre aux exigences sociales, économiques et environnementaux, car l'idée du développement durable, remet fondamentalement en cause les pratiques de construction du siècle dernier; l'accessibilité à un habitat viable, efficace sur le plan environnementale, économe en ressources et créateur d'esthétique est un défi pour nos sociétés contemporaines¹⁴³. Sachant que le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie par le chauffage et la climatisation, il est à l'origine d'une grande partie des rejets de CO₂, l'un des plus important gaz à effet de serre, responsable du réchauffement climatique comme nous le montre la figure 3.1¹⁴⁴.

Ainsi, selon Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey (2006), les maîtres d'ouvrages aujourd'hui tentent de limiter les consommations d'énergies dans leurs bâtiments pour réduire, les émissions de gaz à effet de serre, les factures énergétiques et se conformer à la réglementation en vigueur¹⁴⁵. Pour le cas de l'Algérie qui a une part considérable dans les émissions de CO₂ au niveau du continent africain (figure 3.2), la loi 99-09 du 28 juillet 1999 stipule *l'utilisation rationnelle de l'énergie*, sa mise en application dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n° 2000-90 portant réglementation thermique dans le bâtiment neuf, dont l'objectif consiste en l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation.

¹⁴² Genet, P, (2007) Développement durable et architecture responsable », Edition CNOA, France.

¹⁴³ Susini, J.F, (2004), in « Les architectes et le développement durable » conclusion de l'étude engagée par l'ordre des architectes avec l'appui de Eco durable, France.

¹⁴⁴ <http://www.News.Fr.msn.com/environnement>, téléchargement du 14 Mai 2008.

¹⁴⁵ Oliva, J-P. et Courgey, S. (2006) « La conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation ». Edition Terre Vivante, France.

* O.C.D.E : *Organisation de Coopération et de Développement Economique, organisation internationale fondée en 1961, Dictionnaire Microsoft Encarta 2008.*

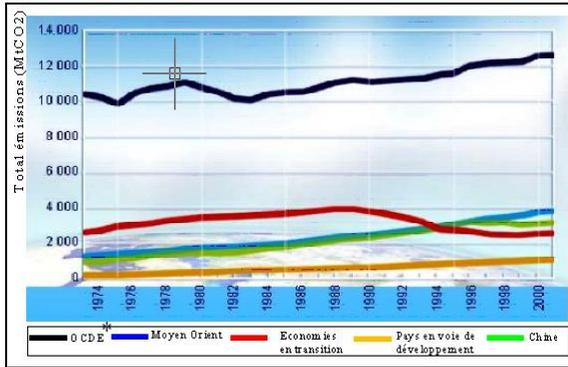


Figure 3.1 : Evolution des émissions de Gaz à effet de serre (G.E.S) de 1971 à 2000.

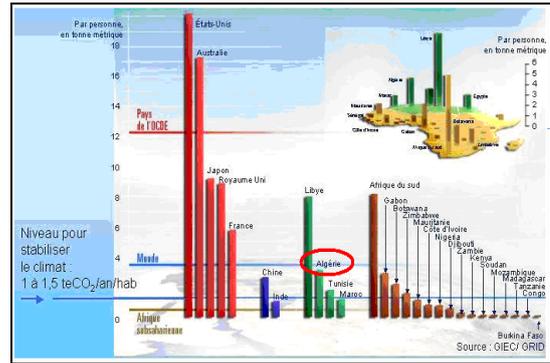


Figure 3.2 : Situation de l'Algérie en matière d'émissions de CO₂.

Cette réglementation qui vise le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrages de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti. La mise en application de cette réglementation thermique permettra de réduire nos besoins calorifiques des nouveaux logements de l'ordre de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation¹⁴⁶, d'ailleurs le bilan énergétique nationale de l'année 2005, (figure 3.3)¹⁴⁷ montre que la consommation finale évaluée à 24,437 millions de TEP*, fait ressortir une prédominance de la consommation énergétique du secteur des ménages (soit 52,3 % de la consommation finale) par rapport aux secteurs

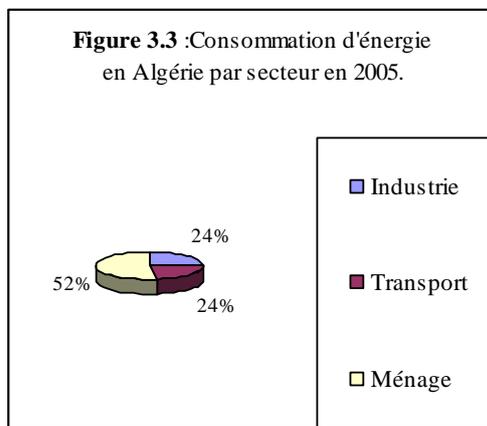


Figure 3.3 : Consommation d'énergie en Algérie par secteur en 2005.

de l'industrie (23,8 %) et celui des transport (23,9 %) ¹⁴⁸.

Dans ce contexte, Alain Liebard et André de Herde soulignent que l'architecture bioclimatique apparaît comme l'une des réponses pour réduire la consommation énergétique et donc les émissions de CO₂, en profitant des apports bénéfiques de l'environnement particulièrement le soleil comme

source d'énergie inépuisable, renouvelable et non polluante, tout en respectant les particularités socioculturelles des occupants¹⁴⁹. Ainsi, la contribution de l'architecture au

¹⁴⁶ Dali, K. (2006) « Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments », Extrait de la lettre de l'APRUE n° 10, Septembre 2006. Alger.

¹⁴⁷ Hamouda, C. et Malek. A. (2006), « Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna », paru dans la revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3. Alger.

* T.E.P : *Tonne Equivalent Pétrole*. 1 TEP équivaut à 4500 KWh ou 1.5 Tonne de charbon ou encore à 1000 m³ de gaz naturel.

¹⁴⁸ Ministère de l'Énergie et des Mines, « Bilan Énergétique National de l'Année 2005 », document de la DGE/EPE, Alger, Mai 2006.

développement durable suppose des dispositions architecturales qui rendent un édifice habitable en grande partie de l'année sans qu'il ne soit nécessaire de recourir à des équipements techniques consommateurs d'énergies, à ce titre, l'implantation et la configuration d'un plan masse compte pour 50% dans l'économie de gestion du confort d'usage, qui peut être encore amélioré par l'étude architecturale¹⁵⁰, auxquelles s'ajoutent les questions d'ambiances, de confort et de santé qui deviennent centrales au plan conceptuel, ce qui guide le processus de choix et d'élaboration du parti architectural jusqu'à l'édification, voir la destruction en passant par toute la durée d'utilisation.¹⁵¹

Mais cette forme d'architecture, à laquelle nous allons nous y intéresser dans la suite de ce chapitre, a été bel et bien utilisée par nos ancêtres. Notre objectif, à travers une recherche bibliographique, consistera à identifier et à analyser les éléments d'architecture ayant contribué à son caractère bioclimatique, mais avant cela, pourquoi l'intérêt de cette discipline architecturale ?

3.1.1. Problématique

En effet, la pratique de l'architecture du vingtième et du début du vingt-et-unième siècle est tellement conditionnée par des impératifs technologiques, que les aspects liés aux : climat, confort, ambiances, environnement et dimension humaine, sont rarement intégrés dans la conception des bâtiments¹⁵². A ce propos, Mouloud MAMMERI, séduit comme tant d'autres penseurs et intellectuels par la vallée du M'Zab, signale à son égard que « *de plus en plus l'homme perd le contact de la nature, les espaces verts cèdent devant la ville envahissante, des espèces se perdent, l'air se pollue. Notre science, chaque jour, plus précise et plus puissante tend d'humaniser la nature, rien de plus inhumain que la nature humanisée par nos machines* »¹⁵³.

Dans les projets d'urbanisme, l'intérêt, souvent porté au nombre de logements et services à fournir, passe avant l'orientation du soleil et des vents, au détriment du confort, de l'environnement et de la facture énergétique incompatibles fondamentalement avec le

¹⁴⁹ Liebard, A. et De Herde, A. (2005) « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Editions Observ'ER, Paris.

¹⁵⁰ Lefèvre, P. (2002) « Architectures durables » Editions Edisud. France.

¹⁵¹ Liebard, A. (2002) in « Architectures durables » de Pierre LEFEVRE, Editions Edisud. France.

¹⁵² M^{me} Hammou née Benmaghsoula, Z. (1996) « Architecture musulmane et composante climatique : Approche typo morphologique », mémoire de magistère en architecture, université de Constantine.

¹⁵³ Mammeri, M. (1973) in préface de « Le M'Zab, architecture ibadite en Algérie » de Roche, M. et Arthaud, Editions Société nationale d'édition et de diffusion, Alger.

développement durable. Comment alors concevoir, édifier et aménager le bâtiment et le territoire en n'hypothéquant pas l'avenir de nos enfants ? Quelles architectures et quels urbanismes sont en mesure d'apporter des réponses à nos besoins et à ceux des générations futures ?

Pierre Lefèvre (2002), dans une approche scientifique très approfondie et détaillée, a esquissé, non pas une réponse à ces questionnements mais, un outil méthodologique pouvant servir à évaluer et replacer l'architecture dans le contexte du "développement durable", à travers un questionnaire qui s'articule autour de cinq thématiques, que nous énumérons ci-après :

1. En quoi le bâtiment protège-t-il ses occupants des agressions climatiques, sonores et des multiples pollutions environnementales ? Comment la configuration du plan masse protège-t-elle les espaces intérieurs et de proximité ? En quoi la construction du bâtiment améliore ou dégrade-t-elle les conditions de vie des riverains ?
2. Quelles sont les plantations intérieures et extérieures qui contribuent à l'amélioration de la qualité de l'air ? Quelles sont les dispositions qui valorisent les qualités de l'eau présente sur le site ? Utilise-t-on au mieux les ressources du site, du sous-sol, du climat local et de l'urbanisation environnante ?
3. Quels sont les flux d'énergie, chaleur ou fraîcheur présents sur le site ? Comment le bâtiment renforce, exploite ou ignore-t-il ces flux ? L'orientation du bâtiment permet-elle d'utiliser les énergies renouvelables ? Quels modes de contrôle thermique sont mis à disposition des utilisateurs pour leur permettre d'adapter leur environnement à leurs besoins physiologique ?
4. Quelles sont les ouvertures utilisées dans le bâtiment pour laisser entrer et sortir l'air, la lumière, la chaleur ou la fraîcheur ? Quelles ouvertures, verrières zénithales, quels volets, pare soleil, parasols, puits canadiens dans le sol ou auvents sont prévus pour réguler les ambiances intérieures ? Comment l'air circule-t-il dans la maison ?
5. Quels sont les principaux matériaux dans la construction du bâtiment ? Quel est le rapport entre l'utilisation de tel ou tel matériau pour remplir telle ou telle fonction constructive, d'ambiance ou de pérennité dans le temps ? Par quel usage des ressources locales le bâtiment permet-il d'alléger les consommations d'énergies ?

3.1.2. Définition de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique est une architecture qui cherche à tirer parti de l'environnement plutôt que de la subir, afin de rapprocher au maximum ses occupants des

conditions de confort. Construire bioclimatique, c'est accepter l'idée que chaque habitat est un projet individuel. Deux maisons côte à côte, peuvent être construites différemment parce qu'elles n'auront pas les mêmes caractéristiques de terrain et de voisinage immédiat¹⁵⁴.

C'est une voie idéale pour concilier plaisir, confort et économie, cette architecture contemporaine se concrétise par l'ardente obligation de construire avec le climat, de magnifier les apports de l'énergie solaire, de choisir des matériaux peu gourmands en énergies et de se laisser inonder par la lumière naturelle.

Elle se situe selon De Herde et al (2005) dans une approche qui tente de tirer partie des énergies ambiantes disponibles, rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme (l'occupant) et au climat extérieure et intérieure (les ambiances), c'est une expression dont le confort est atteint de manière 'naturelle' c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables¹⁵⁵. L'intérêt du bioclimatique va donc du plaisir d'habiter à l'économie de la construction, ce qui en fait un élément fondamental de l'art de l'architecte.

Mais pour en arriver à cette perception de la pratique architecturale, la pensée bioclimatique a évolué dans le temps puisqu'elle s'avère être une pratique ancestrale. C'est à cette évolution que nous allons nous y intéresser dans la suite de ce chapitre pour identifier et analyser les mesures d'intégration au climat et les dispositifs architecturaux utilisés.

3.1.3. Evolution de la pratique bioclimatique

La démarche bioclimatique d'aujourd'hui, que certains présentent comme une nouveauté ou une architecture originale, est en fait une attitude très ancienne visant à établir un équilibre harmonieux entre l'homme et la nature qui l'entoure, ainsi, du patio andalou à la yourte (habitation démontable d'Asie centrale et de Mongolie) mongole en passant par les tours à vent iraniennes, les hommes ont développé les constructions les plus audacieuses pour résister à des conditions climatiques parfois extrêmes¹⁵⁶ que certains appellent "architecture sans architectes". Pratiquée par nécessité pendant des siècles, en

¹⁵⁴ Valin, M. (2007) « La maison met le cap au sud » article paru dans la revue science & vie " La maison du XXI^e siècle" n° 241, décembre 2007. France.

¹⁵⁵ Chatelet, A., et al (1998) « Architecture climatique, concepts et dispositifs » Tome 2, Editions EDISUD, France.

¹⁵⁶ Testard-Vaillant, P. (2007) « Les leçons du passé » article paru dans la revue science & vie " La maison du XXI^e siècle" n° 241, décembre 2007. France.

particulier dans l'architecture vernaculaire, l'architecture bioclimatique est basée sur une connaissance intuitive du milieu et du climat. Elle est tombée en désuétude après la révolution industrielle, depuis que l'homme a puisé sans mesure dans les ressources de la planète¹⁵⁷. Cette pratique est remise au goût du jour par l'apparition du concept d'architecture bioclimatique par les chercheurs soucieux de retrouver les mesures d'adaptation comme dans le passé, mais avec des procédés contemporains. C'est à travers l'histoire que nous allons étudier l'évolution du concept d'architecture bioclimatique pour identifier les mesures préconisées d'intégration des énergies naturelles à l'habitat et les niveaux de relations entre ce dernier, l'habitant et le milieu naturel.

3.1.3.1. L'architecture vernaculaire

Définition

C'est une architecture où l'habitat est produit dans et en fonction d'un lieu et d'une culture spécifique, c'est l'expression d'une interrelation entre des groupes et leur milieu naturel. D'autres synonymes pourraient être architectures sans architectes, indigène, rurale...C'est l'expression, de valeurs et de moyens locaux, élaborée lentement au cours des siècles selon un savoir-faire technique qui dépend de trois milieux interactifs l'homme, la nature et le matériel¹⁵⁸, non pas fondée sur des bases scientifiques, mais comme le précise Jean Louis Izard, c'est le fruit d'une longue expérience et qu'il prenait un caractère spontané¹⁵⁹.

Le milieu humain : Une construction est une organisation spatiale significative du comportement humain, qui au-delà des satisfactions fonctionnelles des besoins et des activités, se sont les données économiques sociales et culturelles qui déterminent son architecture.

Le milieu naturel : Il s'agit de canaliser pour une construction située dans un lieu géographique déterminé, support de l'architecture, les caractéristiques environnementales (physiques, climatiques, morphologiques et géologiques), soit pour les utiliser soit pour s'en protéger.

Le milieu matériel : La mise en œuvre des matériaux, les principes structurels et la combinaison des efforts sont les révélateurs des formes et au-delà, le moyen d'expression

¹⁵⁷ Gauzin-Muller, D. (2001) « L'architecture écologique » Editions du Moniteur, Paris.

¹⁵⁸ Lieberherr R. (2006) « Etablissements humains et environnement socio-culturel » document publié et imprimé par l'UNESCO, Paris.

¹⁵⁹ Izard, J-L. (1979) « Archi bio » Editions Parenthèses. France.

fondamental de l'architecture, c'est la réponse rationnelle à la question *comment* ?^{160 161}.

Dans ce contexte, les travaux de Georges et Jeanne-Marie Alexandroff sur les réalisations vernaculaires ont permis de constater que le climat, ses énergies et les contraintes qu'il implique étaient ressentis, combattus ou exploités dans leur globalité, c'est-à-dire que les phénomènes éoliens et solaires étaient pris en compte simultanément¹⁶², tant au niveau du choix des matériaux que de la morphologie ou de l'implantation, que les architectes et urbanistes du XX^{ème} siècle ont tendance à négliger, ce sont en fait les relations de l'architecture avec l'environnement qui ne sont pas considérées en phase de conception concernant les échanges entre le climat et les ambiances intérieures, mais aussi l'impact écologique et visuel¹⁶³. D'ailleurs, c'est à travers ces éléments que l'architecture vernaculaire constitue un réel referant dans l'optique bioclimatique, où la leçon du passé est maximale à travers des exemples transposables d'implantation dans le site, de volumétrie générale et d'orientation, des rapports de masses bâties et d'échange thermique, des choix de matériaux, car l'habitat répond à plusieurs facteurs qui agissent conjointement, le conditionnent et le façonnent : les facteurs socio-économiques et culturels, l'environnement, le site et le climat ainsi que les matériaux et les ressources¹⁶⁴.

L'ingéniosité des bâtisseurs primitifs et paysans à propos des problèmes climatiques réside dans leur aptitude à utiliser un minimum de ressources pour un confort relativement maximale, par le choix du site et l'emploi des matériaux adaptés. Si nous prenons le cas des régions qui se caractérisent par un climat chaud et sec, l'homme a su retarder l'entrée de la chaleur aussi longtemps possible par l'utilisation de matériaux locaux naturels et à forte capacité calorifique (ou inertie thermique*) comme la terre (l'adobe, le pisé...), la pierre ou diverses combinaisons de ces matériaux, qui absorbent la chaleur la journée et la restituent pendant la nuit, moment où l'on peut ventiler, en utilisant une structure géométrique aussi compacte que possible qui fournit un maximum de volume avec une surface minimum exposée à la chaleur extérieure comme le montre la figure 3.4¹⁶⁵.

¹⁶⁰ Roulet C.-A. (1987) « Energétiques du bâtiment, prestation du bilan énergétique global » Ed. Presses polytechniques romandes Lausanne, Suisse.

¹⁶¹ Cataldi G. (1988) « Les raisons d'habiter » Ed. studi e documenti di architettura, Italie.

¹⁶² Alexandroff, G. et J.-M. (1982) « Architectures et climats, soleil et énergies naturelles dans l'habitat » Editions Berger-Levrault, Paris, page 134.

¹⁶³ Givoni, B. (1978) « L'homme, l'architecture et le climat » Edition du Moniteur. France.

¹⁶⁴ Guindani, S. et Doepper, U. (1990) « Architecture vernaculaire, territoires, habitats et activités productives » Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes. Suisse.

* Potentiel de stockage thermique d'une habitation ; la propriété d'une construction à forte inertie thermique est de conserver une température stable et de se réchauffer ou de se refroidir très lentement.

¹⁶⁵ Rappoport, A. (1972) « Pour une anthropologie de la maison » Editions Bordas. France.

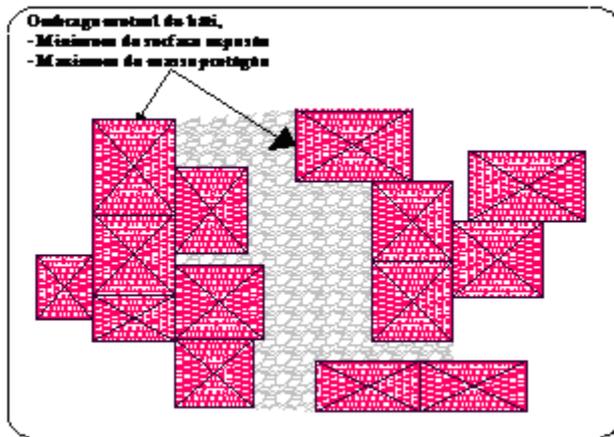


Figure 3.4 : La compacité, stratégie d'implantation des Climats chauds et secs.

L'habitat troglodytique

Nous retrouvons ces caractéristiques aussi dans l'habitat troglodytique (figure 3.5) qui, selon Izard (1979), sont des cavités naturelles ou des excavations volontaires dans des endroits exempts d'humidité que nous retrouvons à travers le monde (Tunisie, Egypte, Mali, chine...).

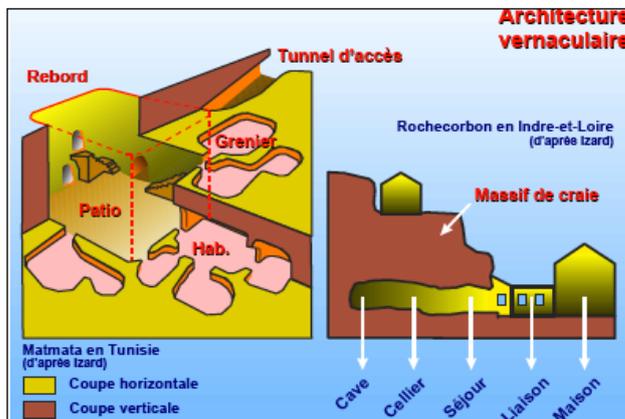


Figure 3.5 : Schéma d'habitat troglodytique, Matmata, Tunisie et Indre-et-Loire, France.

Les techniques utilisées consistent à creuser horizontalement une falaise tendre en profondeur autour d'un puit central comme le montre la figure 3.5. Nous appréhendons ce type d'habitat, pour relever et saisir dans quel mesure il peut procurer du confort à ses habitants sans recours à un quelconque équipement industriel. En effet comme il concerne un habitat enterré, il se caractérise par la disparition de la notion de façade

exposée à l'extérieur et par une augmentation de l'inertie thermique de l'enveloppe grâce à la présence du sol lui-même, où l'amplitude de la température journalière est totalement ignorée.

Mesures et calculs montrent que, près de la surface, la température flue journalièrement autour de la température moyenne diurne, mais en allant en profondeur, l'amplitude finit par s'exercer autour de la moyenne annuel de la température extérieure comme l'indique la figure 3.6 qui montre que le régime permanent (plus ou moins 0,5 °C) est atteint à -5 m pour un sol sec, -7,5 m pour un sol moyen et -9 m pour un sol humide¹⁶⁶.

¹⁶⁶ Izard, J-L. (1993) « Architectures d'été, construire pour le confort d'été » Editions Edisud, France.

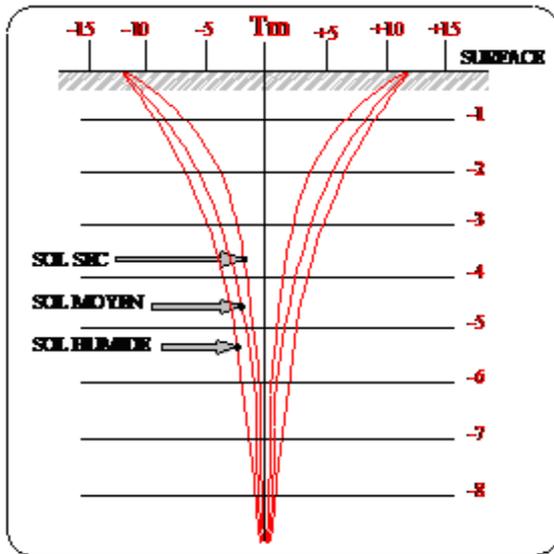


Figure 3.6 : Courbes d'amplitudes des températures dans le sol en fonction de la profondeur et de l'humidité.

De plus, le retrait sous terre permet d'être à l'abri des vents violents et de se protéger des excès de lumière de froid ou de gel. L'habitat troglodytique illustre à l'extrême le rôle de l'inertie thermique du sol pour créer des ambiances intérieures confortables malgré l'amplitude thermique importante. Certains habitats troglodytiques continuent à être habités comme celui de Matmata dans le sud tunisien (photo 3.1)¹⁶⁷ où des habitations, pour des raisons de l'aridité du climat, sont réalisées autour d'un puits central d'environ 10 m de profondeur, qui constitue un patio

autour duquel sont creusées les différentes pièces.

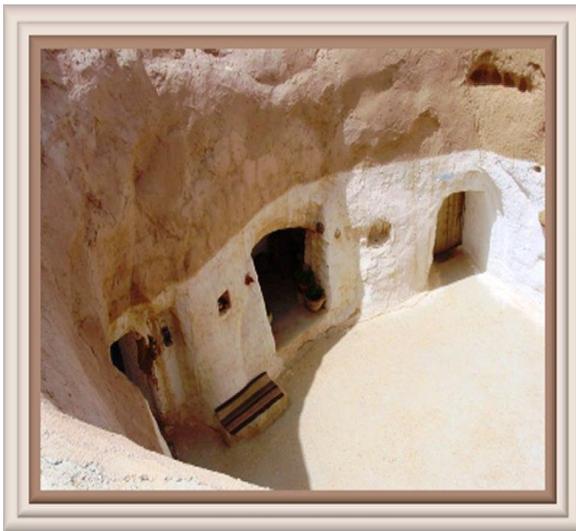


Photo 3.1 : Maison troglodytique à Matmata en Tunisie.

❖ **L'habitat traditionnel méditerranéen**

L'espace méditerranéen connu pour ses richesses culturelles et ses grandes civilisations, baignant dans un climat caractérisé par une chaleur sèche dominante, opposée à des froids vifs saisonniers ou nocturnes, a donné naissance à une architecture sédentaire avec des configurations spatiales et géométriques variées, Hassan Fathy¹⁶⁸ note à ce sujet que l'architecture traditionnelle du monde

musulman n'a pas seulement résolu les problèmes climatiques mais a fait plus en le combinant avec une esthétique et une adaptation aux fonctions sociales et physiologiques. L'analyse de l'habitat traditionnel méditerranéen, fait par Alexandroff et al¹⁶⁹, fait ressortir que nous nous trouvons en face d'une quasi-hégémonie de la construction qui fait appel

¹⁶⁷ http://www.pages.globetrotter.net/maison_troglogrande.jpg.

¹⁶⁸ Fathy, H. (1970) « Construire avec le peuple » Editions Sindbad.

¹⁶⁹ Alexandroff, G. et J-M. (1982) Op. cit. page 22.

principalement aux matériaux locaux à forte inertie thermique comme la pierre, enduite ou associée au bois, ou l'argile généralement armée de roseaux ou de bois. Au plan morphologique, les habitats traditionnels méditerranéen peuvent être ramenés à trois configurations géométriques comme nous le montre la figure 3.7 à savoir la tour, le cube et le massif percé d'une cour.

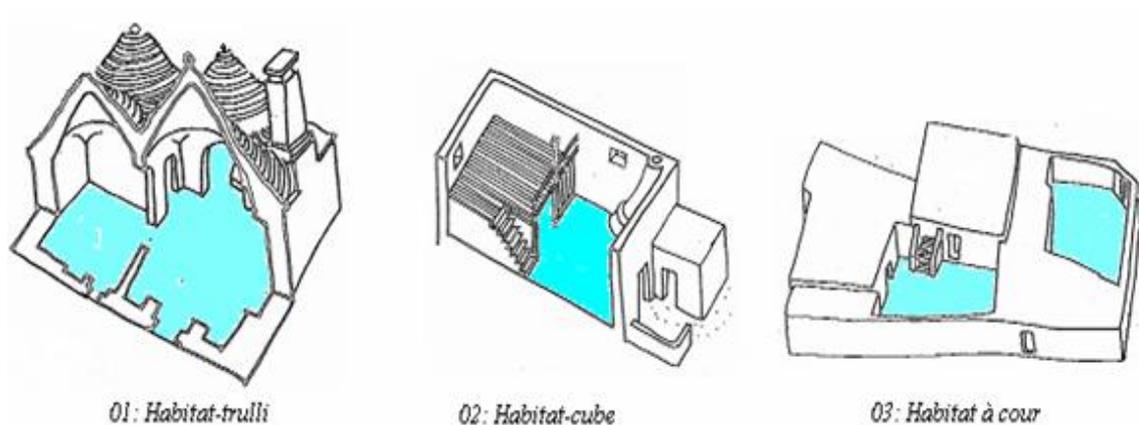


Figure 3.7 : Formes de base de l'habitat traditionnel méditerranéen.

Considéré comme le second type d'habitat après le troglodytique, les trulli¹⁷⁰ dont certains remontent à la préhistoire, sont des habitations de forme ovoïde (photo 3.2) construits avec des murs épais et voûtes en encorbellement, les percements sont rares dans le développé de



Photo 3.2 : Habitat trulli à Ostuni,

la coupole et minimales dans les parois verticales. L'habitat-tour se distingue par son tracé symétrique défiant les orientations et son caractère de conglomérat de modules cylindriques agencés entre eux selon les sites. Du point de vue du confort thermique, une très grande fraîcheur y règne en été grâce à l'épaisseur des murs et au volume

d'air. En hiver par contre, le réchauffement est difficile pour les mêmes raisons, auquel s'ajoute l'humidité par manque de ventilation et la faiblesse de l'éclairage amélioré néanmoins par des enduits blancs.

2 : L'habitat-cube : A l'inverse de la tour, le cube (déjà présent dès le VII^{ème} millénaire sur le site anatolien de çatal-hüyük) est plus aisément percable, ce qui lui confère une meilleure relation au milieu naturel, mais son implantation dans le site implique un choix

¹⁷⁰ <http://www.trulliforesale.net>.

délibéré d'orientation non plus des ouvertures mais du volume général. Les premières habitations de ce genre annoncent le célèbre mégaron grec, caractérisé par la hauteur de la salle à colonnes (figure 3.8) par rapport aux dépendances qui la flanquent. Cette architecture qui permet l'établissement de fenêtres en partie haute, se trouve dans les climats torrides comme dans l'Égypte antique (voir photo 3.3)¹⁷¹, assure une ventilation satisfaisante tout en empêchant la forte luminosité régnante.

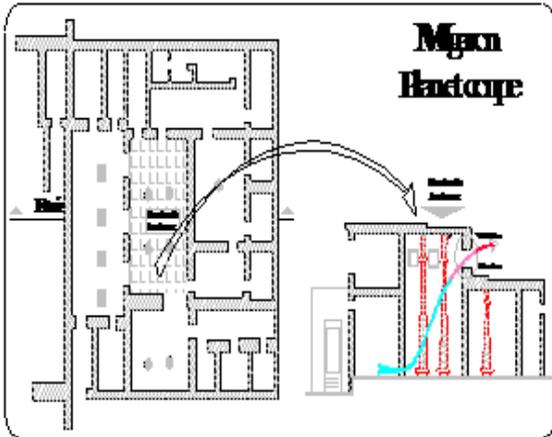


Figure 3.8 : Principe du mégaron "villa à Amarna" (Égypte antique).

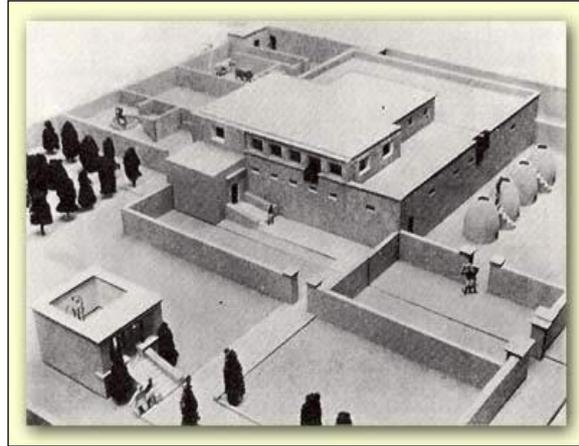


Photo 3.3 : Maquette, reconstitution de la villa à Amarna.

Un autre type d'habitat-cube présente en volume intérieur une sous pente, comme le montre la figure 3.9¹⁷², (semblable à l'organisation de la maison kabyle), sous forme

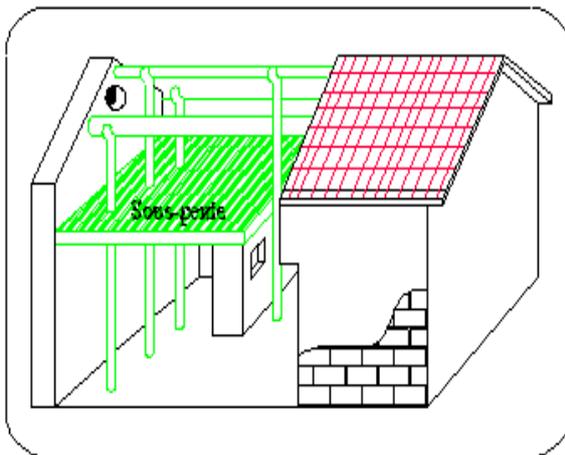


Figure 3.9 : Organisation de la sous-pente dans une maison kabyle.

d'étage partiel ouvert en tribune sur l'espace principale, construit en bois, cet espace de hauteur très basse crée une zone tiède par la convection de l'air et devient douillet l'hiver mais étouffant l'été.

Des paramètres techniques et architecturaux assurent à ces maisons une fraîcheur en été par :

- l'importante épaisseur et le volant thermique des murs en pierre et le type de couverture (terrasse lourde ou tuile) ;
- l'implantation qui favorise une forte mitoyenneté, la hauteur du volume intérieur et les faibles percements.

¹⁷¹<http://www.touregypt.net/features/amarnahouse.ht>

¹⁷²Euromed (2005) « Patrimoine architectural et urbain du XIX^{ème} et XX^{ème} Siècle en méditerranée ».

3 : L'habitat à cour :

C'est le quatrième archétype de l'habitat méditerranéen (figure 3.7), répandu plutôt comme un fait de culture que comme une nécessité logique, Alexandroff et al, soulignent que la morphologie de cet habitat fût déjà adoptée au III^{ème} millénaire par les assyriens, et ensuite développée par les grecs et les romains¹⁷³. Elle est d'abord ouverte à l'extérieur à l'exemple des maisons de type mégaron, pour se développer ensuite en maison à cour fermée que l'islam répandra sur tout le rivage méditerranéen et à travers le Sahara jusqu'aux confins de ses voies commerçantes

Il y a une grande diversité dans la typologie des cours intérieures ou patios dans les régions chaudes, elles se différencient par le rapport de surface entre ceux couverts et découverts, le mode de relation spatiale entre la cour et la maison (direct ou par un espace de transition). Ce qui fait la richesse implicite de la cour est sans doute cette interpénétration subtile entre le clos et le moins clos, entre le couvert et le découvert, entre l'ombre et la lumière, la fraîcheur et la chaleur.

Pour chaque type de climat, l'architecture de la cour diffère, elles peuvent être un simple puit d'aération comme le *chebek* du M'Zab, voir un lanterneau (*ga'a cairote*) ou se multiplier (*impluvium, atrium, péristylum*) dans la maison romaine (figure 3.10)¹⁷⁴..

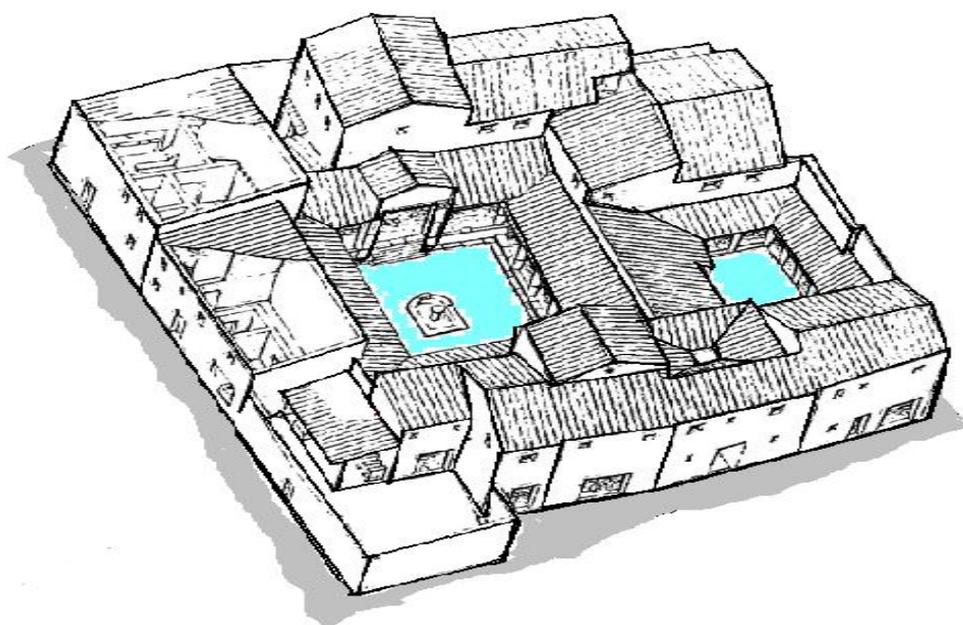


Figure 3.10 : Restitution axonométrique de " Casa degli Amorini Donati" Italie.

¹⁷³ Alexandroff, G. et J-M. (1982), Op.cit. page 31.

¹⁷⁴ Gros P. (2001) « L'architecture romaine » Editions A. et J. Picard. France.

Chaque typologie implique pour les espaces d'habitation une relation climatique spécifique (figure 3.7) ainsi, pour les cours plus vastes ouvrant sur des jardins, elles permettent l'accès des flux d'air frais au niveau du rez-de-chaussée, ou au contraire pour des cours réduites à des puits, elles sont utilisées pour la recherche de l'ombre, les deux types peuvent coexister dans une même maison, comme nous le constatons dans les habitations romaines, où l'une est réduite à un puit resserré (impluvium) l'autre éclairant largement les espaces (atrium) comme le montre la figure 3.10.

Les cours que nous venons d'évoquer ont un impact direct sur l'ambiance thermique à l'intérieur des espaces qui y sont contiguës, la figure 3.11 montre l'ensemble des pièces qui s'ouvrent sur les différentes cours ainsi que l'évolution des températures (prises en mars 1996) dans chaque espace principal.

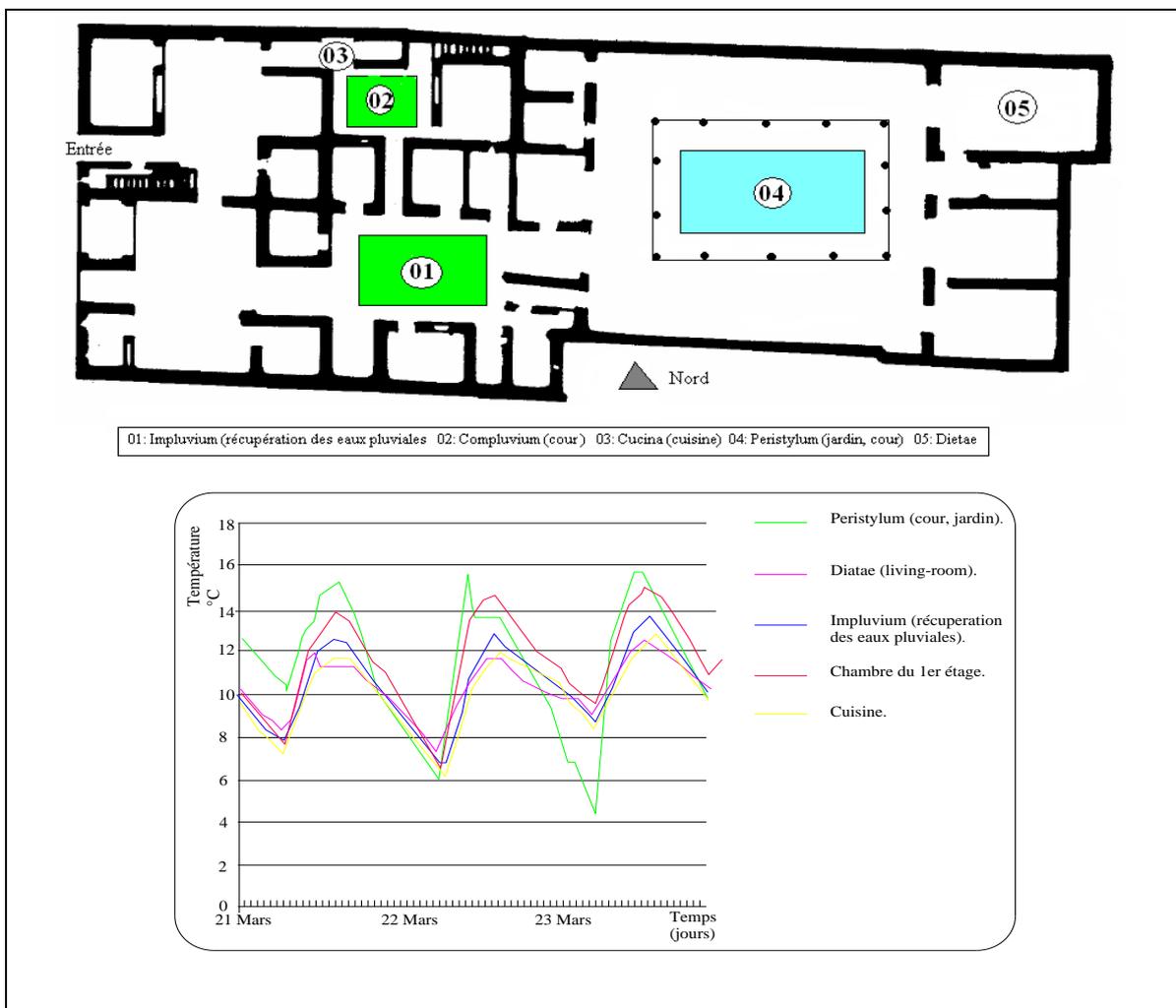


Figure 3.11 : Variation des températures à la Villa Julio Polibio, Pompéi, Italie¹⁷⁵.

¹⁷⁵ Roaf S., Crichton D. et Fergus N. (2004) « Adapting buildings and cities for climate change, a 21st century survival guide architectural » Editions Architectural press. London.

Le patio, comme réponse à la recherche du confort, est considéré comme un régulateur thermique (figure 3.12)¹⁷⁶, il peut être favorisé par la végétation et l'eau, (cas des maisons de la casbah d'Alger), pour fournir de l'ombre et refroidir l'air par évaporation. Pendant la nuit, l'air frais est retenu à cause de sa lourdeur par rapport à l'air chaud des alentours. Dans les zones désertiques, où domine la chaleur sèche avec des vents de sable, le patio n'est efficace qu'à condition qu'il soit assez restreint pour ne pas créer de dépressions sensibles car la dynamique des échanges thermiques qui s'établissent entre le patio et l'espace intérieur, est conditionnée par la morphologie de ces derniers.

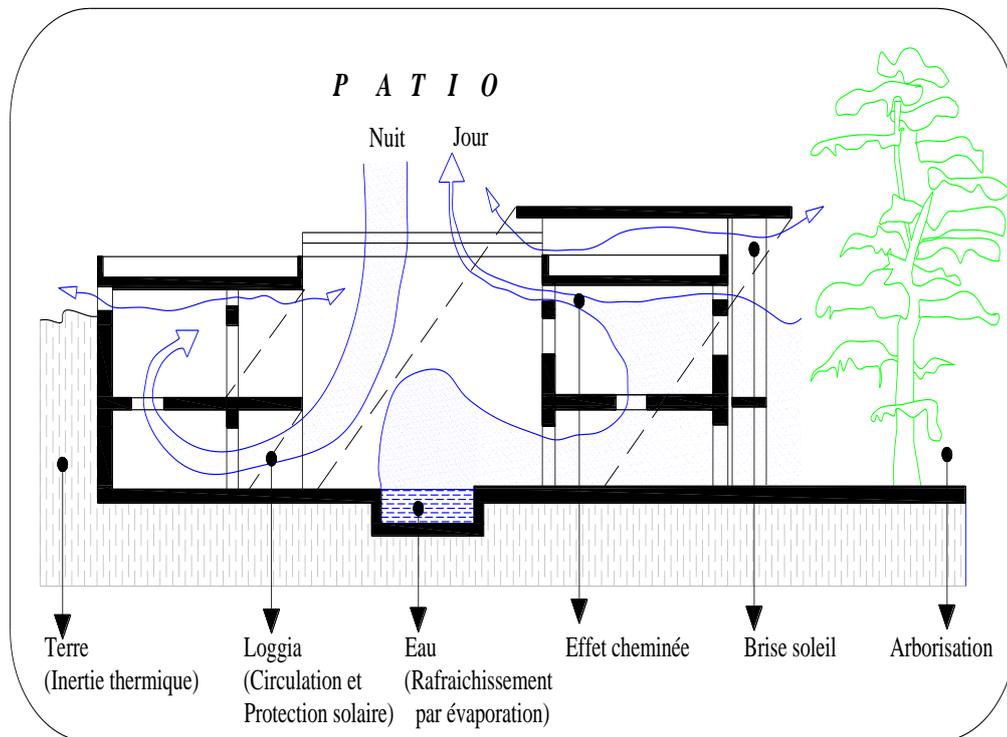


Figure 3.12 : Schéma de fonctionnement climatique d'un patio.

Ainsi, pendant la période hivernale, la maison à patio perd sa chaleur cumulée résultant de sa masse thermique et celui résultant de l'influence de puit central et de ses nombreuses circulations d'air qui soustraient par convection toutes les calories produites des chauffages, ajoutons que le soleil d'hiver, plus bas, peut ne pas atteindre les fonds du patio pendant plusieurs mois, par conséquent, le patio ou la cour est "une défense climatique" à double tranchant¹⁷⁷.

¹⁷⁶ Supic P. (1994) « L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire » Revue architecture & comportement, Vol. 10, n° 1, école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.

¹⁷⁷ Alexandroff G. et J.M (1982), Op. cit. page 36.

3.1.3.2. L'architecture antique

A la lecture de Vitruve* dans son ouvrage ‘‘les dix livres d’architecture’’¹⁷⁸, on y relève que certaines règles pour la prise en compte du climat avaient été édictées, nous lisons en effet que : « ... *les édifices seront convenablement disposés, s’il a été tenu compte avant tout des orientations et des inclinaisons du soleil où on les veut bâti ; car ils doivent être autrement construits en Egypte qu’en Espagne, et ainsi toujours en raison des pays parce qu’il y en a ceux qui sont proche du cours du soleil, d’autres qui en sont éloignés, et d’autres qui sont entre ces deux extrémité, il faut disposer les bâtiments en raison de la diversité des pays et des climats* ». (Livre Sixième, chapitre premier).

Pour le choix du site, Vitruve note : « *Quand on veut bâtir une ville, la première des choses qu’il faut faire est de choisir un lieu saint. Pour cela, il doit être élevé, il faut qu’il ne soit sujet aux brouillards ni aux brumes, et qu’il ait une bonne température d’air. Qu’il ne soit exposé ni aux grandes chaleurs, ni aux grands froids* ». (Livre Sixième, chapitre VII). Au sujet des tracés des rues, Vitruve recommande : « *d’éviter d’abord que les vents habituels enfilent directement les rues, parce qu’ils sont toujours nuisibles, ou par leur froid qui blesse, ou par leur humidité qui nuit à la santé...* » (Livre premier, chapitre IX)

A propos des habitations, Vitruve mentionne que : « *les salles à manger d’hiver, ainsi que les bains, doivent regarder le couchant d’hiver parce que l’on y a principalement besoin de la clarté du soir, et que le soleil couchant les éclairent directement, y répand une chaleur assez douce vers le soir. Les chambres à coucher et les bibliothèques doivent être tournées au soleil levant. Les salles à manger doivent être tournées vers l’orient, car par le moyen des fenêtres que l’on tient fermées jusqu’à ce que le soleil soit tourné vers le couchant, on entretient dans ces lieux une température moyenne* » (Livre sixième, chapitre VI).

Vitruve, cité aussi dans ‘‘ Vitruve de l’architecture ’’¹⁷⁹ note, à propos de l’orientation de la maison, que le sud est meilleure que l’orientation au nord, l’ascèse de la sécheresse est un gage de longévité alors que le gonflement de l’humidité conduit à la destruction.

A travers ces textes, il semble que le bioclimatisme en architecture est une pratique vieille de 2000 ans.

¹⁷⁸ Vitruve, « Les dix livres d’architecture » traduction de Perrault C. (1673) revue par Delmas A. Editions A. Balland, Paris 1965.

* Vitruve : grand architecte romain (mort en 26 avant J.C.) auteur de l’ouvrage ‘‘ les dix livres d’architecture’’.

¹⁷⁹ Challebat L., Gros P. et Jaquemard C. (2003) « Vitruve de l’architecture » Editions Les belles lettres, Paris.

3.1.3.3. L'architecture musulmane

L'architecture musulmane, selon les modèles analysés par Izard (1979)¹⁸⁰, fait ressortir plusieurs niveaux d'adaptation à un climat particulièrement aride, caractérisé par de fortes sécheresses, une forte amplitude thermique quotidienne et une forte intensité du rayonnement solaire, à ce titre, " *l'Algérie dispose de l'un des gisements solaires les plus importants au monde. Il est évalué à plus de 3000 heures de soleil par an, (soit 5.2. 10¹⁵ Kwh/ an)*¹⁸¹. Toute surface directement exposée au soleil, les murs ou le toit, absorbe énormément de chaleur dans la journée qui sera libéré pendant la nuit, c'est pourquoi dans ces régions, le confort des habitants dépend en grande partie des propriétés thermiques des murs et des toits, Hassan Fathy a dû recourir dans ce cadre, dans son village de *Gourna el djadida*, à des matériaux non conducteurs de chaleur comme les briques de boue séchées au soleil ($\lambda = 0,22$ calories/ mn/ cm²)¹⁸².

L'architecture musulmane ne se limite pas seulement à la question des matériaux pour assurer un confort à ses occupants, mais elle apprivoise le climat suivant plusieurs aspects à savoir :

- **La forme de la maison**

Il est inutile de nier l'importance du climat pour mettre en question le rôle déterminant qu'il joue dans la création de la forme bâtie¹⁸³ aux côtés du site, des matériaux, de l'économie et de la religion. L'importance de la forme concerne la répartition et la quantité des parois en contact avec l'extérieur, ainsi, pour limiter les fluctuations du confort intérieur dû aux phénomènes extérieurs (soleil, vent...), il est de règle de rechercher un maximum d'espaces intérieurs pour un minimum de surface de parois extérieures. En Algérie, selon la diversité culturelle, l'histoire du lieu et la nature du site, plusieurs modèles morphologiques existent (Ksour du M'Zab, casbahs, villages de Kabylie et du Roufi dans les Aures), on y relève :

- Le cas des maisons associées par mitoyenneté pour ne former qu'un seul tissu compact (casbah) avec la réduction des surfaces extérieures aux seules toitures, des

¹⁸⁰ Izard, J-L. (1979), Op. cit. page 99.

¹⁸¹ Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, (1983) « Village solaire intégré, Etudes préliminaires », Edition Office de publications universitaire, Alger.

¹⁸² Fathy H. (1970) « Construire avec le peuple » Editions Sindbad.

¹⁸³ Rapoport A. (1972) « Pour une anthropologie de la maison » Editions Bordas Paris.

fois à redans pour la création d'ombre (Ksour du M'Zab). Cette pratique est une solution pour réduire les échanges thermiques intérieur/extérieur (figure 3.13).

- Le cas de l'impossibilité d'accoler les maisons les unes aux autres, elles sont conçues volumineuses afin d'optimiser l'espace intérieur par rapport à la surface de la façade extérieure (figure 3.14).

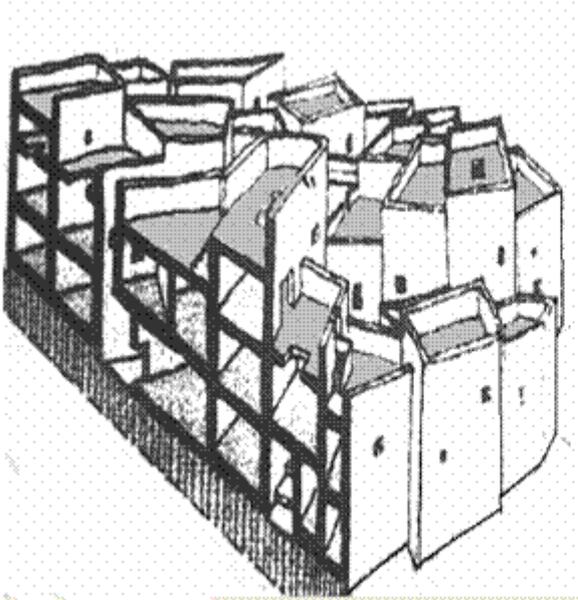


Figure 3.13 : Cas de maisons mitoyennes: La casbah d'Alger

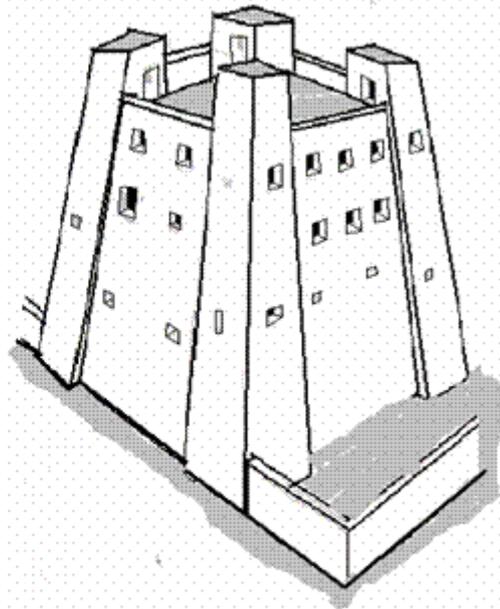


Figure 3.14 : Cas de maisons volumineuses
Source: Izard, J.L. (1979)

▪ La nature des parois

Ce niveau d'adaptation concerne la gestion des rayonnements solaires et terrestres à travers les parois, selon, les matériaux qui les composent, leur épaisseur et leur revêtement ; Amos Rappoport [1972] souligne dans ce cadre que dans les régions où les températures diurnes sont importantes, la technique utilisée consiste à retarder le plus longtemps possible l'entrée de la chaleur dans les habitations par la mise en œuvre de matériaux disponibles sur place et à forte inertie thermique tel que l'adobe, le pisé, la pierre ou diverses combinaisons de ces matériaux ; ces derniers ont la caractéristique d'absorber la chaleur pendant la journée pour ne la restituer que durant la nuit, moment où la ventilation naturelle intervient puisque l'air extérieur est relativement frais.

Des expériences montrent que le comportement thermique d'un mur en terre séchée, n'a rien à envier aux techniques modernes d'un mur en béton banché comme nous le montre la figure 3.15.

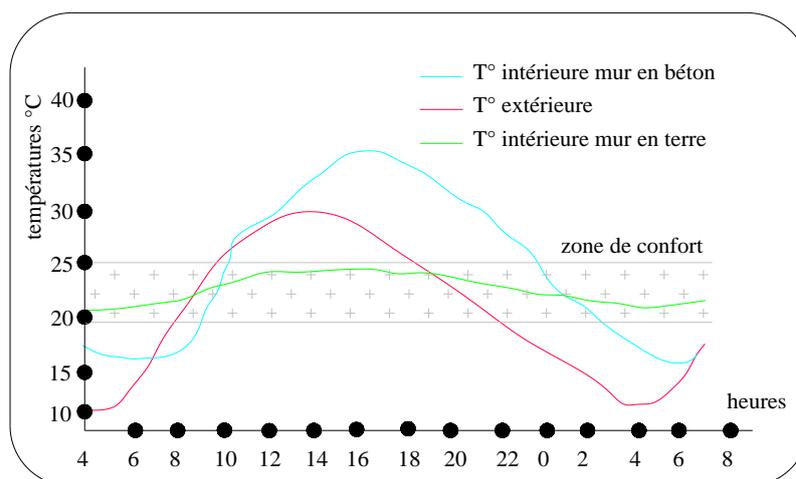


Figure 3.15 : Fluctuations de température intérieure dans une maison
 Pour une épaisseur de mur de 20 cm. [Source : Izard (1979)]

L'épaisseur des parois rajoute aussi aux avantages thermiques du matériau, qui s'explique par la loi de Fourier (Equation 3.1), où le flux de chaleur (Φ) qui traverse une paroi donnée est inversement proportionnelle à son épaisseur.

Aussi, la gestion du rayonnement solaire passe par l'enduit de la paroi, un badigeonnage à la chaux qui permet de le réfléchir pour lui éviter un réchauffement excessif. Le type de percement spécifique, complète les principes qui font des parois de l'habitat des diaphragmes sélectifs pour une climatisation passive efficace.

▪ L'organisation intérieure

L'élément principal d'organisation intérieure de la maison musulmane est le patio, il joue un double rôle, en premier lieu celui d'ouverture centrale et en deuxième lieu de régulateur et d'échanges thermiques pour améliorer le confort thermique comme nous l'avons expliqué précédemment (habitat à cour).

Dans les maisons mozabite, le patio est assimilé à une cour sous forme de volume central¹⁸⁴, le plus vaste de la maison, qui éclaire le rez-de-chaussée par son centre, car aucune fenêtre ne donne sur l'extérieur, à travers un trou aménagé (le chebek) au plafond où une grille est scellée. L'été, le chebek est recouvert pendant la journée pour se protéger de la chaleur du soleil, il est ouvert la nuit pour permettre à la relative fraîcheur de pénétrer. En hiver, ce trou est fermé pendant les nuits très froides et ouvert le jour pour

¹⁸⁴ Donnadieu, C. et P. et Didillion, H. et J-M. (1986), Op. cit. page 75.

laisser pénétrer les rayons solaires, qui réchauffent la maison. Mais la notion de patio autour duquel s'articule l'ensemble des maisons mozabites se présente dans une logique qui renvoie une image de cohérence et de rigueur. Si la ville se développe suivant un schéma concentrique autour de la mosquée, la maison gravite autour du patio. Dans cette société très conservatrice, les raisons du patio sont d'abord climatiques puisque cette ouverture permet un rafraîchissement en période de forte canicule mais aussi symbolique car l'ouverture vers le ciel permet une meilleure communion avec Dieu¹⁸⁵. Dans les maisons de la casbah d'Alger, comme le volume est fermé sur l'extérieur, le patio ou le *wast eddar* permet la pénétration de la lumière et agit comme une "cheminée" de ventilation. André Ravereau, cité par Ayssa. B., a écrit : « *Le wast eddar, c'est la maison. C'est, quotidiennement, le lieu circonscrit, privé où la famille peut évoluer dans un véritable espace où elle communique avec l'environnement...* ».



Photo 3.4 : Fenêtre en moucharabieh, maison en Tunisie.

▪ Les ouvertures

Le type d'ouverture le plus intéressant à relever dans l'architecture musulmane, en climat chaud et sec, est le *moucharabieh**, nous portons un intérêt particulier à cette typologie d'ouverture, par sa capacité à concilier confort, culture et architecture. C'est selon Alexandroff [1982] un écran à claire-voie capable de procurer simultanément à l'espace qu'il protège un

adoucissement de la lumière, le passage de l'air et de l'intimité. Hassan Fathy le décrit comme une sorte de fenêtre en encorbellement percée dans le mur où l'on fixe un écran en bois qui tamise et adoucit la lumière crue. C'est, selon J-L Izard, un élément architectural de contrôle intégrant plusieurs facteurs d'ambiance. Derrière les moucharabiehs, les femmes de la maison peuvent confortablement s'installer et regarder dans la rue sans être vues. Le renouvellement de l'air intérieur s'opère par des fenêtres grillées appelées Chibbak, souvent elles sont percées par de petites ouvertures garnies d'un guichet mobile, également en treillage, qui permet de passer la tête pour regarder et appeler au besoin. Ces

¹⁸⁵ Ayssa, B. (2007) « Patios et puits de lumière dans l'architecture ancienne », article paru dans la revue bimestrielle "AMENHIS" d'aménagement et d'histoire, n° 12 / Janvier / Février 2007, Editions SOPIREF. Alger.

* Moucharabieh de l'arabe (machrabiya), renvoie au verbe "charaba" qui signifie boire.

fenêtres offrent l'avantage de pouvoir s'y asseoir pour jouir de la fraîcheur et du coup



Photo 3.5 : Façade sud de l'Institut du Monde Arabe (I.M.A), Paris. (1987).

d'oeil¹⁸⁶. Ce type de fenêtre a été ingénieusement réinterprété par l'architecte Jean Nouvel dans son projet de l'institut du monde arabe à Paris¹⁸⁷, où toute la façade sud, comme nous le constatons dans la photo 3.5, est constituée de ce genre d'ouvertures qui en fonction de l'intensité du rayonnement solaire, des diaphragmes s'ouvrent ou se ferment.

▪ Le système de ventilation

Pour ventiler l'intérieure des bâtiments, les anciens du moyen orient utilisaient des « tour à vent » (le bagdir en Irak ou en Iran, le malquaf en Egypte), dont le principe est le suivant¹⁸⁸ : Chacune des quatre faces de cette «tour» carrée pour la bagdir, est pourvue d'orifices, eux-mêmes munis d'un volet qu'il suffit d'ouvrir pour capter la moindre brise. Celle-ci s'engouffre dans le conduit puis se refroidit en évaporant l'eau qui suinte des jarres poreuses situées en contrebas. Plus lourd, l'air frais circule au niveau du plancher, puis il se réchauffe et s'élève pour s'échapper par les portes et fenêtres.

Ce principe de ventilation naturelle a été repris dans plusieurs projets contemporains et par d'illustres architectes comme Hassan Fathy qui s'est inspiré des maisons climatiques des Mamelouk* au Caire pour ventiler et rafraîchir de manière naturelle nombre de ses projets. L'étude de l'architecture vernaculaire, nous a permis à travers ce travail de saisir sa dimension sur les réponses qu'elle apporte aux contraintes climatiques, environnementales et culturelles et autres, lesquelles, par ingéniosité et créativité, peuvent être transposables pour l'architecture contemporaine comme nous venons de le voir dans l'œuvre de Jean Nouvel (I.M.A) à Paris.

¹⁸⁶ D'Avannes, P. (2001) « L'art arabe », Ed. L'aventurine, France.

¹⁸⁷ Mester De Parajd, C. et L. (1992) « Regard sur l'habitat traditionnel eu Niger » Ed. CREER. France.

¹⁸⁸ Testard-Vaillant, P. (2007) « Les leçons du passé... », Article paru dans la revue Science & vie n°241 de décembre 2007 sous le titre « La maison du XXI ème siècle ». France.

* Dynastie qui régna sur l'Egypte et la Syrie de 1250 à 1517.

C'est une architecture qui reflète une vision globale de l'intégration du climat dans la construction par la prise en compte simultanée des éléments éoliens et solaires. Ce couplage vent-soleil en concept unique pour définir un effet climatique, a été généralement oublié par les architectes et les urbanistes du XX^{ème} siècle.

Dans l'optique bioclimatique, la "leçon du passé" selon Alexandroff et al (1982), est

maximale, elle apporte au concepteur des exemples d'implantation, de volumétrie, d'orientation, de rapport de masses bâties et d'échange thermique, du choix des matériaux ou encore des éléments architecturaux et spatiaux de contrôle d'air, de lumière et de captage du vent. Il est à noter que les paramètres qui déterminent cette architecture, sont de deux ordres, d'une part objectifs : climat, matériaux disponibles, savoir-faire et d'autre part subjectifs : goût esthétique et respect des traditions, ainsi préserver l'architecture traditionnelle est une nécessité car dans beaucoup de cas ce sera l'architecture de demain¹⁹⁰. Néanmoins Les performances climatiques de ces habitats ne sont pas souvent optimales, comme le problème de chauffage en hiver dû en partie à l'inertie de l'enveloppe, Dellaporta J-P., signale à cet effet que dans l'habitat traditionnel ou vernaculaire, la forte inertie thermique liée aux matériaux de construction telle que le bois, la brique ou la pierre et les petites ouvertures faisaient de ces bâtiments, en période de fortes chaleurs, des havres de fraîcheur contrairement aux périodes de froid où le chauffage est difficile à assurer dans ces enveloppes lourdes et sans isolation¹⁹¹. Ce qui nous amènera à partir de ce constat, à examiner d'autres types d'architectures comme l'architecture moderne et son développement jusqu'à nos jours. Mais avant cela, examinons, à travers le tableau 3.1 ci-après, les différentes dispositions utilisées par l'architecture vernaculaire face aux contraintes climatiques (ensoleillement, température de l'air, humidité relative et mouvements d'air).

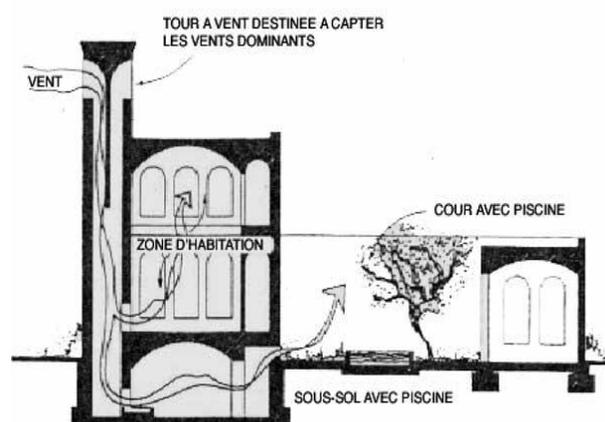


Figure 3.16 : Principe d'une tour à vent pour une maison d'habitation¹⁸⁹.

¹⁸⁹ A'zani, A et al (2005) « Climatic responsive architecture in hot and dry regions of Iran » dans actes de la conférence internationale, tenue en Grèce en Mai 2005, intitulée "Passive and low energy cooling for the built environment"

¹⁹⁰ Dellaporta J-P. *Chef de service Habitat et Tertiaire à l'A.D.E.M* (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), in « Architecture d'été, construire pour le confort d'été » de Izard, J-L. (1993). France.

¹⁹¹ Benevolo, L. (1998) « Histoire de l'architecture moderne : l'inévitable éclectisme », tome 4, Editions Bordas. France.

Tableau 3.1 : Réactions architecturales et urbanistiques types pour un climat chaud et sec [**Source:** Plemenka Supic (1994)].

Facteurs climatiques	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvements d'air
Champs				
Implantation Groupement	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation N/S - Groupement compact - Recherche de l'ombre - Troglodytisme - Nomadisme 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation N/S - Groupement compact - Recherche de l'ombre - Troglodytisme - Nomadisme 	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche de sources naturelles ou artificielles - Oasis 	<ul style="list-style-type: none"> - Masque anti poussière
Forme	<ul style="list-style-type: none"> - Compacte - Voûtes et coupoles - Toits plats 	<ul style="list-style-type: none"> - Compacte - Voûtes et coupoles - Toits plats 	/	/
Partition spatiale	<ul style="list-style-type: none"> - Puit de lumière : Patio - Intérieur spacieux et haut - Nomadisme journalier - Espaces de transition (Iwan, galeries) 	<ul style="list-style-type: none"> - Puit de lumière : Patio - Intérieur spacieux et haut - Nomadisme journalier - Espaces de transition (Iwan, galeries) 	<ul style="list-style-type: none"> - Patio et cour intérieure avec végétation - Citernes 	/
Enveloppe horizontale Matérialisation	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Couleur clair - Elimination air chaud Matériaux massifs (à forte inertie thermique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Couleur clair - Elimination air chaud Matériaux massifs (à forte inertie thermique) 	/	<ul style="list-style-type: none"> - Orifices d'aspiration d'air chaud
Enveloppe verticale Matérialisation	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Petites ouvertures - Brises soleil - auvents - Matériaux massifs (forte inertie thermique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Petites ouvertures - Brises soleil - auvents - Matériaux massifs (forte inertie thermique) 	/	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche de brises nocturnes - Orifices de ventilation
Dispositifs particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - Moucharabieh - Claustra 		<ul style="list-style-type: none"> - Humidificateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Cheminée de ventilation (bagdir, malkaf, tour à vent)

3.1.3.4. L'architecture moderne

L'histoire de l'architecture moderne peut se décrire comme une expérience ayant intéressée tous les pays du monde, elle marque une période qui reste un moment essentiel dans la théorisation de la relation de l'habitat à la nature. L'analyse faite par Alexandroff et al sur les réalisations de certains maîtres de l'architecture moderne (Le Corbusier, Frank Lloyd Wright...), montre que le travail fait sur l'intégration des variables climatiques prenait un caractère mythique, plastique et culturel¹⁹², pour David Lloyd Jones, l'architecture moderne n'a jamais rompu les liens avec la nature¹⁹³. En évoquant le rôle joué par quelques médecins à la fin du XXI^{ème} siècle dans la prise de conscience que le cadre de vie devait assurer la santé de ses habitants, allusion faite aux conditions d'insalubrité dans lesquelles vivaient les populations ouvrières déplacées des campagnes. Aussi, la *charte d'Athènes* de 1933 a entériné la référence à la salubrité publique en préconisant un hygiénisme basique, d'ailleurs, Le Corbusier, dans le document intitulé "la ville radieuse" diffusé lors du congrès des C.I.A.M¹⁹⁴ de Bruxelles en 1930, pose une série de questions aux médecins, physiciens, thermiciens et aux architectes, pour définir l'ensoleillement, l'éclairage, l'air, l'hygrométrie, la température, le niveau sonore..."exact" que doit assurer la *machine à habiter**. Il aura fallu une soixantaine d'années avant que les réponses techniques ne soient données à ces questions¹⁹⁵. La qualification environnementale de l'architecture moderne a commencé avec les maisons organiques (voir figure 3.17)¹⁹⁶ de Frank Lloyd Wright aux Etats-Unis au début du XX^{ème} siècle.



Figure 3.17 : Maison Emma Martin (1905) de Frank Lloyd Wright.

¹⁹² Alexandroff, G. et J-M. (1982), Op. cit pages 159 à 162.

¹⁹³ Lloyd-Jones, D. (1998) « Architecture and the environment », Editions. Laurence King. London.

¹⁹⁴ Congrès internationaux d'architecture moderne. *Onze C.I.A.M au total ont été tenus de 1927 à 1959.*

* Appellation donnée par Le Corbusier à l'habitation.

¹⁹⁵ Lefèvre P. (2002) « Architectures durables » Editions. Edisud, France.

¹⁹⁶ Castex J. (1985) « Frank Lloyd Wright, le printemps de la prairie house » Editions Pierre Mardaga. France.

L'étude des maisons de Frank Lloyd Wright, fait ressortir, en générale, le porte à faux des toits, l'abondance des verrières et leur ventilation, la disposition centrale de la cheminée et son inertie thermique, qui sont autant d'éléments de régulation des ambiances intérieures parfaitement intégrés entre eux et dans l'architecture. Les performances des éléments sont optimisées sans recours à la technologie et ce par leur dimensionnement et leur combinaison¹⁹⁷. Ces constructions sont toutefois réputés froides l'hiver parce qu'elles sont très ombragées et que les toitures aux débord gigantesques les assombrissaient encore d'avantage. Citons aussi quelques réalisations célèbres des pionniers de l'architecture moderne des années 1920 réputées pour leur inconfort tels les locaux du Bauhaus*, construits à Dessau (Allemagne) par Walter Gropius, d'ailleurs Le Corbusier, cité par Alexandroff, écrit en 1930 "un seul type de bâtiment pour toutes les nations et tous les climats", allusion faite évidemment aux principes du style international en architecture.

Cependant au début des années 1940, face aux problèmes de surchauffe dans les espaces réalisés, Le Corbusier, a introduit en précurseur le brise-soleil, apparu à Alger en 1932, pour corriger les effets néfastes du rayonnement solaire, ce que Ravereau considère comme un rajout ou un artifice à l'architecture pour corriger l'effet des grandes ouvertures¹⁹⁸, ou encore l'air conditionné dont il fait appel à Willis H. Carrier* en vue de climatiser l'immeuble des Nations Unis. Un fait toutefois remarquable de ce grand maître de l'architecture moderne est sans aucun doute l'intégration du végétal face aux parois en béton, pour corriger les insuffisances thermiques, tant au niveau urbain qu'architectural.

D'autres architectes du mouvement moderne ont développé d'autres compositions, en prenant en compte des facteurs liés au site et l'orientation solaire, tel que Alvar Aalto (architecte Finlandais, figure du mouvement moderne) qui a réussi à développer une architecture dans laquelle climat et site, forment des soucis constants figure 3.18¹⁹⁹, l'autre spécificité relevée chez Aalto comme déterminante pour une appréhension climatique de l'architecture, est la résolution des contraintes contradictoires entre la compacité maximale des volumes et le recours constant à la lumière naturelle, au moyens de lanterneaux, réflecteurs, pièges, fentes comparables aux tours à vent de l'architecture islamique. En effet les parties nord offrent un maximum de compacité alors que les parties bien exposées

¹⁹⁷ Banham, R. (1969) « The architecture of well-tempered environment », Ed. Archi-press. London

* Ecole d'art allemande fondée en 1919 par Walter Gropius, Microsoft Encarta 2008.

¹⁹⁸ Ravereau A. (1981), Op cit. page 176.

* Ingénieur inventeur de l'air conditionné.

¹⁹⁹ Foura, M. (2005) « Histoire critique de l'architecture, évolutions et transformations en architecture pendant le 18è, 19è et 20è siècle » Edition OPU (Office des Publications Universitaires) Alger.

se développent, se déploient et s'épanouissent selon des tropismes solaires quasi végétaux ; au point que nous parlons à la place de façade sud, de *façade solaire*.

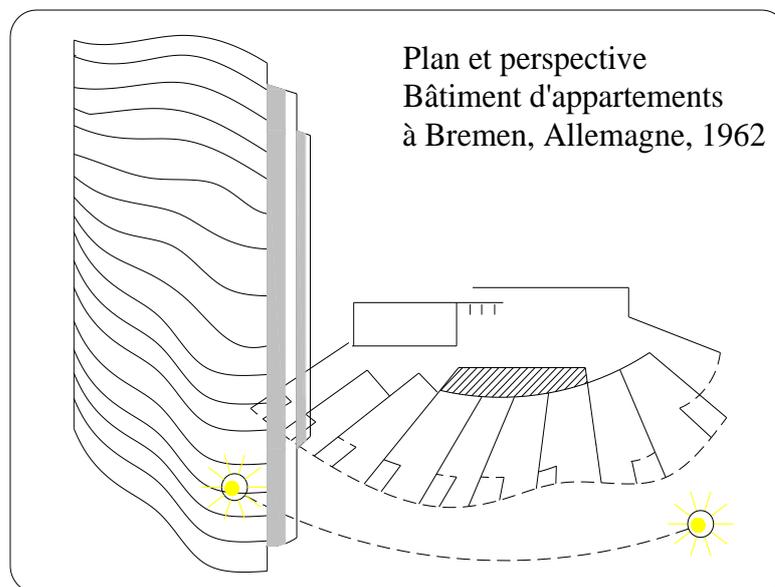


Figure 3.18 : Le tropisme solaire dans les plans d'Alvar Aalto.

L'architecture moderne, par la mise en place de nouveaux matériaux : acier, différents types de bétons, matériaux composites, verre... d'abord, suivis bien plus tard de toute une gamme d'isolants, a donné naissance à un type d'enceinte entièrement nouveau, *la serre*. Dès le XIX^{ème} siècle, la serre fut associée à l'habitat et à tous les niveaux : niveau domestique avec les jardins d'hiver, les oriels, les halls, niveau des grands bâtiments publics (magasins, musées, écoles...) dont les verrières de plus en plus hardies permettaient l'extension selon des proportions inimaginables auparavant, niveau des espaces urbains, où elle métamorphosa la conception des marchés et des passages commerciaux.

Mais en même temps que triomphèrent la lumière et la continuité spatiale, chères aux modernistes, les serres et les verrières apportèrent des déboires à leurs constructeurs, tant par les quantités de combustibles qu'engendra l'habitude d'ouvrir largement sur ces enceintes que par la difficulté d'entretien des structures si vulnérables aux agents climatiques (corrosion par l'humidité, sensibilité aux chocs thermiques), cependant, le gain de lumière acquis rendait irréversible l'attrait des grands vitrages. Au lendemain de la première guerre mondiale, la mode des serres et verrières s'atténua pour faire place à

l'architecture "internationale" qui n'assignera plus de limite à l'ampleur des vitrages²⁰⁰. C'est sous la formidable progression technique des Etats-Unis de l'après-guerre, que l'architecture internationale se développera réellement par l'introduction de l'air conditionné, qui semble capable de corriger, sous tous les climats, les audaces et même les erreurs des nouveaux bâtisseurs.

3.1.3.5. L'architecture solaire

Depuis la révolution industrielle, les combustibles fossiles, dérivés lointains de l'énergie solaire, servent à assurer un certain confort à l'homme, les gens vécurent dans l'oubli des choses, ils ignoraient ce que la nature pouvait faire pour eux en laissant aux machines et aux carburants, le soin d'en faire le plus possible à leur place. Au bout d'un certain temps, l'environnement naturel devient pollué et malsain pour la vie, on trouvait soudain trop chère l'énergie utilisée, l'age solaire fait alors son apparition et les gens, par leur imagination, se rapprochant de la nature pour en tirer profit, les capteurs plans à effet de serre font alors leur apparition sur les toits des maisons, ensuite c'est u tour des cellules solaires photovoltaïques qui produisent de l'électricité²⁰¹.

C'est ainsi que les années soixante ont été caractérisées par une architecture, dite "solaire", qui consistait à juxtaposer à des constructions une installation de chauffage solaire, cependant, pour privilégier leur exposition au soleil, on sacrifie l'orientation des ouvertures qui se retrouvent parfois au nord (suivant le lieu) c'est oublier que l'architecture forme un tout et que le solaire ne doit pas s'isoler. La question de son intégration dans l'architecture et l'urbanisme est à poser de façon globale c'est-à-dire au-delà du simple placage d'une installation sur les bâtiments²⁰².

Aussi l'usage immodéré de systèmes sophistiqués, avec toutes les difficultés rencontrées à les rentabiliser, finit par favoriser une autre conception de l'habitat, par le recours aux solutions essentiellement architecturales, qui prennent en compte les contraintes climatiques et la nécessité d'user à bon escient sinon parcimonieusement de l'énergie pour un confort équivalent, il s'agit d'une conception bioclimatique de l'architecture²⁰³.

²⁰⁰ Bioclimatique et solaire (architecture) in Encyclopédia Universalis France 1997.

²⁰¹ Wright, D. (2006) « Manuel d'architecture naturelle », traduction française et adaptation, Bazan, P. Editions Parenthèses. France.

²⁰² Maugard, A., *président du C.S.T.B*, actes du colloque «Energie solaire et bâtiment » organisé par l'Ademe et Enerplan, Octobre 2007. France.

²⁰³ Bouvier, F. (1981) « Soleil et architecture » dossier C3310, technique de l'ingénieur, traité de construction. France.

3.1.3.6. L'architecture bioclimatique

Tel qu'esquissée par Olgay (1963), l'architecture bioclimatique apparaît déjà comme principe de conception architecturale qui vise à utiliser au moyen de l'architecture elle-même, les éléments favorables du milieu (soleil, vents dans certains climats) pour la satisfaction des exigences du confort et du bien être de l'homme²⁰⁴.

Le climat, dans la conception d'une architecture bioclimatique, en est l'élément critique : évolution de l'ensoleillement et des températures, régime des vents et des précipitations, car il ne peut y avoir un confort thermique toute l'année si on n'intervient pas sur le chauffage et la climatisation, l'architecture bioclimatique consiste alors à mettre en œuvre diverses stratégies adaptées aux différentes saisons, en hiver, il importe de profiter des apports solaires et de se protéger du froid (stratégie du chaud) et en été, il faut se préserver du soleil et, parfois ouvrir sa maison aux vents (stratégie du froid).

Avec l'avènement du concept de développement durable, la conception bioclimatique se situe dans une approche, aux ambitions plus larges. Elle englobe d'autres facteurs d'ambiances en s'intéressant au problème du confort dans toutes ses dimensions²⁰⁵ et en intégrant les concepts écologiques qui font aussi référence à l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière naturelle, en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, c'est une nouvelle approche conceptuelle qui permet de réconcilier la forme, la matière et l'énergie²⁰⁶.

Pour certains, elle est comparée à une architecture consciente des besoins des êtres vivants qui l'habitent, au niveau de la santé (soin de l'air intérieur), de la psychologie de l'espace (les formes et les couleurs), des confort hygrothermique et acoustique. Elle est aussi consciente des problèmes d'environnement, par le choix des matériaux, selon un processus de construction non polluant et par les déchets qu'elle produit, elle est enfin consciente des sociétés humaines et des cultures auxquelles elle est liée, elle préconise des savoir-faire et respecte les formes et typologies architecturales anciennes²⁰⁷.

Les ambiances à l'intérieur des bâtiments et les dépenses énergétiques qui sont associées à certaines d'entre elles, sujets clés de cette nouvelle approche architecturale, dépendent des

²⁰⁴ Olgay, V. (1963) « Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism », Princeton, University press.

²⁰⁵ Izard, J-L. (1993) « Architectures d'été. Construire pour le confort d'été » Editions Edisud. France.

²⁰⁶ Fernandez, P. (1996) « Stratégies d'intégration de la composante énergétique dans la pédagogie du projet d'architecture », Thèse de doctorat, Ecole des mines de Paris.

²⁰⁷ Robles, L., Malvido, L. (2005) dans actes du séminaire intitulé « Les architectures et le climat » tenu à Paris, France.

qualités que le concepteur donne au bâtiment, la question centrale pour le concepteur est de maîtriser les facteurs de conception qui possèdent une influence sur le comportement physique du bâtiment : cela concerne les phénomènes liés à la thermique, à la lumière, à l'aérodynamique et à l'acoustique. La philosophie qui domine alors l'intervention de l'architecte, en réponse aux facteurs agissants (climat local, environnement sonore et visuel), réside dans la conception architecturale elle-même et que les technologies, qui ne sont que de nature corrective, n'interviennent qu'en aval de l'architecture²⁰⁸.

Parler enfin d'architecture bioclimatique au-delà des questions d'économies d'énergies et de protection de l'environnement, c'est avant tout se référer à l'homme-habitant et à son bien être. La maison bioclimatique prend alors en compte les impacts sociaux, économique et écologiques qu'elle génère²⁰⁹ en :

- Etant en harmonie avec l'environnement (écologique et culturel) par des matériaux non polluants à tous les stades de leur vie (fabrication, transport, mise en œuvre, démolition) ;
- Minimisant la consommation d'énergie, réduisant ainsi la quantité de CO₂ dans l'atmosphère ;
- Consommant le moins possible d'énergie, par l'utilisation des énergies renouvelables ;
- Assurant à ses occupants une atmosphère intérieure saine (hygrométrie, absence de polluants) et un bon confort acoustique ;

La recherche s'est aussi orientée, vers la décennie 90, vers une prise de conscience des questions environnementales, ce qui a permis l'émergence de la notion de "*qualité environnementale*" dans la mise en application des techniques de construction, pour donner libre voie aux investigations dans le domaine des ambiances.

3.1.3.7. Labellisation de l'architecture bioclimatique

Si jusqu'à un passé récent, la construction d'un bâtiment consiste en la création d'un environnement intérieur satisfaisant, sans aucune préoccupation de ses impacts sur son environnement extérieur, depuis la conférence de Rio en 1992, la préoccupation environnementale, appliquée à l'urbanisme et à l'architecture, a confronté le bâtiment devant une nouvelle exigence, qui consiste à maîtriser ses impacts sur l'environnement

²⁰⁸ Izard, J-L. (2008) « Conception architecturale et urbaine, ambiance et énergie », document téléchargé le 02 juillet 2008 à partir du site <http://www.marseille.archi.fr/~izard/>.

²⁰⁹ Bardet, S. et Kieser, G. (2003) « La maison bio et caractéristiques » article paru dans la revue "Sud-ouest nature" n° 123, Editions SEPANSO France.

extérieur et intérieur²¹⁰. Cette nouvelle dimension que revêtent l'architecture et l'urbanisme, a permis à certains pays de créer des labels comme la HQE* en France pour qui la qualité environnementale d'un bâtiment '*...correspond aux caractéristiques du bâtiment, de ses équipements (en produits et services) et du reste de la parcelle de l'opération de construction ou d'adaptation du bâtiment qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et de création d'un environnement intérieur confortable et sain*'²¹¹. Le principe de la qualité environnementale, s'est différemment appliqué dans les pays qui l'ont adopté, nous verrons successivement les cas des pays comme l'Angleterre, la Suisse, l'Allemagne et la France.

➤ La méthode BREEM* en Angleterre

Cette méthode, mise au point en 1990 en Angleterre, représente un outil d'évaluation de l'impact environnemental d'un bâtiment depuis sa conception jusqu'à sa démolition. Elle est constituée d'une liste de critères et d'indicateurs voir tableau 3.2 et chaque fois qu'un critère est rempli, un point est porté en crédit. Compte tenu du succès de cette méthode, largement diffusée dans le monde (Canada, Norvège, Hong-kong...), elle a été mise à jour en 1998 et complétée en 2000 d'un outil informatique pour le calcul direct des impacts environnementaux directs d'un bâtiment.

Tableau 3.2 : Les critères de la méthode 'BREEM'.

[Source : De Herde et Liebard (2005)]

	Matériaux et équipements du bâtiment	Fonction et maintenance du bâtiment
Impact sur l'environnement général et l'utilisation de ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Les émissions CO₂ - Les pluies acides - Destruction de la couche d'ozone - Matériaux recyclables 	<ul style="list-style-type: none"> - Les émissions CO₂ - Destruction de la couche d'ozone - La maintenance du bâtiment
Impact sur l'environnement local	<ul style="list-style-type: none"> - La conservation de l'eau - La maladie du légionnaire - Le transport 	<ul style="list-style-type: none"> - La maladie du légionnaire - La maintenance du bâtiment
Impact sur l'environnement intérieur	<ul style="list-style-type: none"> - La lumière - La qualité de l'air - Les matériaux à risque - Le radon - Les nuisances sonores - La maladie du légionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - La lumière - La qualité de l'air - Les matériaux à risque - La maladie du légionnaire

²¹⁰ Gabanieu, J., Galibourg, J-M. et Gauzin-Müller, D. (2003) « Constructions publiques, architecture et HQE », une publication de la mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, France.

* Haute Qualité Environnementale.

²¹¹ Association HQE (1997) « Définition des cibles de la qualité environnementale », Paris.

* B.R.E.E.M: Building Research Establishment Environment Assessment Method.

➤ **Le standard suisse ‘Minergie’**

Le standard de construction ‘Minergie’ vise à promouvoir la construction ou la réhabilitation de bâtiments, réduisant la consommation d’énergie non renouvelables, tout en assurant des ambiances intérieures confortables et saines.

Ce label²¹², pour le concepteur du projet, se base sur les obligations suivantes :

1. L’optimisation des gains d’énergie passive en :
 - Privilégiant l’orientation sud ;
 - Régulant la température ;
 - Optimisant des surfaces vitrées en fonction des orientations.
2. La minimisation des déperditions thermiques par :
 - Le coefficient de déperdition thermique des murs et toitures ne doit pas dépasser 0.2 W/m².K (isolation de 15 à 25 cm) ;
 - Le coefficient de déperdition thermique du sol doit être au maximum de 0.25 W/m².K (isolation de 12 cm) ;
 - Le coefficient de déperdition thermique des fenêtres doit être au maximum de 1 W/m².K.

Ces exigences s’accompagnent de mesures pour limiter les ponts thermiques* et favoriser une volumétrie compacte.

3. L’utilisation des énergies renouvelables.

Durant l’année 2005, 1500 logements sont déjà labellisés ‘Minergie’ en Suisse.

➤ **Le label Allemand ‘Habitat basse énergie’**

Ce label, intitulé aussi ‘*Passive house*’, définit un standard de construction qui vise à réduire la consommation énergétique des immeubles d’habitation, tout en assurant un environnement intérieur confortable. Ce label apporte au concepteur du bâtiment, les principes et les indications, que nous énumérons ci-après et illustrons par la figure 3.19:

1. Assurer une conception passive des bâtiments:
 - La contribution solaire doit être égale à près de 40% des besoins en chauffage ;
 - Le coefficient de déperdition thermique du vitrage sera inférieure à 0.75 W/m².K ;

²¹² Office fédéral de l’énergie *SuisseEnergie* (2006) « Nouveaux bâtiments à faible consommation d’énergie, guide pratique ». <http://www.minergie.ch/>

* Pont thermique : défaut d’isolation favorisant les fuites d’énergie.

- Le coefficient de déperdition des châssis sera au maximum $0.80 \text{ W/m}^2.\text{K}$;
- Le bâtiment sera orienté au sud pour bénéficier des apports solaires.

2. Assurer l'isolation thermique du bâtiment :

- Le coefficient de déperdition thermique de l'enveloppe doit être d'environ $0.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$;
- Les ponts thermiques seront limités à $0.01 \text{ W/m}^2.\text{K}$;
- Favoriser l'étanchéité à l'air et la complémentarité entre la récupération et les apports d'appoint de chaleur ;
- Optimiser l'efficacité électrique des équipements ;
- Utiliser les énergies renouvelables en appoint.

Toutes les mesures que nous venons d'énoncer, visent à réduire les besoins annuels d'énergie pour le chauffage de 15 kWh/m^2 , ce qui représente environ 1/3 de la consommation totale de l'énergie consommée²¹³.

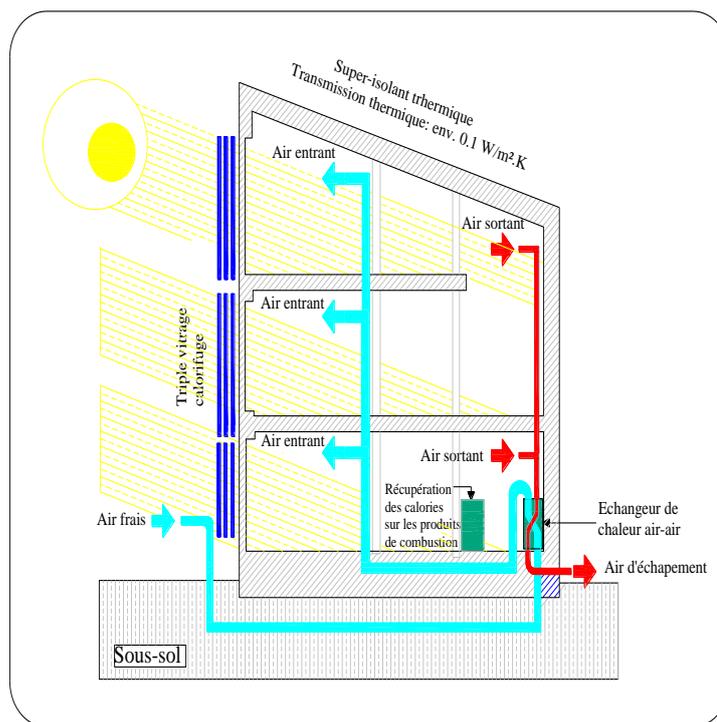


Figure 3.19 : Principes constructifs et techniques d'un bâtiment passif en Allemagne.

²¹³ Mourtada, A. (2007) « Efficacité énergétique et énergies renouvelables dans les bâtiments ; Etat de l'art, solutions pratiques et enseignements d'Europe et du proche Orient », in actes du séminaire international 'Initiation à la conception d'une architecture efficace énergétiquement', Alger du 8 au 11 septembre 2007.

➤ La démarche HQE en France

Par le biais du Plan Construction et Architecture*, l'Etat français s'est investi dans une démarche de réflexion et d'aides (expérimentales) à la mise en œuvre de bâtiments plus respectueux de l'environnement, ainsi, le PCA crée en 1993 un pôle de recherche et d'expérimentation "Ecologie et habitat" ainsi qu'un atelier d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments (ATEQUE) afin de constituer progressivement un pôle d'expertise au niveau national en matière de méthodes d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments. La réflexion menée par l'ATEQUE a mené, à une prise de conscience de la complexité du travail à accomplir. A l'origine, destiné au développement d'une définition simple et descriptive des critères de la qualité environnementale, son rôle s'est ensuite orienté vers l'aide à l'évaluation et l'aide à la programmation et à la décision principalement dans le logement social. Cette nouvelle direction générale a mené à la création en 1997 de l'association HQE, destinée au développement du management de la qualité environnementale²¹⁴. Cette association, ayant pris le relais de l'ATEQUE, a dans son rapport d'avril 1998, insisté sur le rôle et l'importance d'une approche environnementale dans le bâtiment²¹⁵, ce qui conduit à de nombreuses publications accompagnant la montée en puissance et le développement d'une approche appelée "démarche HQE".

La démarche HQE est une approche qui prend racine dans le concept, plus vaste, du développement durable, et surtout qu'elle s'insère dans une démarche de projet, démarche progressive et itérative, prenant en compte l'ensemble des valeurs devant être portées par l'architecture, elle concourt à une synthèse englobant des préoccupations sociales, écologiques et économiques. Cette démarche se base sur deux composantes essentielles, à savoir :

- un objectif de « Qualité environnementale des bâtiments » ;
- un système de « Management environnementale²¹⁶ ».

Le système de management environnemental inclut dans son ensemble la structure organisationnelle, les activités de planification, les responsabilités, les pratiques, les

* Le Plan Construction et Architecture (P.C.A) est un service du ministère français de l'équipement.

²¹⁴ Baker F. (2002) « Haute qualité environnementale du ministère de l'équipement » document téléchargé du site <http://www.batirsain.org/pages/articles/hqe.htm>.

²¹⁵ Olive G. (1998) « Synthèse d'expérimentation de bâtiment à Haute Qualité Environnementale en vue de recommandations pour la maîtrise d'ouvrage publique » rapport final de l'association HQE

²¹⁶ De Valicourt D. (2001) « Référentiel du système de management environnementale pour la maîtrise d'ouvrages concernant des opérations de construction, adaptation ou gestion des bâtiments », document de l'association HQE, France.

procédures et les ressources pour élaborer, mettre en œuvre, réaliser et maintenir la politique environnementale.

L'application de la démarche HQE pour tout bâtiment permet :

- Des économies d'énergie (30 % environ) pour les usagers et un meilleur confort ;
- Un coût global qui se réduit pour une valeur d'usage qui augmente ;
- Des économies de ressources non renouvelables (énergies fossiles, 16 % d'eau potable et matières premières) ;
- Une activité économique nouvelle (création de postes d'emploi) ;
- Une politique de redistribution sociale : la HQE dans les logements sociaux va améliorer la qualité de vie et le confort des habitants les plus défavorisés, sans augmentation de loyers ;
- La contribution à la lutte contre l'effet de serre (2,7 à 5,2 kg de CO₂/m²)²¹⁷.

3.1.4 Les systèmes et principes bioclimatiques

Introduction

Les principes bioclimatiques, redécouvert dans les années 70 suite à la crise pétrolière qui a secoué les pays occidentaux, sont fondés sur un choix judicieux de la forme du bâtiment, de son implantation, de la disposition des espaces, des matériaux utilisés et de l'orientation en fonction des particularités du site : climat, vents dominants, qualité du sol, topographie, ensoleillement et vues.

Comme c'est la synthèse harmonieuse entre la destination du bâtiment, le confort de l'occupant et le respect de l'environnement, l'architecture bioclimatique va utiliser l'énergie solaire passive à son avantage pour réaliser une ambiance intérieure confortable²¹⁸ comme le montre la figure 3.20, ci-après, où en période froide, elle favorise les apports de chaleur gratuites, diminue les pertes de chaleur et assure un renouvellement d'air suffisant. En période chaude, elle réduit les apports calorifiques et favorise le rafraîchissement.

D'ailleurs les architectes qui adoptent une démarche bioclimatique dans leurs projets ne revendiquent en aucun cas la recherche d'optimisation d'un critère, comme par exemple

²¹⁷ Outrequin P. (2001) « Les enjeux HQE en Ile-de-France à l'horizon 2010 », étude réalisée par l'Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies (ARENE). France.

²¹⁸ Actes de l'exposition « Ma maison en 2030 : énergie maîtrisée, planète protégée » du 29 juin au 28 juillet 2006. Paris

sacrifier la qualité architecturale au profit de la seule composante énergétique, mais voient plutôt dans leur approche un moyen d'exprimer une philosophie de relations entre nature et architecture où, selon Izard J-L (1979), c'est la recherche d'une stratégie de réconciliation entre la forme, la matière et l'énergie.

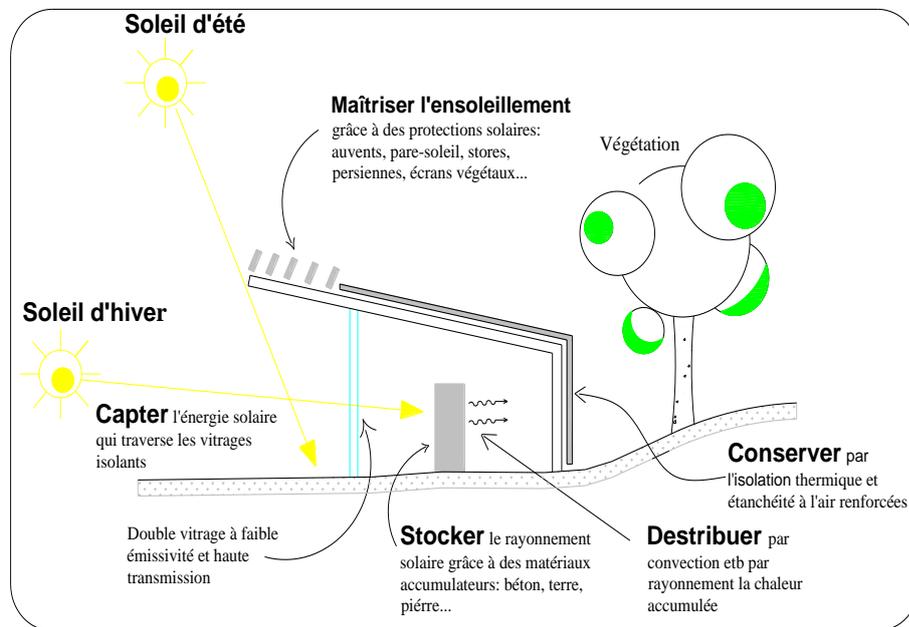


Figure 3.20 : Les principes bioclimatiques.

Source : L'architecture écologique [2001], dessin de Jean-Yves Barrier

Cependant, concevoir un habitat bioclimatique requiert à l'architecte une 'culture technique minimale', basée sur la connaissance des phénomènes physiques en jeu²¹⁹ et qui consiste en la compréhension de la composante énergétique à travers ses manifestations (transfert d'énergie et de masse...) et par ses impacts sur l'occupant en terme de confort thermique, que nous aborderons au chapitre 4.

Plusieurs auteurs ont abordé les différents modes de transfert de chaleurs, mais nous nous limitons aux travaux de Givoni, B. (1998)²²⁰, Wright, D. (2004)²²¹ et Mazria, E. (2005)²²² ainsi qu'aux cours de Jannot, Y (2008)²²³. Ils se manifestent selon les différents échanges thermiques suivants :

²¹⁹ Fernandez, P. (1996) « Stratégies d'intégration de la composante énergétique dans la pédagogie du projet d'architecture », thèse de doctorat, Ecole des mines de Paris.

²²⁰ Givoni, B. (1998) « Climatic considerations in building and urban design », Jean Wiley and sons, Van Nostrand Reinhold

²²¹ Wright, D. (2004) « Manuel d'architecture naturelle », Editions Parenthèses, France.

²²² Mazria, E. (2005) « Le guide de la maison solaire » Editions Parenthèses, France.

²²³ Jannot, Y. (2008) « Transferts thermiques » Ecole des mines de Nancy (France), cours de 2^{ème} année, disponible sur le site <http://www.thermique55.com/principal:thermique.pdf>. Téléchargement du 16.08.08

3.1.4.1. Les notions de base

3.1.4.1.1. Les échanges thermiques

Au fur et à mesure qu'un corps s'échauffe au soleil par l'absorption du rayonnement solaire, il cherche à retrouver son équilibre thermique en échangeant de la chaleur avec l'environnement selon trois processus fondamentaux que nous avons repris en partie dans la figure 3.20.

1. La conduction

Lorsqu'un corps absorbe le rayonnement solaire, l'énergie absorbée se distribue d'elle-même à travers la matière et se déplace par conduction de molécule à molécule. La conduction est alors le moyen par lequel la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct, par simple interaction moléculaire. Les molécules du secteur le plus chaud se heurtent vivement entre elles et transmettent leur énergie de vibration aux molécules voisines. Le flux de chaleur va toujours des zones chaudes vers les zones froides (loi de la thermodynamique). La vitesse de progression du flux de chaleur à travers un corps dépend de l'aptitude de ses molécules et de ses électrons à recevoir et à transmettre la chaleur, ainsi par exemple, les matériaux comportant de minuscules cellules d'air en grand nombre sont habituellement de mauvais conducteurs et donc de bons isolants. Dans le bâtiment, la conduction thermique correspond au processus de transfert de chaleur à travers des matériaux (solides) composant les murs et planchers. La théorie de la conduction se base sur l'hypothèse de Fourier²²⁴ (Eq. 3.1), où la densité du flux de chaleur traversant un mur est proportionnelle au gradient de température.

$$dQ = -\lambda \cdot S \cdot \frac{dT}{dx} \cdot dt$$

Eq. 3.1

Dans le cas où le transfert de chaleur est unidirectionnel et où il n'y a pas de génération ni de stockage d'énergie comme schématisé dans la figure 3.21, l'équation s'écrit :

$$\varphi = \frac{-\lambda \cdot (T_2 - T_1)}{e}$$

Eq. 3.2

Avec :

dQ : Flux de chaleur transmis par conduction (W)

²²⁴ Cortés, H. et Blot, J. (1999) « Transferts thermiques, application à l'habitat » Editions Ellipses, Paris.

λ	Coefficient de conductivité thermique* du matériau	$(W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1})$
dT/dx	gradient de température en x	$(^\circ C \cdot m^{-1})$
T_1 et T_2	Températures des faces extrêmes	$(^\circ C)$
e	Epaisseur du mur	(m)
S	section en m^2	
dt	temps élémentaire	(s)

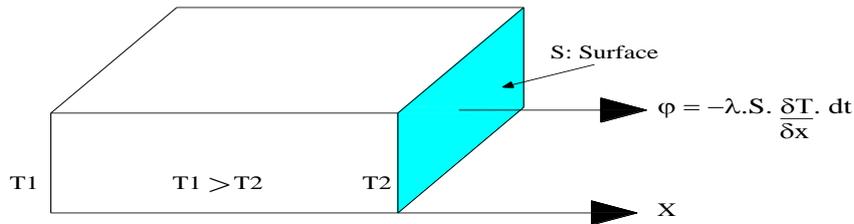


Figure 3.21 : Schéma du transfert de chaleur conductive

[Source : cours de Yves Jannot 2008]

Pour le cas des murs constitués de plusieurs couches de matériaux différents, comme le montre la figure 3.22, le flux de chaleur, en régime permanent, se conserve lors de la traversée du mur et s'écrit :

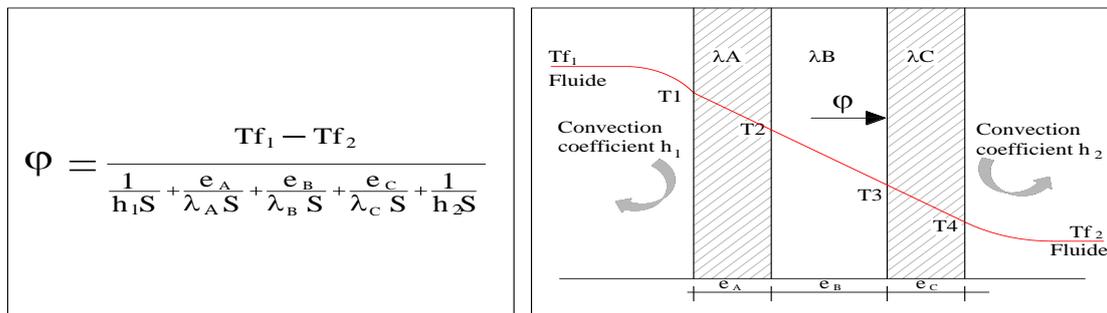


Figure 3.22 : Equation et schématisation du flux de chaleur dans un mur multicouches.

[Source : cours de Yves Jannot 2008]

2. La convection

La convection correspond au mode d'échange de chaleur entre une surface et un fluide mobile à son contact, le déplacement de chaleur au sein d'un fluide par le mouvement d'ensemble de ses molécules d'un point à un autre. Dans le processus de convection, la chaleur se déplace comme toujours des zones chaudes vers les zones froides. Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton ci-après :

$$\phi = -h.S.(T_p - T_\alpha)$$

Eq. 3.3

* (λ) décrit l'aptitude du matériau à conduire ou non de la chaleur. Il est élevé pour les matériaux conducteurs et faibles pour les isolants.

Avec :

φ	Flux de chaleur transmis par convection	(W)
h	Coefficient de transfert de chaleur par convection	(W .m ⁻² . °C ⁻¹)
T_p	Température de surface du solide	(°C)
T_α	Température du fluide loin de la surface du solide	(°C)
S	Aire de la surface de contact solide/fluide	(m ²)

La convection est dite forcée si le flux est mis en mouvement par une action extérieure. Elle est dite naturelle si le mouvement du fluide ne résulte que des différences de masse volumique induite par des différences de températures.

La valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection h est fonction de la nature du fluide, de sa température, de sa vitesse et des caractéristiques géométriques de la surface de contact solide/fluide.

3. Le rayonnement

Tous les matériaux rayonnent sans arrêt de l'énergie, sous forme d'ondes électromagnétiques (même dans le vide), dans toutes les directions sous la relation

$$\varphi = \sigma \cdot \epsilon_p \cdot S \cdot (T_p^4 - T_\alpha^4)$$

Eq. 3.4

avec :

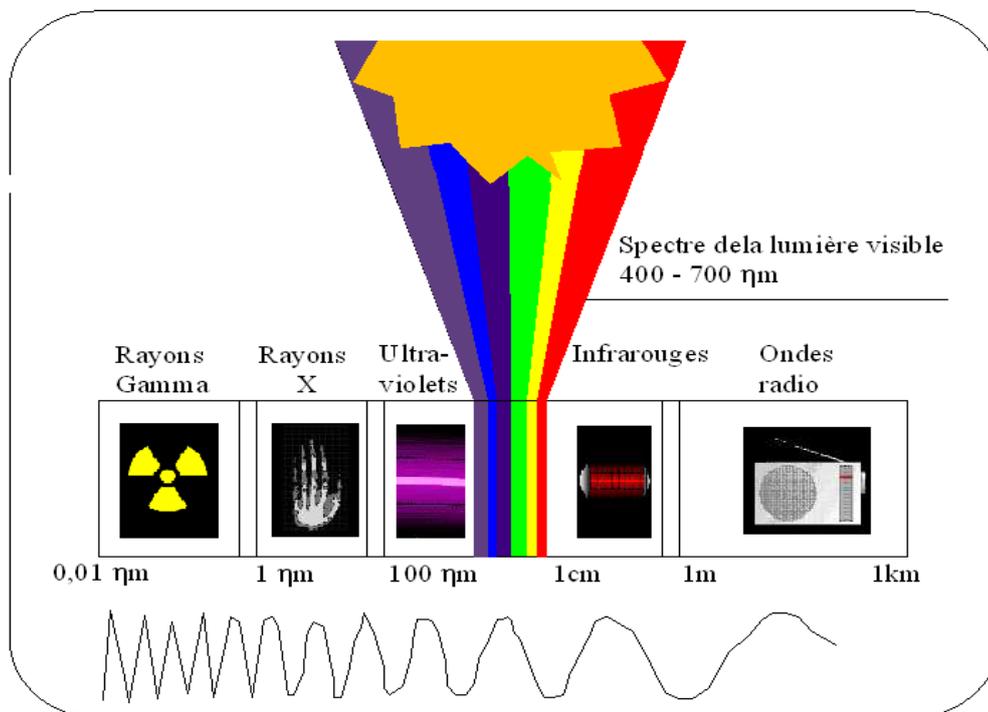
φ	Flux de chaleur transmis par rayonnement	(W)
σ	Constante de Stephan-Boltzman	(5.67.10 ⁻⁸ W .m ⁻² . °K ⁻⁴)
ϵ_p	Facteur d'émission de la surface	
T_p	Température de la surface	(K)
T_α	Température environnant la surface	(K)
S	Aire de la surface	(m ²).

L'intensité du rayonnement thermique provenant d'une surface dépend non seulement de la température de celle-ci mais aussi de son émissivité*. Cependant tous les matériaux n'absorbent pas le rayonnement thermique, certains le réfléchissent et/ou le transmettent selon la densité, la composition du matériaux et sa teinte, car la couleur est un bon indicateur du pouvoir de réflexion d'une paroi vis-à-vis du rayonnement solaire, comme

* Phénomène naturel grâce auquel les tomes et les molécules de matières émettent des photons infrarouges et se refroidissent instantanément. Tous les matériaux possèdent à des degrés divers ce pouvoir d'émettre de l'énergie radiante. Le coefficient d'émission est compris entre 0 et 1.

nous le constatons dans les villes de la vallée du M'Zab et généralement du sud Algérien, où les façades sont généralement peintes en clair.

Les matériaux transparents qui transmettent le rayonnement solaire visible (figure 3.23) ne transmettent pas nécessairement les radiations infrarouges. Ainsi, le verre, qui laisse pratiquement traverser l'ensemble du rayonnement solaire l'atteignant, est une aubaine pour le captage de l'énergie solaire car une fois que la lumière naturelle a traversé le vitrage et se trouve absorbée par les matériaux intérieurs, le rayonnement thermique émis en retour par ses matériaux se trouve comme emprisonné par le verre (infrarouge). Ce phénomène est appelé communément 'effet de serre'.



3.1.4.1.2. Le stockage de la chaleur

Toutes les substances sont à même de stocker des quantités variables de chaleur, pour cela, il suffit de chauffer le matériau de stockage qui gardera la chaleur jusqu'à sa restitution.

Il est important pour cette raison, en chauffage solaire, de prévoir la construction d'une maison en un matériau qui pourra stocker en hiver assez d'énergie ou de chaleur solaire pendant la journée pour maintenir l'intérieur tempéré pendant la nuit froide suivante. Cette aptitude d'un matériau à stocker l'énergie thermique se caractérise par sa chaleur

²²⁵ Michel J-B. (2007) « Cours de thermique, séance n° 4 », Ecole d'Ingénieurs de Genève, Suisse.

spécifique*. Toutefois, pour qu'un matériau puisse servir efficacement de stockage thermique, il doit avoir non seulement une capacité thermique* élevée mais également une conductivité de valeur suffisante. Les valeurs du tableau 3.3 nous renseignent sur quelques propriétés des solides et liquides les plus utilisés dans le secteur de la construction.

Tableau 3.3 : Caractéristiques physiques de certains matériaux.

Matériaux	Chaleur spécifique Kcal/kg. °C	Densité kg/dm ³	Conductivité thermique W/m. °C
Eau	1	1	0.58
Acier	0.12	7.85	45.3
Adobe	0.24	1.70	0.52
Air	0.24	0.0012	0.026
Béton	0.156	2.31	1.40
Bois de chêne	0.57	0.75	0.176
Brique	0.2	1.97	0.70
Calcaire	0.217	1.65	0.93
Ciment (clinker Portland)	0.16	1.92	0.029
Gypse	0.259	1.25	0.433
Liège aggloméré	0.485	0.09	0.048 (- 5°)
Papier	0.32	0.93	0.13
Plâtre		2.11	0.48
Sable	0.191	1.52	0.33
Verre (laine de verre)	0.157	0.05	0.038

La chaleur stockée est donnée par la formule suivante :

$$\phi = \rho.v.c. (\delta T / \delta t)$$

Eq. 2.5

Où : ϕ :	Flux de chaleur stockée	(w)
ρ :	Masse volumique	(kg.m ³)
v :	Volume	(m ³)
c :	Chaleur massique	(J.kg ⁻¹ .°C ⁻¹)
T :	Température	(°C)
t :	Temps	(s)
$\rho.v.c$:	Capacité thermique du corps.	

3.1.4.2 Le chauffage solaire passif

La température extérieure est très généralement inférieure à la température de confort durant la saison d'hiver, comme à Ghardaïa, où il est enregistré au mois de janvier une moyenne de 09 °C durant la journée²²⁶. Il s'ensuit un flux de chaleur de l'intérieur

* C'est la quantité de chaleur qu'il faut apporter à l'unité de masse pour élever sa température de 1°C.

* C'est le produit de la chaleur spécifique par la densité du matériau.

²²⁶ Office National de Météorologie (O.N.M), station de Ghardaïa, données reçues le 17.12.08. suite à notre demande du 27.11.08.

(plus chaud) vers l'extérieur (moins chaud). La fonction de chauffage est de fournir une quantité d'énergie égale à ces déperditions, afin de permettre le maintien de la température de confort. En hiver, les apports "gratuits" sont bénéfiques et permettent de réduire les besoins de chauffage. Il s'agit des apports internes et des apports solaires. Les apports internes sont ceux dégagés par les occupants, la cuisson des aliments ou les appareils électroménagers et même de la tapisserie accrochée aux murs, à l'exemple de ce que nous avons observé (photo 3.6) dans une habitation du ksar de Tafilelt.



Photo 3.6 : apport de chaleur par la tapisserie, dans une maison du ksar de Tafilelt.

Les apports solaires pénètrent dans le logement, à travers les parois vitrées, ou les parois opaques, car pendant l'hiver, comme la hauteur du soleil est faible, il s'ensuit qu'en milieu de journée, quand le soleil est vers le sud, les rayons solaires frappent les façades sud avec un faible angle d'incidence parce qu'elles sont verticales. Ces façades reçoivent alors beaucoup d'irradiation solaire* qu'une surface horizontale, comme nous l'avons illustré dans la figure 3. 24.

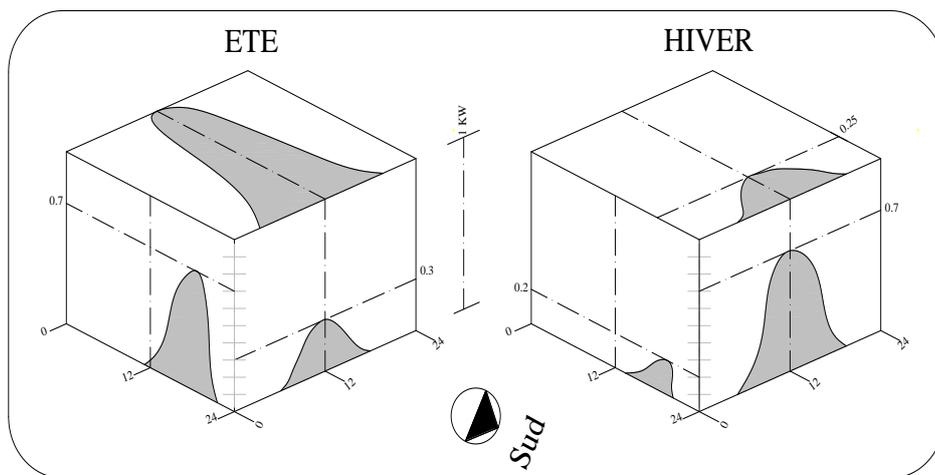


Figure 3.24 : Répartition des puissances reçues du soleil sur les façades. [Source : J-L. Izard, 1979].

* Energie solaire radiante reçue durant une période déterminée (heure, journée, mois, année). Les services météorologiques effectuent de telles mesures en Wh/m².

La stratégie de chauffage solaire passif en hiver comme le montre la figure 3.25²²⁷ consiste en une conception du logement basée sur les aspects suivants²²⁸ :

- **Capter l'énergie solaire** : Créer des ouvertures côté soleil pour largement en recevoir l'énergie ;
- **Stocker dans la masse** : Les matériaux lourds (à forte inertie thermique) placés dans le bâtiment apportent une inertie thermique qui permet à celui-ci de stocker l'énergie ;
- **Distribuer** : Répartir la chaleur accumulée dans l'air et dans les parois lourdes, la nuit ;
- **Conserver** : Isoler thermiquement l'ensemble des parois entourant le volume chauffé afin de conserver la chaleur emmagasinée dans l'air et dans les parois.

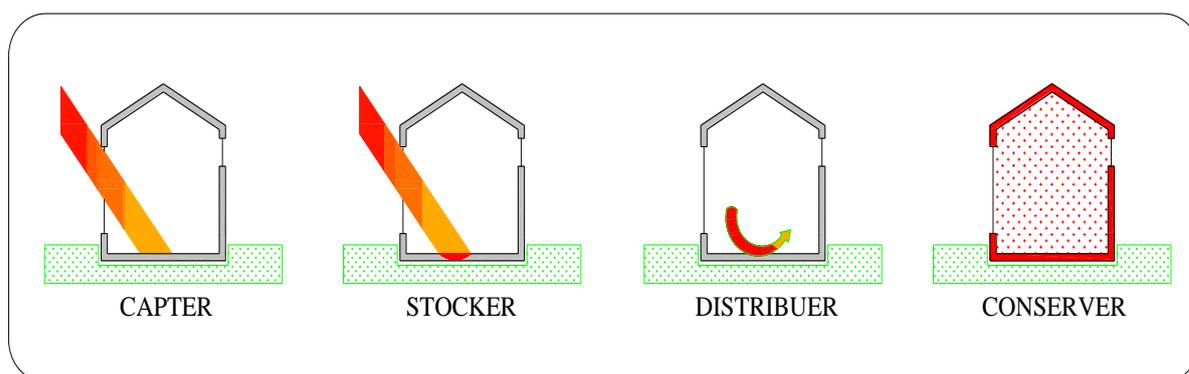


Figure 3.25 : Stratégie du chaud en hiver.

3.2.4.3. Le refroidissement naturel

La température extérieure en été est généralement supérieure à la température de confort durant le jour, il en résulte une pénétration du flux de chaleur dans le logement à travers ses parois et ses ouvertures. Cette chaleur va chauffer l'air intérieur, mais aussi les parois du bâtiment et sa structure. Nous avons ainsi intérêt, pendant le jour, à isoler le bâtiment et son environnement.

²²⁷ Tixier, N. (2007) « De la notion de confort à la notion d'ambiance » revue du laboratoire cresson de l'école d'architecture de Grenoble et CNRS Ambiances architecturales et urbaines, France.

²²⁸ Réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie (2006) « Guide pratique de conception de logements économes en énergie » Agence Nationale pour la Maîtrise de l'énergie, Tunisie.

Pendant la nuit ce sont les parois de ces bâtiments qui réchauffent l'air intérieur en relâchant la chaleur qu'elles ont accumulée pendant le jour. Il devient alors nécessaire de ventiler le plus possible le logement pendant la nuit.

Contrairement à l'hiver, les apports gratuits sont indésirables en saison chaude et contribuent à augmenter les besoins de rafraîchissement. En été, la course du soleil est plus longue durant une journée, (pour le cas de Ghardaïa, la durée d'insolation* moyenne, fournie par la station météo locale, des mois d'août et juillet (de 2000 à 2006), est de 330,85 heures, voir figure 5.16) et monte très haut dans le ciel. Des outils permettent de calculer cette durée pour chaque mois en s'inspirant de la géométrie de la course du soleil comme le montre la figure 3.26²²⁹ ou les diagrammes solaires que nous étudierons au chapitre 4.

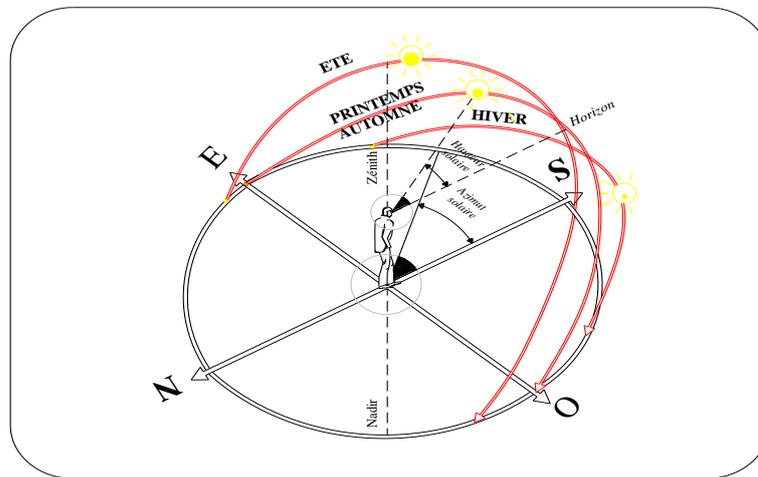


Figure 3.26 : Géométrie de la course du soleil

En milieu de journée, une surface horizontale est alors très fortement exposée à l'irradiation solaire. Mais du fait de la quasi verticalité des rayons en milieu de journée [il est proche de 81° à midi au mois de juin dans la vallée du M'Zab (figure 4.21)], ils ne frappent pas de front les surfaces verticales sud, l'irradiation reçue est alors moindre que les parois plates comme les terrasses.

En revanche en milieu de matinée et d'après midi, le soleil est bas à l'horizon, et ses rayons frappent donc de front des surfaces verticales Est et Ouest. Nous déduisons alors

* C'est la durée de la journée solaire ou nombre théorique des heures de soleil. La durée effective d'insolation quotidienne, mesurée à l'aide d'un héliographe, est représentative des conditions climatiques de la zone et donne la valeur journalière d'irradiation solaire.

²²⁹ Mazria, E. (2005) Op. cit, page 245.

pour le cas notamment des habitations de la vallée du M'Zab, que les surfaces horizontales, verticales Est et Ouest, très exposées aux rayons solaires doivent être protégées.

La stratégie de refroidissement naturel en été comme le montre la figure 3.27²³⁰ consiste en une conception du logement basée sur les aspects suivants :

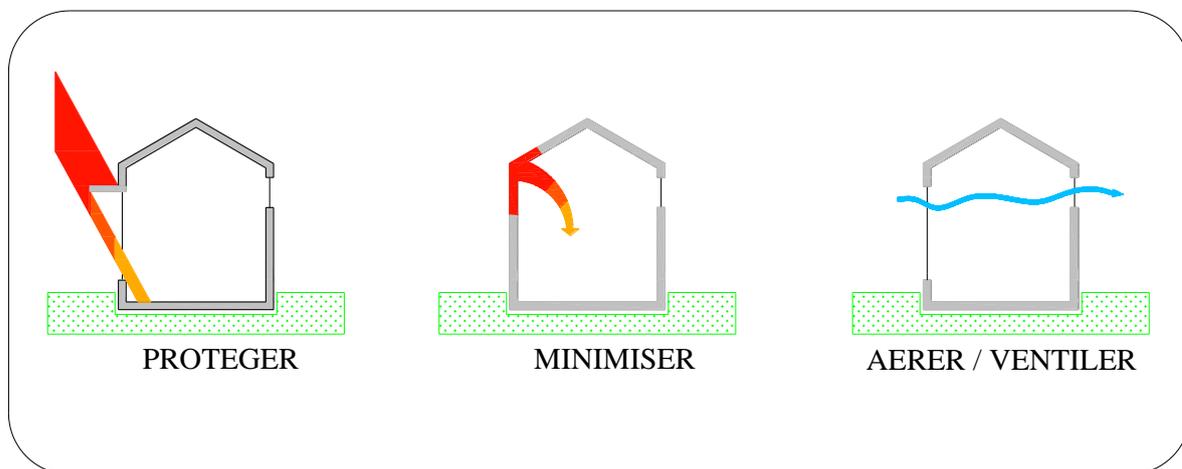


Figure 3.27 : Stratégie du froid en été.

- **Protéger** : La protection concerne particulièrement les ouvertures par l'érection d'écrans extérieurs qui le mettent à l'ombre. Ces écrans peuvent être permanents, amovibles ou saisonniers (végétal par exemple). Par ailleurs, afin d'éviter l'échauffement du bâtiment, un niveau d'isolation suffisant doit empêcher la chaleur de pénétrer et de s'accumuler dans la masse.

Le niveau de protection solaire de l'enveloppe du bâtiment est évalué au moyen du "facteur solaire", qui traduit, la capacité de la paroi à limiter l'énergie solaire sous forme de chaleur qui rentre dans le local²³¹. Pour le cas des ouvertures à simple vitrage, comme schématisé par la figure 3.28²³², la décomposition du flux montre que près de 86 % de ce dernier pénètre dans l'espace concerné

L'énergie solaire arrivant sur la face externe est en partie réfléchiée et absorbée puis partiellement transmise dans le local, suivant la masse et l'isolation thermique de cette paroi.

²³⁰ Tixier, N. (2007) « De la notion de confort à la notion d'ambiance »

²³¹ « Confort thermique, maîtrise de l'énergie et ventilation » (2004), document du CSTB* pour la Direction des affaires économiques, sociales et culturelles et Direction de l'urbanisme de l'habitat et de la construction France.

* C.S.T.B : Centre Scientifique des Techniques du Bâtiment.

²³² Cheilan, R. (2004) « La climatisation solaire » mémoire de fin d'études de graduation à l'école nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne, France.

Le facteur solaire (S) est le rapport entre l'énergie transmise dans le local et l'énergie reçue sur la paroi. Ainsi plus (S) est faible, plus la paroi protégera le logement du rayonnement solaire et meilleur sera le confort, que nous allons développer dans le chapitre suivant, pour l'occupant.

Le facteur solaire dépend alors :

- ✓ Des pare-soleil qui vont réduire la quantité d'énergie solaire reçue ;
- ✓ De la capacité des matériaux et de la paroi à réfléchir l'énergie solaire. Cette capacité dépend de la couleur de la paroi, plus le matériau est réfléchissant, moins il y'aura de chaleur issue du rayonnement solaire transmise dans le local. Plus le coefficient d'absorption de la paroi (α) est faible, plus l'énergie solaire est réfléchié ;
- ✓ De l'effet d'isolation thermique d'un matériau qui découle de sa conductivité (λ) et de son épaisseur (e). La résistance thermique (R_{th}) détermine la faculté de la paroi à limiter la transmission de l'énergie solaire dans le bâtiment, avec

$$R_{th} = e / \lambda$$

(2.5)

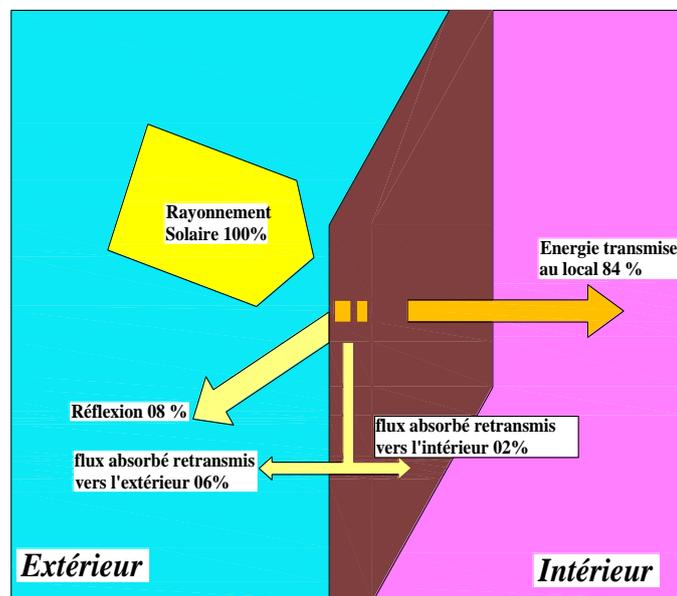


Figure 3.28 : La protection et les composantes du facteur solaire.
Cas d'un simple vitrage.

En climat chaud et sec, il convient selon De Herde, A. et Lièbard, A (2005), de veiller à éviter les apports de chaleurs provenant des parois et notamment des toitures échauffées par le soleil, lesquelles, selon la figure 3.24, reçoivent une irradiation solaire très importante et augmente considérablement pour les toitures terrasses (plates), à cause de l'importance de l'angle d'incidence du rayonnement solaire. On y parvient en accroissant leur isolation ou leur inertie, en offrant des surfaces réfléchissantes au soleil ou encore en limitant les infiltrations d'air chaud dans le bâtiment. Ces dernières années, on parle de toits verts, qui n'ont en fait rien de nouveau, car ils remontent au moins aux jardins suspendus de Babylone, ce sont des toits recouverts d'un tapis végétal. Ils réduisent la consommation énergétique puisque les bâtiments dotés de toits verts utilisent moins de chaleur en hiver et moins de climatisation l'été que les immeubles classiques²³³.

- Minimiser les apports de chaleur : Par l'utilisation rationnelle de l'éclairage artificiel, l'équipement électrique et la densité d'occupation des espaces. Pour l'éclairage, la tendance est de favoriser l'éclairage naturel.
- Ventiler : La ventilation naturelle permet la dissipation des surchauffes, en exploitant les gradients de température par le biais d'exutoires produisant un effet de cheminée*. La pression du vent et la canalisation des flux d'air peuvent être mises à profit pour évacuer l'air surchauffé des bâtiments.
- Refroidir les espaces : Le refroidissement d'une habitation peut être assuré naturellement en favorisant la ventilation, (surtout nocturne, pour évacuer la chaleur emmagasinée la journée), ou en augmentant la vitesse de circulation de l'air (effet venturi*, tour à vent...).

D'autres moyens existent pour refroidir l'air comme : les plans d'eau, les fontaines, de la végétation ou encore des conduits enterrés appelés communément 'puits canadiens' dont leur existence est ancestrale, nous allons nous y intéresser présentement à ce système naturel de refroidissement de l'air, car il continu d'être utilisé même par d'illustres architectes, à l'exemple de sir Norman Foster dans le Reichstag Allemand, il est même selon Bruno Herzog (2007) en voie de se généraliser pour toutes les

²³³ Odessey, B. (2007) « Les architectes se tournent vers la nature » document téléchargé le 26.08.08 du site <http://www.mediaterre.org/habitat/>.

* C'est la tendance d'un fluide que l'on échauffe à s'élever sous la pression hydrostatique due à la diminution de sa densité dans un environnement plus lourd.

* Phénomène de collecteur formé par des parois dessinant un angle ouvert au vent.

construction notamment en France car c'est un très bon complément aux systèmes de chauffage et de refroidissement, qui peut réduire la température de 5 à 8°C²³⁴ ;

- Le puit canadien : Le système du puit canadien dit géothermique est un des moyens écologiques permettant de réduire la consommation d'énergie en utilisant de manière passive la chaleur ou la fraîcheur du sol suivant la saison.

Le principe de ce système, consiste à aspirer l'air extérieur par une prise d'entrée d'air neuf puis circule dans des conduits enterrés avant d'être insufflé dans le bâtiment. En période hivernale, l'air se réchauffe au cours de son parcours souterrain. En période estivale, l'air se refroidit grâce à l'inertie du sol comme nous l'avons déjà évoqué suivant la figure 3.6. Le terme du 'puits climatique' est parfois utilisé pour désigner ce système. En fonction du climat et de la nature du sol, la profondeur d'enfouissement des tubes comme nous le montre la figure 3.29, qui composent le système, généralement préconisée est comprise entre 1,50 à 3 m car à ce niveau la température varie peu au cours de l'année, entre 5 °C l'hiver et 15 °C l'été²³⁵. Les tubes utilisés (PVC, polyéthylène, polypropylène...), afin que l'air soit chauffé ou refroidi uniformément, doivent avoir un diamètre inférieur à 200 mm.

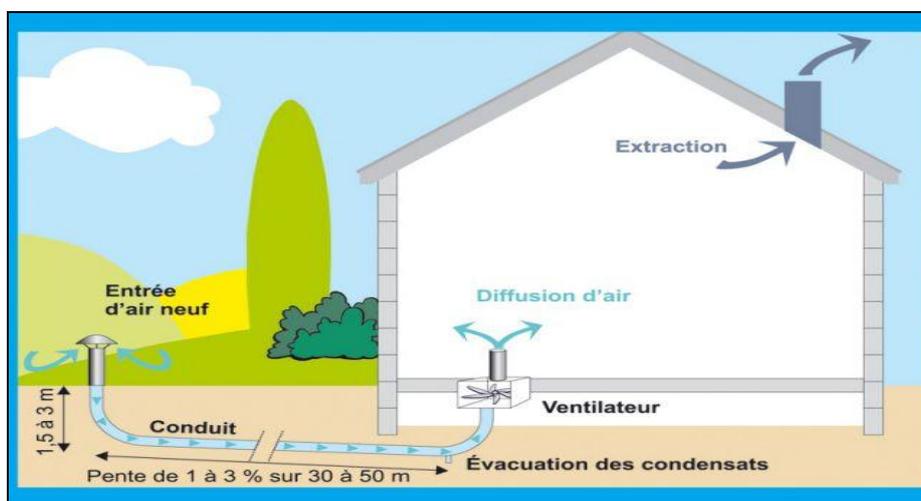


Figure 3.29 : Schéma de fonctionnement d'un puit canadien.

[Source : Heintz J. (2008)]

Le refroidissement des bâtiments, selon Givoni, par les systèmes passifs peut être procuré à travers l'utilisation de plusieurs systèmes, outre ce que nous venons de citer comme la ventilation naturelle, le refroidissement par ventilation nocturne ou l'inertie du sol, il s'agit du :

²³⁴ Herzog, B. (2007) « Le puit canadien », Editions EYROLLES. France.

²³⁵ Heintz, J. « 2008 » « Puits canadiens/Provinciaux », Editions CETIAT. France.

- Refroidissement par radiation : Chaque surface exposée au ciel perd de la chaleur par émission de radiations (équation 3.4) de grandes longueurs d'onde (domaine de l'infrarouge). Les toitures sont à isoler pour minimiser les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été car la plus part des matériaux de construction ont un facteur d'émission élevé (proche de 0.9). Ce système est utilisé avec succès par l'architecte Harold Hay en Arizona (USA) où les toitures sont constituées par des bacs remplis d'eau et protégés par une isolation mobile. En été cette isolation est ouverte la nuit et fermée le jour, favorisant la fonction "refroidissement". En hiver, on inverse la manœuvre de l'isolation mobile ;
- Refroidissement par évaporation : Dans les climats chauds et secs, il y a un moyen de diminuer la température de l'air, qui consiste à l'humidifier, on obtient alors un air plus humide mais plus frais, cela est dû à la perte d'énergie que provoque l'évaporation de l'eau. Cette évaporation a lieu dès lors que la pression de vapeur d'eau dans le système considéré est supérieure à celle de l'air ambiant. Le changement de phase (passage de l'état liquide à l'état vapeur) au cours du processus d'évaporation nécessite une quantité de chaleur importante qui est puisée dans l'air ambiant (pour évaporer 1 kg d'eau, il faut lui fournir 500 à 600 Kcal²³⁶), ce qui a pour effet de diminuer la température de l'air tout en augmentant son humidité relative. En somme, toute humidification de l'air produira du froid dès lors que l'énergie nécessaire à l'évaporation est prélevée sur l'air qui sert à la ventilation de l'espace considéré. En plus du refroidissement induit par les tours à vent, le système de toiture bassin a montré ses performances, notamment pour les bâtiments à un seul niveau, que l'on retrouve dans des régions différentes : Los Angeles, Mexique, Arabie Saoudite...etc.

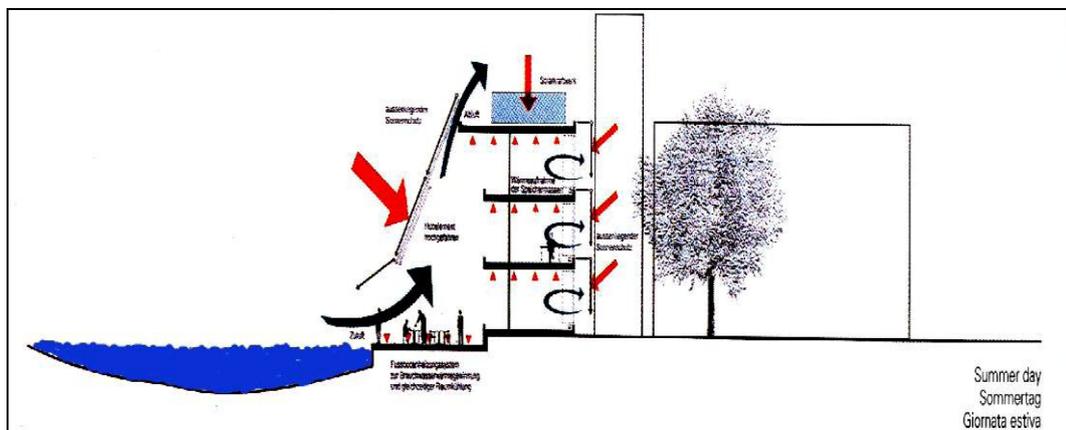


Figure 3.30 : Refroidissement par évaporation.
Science an technology park, Gelsenkirchen (Allemagne)²³⁷

²³⁶ Izard, J-L. (1993), Page 76.

²³⁷ Bensalem, R. (2007) « L'architecture bioclimatique » in cours de Post graduation à l'Université IMMTO de Tizi Ouzou, 2006/2007. Algérie.

3.1.4.4. Les systèmes à gain direct

Ces systèmes sont basés sur l'aménagement d'espaces vitrés orientés vers le sud. Le soleil, bien qu'étant toujours au sud (hémisphère Nord), se trouve à une altitude différente selon qu'il s'agisse de l'été ou de l'hiver (figure 3.25), la façade sud reçoit donc plus de radiations en hiver qu'en été (de deux à quatre fois plus, selon la latitude)²³⁸. L'énergie lumineuse du soleil entre à travers les vitres et se projette directement ou indirectement sur les parois de la pièce et sur les meubles. Cette énergie est absorbée puis libérée sous forme de chaleur. Une attention particulière doit être apportée au dimensionnement de ces espaces vitrés pour éviter que les pertes thermiques nocturnes ne dépassent les gains.

3.2.4.5. Les Systèmes à gain indirect

Dans ces systèmes, l'énergie solaire est stockée dans une masse thermique entreposée entre un vitrage et le local à chauffer. De par son taux d'ensoleillement en hiver comme en été, une façade orientée vers le sud reste la plus recommandée pour la mise en place de ces dispositifs. Parmi les systèmes développés dans ce sens figure :

- **La serre**

Le chauffage avec une serre consiste à utiliser une pièce séparée d'une maison ayant une façade largement vitrée. Plusieurs constructeurs ont été motivés par l'insertion d'une serre, non pas par souci d'économie d'énergie seulement, mais aussi du fait que les espaces vitrés constituent une esthétique très recherchée.

Le principe du chauffage avec une serre repose sur la sélectivité du verre vis-à-vis du rayonnement solaire. Les rayons du soleil émis à une température élevée (5800 K) sont composés de radiations de courtes longueurs d'ondes comme le montre la figure 3.23. Ces dernières traversent la vitre, et se projettent sur les parois opaques qui se chauffent et vont émettre un rayonnement de grande longueur d'onde. Le rayonnement, ainsi piégé, cède une partie de son énergie aux murs en contact avec la maison, et qui à leurs tours vont la restituer à l'air ambiant des pièces adjacentes. Le stockage de l'énergie récupérée peut se faire soit dans une maçonnerie lourde capable de garder l'énergie calorifique pour la restituer un certain temps plus tard, soit dans d'autres matériaux qui peuvent jouer ce rôle d'éléments stockeurs déphaseurs.

²³⁸ Imessad, K. (2003) « Le chauffage solaire passif dans l'habitat » in bulletin des énergies renouvelables, n° 4 Décembre 2003, Alger.

▪ **Le mur trombe**²³⁹

C'est le principe, comme schématisé par la figure 3.30, qu'a utilisé le professeur F.Trombe et l'architecte J.Michel pour l'élaboration d'une maison prototype à Odeillo au sud de la France en 1967.

Le principe de fonctionnement *du mur trombe* (Figure 3.31) consiste en une façade sud munie d'un vitrage et d'un mur épais en maçonnerie lourde dont la surface extérieure est peinte en noir. Le rayonnement solaire en traversant la vitre est absorbé par le mur capteur. L'air au contact de ce mur s'échauffe, s'élève, et pénètre dans le local à travers des orifices, en partie haut du mur. L'air intérieur, plus froid, est dégagé naturellement par les orifices inférieurs, ce parcours est appelé "thermocirculation".

Généralement, par l'effet de l'inertie, le chauffage des locaux est obtenu principalement par convection sur la face interne du mur qui restitue la chaleur stockée avec un certain déphasage, alors qu'un chauffage instantané est possible grâce à la thermocirculation. Des clapets sont placés devant les orifices inférieurs pour éviter une circulation inverse la nuit.

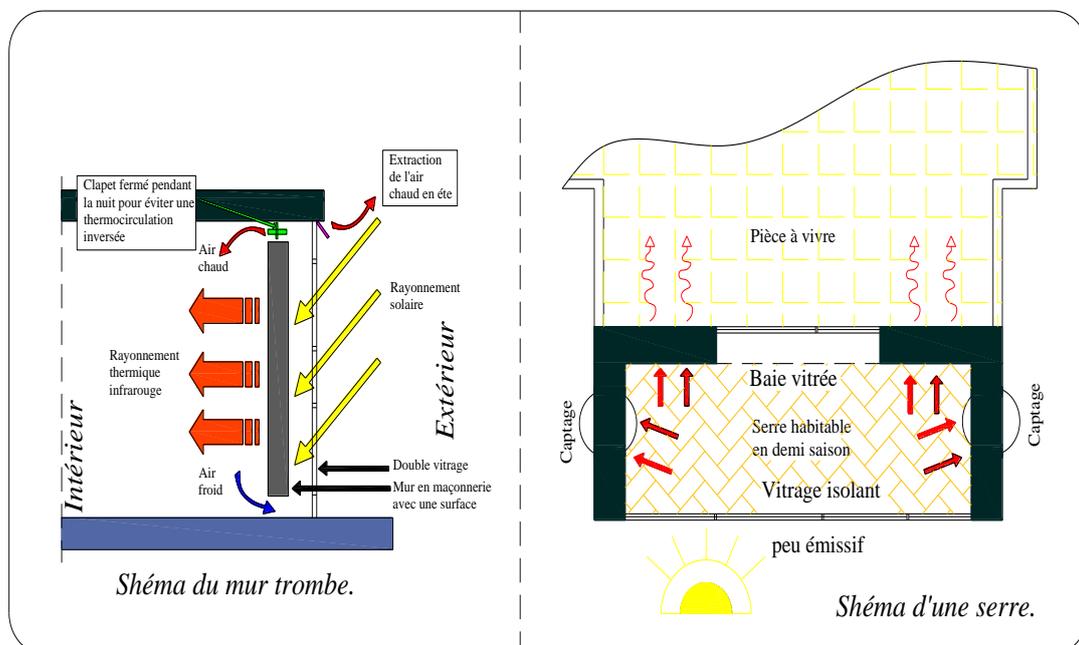


Figure 3.31 : Principe de fonctionnement du mur trombe

Et de la serre.

²³⁹C.A.U.E (Conseil en Architecture Urbanisme et Environnement, (2005) « L'architecture bioclimatique » in revue d'architecture d'urbanisme et d'environnement de l'Ariège, France. <http://www.caue.org>.

3.2. L'urbanisme durable

Introduction

Le monde est désormais entré dans l'ère de l'urbain. En 1950, la planète comptait 29% de citadins et au XXI^{ème} siècle, 47% des hommes sont concentrés dans les villes et les prévisions démographiques estiment qu'en 2035 cette proportion sera supérieure à 80%. Dans les pays du sud, cette croissance urbaine s'opère dans des conditions sociales et écologiques de plus en plus perturbées, avec notamment la constitution de grandes conurbations²⁴⁰. Pour l'Algérie, le taux d'urbanisation arrêté pour l'année 2005 était de l'ordre de 61,5%²⁴¹.

Les villes, considérées par les nations unies comme moteur de développement, sont les plus concernées par la démarche du développement durable. Elles représentent les plus grandes concentrations humaines sur la surface du globe. Bien qu'elles soient génératrices de richesse et de développement, il n'en demeure pas moins qu'elles consomment de plus en plus de ressources naturelles, environ 75% de consommation d'énergie dans le monde et produisent 80 % des émissions de gaz à effet de serre en plus qu'elles génèrent de plus en plus de déchets qui causent d'importantes pressions sur l'environnement. Devant cette situation, le Programme des Nations Unies pour les établissements humains, préconise une urbanisation durable, condition sine qua non du développement durable²⁴². Par ailleurs c'est la qualité de l'urbanisme qui crée des potentialités pour le développement durable avant de se déterminer architecturalement et techniquement²⁴³.

L'Algérie, à l'instar d'autres pays émergents ou en voie de développement, se trouve souvent confrontée à des problèmes de contrôle de l'urbanisation de plus en plus complexes, qui rendent plus incertains encore la maîtrise du devenir des ensembles urbains. Le ministre de l'habitat et de l'urbanisme, a mis en exergue dans ce cadre, lors de la réunion d'évaluation semestrielle tenue avec les Directeurs de l'Urbanisme et de la Construction (D.U.C.) le 26 Août 2008, les aspects négatifs induits par une urbanisation précipitée avec toutes les conséquences sur l'espace urbain aux côtés d'importantes

²⁴⁰ Doménach, H. et Picouet, M. (2002) « Pression démographique et environnement : incertitudes et perplexité » in Enjeux et politiques de l'environnement, *Cahiers français* n° 306, janvier/février, la documentation française.

²⁴¹ <http://www.imarabe.org/>

²⁴² Breuil, F. (2008) « ONU-Habitat : pas de développement durable sans urbanisation durable », bulletin quotidien de l'ONU de mai 2008. <http://www.un.org/apps/newsFr/>

²⁴³ Bobroff, J. (2006) « Le développement durable à l'échelle urbaine » in Villa Urbaine Durable, synthèse des séminaires de travail, PUCA juillet 2006, Paris.

agglomérations réalisées sans tenir compte des spécificités géographiques et climatiques²⁴⁴. La question de la consommation d'espaces sans fin, se pose actuellement avec acuité, elle illustre parfaitement la contradiction vis-à-vis des problématiques du développement durable. On imagine mal la partie nord de l'Algérie entièrement urbanisée même de manière diffuse, en toute logique, l'idée que l'extension de la grande majorité des agglomérations doivent un jour s'arrêter définitivement devrait s'imposer à tous comme une évidence. Les nouveaux lotissements, l'extension des zones de toute nature, l'agrandissement des villages sans limite, sont déjà critiqués sur des aspects de qualité paysagère, en plus qu'ils annihilent le potentiel nourricier que représente chaque terre cultivable pour les générations futures.

Quel P.D.A.U.* n'a pas de zones à urbaniser et d'urbanisation future ? Il est temps, à notre avis, de penser pour nombre de nos villes et villages une croissance zéro, sans oublier que face à la forte demande en logement, des solutions adéquates sont à rechercher, comme le rééquilibrage de l'armature urbaine conformément aux dispositions de la loi 01.20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et développement durable²⁴⁵.

Il devient important pour l'Algérie de se pencher sur la mise en conformité des instruments d'urbanisme avec le développement durable, gage de recherche de compromis optimal entre l'efficacité économique, la gestion prudente des ressources naturelles et l'équité sociale, car ces derniers constituent par excellence le guide des collectivités locales pour la gestion urbaine et la planification spatiale, qui, établi durant la décennie 90, sont aujourd'hui obsolètes face à certaines méthodes archaïques de gestion, de décision et de conception de l'espace.

La durabilité en urbanisme, conformément aux principes du développement durable, s'appuie sur les piliers suivants²⁴⁶ :

- Le pilier socioculturel : il ne peut pas y avoir d'urbanisme durable sans recherche de qualité de vie et de création de lien social ;
- Le pilier économique : l'urbanisme durable prend en compte les coûts collectifs et les coûts de maintenance sur le long terme ;

²⁴⁴ Fares, A (2008) « Les plans d'urbanisme sont dépassés », article de presse paru dans le quotidien National "Liberté" édition n° 4855 du 27.08.2008. Algérie.

* Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme. (Instrument d'urbanisme d'échelle communale institué par la loi 90.29 du 1^{er} Décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme.

²⁴⁵ Chabi, M. (2006) « L'aménagement et le développement durable, cadre législatif » in journées d'étude sur le développement durable, tenues les 14 et 15 juin 2006 au département d'architecture de l'université UMMTO Tizi Ouzou (Algérie).

²⁴⁶ Girardin, P. (2005) « Qu'est ce que l'urbanisme durable » in actes du séminaire internationale, tenu à Munster (Allemagne) les 17 et 18 Mai 2005. France.

- Le pilier environnemental : l'urbanisme durable doit être éco-efficace avec un objectif de zéro déchets, des matériaux performants et l'utilisation des énergies renouvelables.

La prise en considération de ces piliers se traduira par une réflexion sur la mobilité, l'énergie et la biodiversité ainsi que la valorisation des espaces publics et du paysage végétal, ce dernier fait dire à Meziane Abdellah, que c'est une composante majeure de l'ambiance, de la qualité et de l'identité d'un lieu, la gestion des espaces verts en milieu urbain s'inscrit de plus en plus dans une politique globale de développement durable²⁴⁷.

3.2.1. Définition

Si toute démarche d'urbanisme, par définition, laisse une empreinte durable sur le territoire, la notion d'urbanisme durable représente la vision d'un urbanisme intégrant de manière conséquente une perspective de développement durable dans l'aménagement du territoire et l'aménagement urbain²⁴⁸.

Plusieurs visions et approches jalonnent la ville durable, où chaque pays, selon ses spécificités, sa culture politique et urbaine, son rapport à la nature et ses racines anthropologiques, religieuses et historiques, en adopte sa propre définition²⁴⁹. Cependant, la commission française du développement durable donne de la ville durable une définition plus large, il s'agit d'une ville dont les habitants disposent de moyens d'agir pour qu'elle soit organisée et fonctionne dans des conditions politiques, institutionnelles, sociales et culturelles satisfaisantes pour eux et équitables pour tous, dont le fonctionnement et la dynamique satisfont à des objectifs de sécurité, à des conditions biologiques de vie, de qualité des milieux et de limitation des consommations de ressources. Elle ne doit compromettre ni le renouvellement des ressources naturelles alentours, ni le fonctionnement, les relations et la dynamique des écosystèmes micro-régionaux englobants, ni enfin, les grands équilibres régionaux et planétaires indispensables au développement durable des autres communautés, qui s'attache à préserver les capacités de vie et les potentialités de choix des générations futures²⁵⁰.

Il s'agit, pour le développement d'une ville durable, d'un processus d'intégration synergique et de co-évolution entre les grands sous-systèmes urbains (économique, social,

²⁴⁷ Abdellah, M. (Architecte paysager) (2008) « Le management paysager comme finalité pour l'amélioration urbaine » article paru dans la presse Nationale, "Le quotidien d'Oran", édition n° 4172 du 31.08.2008.

²⁴⁸ Montet, P. (2005) « Coûts environnementaux du développement durable » in actes du séminaire internationale, tenu à Munster (Allemagne) les 17 et 18 Mai 2005. France.

²⁴⁹ Emelianoff, C. (2004) « Les villes européennes face au développement durable », in cahiers du PROSES n°8 Science Po, Paris.

²⁵⁰ Veyret, Y., (2007) « Ville, architecture et développement durable » in actes du séminaire du 31 janvier 2007 à Bordeaux, France.

physique et environnemental) qui garantit un niveau non décroissant de bien être à la population locale dans le long terme²⁵¹.

3.2.2. Problématique

L'évaluation et la fiabilité d'un plan d'urbanisme dit durable, comme tout projet de planification, nécessite un ensemble de questionnements, que nous pouvons formuler comme suit :

- Le projet s'intègre-t-il dans une vision à long terme ? Est-il adaptable, flexible ?
- Est-ce que le projet a fait l'objet d'une large concertation auprès des acteurs potentiels ?
- Est-ce que le projet a créé un cadre de vie viable, accessible à tous, favorise les solidarités et économe en ressources tout au long de son cycle de vie ?
- Est-ce que la mobilité des personnes est assurée sans permettre à la voiture de saper la vie communautaire ?

3.2.3. Les Concepts de la ville durable

La montée en puissance du développement durable et de son approche transversale*, modifie sensiblement la méthodologie conceptuelle²⁵² ; différents auteurs apportent leur contribution pour en définir de nouveaux concepts, ainsi ;

- **Du point de vue d'urbaniste**

Selon Ingrid Ernst²⁵³, en livrant son point de vue d'urbaniste, la ville durable selon un schéma polycentrique, serait caractérisée par la densité, la mixité des fonctions et la visibilité du tissu urbain.

Le deuxième trait caractéristique de la ville durable c'est la valeur d'urbanité, qui correspond, selon elle, aux valeurs universalistes en privilégiant l'appartenance au territoire à l'appartenance au groupe et permet ainsi un enracinement spatial. La ville durable dans un système polycentrique, serait pluriculturel et défendrait des valeurs universalistes fondées sur les identités citoyennes. Le développement durable serait alors une affaire de culture et c'est dans la civilisation qu'il faut chercher une pensée durable.

²⁵¹ Bricocoli, M. et al. (1997) « Développement urbain durable », Editions l'AUBE. France.

* Economique, culturelle et sociale.

²⁵² Genet, P. (*Président de la commission développement durable du Conseil National de l'Ordre des Architectes*) « Architectes au cœur du développement durable » in lettres d'info du C.N.O.A, juillet 2006. France.

²⁵³ Ernst, I., (2002), « Les politiques urbaines durables entre universalisme et identités » in. Cultures urbaines et développement durable, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, France.

▪ **Du point de vue d'architectes**

Le célèbre architecte anglais Richard Rogers²⁵⁴, à côté de Corinne Jaquand, architecte française, à qui nous nous sommes intéressés, réinterprète et réinvente, dans son approche sur la ville durable, le modèle de la "ville dense" caractérisée par d'importants bienfaits écologiques en utilisant mieux l'énergie, en consommer moins de ressources et en polluant moins. La ville compacte exige le rejet du développement monofonctionnel, elle constitue un réseau composé de quartiers, chacun avec ses parcs et espaces publics avec un éventail d'activités publiques et privées.

Le concept de ville durable doit répondre aux objectifs sociaux, écologiques, politiques et culturels, tout autant qu'aux objectifs économiques et physiques. Elle est un organisme dynamique suffisamment réactif pour s'adapter rapidement à ses propres changements, elle doit être à cet effet :

- Une ville juste, où la justice, la nourriture, l'hébergement, l'éducation et l'espoir sont distribués de manière équitable ;
- Une ville belle, où l'art, l'architecture et le paysage enflamment l'imagination et émeuvent l'esprit ;
- Une ville de création, où l'ouverture d'esprit et l'expérimentation mobilisent tout le potentiel de ses ressources humaines et permettent une réaction rapide au changement ;
- Une ville écologique, qui minimise son impact sur l'environnement, où le paysage et la forme bâtie, sont équilibrés. Les bâtiments et infrastructures sont sûrs et efficaces dans leur utilisation des ressources ;
- Une ville conviviale, où le domaine public favorise le sentiment de communauté et une mobilité adéquate ;
- Une ville compacte et polycentrique, qui protège la campagne, rassemble et intègre les communautés dans ses quartiers tout en optimisant la proximité ;
- Une ville diversifiée avec un large éventail d'activités qui s'entrecroisent pour créer de l'inspiration et donne naissance à une vie publique harmonieuse ;
- Une ville où le sol est utilisé de manière efficace en s'appuyant sur la recherche d'un équilibre entre le logement, l'emploi, les équipements de service et la promotion de la mobilité intermodale ;
- Une ville issue d'une approche écosystémique (ressources naturelles, énergie, déchets, matériaux...).

²⁵⁴ Rogers, R. (2000) « Des villes durables pour une petite planète », Editions Le Moniteur, Paris.

Les caractéristiques de densité des formes urbaines compactes méritent qu'on s'y attarde. Certains théoriciens comme Marcus et Sarkissian (1986) se sont prononcés en faveur de densités moyennes ou de programmes de logements groupés de faible hauteur et de fortes densités, qui utiliseraient mieux l'espace, dans les centres villes, des ensembles de logements groupés permettraient aux gens de disposer d'un environnement de verdure et de calme tout en étant à proximité des emplois de la ville²⁵⁵.

Quand à Corinne Jaquand²⁵⁶, elle aborde la morphologie de la ville durable, sur le plan de la compacité, avec des typologies d'habitat intermédiaire plutôt que des maisons individuelles, un espace public partagé pour l'automobile et les circulations dites "douces" et une vraie limite urbaine dans une pratique urbanistique soucieuse de mixité et d'usage au quotidien, plutôt que d'un urbanisme de zonage. Elle met en avant aussi la question de la relation entre ville durable et projet urbain dans les zones péri-urbaines et dans les villes moyennes en expansion dans l'orbite des grandes villes. Selon l'auteur, les modèles historiques peuvent être des références à la ville durable qui se situe dans la filiation réformiste qui va du mouvement hygiéniste du XX^{ème} siècle, précurseur d'une certaine forme d'écologie urbaine à la contestation sociétale des années soixante dix qui s'opposa à la rénovation urbaine lourde pour remettre en valeur la rue et les espaces publics et sensibiliser la société à la protection patrimoniale et à l'environnement.

3.2.4. Théorisation de l'urbanisme durable

La réflexion sur la ville durable est née d'une relecture critique des évolutions urbaines contemporaines prenant notamment à partie de l'étalement urbain et de la croissance de la motorisation individuelle, le fonctionnalisme et le zonage qui ont sont le moteur, l'usage dissipatif des ressources et patrimoine naturels ou encore la sectorisation de l'action publique²⁵⁷.

En 1994 lors de la conférence d'Aalborg (Danemark), 600 représentants des villes européennes étaient présents afin de fixer les lignes directrices pour élaborer un plan communal d'action en faveur du développement durable, 80 villes ont alors adopté la Charte d'Aalborg par laquelle les collectivités signataires s'engagent à réaliser un agenda 21 local qui définit la ville selon :

²⁵⁵ Marcus, K. et Sarkissian, W. (1986) « Housing as if people mattered » University of California Press.

²⁵⁶ Jaquand, C., (2002) « Ville durable et forme urbaine : une enquête sur les modèles », in Cultures urbaines et développement durable, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, France.

²⁵⁷ Commission Européenne (1990) « Le livre vert européen sur l'environnement urbain » Edition Office des publications officielles des communautés européennes, Bruxelles.

- Une approche patrimoniale qui met l'accent sur le capital naturel et culturel, sur la politique de réhabilitation et l'embellissement de la ville ;
- Une approche participative qui mobilise les habitants, développe les partenariats comme facteur indispensable à la mise en œuvre des projets. La gouvernance est fondamentale ;
- Une approche sociale fondée sur l'équité ;
- Une approche économique qui concilie mécanisme du marché et gestion économe de la ville.

La charte d'Aalborg témoigne en matière d'urbanisme de ruptures plus ou moins marquées par rapport aux positions antérieurement défendues par la Charte d'Athènes de 1933, dont Le Corbusier a représenté la figure emblématique. L'urbanisme d'Athènes se référait à des principes où se manifestait, dans une pure tradition cartésienne, l'intention d'exercer sur la nature une emprise sans limite²⁵⁸ et se fondait sur la politique de la "table rase", sur la décontextualisation de l'architecture moderne appuyée sur des standards industriels et sur un style moderne basé sur une architecture indépendante du contexte local (des conditions climatiques, des aspects paysagers, du site notamment), l'insertion paysagère du bâti est rarement prise en compte. La charte d'Athènes développe l'idée de zonage, en distinguant les zones d'activités de celles de vie. Elle insiste sur l'importance de la fluidité de la circulation, impliquant des voies différentes pour les divers modes de transport. A cela la charte d'Aalborg répond (tableau n° 3.1) de manière tout à fait autre.

Tableau 3.4 : Comparaison entre les principes des Chartes d'Athènes et d'Aalborg²⁵⁹.

Charte d'Athènes 1933	Charte d'Aalborg 1994
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Principe de la table rase ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Importance de la dimension patrimoniale L'existant est pris en compte dans l'élaboration de nouveaux projets urbains et architecturaux ;
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le bâti est sans rapport avec le cadre environnemental. Le style est international ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'insertion du bâti dans l'environnement doit être envisagée. Sa dimension patrimoniale est bien présente ;
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Répartition de l'espace urbain en Zonage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'espace urbain favorise la mixité fonctionnelle
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circulation aisée, séparation des modes de déplacements ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ réduction de la mobilité. Une voie pour plusieurs modes de transport ;
<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'urbanisation est le fait des experts, dans le but de "rationaliser la ville". 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Urbanisation participative, gouvernance singularité des réponses.

²⁵⁸ Vrain, P. (2003) « Ville durable : automobile, environnement et comportements individuels » in cahiers d'économie de l'innovation n° 18, février 2003, France.

²⁵⁹ Emilianoff, C. (2002) « La notion de ville durable dans le contexte européen » in Enjeux et politiques de l'environnement, Cahiers français n° 306, janvier/février, la documentation française.

La ville inscrite dans le développement durable est largement définie comme une ville dense, une ville resserrée est moins consommatrice d'énergie et d'espace, ainsi la ville "durable" devrait densifier le bâti, limiter l'éparpillement résidentiel, reconquérir les espaces publics dévolus jusque là à l'automobile et renforcer l'urbanisation autour des points de forte accessibilité.

3.2.5. Les approche de l'urbanisme durable

L'enjeu majeur d'une approche durabiliste des phénomènes urbains consiste à intégrer de façon positive, aménagement de l'espace, maîtrise de la mobilité, gestion des ressources environnementales et qualité de vie dans une perspective d'amélioration de la condition urbaine pour les générations actuelles et futures²⁶⁰.

C'est dans cet esprit que notre intérêt, à l'instar d'autres approches, soit porté sur une démarche qui a modifié profondément les modes de conception et d'aménagement des opérations d'urbanisme, c'est l'ADDOU (Approche Développement Durable des Opérations d'Urbanisme) ou approche développement durable qui constitue une traduction concrète de la mise en œuvre des principes du développement durable dans les projets et documents d'urbanisme, depuis sa création en France en 2002. Démarche qui permet de répondre aux diverses problématiques urbaines contemporaines, transposables au cas des villes Algériennes, comme :

- Comment repenser l'urbanisme dans la tendance du développement durable ?
- Comment développer un quartier dense suivant les principes du développement durable ?
- Comment développer une offre de logements diversifiée prenant en compte l'évolution des modes de vie et conciliant réduction des charges et bonne qualité de vie ?
- Comment construire des logements à des coûts raisonnables ?
- Comment améliorer la prise en compte de la qualité environnementale dans les opérations d'habitat et les projets d'équipements publics ?
- Comment concilier les besoins de sociabilité des citoyens avec le besoin inné de nature ?
- Comment construire la ville de demain, économe en espace et en énergie, facilitant les transports collectifs et les modes doux, favorisant les économies d'eau, préservant ses paysages et demeurant accessible à toutes catégories d'âge et de milieux sociaux ?

²⁶⁰ Cela, E. et al (2005) « Reconversion d'une friche industrielle : le cas de la plaine de Malley à Lausanne », mémoire de DESS, études urbaines, université de Lausanne, Suisse.

La conception d'un urbanisme durable, selon la démarche ADDOU, permet de traiter de la mixité sociale, des formes urbaines, de l'accessibilité aux services et des questions environnementales au-delà des obligations réglementaires, du moment que la conception d'un urbanisme durable, c'est d'intégrer le plus en amont possible l'ensemble des données environnementales, réaliser une ville qui va pouvoir se renouveler et développer du lien social²⁶¹.

Cette démarche propose de manière pratique trois étapes²⁶² :

- **La première** : elle consiste à réaliser un diagnostic pour identifier les enjeux sociaux et environnementaux du projet et de situer l'opération par rapport à son territoire ;
- **La deuxième** : elle propose des ateliers pour explorer les pistes définissant des objectifs et des principes d'aménagement qui sont traduits dans une charte de développement. Le document issu de la concertation va guider l'ensemble des acteurs lors de la réalisation du projet d'urbanisme ;
- **La troisième** : c'est la transcription des orientations retenues dans les documents d'urbanisme et les cahiers des charges.

3.2.6. Exemple de ville durable

Le quartier Bedzed

Parmi les exemples les plus édifiants en matière d'urbanisme durable, le quartier Bedzed situé en banlieue Londonienne est exemplatif. Il représente aujourd'hui une référence d'intersection du social et de l'écologie dans le domaine de l'habitat. C'est un ensemble, de 82 logements, commerces et bureaux, situé au sud-est de Londres, à Beddington. Baptisée BedZed pour Beddington Zero Energy Development. Entamé en 2000, les premiers logements commencent à être livrables à partir de 2001. C'est un quartier réalisé pour fonctionner sans recours aux énergies fossiles et sans rejet de CO₂. Bedzed s'est développé à partir d'un constat tiré de l'ouvrage 'la microscope' qui mentionne que « *la ville, comme un organisme, est le siège d'un renouvellement permanent des éléments qui la constituent. Toutes les villes rejettent dans l'environnement les déchets de leur métabolisme* »²⁶³. Il empruntera ainsi à la nature une approche écosystémique qui lui permet de considérer l'entité 'quartier' comme un tout, habitants,

²⁶¹ Croslard, L. (2007) « L'ADDOU, une appropriation locale de l'approche environnementale de l'urbanisme » in document de l'ADEME (Agence de l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Energie) et ETD (Entreprises Territoires et Développement) de septembre 2007, France.

²⁶² ATEnEE (Actions Territoriales pour l'Environnement et l'Efficacité Energétique), (2007) « L'ADDOU, qu'est-ce que c'est ? » in lettre info de l' ATEnEE d'août 2007, France.

²⁶³ Rosnay, J. (1977) « La microscope » Editions du Seuil., France.

transport, murs matériels, flux d'énergie et d'eau. Considérer les interdépendances entre ces domaines segmentés dans les approches classiques permettra de mettre sur pied un projet urbain pour le moins différent et désirable.

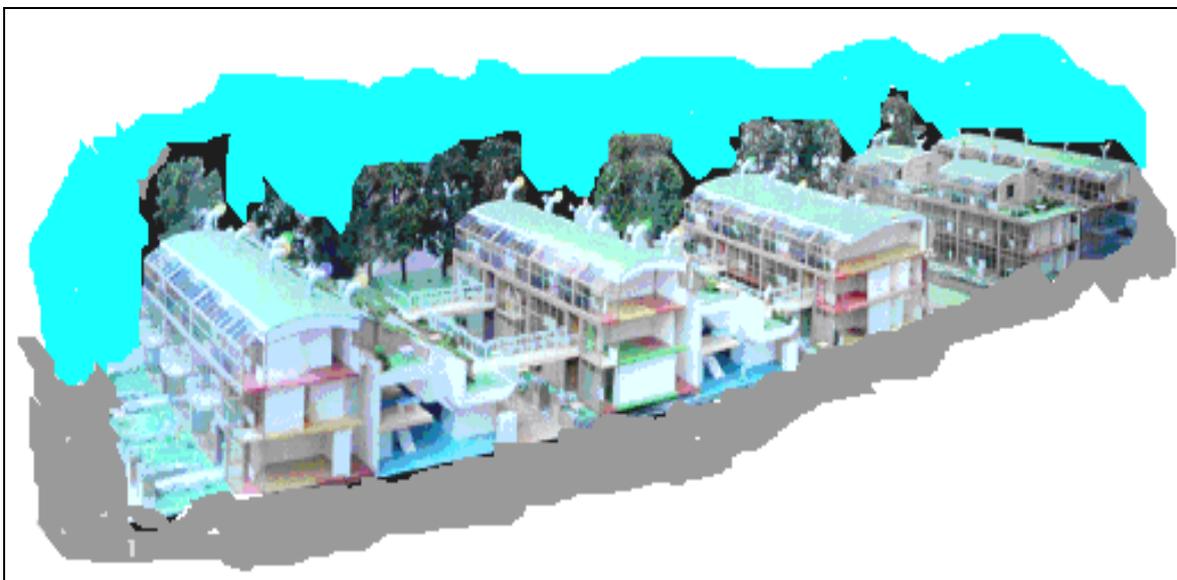


Figure 3.32 : Maquette d'une partie du quartier de Bedzed.

[Source : George Boichot, Bedzed une cité jardin]

Le quartier de Bedzed a été conçu en repensant l'architecture et l'urbanisme sur la base de l'efficacité, de la simplicité et des usages des habitants (transport, achats, tri des déchets, consommation d'eau et d'électricité...) ²⁶⁴. Les concepteurs du quartier dont Bill Dunster, architecte, ont réalisé une importante analyse du cycle de vie (A.C.V.) qui consiste à évaluer l'impact environnemental de la vie du produit, depuis sa réalisation jusqu'à sa mise au recyclage. Pour la réussite du projet selon les objectifs arrêtés, plusieurs principes sont appliqués ²⁶⁵ :

- La boucle locale : C'est le premier principe durable appliqué, qui consiste à faire recours au maximum aux ressources locales, à la réutilisation et au recyclage (transports limités, développement économique local renforcé et identité culturelle préservée). 90% des matériaux proviennent de moins de 50 Km et sont souvent recyclés ;
- L'efficacité énergétique obtenue par : L'isolation renforcée, l'ensoleillement renforcé par l'exposition nord-sud, ainsi l'exposition du logement favorise la luminosité

²⁶⁴ WWF & BioRegional Development Group (2004) « Bedzed: un exemple d'urbanisme durable », France.

²⁶⁵ Touboul, S. (2004) « Bedzed, une cité jardin », agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération Lyonnaise. <http://www.millenaire3.com/bedzed/>

naturelle et le confort lumineux, les toits recouverts de végétation en guise d'isolation, les murs épais composés de brique et de laine de mouton britannique;

- Les appartements sont ventilés par des cheminées, de couleur qui ornent les toits. Par temps froid, l'air sortant réchauffe l'air rentrant avec un rendement de 70%. Lorsque la vitesse du vent est de 4 m/s (vitesse moyenne à Londres) le débit moyen est ainsi de 50

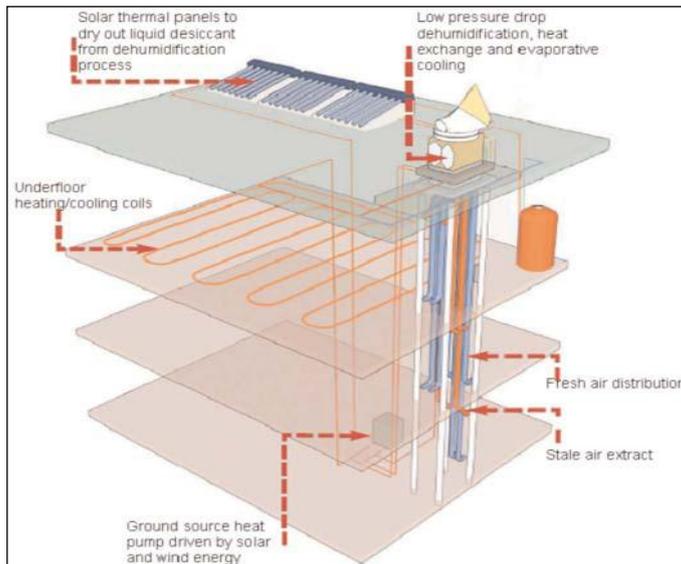


Figure 3.33 : Système de ventilation naturelle à Bedzed.

à 70 litres par seconde. Lorsque les conditions de vent sont faibles, le système continue à produire une ventilation raisonnable grâce à l'effet de tirage thermique. Au contraire, lorsque le vent est très fort, le système se met en mode « by pass » pour éviter une ventilation excessive. Grâce à ces systèmes, l'énergie nécessaire au chauffage des bâtiments

correspond à 10% des besoins habituels pour des surfaces identiques ;

- La récupération d'eau de pluie pour les sanitaires et l'arrosage ;
- Le recours aux énergies renouvelables : L'énergie électrique et thermique est fournie par la biomasse (bois de récupération) ainsi que par les panneaux photovoltaïques ;
- La réduction des déplacements : Par la proximité des espaces de travail ;
- Le tri sélectif des déchets et le bac de compostage collectif.

Conclusion

A la lumière de cette analyse historique sur l'évolution de la pratique bioclimatique en architecture, nous pouvons considérer que la dimension climatique existe depuis les architectures vernaculaires. En effet, l'homme a ingénieusement bâti pour se protéger des caprices du temps et a su tirer parti du climat et de solutions techniques simples pour améliorer son confort thermique, que nous développerons dans le chapitre suivant.

Pour rappel, un certain nombre de techniques et de dispositions architecturales avaient été utilisées à travers une perception intuitive des phénomènes naturels²⁶⁶, comme l'intégration au site pour utiliser ses avantages (*protection naturelle aux vents froids et au soleil estival grâce à la topographie du terrain ou à la végétation, ensoleillement hivernal, masques solaires, ...*), la forme (*en développant les façades répondant aux objectifs d'économie d'énergie en hiver et de confort en été. Le bâtiment est relativement compact pour éviter les déperditions tout en maximisant les apports solaires gratuits en période froide*), l'orientation de la construction, son organisation intérieure (*de manière à ce que l'ambiance thermique corresponde aux activités et aux heures d'utilisation. Les espaces situés au Nord seront plutôt des espaces « tampons », c'est-à-dire rarement utilisés mais jouant un rôle protecteur vis-à-vis du froid. Traditionnellement les combles ne sont pas aménagés, c'est en effet l'espace qui subit le plus les rigueurs du climat : glacial en hiver, torride en été.*), ses percements et matériaux de construction.

La maison bioclimatique moderne se base sur les mêmes principes que l'habitat traditionnel, mais son potentiel est démultiplié par la science et la technologie moderne. Il est alors possible de construire aujourd'hui, pour assurer à nos enfants une atmosphère et une terre plus au moins saine, des bâtiments économes en énergies, respectant l'environnement et conservant le même degré de confort, avec des solutions simples et éprouvées qui peuvent avec un peu d'innovation et d'imagination être remises au goût du jour, comme le cas de l'institut du monde arabe (I.M.A) à Paris de Jean Nouvel ou le reichstag Allemand (1993) de sir Norman Foster, en raison de l'utilisation de la lumière et de la ventilation naturelles mais aussi de la récupération de la chaleur et la cogénération. Dans ce cadre, Guilherme Lassance (1995)²⁶⁷ considère la notion de référence comme une voie d'aide à la maîtrise des ambiances à travers l'univers culturel propre à l'architecture. En tant que 'repère', la notion de référence prend l'apparition d'un fondement, d'un principe sur lequel repose un raisonnement, une proposition, un système, ou encore le recours à la normalisation et à la labellisation comme outil pour la construction durable comme nous l'avons souligné dans l'étude sur l'évolution de la pratique bioclimatique²⁶⁸.

²⁶⁶ Ballalou Z. (1988) « Habitat bioclimatique à Ghardaïa » mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'architecte d'Etat, Institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine, Algérie.

²⁶⁷ Lassance, G. (1995) « Les procédures référentielles et leurs rôles dans la conception des ambiances lumineuses du projet architectural », Rencontre des doctorants des écoles d'architecture du sud de la France, Marseille'95.

²⁶⁸ Conseil National de l'Ordre des Architectes (C.N.O.A) Français (2008) « Comment bâtir des villes durables » in actes de la table ronde du 05 juin 2008 tenue à Paris, France.

CHAPITRE 4

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DANS
L'APPROCHE DU CONFORT THERMIQUE

4.1. Le confort thermique

Introduction

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre aux exigences sociales, économiques et environnementales. Ainsi, avec la redécouverte et l'essor de l'architecture bioclimatique, il est permis à la fois la théorisation et la concrétisation dans le bâtiment de situations quelquefois contradictoires que le concepteur doit réaliser dans le respect des trois piliers du développement durable que nous venons d'énoncer. Il s'agit d'assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, mais devra de plus, faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement extérieur soit minimisé²⁶⁹.

Le confort thermique est probablement l'un des éléments venant le plus vite à l'esprit lorsque l'on pense au confort dans un bâtiment. Assurer une sensation de chaleur en hiver et se préserver des fortes chaleurs en été est depuis longtemps un souci majeur pour les architectes, les ingénieurs et les thermiciens. La notion de confort thermique, qui correspond à tout ce qui constitue le bien être et à tout ce qui y contribue, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et le bâtiment, à travers les aspects d'ordre physiologiques, psychologiques et physiques. La conceptualisation du confort thermique prend alors toute son importance dans une architecture qui recherche un certain plaisir d'habiter de manière naturelle, qui s'agit de l'architecture bioclimatique. D'ailleurs, un des objectifs de cette architecture réside dans la satisfaction des occupants par le bien être thermique, puisque la fonction thermique d'un bâtiment selon Lisa Heschong²⁷⁰ pourrait être appréhendée comme un élément à part entière dans la conception.

Pour son évaluation, nous faisons généralement recours à l'étude thermique qui permet de définir les conditions d'ambiances acceptables et les quantités d'énergie à fournir pour les équipements d'ambiance²⁷¹, dans l'objectif de donner des recommandations architecturales et opter pour les matériaux de construction les mieux adaptés²⁷².

Qu'entendons-nous alors par confort thermique ?

²⁶⁹ Mokhtari, A. et al (2008) « Architecture et confort thermique dans les zones arides. Application au cas de la ville de Béchar » in revue des énergies renouvelables, Volume 11 n° 02. Alger.

²⁷⁰ Heschong, L. (1981) « Architecture et volupté thermique » Edition Parenthèses pour la traduction française, Paris.

²⁷¹ Cantin, R. et al. (2005) « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » in actes du 6^{ème} congrès européen de science des systèmes, tenu à Paris du 19 au 22 septembre 2005.

²⁷² Jannot, Y. et Djiako, T. (1994) « Economie d'énergie et confort thermique dans l'habitat en zone tropicale » in revue "International journal of refrigeration", volume 17 n° 03. France.

4.1.1. Définition

Si le confort thermique se définit généralement par une sensation de « *ne pas avoir ni trop chaud, ni trop froid et ne pas sentir de courants d'air désagréables* », il est en fait une notion plus complexe puisqu'elle varie d'un individu à l'autre, si bien que chaque être, en fonction de son métabolisme*, de ses habitudes et de ses ressentis visuelles, tactiles, auditives et psychologique, apprécie différemment le même environnement.

Différentes définitions sont alors données pour le confort thermique, certaines d'entre-elles considèrent l'homme comme une machine thermique, d'autres le considèrent comme une personne active affectée par ses sensations, citons par exemple :

- Conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation sont à un niveau d'activité minimale pour le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement²⁷³ ;
- Etat d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique²⁷⁴.

4.1.2. Les échanges thermiques

Pour assurer le confort d'un individu, un équilibre thermique entre la température de l'ambiance et celle du corps (36,7 °C) doit être trouvée. Pour atteindre cet équilibre, l'homme étant homéotherme*, possède des mécanismes de régulation qui l'adapte aux conditions thermiques de l'ambiance. Il perd de l'énergie continuellement (120 Watts au repos, deux fois plus au travail manuel et trois fois plus au travail physique)²⁷⁵.

Il se sent alors bien si les échanges de chaleur s'effectuent de façon ni trop rapide et ni trop lentement. L'équation du bilan thermique à l'équilibre s'écrit alors²⁷⁶ :

$$C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + K + C + R + E - H = 0 \quad \text{Eq. 4.1.}$$

* Ensemble des phénomènes physiques et chimiques intervenant dans le maintien de la vie. La puissance métabolique s'exprime en *Met*, dont l'unité équivaut à 58,15 W/m².

²⁷³ Givoni, B. (1978), Op. cit. page 39.

²⁷⁴ ISO 7730 (1994) « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » AFNOR, Paris.

* Dont la température centrale est constante et reste indépendante de celle du milieu extérieur.

²⁷⁵ Frenot, M. et Sawaya, N. (1979) « L'isolation thermique, le répertoire des solutions pratiques pour l'habitat existant ». Editions EDISUD, Aix en Provence, France.

²⁷⁶ Martinet, C. et Meyer, J-P. (1999) « Travail à la chaleur et confort physique » in revue « Note scientifique et technique » de l'I.N.R.S (Institut National de Recherche et de Sécurité) n° NS 184. France.

Où:

- H- production de chaleur interne du corps, (W/m²) ;
- C_{res} - Echange de chaleur au niveau des voies respiratoires par convection, (W/m²) ;
- E_{res} - Echange de chaleur au niveau des voies respiratoires par évaporation, (W/m²) ;
- K - Echange de chaleur au niveau de la peau par conduction, (W/m²) ;
- C - Echange de chaleur au niveau de la peau par convection, (W/m²) ;
- R - Echange de chaleur au niveau de la peau par rayonnement, (W/m²) ;
- E - Echange de chaleur au niveau de la peau par évaporation. (W/m²).

L'équation 4.1 montre que le corps humain échange de la chaleur avec son environnement selon plusieurs modes : la conduction au travers des surfaces en contact, la convection et l'évaporation avec l'air ambiant et le rayonnement avec les surfaces avoisinantes²⁷⁷, que nous développons ci-après et schématisons dans la figure 4.1²⁷⁸. A noter que d'une façon générale, les bases physiques de transfert de chaleur ont été définies dans le chapitre 3:

4.1.2.1. La conduction

Elle concerne l'échange de chaleur par contact direct avec une paroi. Ce type d'échange est d'impact limité, vu la surface minimale de contact entre le corps et les parois.

4.1.2.2. La convection

La convection correspond aux échanges de chaleur entre le corps et l'air entourant. Elle dépend de la différence entre la température de l'air et celle de la surface exposée, peau ou vêtement en cas de convection naturelle. Quand l'air est chaud que la surface en contact, la convection résulte par un réchauffement du corps, mais si l'air est plus froid, le corps se refroidit.²⁷⁹ L'échange convectif est calculé par l'équation suivante.²⁸⁰

$$C = f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \quad \text{Eq. 4.2}$$

²⁷⁷ Malchaire, J-B. (2000) « Les échanges thermiques » in Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, du bureau international du travail, édition établie sous la direction de Jeanne Magger Stellman, publié par International labour organization, Genève, Suisse.

²⁷⁸ Frenot, M. et Sawaya, N. (1979) « L'isolation thermique, le répertoire des solutions pratiques pour l'habitat existant », Editions EDISUD, Aix en Provence, France.

²⁷⁹ Nicole, F. (1993) « Thermal comfort, a handbook for field studies toward an adaptative model », University of east London.

²⁸⁰ A.S.H.R.A.E (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), (1997) « Indoor environmental health », in ASHRAE handbook of fundamentals. Chapter 9. SI Edition, Atlanta. U.S.A.

Avec :

- C : flux de chaleur convectif (W/m²) ;
 f_{cl} : facteur d'habillement ;
 h_c : coefficient d'échange convectif (W/m².K) ;
 t_{cl} : température de la surface externe du vêtement (°C) ;
 t_a : température d'air (°C).

4.1.2.3. Le changement de phase (évaporation)

L'évaporation est le mode d'échange de chaleur dû au changement d'état de l'eau. Elle est le moyen essentiel pour évacuer la chaleur dans les ambiances chaudes par évaporation de la sueur à la surface cutanée. Elle est donnée par l'équation suivante²⁸¹ :

$$E_{sk} = \frac{\omega(p_{sk,s} - p_a)}{R_{e,cl} + 1/(f_{cl}h_e)} \quad \text{Eq. 4.3}$$

Où :

- E_{sk} : échange de chaleur évaporative cutanée (W/m²) ;
 P_a : pression de vapeur d'air (KPa) ;
 P_{sk,s} : pression de vapeur à la surface de la peau (KPa), considérée saturée ;
 R_{e,cl} : résistance vestimentaire à l'évaporation (m².KPa/ W) ;
 h_e : coefficient d'échange de chaleur par évaporation (W/ m². KPa) ;
 ω: mouillure cutanée.

L'échange de chaleur peut aussi s'effectuer lors du changement de phase eau liquide - eau solide par congélation (chaleur latente).

4.1.2.4. Le rayonnement

L'échange de chaleur radiatif est le mode d'échange de chaleur à distance entre deux corps par ondes électromagnétiques. Le corps humain émet en permanence une chaleur radiative liée à sa température cutanée et son émissivité. Le flux radiatif échangé par le corps correspond à la différence entre le rayonnement émis par celui-ci et le rayonnement reçu de son environnement. Si le rayonnement reçu par le corps est supérieur à sa propre émission, le

²⁸¹ Moujalled, B. (2007) « Modélisation dynamique du confort thermique », thèse de doctorat, présentée à l'institut des sciences appliquées de Lyon (France) le 19 janvier 2007.

corps réchauffe et se refroidit dans le cas inverse²⁸². En effet, une paroi froide absorbe la chaleur du corps, alors qu'un mur exposé au soleil toute la journée transmet sa chaleur le soir sans même le toucher. Une approximation linéaire est utilisée pour écrire l'équation du flux radiatif, l'expression est la suivante²⁸³ :

$$R = h_r (\bar{T}_r - \bar{T}_{sk}) A_r F_{cl}$$

Eq. 4.4

$$h_r = 4 \sigma \varepsilon_{sk} \left(\frac{\bar{T}_r + \bar{T}_{sk}}{2} \right)^3$$

Où :

- R : flux radiatif échangé par le corps humain (W/m²) ;
- A_r : surface cutanée qui rayonne (m²) ;
- h_r : coefficient d'échange par rayonnement (W/m².K) ;
- T_r : température moyenne de rayonnement du milieu environnant (°C) ;
- T_{sk} : température moyenne de la peau (°C) ;
- F_{cl} : facteur lié à l'isolement vestimentaire ;
- σ : constante de Stefan-Boltzman égale à (5,67 x 10⁻⁸ W. m⁻². K⁻⁴) ;
- ε_{sk} : émissivité cutanée (0,97).

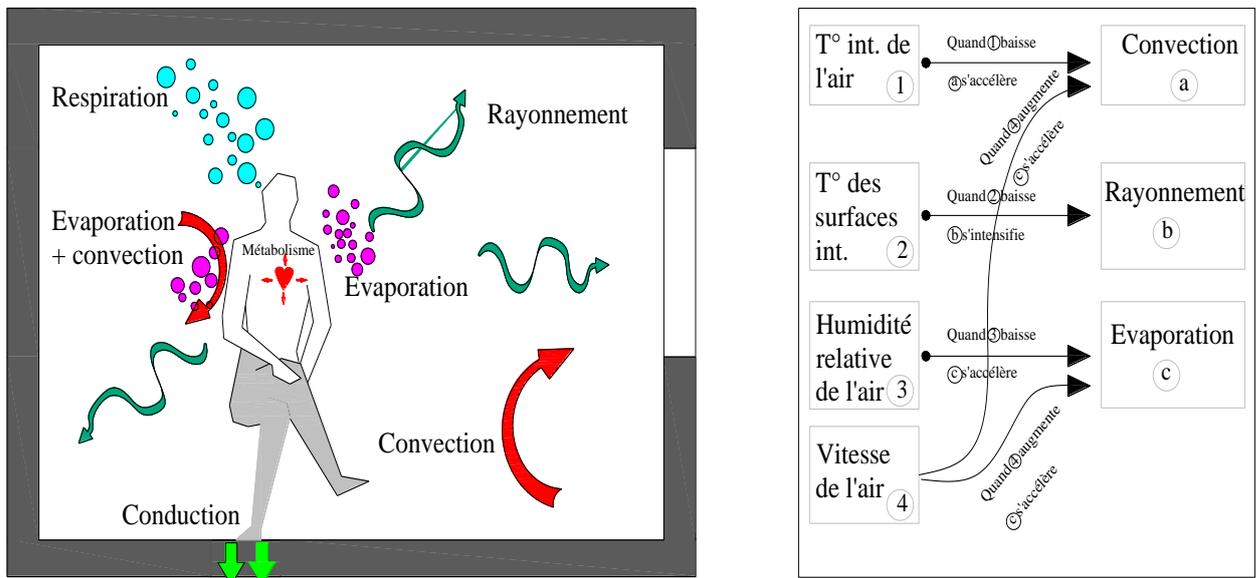


Figure 4.1 : L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement.

²⁸² Thellier, F. (1989) « Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort », étude réalisée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.

²⁸³ Candas, V. (1998) « Confort thermique », Technique de l'ingénieur, traité du génie énergétique BE 9 085. France.

4.1.3. Les paramètres affectant le confort thermique

La satisfaction de la neutralité thermique, correspondant à l'équation (*Eq. 4.1*), ne correspond pas nécessairement au confort thermique, d'autres facteurs ou paramètres d'ordre psychosociologique influent ce dernier. En effet la satisfaction perçue par un occupant dans une ambiance donnée s'exprime en fonction de l'accord entre les conditions thermiques actuelles dans le bâtiment (satisfaction obtenue) et celles qui correspondent aux attentes de l'occupant (satisfaction anticipée)²⁸⁴.

Le confort thermique prend également naissance dans les habitudes que nous avons, et qui se forment par et pour l'espace, c'est l'effet d'acclimatation où l'homme développe spontanément des ajustements adaptatifs lui permettant une meilleure tolérance à la chaleur²⁸⁵. La sensation thermique est aussi liée à certaines caractéristiques des matériaux en leur contact. Si nous considérons à titre d'exemple le cas de la pierre à 20 °C, grâce à ses propriétés physiques (en particulier ici son effusivité élevée c'est à dire sa très bonne capacité à favoriser l'inertie thermique) peut absorber fortement la chaleur de notre peau, dont la température est d'environ 33 °C; la température de contact s'établit alors vers 25° C. Inversement le bois ayant une plus faible effusivité; absorbe moins de chaleur de notre peau et la température de contact s'élève alors à 29°C²⁸⁶. La pierre n'est donc pas plus froide que le bois : elle « pompe » simplement mieux la chaleur de la main et la température à la surface de contact est effectivement plus basse.

Dans notre présent travail, nous nous limiterons aux aspects du confort thermique les plus objectifs et quantifiables. La sensation de confort ou d'inconfort sera alors appréhendée à travers les paramètres de l'ambiance thermique, de l'individu et du cadre bâti²⁸⁷.

4.1.3.1. Les paramètres de l'ambiance thermique

- **La température de l'air ambiant**

C'est la température de l'air, mesurée à l'ombre par les thermomètres classiques, qui diffère d'une région à l'autre. Pour atteindre un niveau de confort thermique, l'enveloppe de

²⁸⁴ Brager, G-S. et De Dear, R-J. (1998) « Thermal adaptation in the built environment », in a literature review, "Energy and building" n° 27. London.

²⁸⁵ Pandolf, K-B. (1998) « Time course of heat acclimation and its decay », in International journal of medicine n° 157-16, London.

²⁸⁶ Salomon, T. et Aubert, C. (2005) « Fraîcheur sans clim » Editions Terre vivante, France.

²⁸⁷ Cheilan, R. (2004) « La climatisation solaire » projet de fin d'études en ingénierie du bâtiment à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne. France.

l'habitat doit être capable de maintenir la température dans la fourchette du confort, malgré les écarts de température extérieur, été comme hiver, de jour comme de nuit. Ensuite, il ya lieu d'assurer une homogénéité de température dans l'espace intérieur. En effet, l'air en le chauffant se déplace alors vers le haut a cause de sa masse volumique qui diminue, cette stratification thermique due à la convection est désagréablement perçue par les occupant de l'espace concerné si la différence entre la tête et les pieds est supérieur à 03° C²⁸⁸.

- **La température rayonnante moyenne (T.R.M)**

La sensation de confort s'appuie sur d'autres facteurs que la seule température de l'air, comme la température rayonnante moyenne qui correspond à la moyenne des températures des surfaces qui nous entourent et avec lesquelles nous échangeons de la chaleur par rayonnement infrarouge (murs, fenêtres, radiateurs...). Selon David Wright²⁸⁹, l'effet de la T.R.M sur le confort est supérieur de 40 % à celui de la température de l'air, ainsi si la masse d'une construction renferme assez de chaleur pour indiquer par exemple 24 °C, alors la température de l'air peut s'abaisser jusqu'à 14°C sans qu'on éprouve un quelconque désagrément, inversement on peut geler avec des murs et des planchers froids et une température d'air de 24 °C. Le bilan des échanges radiatifs entre l'individu et les parois qui l'entourent est, selon l'auteur, le principal facteur déterminant du confort, l'humidité et les mouvements d'air auront certes une influence sur le confort mais à un degré moindre.

- **L'humidité relative de l'air (HR ou φ)**

L'humidité relative représente le rapport exprimé en pourcentage (%) entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité d'eau maximale pouvant être contenue dans l'air. Elle s'exprime sous la relation suivante²⁹⁰ :

$$HR = [P_v / P_{a,(T)}] \times 100$$

Eq. 4.5

Où :

P_v : Pression partielle de vapeur d'eau (mm Hg) ;

$P_{a,(T)}$: pression de saturation (mm Hg).

²⁸⁸ Moréteau, S. (2008) « Les clés du confort thermique » in revue bimensuelle "La maison écologique" de janvier 2008, n° 42, France.

²⁸⁹ Wright, D. (2006) Op. cit. pages 22 et 23.

²⁹⁰ Jannot, Y. (2005) « L'air humide » document PDF téléchargé le 04.12.2008, <http://www.thermique55.com>.

L'humidité de l'air n'affecte pas directement la charge calorifique s'exerçant sur le corps, mais elle détermine la capacité évaporative de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur. Dans le domaine de températures d'air allant de 20 à 25 °C, les variations d'humidité relatives comprises entre 30 et 85 % sont pratiquement imperceptibles par l'homme selon Jennings et Givoni²⁹¹, cités par Barush Givoni. Pour des températures supérieures à 25 °C, l'influence de l'humidité devient apparente sur la température cutanée et des températures élevées sur la sudation.

- **La vitesse de l'air**

Dans les régions chaudes, le mouvement de l'air a pour rôle principal la production d'un confort thermique par une rapide évaporation de la sueur, surtout sous des conditions humides et chaudes et un rafraîchissement de l'ambiance par le phénomène de convection. Le volume d'air déplacé n'est pas le critère approprié dans les régions chaudes et les exigences doivent s'exprimer en terme de vitesse de l'air dans les aires d'occupation, qui affecte le corps humain de deux façons différentes. D'abord elle détermine l'échange de chaleur convective et ensuite elle affecte la capacité évaporative de l'air pour ensuite agir sur le rendement de la sueur.

Givoni B. recommande ainsi pour les régions chaudes et humides une vitesse de l'air supérieur à 2 m/s, alors que dans les climats chauds et secs (cas de la vallée du M'Zab), il est souhaitable de réduire à un minimum la ventilation pendant la journée et de dissiper la chaleur accumulée dans la maison par une ventilation nocturne avec une vitesse de l'air de 1 m/s²⁹².

4.1.3.2 Les paramètres individuels

- **Le métabolisme**

C'est la production par le corps humain de chaleur, nécessaire aux fonctions vitales de l'organisme, pour maintenir sa température à 36,7 °C. Il dépend du poids, de la taille, de l'âge et du sexe²⁹³ de la personne. Le métabolisme peut être influencé énormément par la thermorégulation, les frissons peuvent multiplier sa valeur jusqu'à 4 ou 5 fois par rapport à une personne qui ne frissonne pas²⁹⁴.

²⁹¹ Jennings, B. H. et Givoni, B. (1959) « Environmental reactions in the 80° - 105°F zone » ASHVE Journal.

²⁹² Givoni, B. (1978), Op. cit. page 289.

²⁹³ AFNOR, ISO 8996 (1994) « Détermination de la production de chaleur métabolique » Paris.

²⁹⁴ Parsons, K. (2003) « Human thermal environment ». 2nd Edition, Taylor & Francis. London.

• **L'habillement**

L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. C'est l'équivalent de l'isolant pour une maison. Son rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, été comme hiver. La nature des tissus, la coupe des vêtements, l'activité et la posture de l'homme influencent les différents modes de transferts de chaleur²⁹⁵ et définissent une température de confort appropriée. A cet effet, une ambiance, selon Claude-alain Roulet²⁹⁶ cité par Izard (1993), n'est pas en elle-même confortable : elle ne l'est que par rapport à un individu caractérisé par son activité, qui conditionne la production de chaleur interne et sa vêtue, qui s'oppose aux échanges thermiques entre le corps et l'ambiance, comme le montre la figure 4.2²⁹⁷.

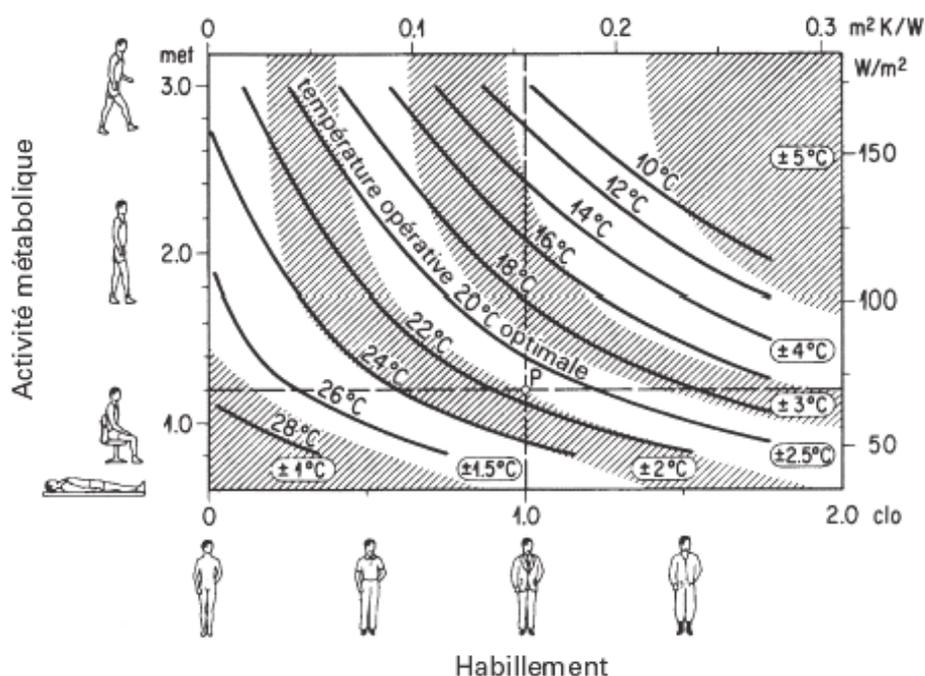


Figure 4.2 : Température de confort en fonction de l'activité et de la vêtue.

4.1.3.3 Les paramètres liés au cadre bâti

L'orientation, la forme, l'organisation intérieure, les protections solaires et les types de matériaux utilisés, comme paramètres liés au cadre bâti seront développés dans un cadre conceptuel lié à l'architecture bioclimatique du présent chapitre.

²⁹⁵ Thellier, F. (1999) « L'homme et son environnement thermique » étude menée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.

²⁹⁶ Roulet, C-A. (1987) « Energétique du bâtiment ; prestations du bilan énergétique global » Editions Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.

²⁹⁷ Izard, J-L, (1993), Op. cit. page 9.

4.1.4. Evaluation du confort thermique

Pour évaluer et objectiver la sensation de confort thermique, différents indicateurs existent :

- Pour une évaluation simplifiée du confort thermique, nous pouvons nous contenter du calcul de la température résultante ou opérative, qui est un indice de confort intégrant l'effet de la convection et du rayonnement (t_a et t_r) pour des vitesses de l'air ne dépassant pas $0,2 \text{ m/s}$ ²⁹⁸ et pouvant être écrite de la façon suivante :

$$T_{op} = (T^{\circ}_{air} + T^{\circ}_{parois}) / 2 \quad \text{Eq.4.6}$$

- Des indices tel que le P.M.V et le P.P.D (figure 4.3)²⁹⁹

○ L'indice de vote moyen prévisible (P.M.V – Predicted Mean Vote) est une évaluation sur la base d'un calcul statistique de l'avis moyen qu'exprimerait un groupe important de personnes s'il se prononçait sur sa sensation de confort thermique en se referant à l'échelle ci-contre.

○ Le pourcentage prévisible d'insatisfaits (P.P.D – Predicted percentage Dissatisfied) donne en fonction de l'indice P.M.V d'une situation thermique précise, le pourcentage de personnes insatisfaites. Ainsi, connaissant le P.M.V, le graphe³⁰⁰ ci-contre permet d'évaluer le P.P.D.

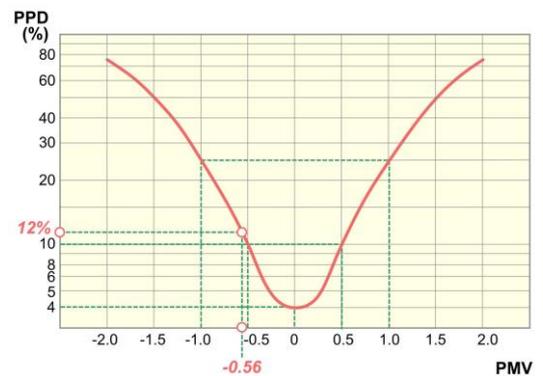
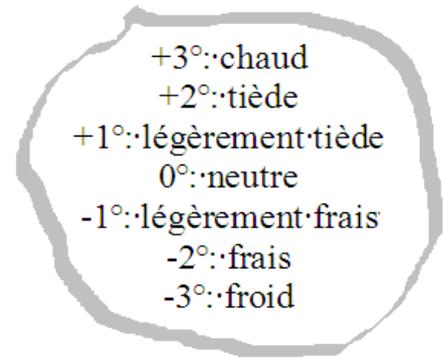


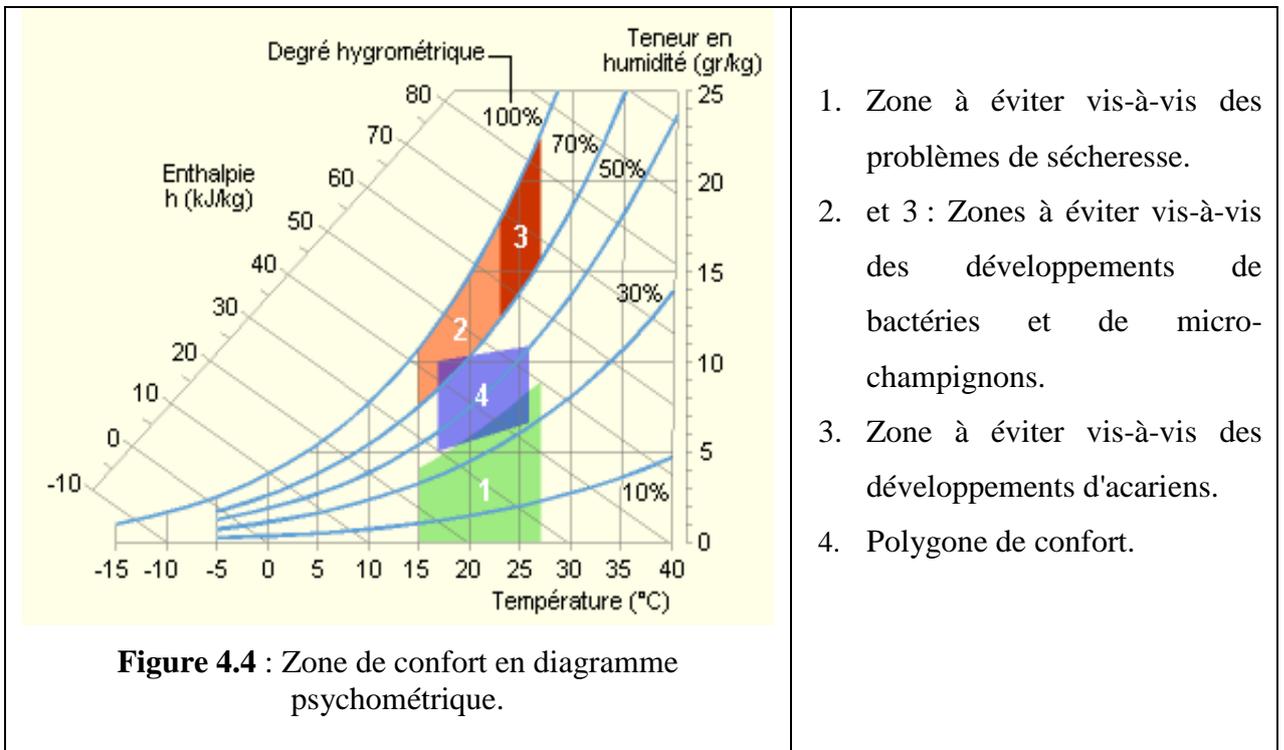
Figure 4.3 : Indices d'évaluation du confort thermique (PMV et PPD).

²⁹⁸ Bruant, M. (1997) « Développement et paramétrages de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance », in Conception en bâtiment et techniques urbaines, I.N.S.A (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon, France.

²⁹⁹ AFNOR. NF EN ISO 7730 (1995) « Ambiances thermiques modérées. Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique » Paris.

³⁰⁰ Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement (2007) « Redéfinir la notion de confort thermique », in Le guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments, n° css13 ; Belgique.

- Utilisation du diagramme psychrométrique pour déterminer la zone de confort hygrothermique (température - humidité) comme l'exemple illustré par la figure 4.4³⁰¹



4.2. La conception bioclimatique

Introduction

Toute réalisation architecturale bioclimatique, concrétise un microcosme en rapport plus au moins étroit avec l'environnement auquel il appartient. Le but de la conception est alors de réaliser ce microcosme en concordance optimale avec son environnement et de donner au climat une juste place parmi les dimensions fondamentales de toute intervention de l'architecte sur l'environnement. L'architecture ainsi définie inclut le climat et la dynamique qu'il implique pour un meilleur confort de l'habitant. Cependant, la conception d'un bâtiment, avec la volonté de maîtriser les phénomènes d'ambiances notamment le confort thermique, a besoin d'informations relatives à la conception globale, celles qui lui permettent de figer les grandes lignes de son projet.

³⁰¹ Fauconnier, R. (1992) « l'action de l'humidité de l'air sur la santé » in revue Chauffage Ventilation Conditionnement, n° 10/192. France.

Cette partie du mémoire est consacrée alors, à la lumière de ce qui précède, à l'ensemble des concepts, traduits en terme de dispositions, auxquels l'architecture bioclimatique fait appel, comme l'orientation, la forme, le choix des matériaux et les dispositions constructives³⁰². Nous présentons d'abord les options d'ensemble qui conditionnent le choix d'un parti architectural, pour ensuite s'intéresser aux options de détail.

4.2.1. Les options d'ensemble

4.2.1.1. La localisation

Le choix d'implantation d'un bâtiment, influe directement sur le degré de confort thermique que ce dernier puisse procurer à ses occupants a cause de son incidence sur le rapport au soleil, aux vents dominants et sa situation dans son environnement.

Selon Pierre Fernandez³⁰³, la localisation dans le site, dans le cadre de la pédagogie du projet d'architecture, est un préalable de l'intégration de la composante énergétique dans la maîtrise des ambiances architecturales, pour qui, réussir une insertion du bâtiment, revient à exploiter le potentiel du site et procéder à l'analyse de l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques de ce dernier, comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation et enfin le vent.

Pour David Wright³⁰⁴, le processus dans le travail de conception de maisons bioclimatiques, consiste en la recherche d'une méthode de création qui intègre tous les aspects importants de l'environnement, que nous résumons dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Eléments d'analyse pour localiser un bâtiment bioclimatique.

Environnement	Climat	Autres
- Type de région	- Température	- Traditions régionales d'aménagement
- Nature du sol	- Type de temps	- Egouts
- Végétation	- Luminosité	- Eau, gaz, électricité
- Profil du terrain	- Précipitations	- Exposition par rapport au soleil
- Matériaux	- Humidité	- Protections
- Alimentation en eau	- Mouvements d'air	- Pente
- Latitude		
- Vue		
- Bruit		

³⁰² Dillen, D. (2003) « L'énergie solaire, ici et maintenant » in revue Bio info, Editions Changer d'R. Bruxelles.

³⁰³ Fernandez, P. (1996), Op cit. page 98.

³⁰⁴ Wright, D. (2006), Op. cit. page 219.

Quant à Edward Mazria³⁰⁵, ses recherches sur l'architecture bioclimatique intègrent la notion de diagramme solaire, comme un outil d'aide à la conception et à la localisation du bâtiment (figure 4.5). Dans notre présente recherche, nous l'utiliserons pour le cas d'étude du ksar de Tafilelt. Il donne des indications pratiques sur l'exposition des espaces du bâtiment au soleil et le calcul de l'irradiation, et donne des indications pour une meilleure gestion du rayonnement solaire comme la recherche des masques devant le soleil bas de l'hiver ou l'énergie que reçoit une paroi horizontale pendant l'été.

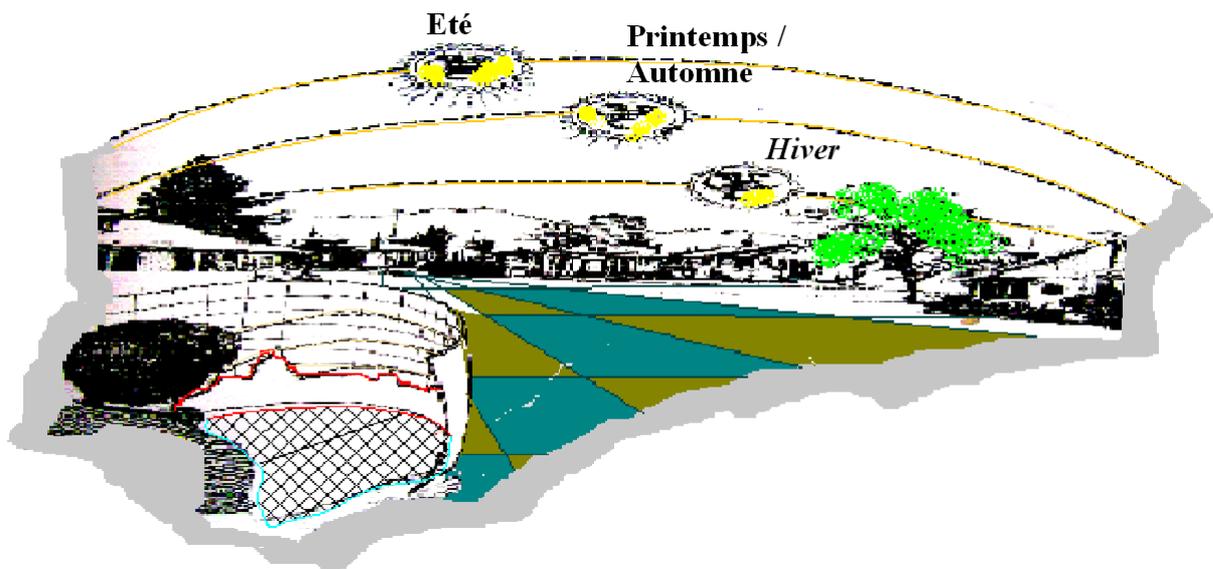


Figure 4.5 : Utilisation du diagramme solaire pour relever les masques solaires.

Le courant bioclimatique dans l'hémisphère nord a remis l'exposition sud à la mode pour mieux capter l'énergie solaire en hiver et qui offre les apports solaires les plus faibles en été. Sous les climats plus chauds, on peut chercher au contraire une mono-exposition nord pour ne jamais recevoir le rayonnement solaire des mois d'été.

4.2.1.2. L'orientation

Baruch Givoni, dans sa pertinente recherche sur les interactions entre l'architecture, le climat, le confort et l'homme³⁰⁶, place le concept de l'orientation au centre des éléments influant sur les ambiances intérieurs d'un bâtiment, il précise cependant que le choix de l'orientation est soumis à de nombreuses considérations, telles que la vue, dans différentes directions, la position du bâtiment par rapport aux voies, la topographie du site, la position des sources de nuisances, les déperditions possibles, l'aération et la nature du climat, auquel nous

³⁰⁵ Mazria, E. (2005), Op. cit. page 63.

³⁰⁶ Givoni, B. (1978) « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, Paris.

allons nous y intéresser dans le présent paragraphe. En effet, l'orientation détermine la qualité de l'habitat en affectant son ambiance intérieure et conditionne sa bonne isolation par :

- Le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les parois et l'intérieur des espaces. L'influence de l'orientation, sur les températures des surfaces extérieures (proportionnelle à l'intensité du rayonnement incident), affecte tour à tour le flux de chaleur à travers le mur et les températures de surface interne. Quantitativement, le régime et l'amplitude de l'élévation de la température dépendent de la capacité calorifique et de la résistance des murs ;
- La ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction, Izard J-L (1979) signale dans ce cadre, que les orientations sont choisies à partir de l'utilisation que l'on désire, ainsi, les parois exposées aux vents porteurs de pluie, de sable ou autre doivent être spécialement protégées, alors que celles exposées aux vents doux peuvent être modérément ouvertes pour pouvoir utiliser l'évaporation comme moyen de rafraîchissement.

Au plan énergétique, l'orientation d'une paroi par rapport au rayonnement solaire comme l'indique la figure 4.6, influe sur l'énergie solaire incidente³⁰⁷. La position de la paroi est repérée par son inclinaison β_{par} en degrés, son azimut par rapport au sud γ_{par} en degrés, et l'incidence du soleil par rapport à la normale à la surface est repérée par l'angle i_{par} en degrés. L'éclairement (E_{dir}) de la paroi (W/m^2) par le rayonnement solaire direct peut s'exprimer en fonction de la position du soleil et de son intensité (I_{dir}) par l'expression :

$$E_{dir} = I_{dir} \cos i_{par} \quad Eq. 4-7$$

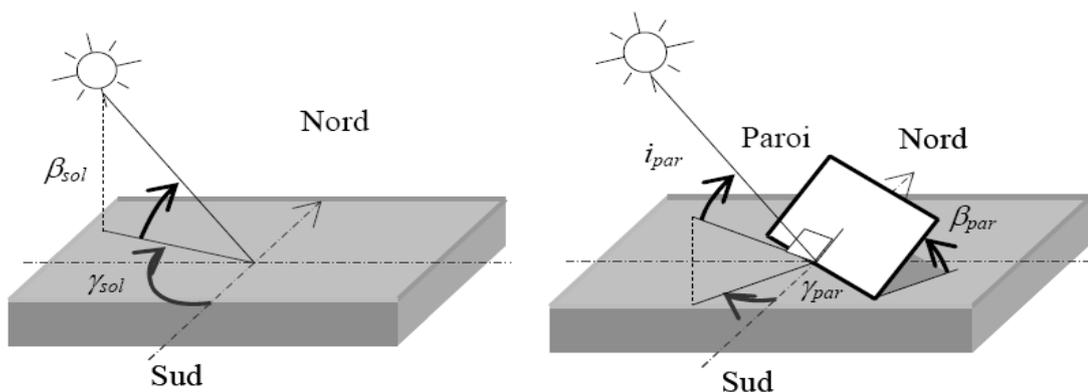


Figure 4.6 : Influence de l'orientation sur l'énergie solaire incidente³⁰⁸.

³⁰⁷ Bozonnet, E. (2005) « Impact des microclimats urbains sur les demandes énergétiques des bâtiments : Cas de la rue canyon » thèse de doctorat soutenue le 23 Juin 2005 à l'université La Rochelle, France.

³⁰⁸ Cadiegues, R. (1998) « Calcul des charges de climatisation et conditionnement d'air ». Editions PYC Livres, Paris.

Edwad Mazria montre (tableau 4.2³⁰⁹) la relation entre la variation de l'intensité du rayonnement intercepté et la valeur de l'angle d'incidence. Les données de ce tableau expliquent parfaitement les aires de la figure 3.23 du chapitre précédent.

Tableau 4.2 : Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi.

Angle d'incidence (degré)	Rayonnement intercepté (pourcentage)
0	100.0
5	99.6
10	98.5
15	96.5
20	94.0
25	90.6
30	86.6
35	81.9
40	76.6
45	70.7
50	64.3
55	57.4
60	50.0
65	42.3
70	34.2
75	25.8
80	17.4
85	8.7
90	0.0

Plusieurs architectes intègrent l'orientation comme une dimension conceptuelle des plus importantes, nous citons le cas de M. De Graeve, cité par Alain Liebard et al (2005), lauréat du concours d'architecture "Hélios" en Belgique (1995) sur les maisons solaires passives, en voici les principales caractéristique de ce projet illustré par la figure 4.7³¹⁰ :

- Orientation principale sud ;
- Protection des vents par la colline ;
- Ouvertures au sud par une importante verrière et fermeture totale au nord-est ;
- Isolation par l'intérieure ;
- Parois en béton à cause de son inertie thermique ;
- Plan ouvert et fenêtres en toitures pour assurer une ventilation naturelle ;
- Eclairage naturel par la verrière ;

³⁰⁹ Mazria, E. (2005), Op. cit. page 19.

³¹⁰ Lieberd, A. et al (2005), Op. Cit page 129.

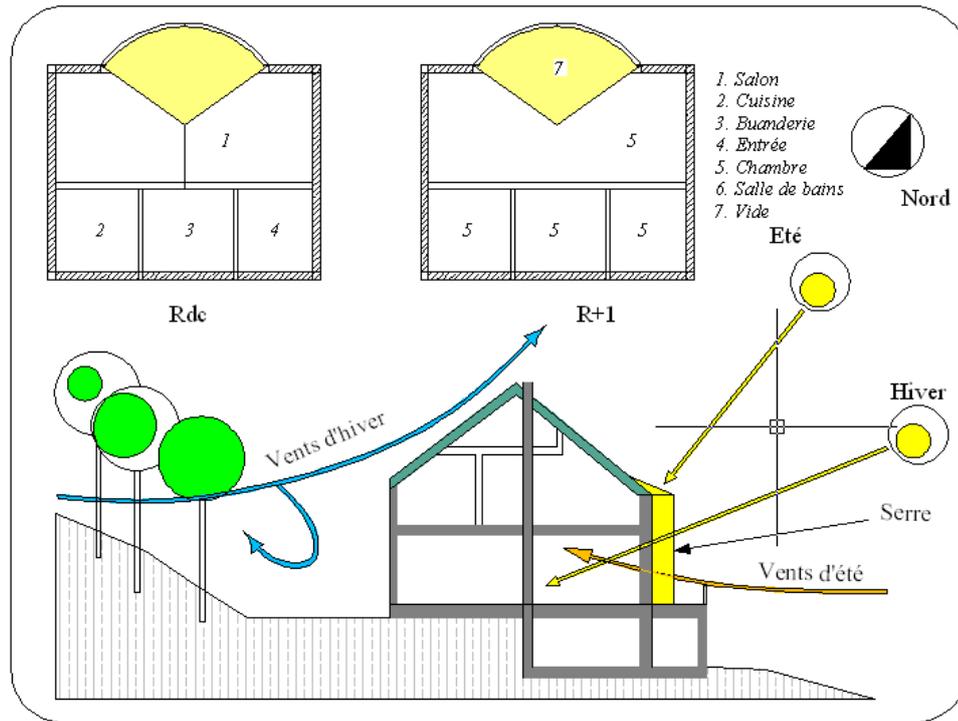


Figure 4.7 : Rôle de l'implantation dans la conception de logement.

- **Influence de l'orientation du vitrage** : Le vitrage joue un rôle important dans le comportement thermique d'un bâtiment, néanmoins, son orientation n'est pas à négliger. Des études expérimentales, sur un habitat typique en Algérie, ont permis de constater, comme l'indique la figure 4.8, de la diminution annuelle des besoins de chauffage, lorsqu'on passe d'une orientation nord à une orientation sud. Le besoin est de 66 % environ pour une orientation nord et 34 % pour une orientation sud³¹¹. Cette constatation s'explique par le fait que la paroi exposée au sud reçoit une quantité maximale d'énergie solaire en hiver, alors que celle du nord ne reçoit pratiquement aucun apport solaire, c'est une paroi froide³¹², donc l'optimisation de l'orientation des baies vitrées conduit à une diminution tangible des besoins de chauffage, mais cela n'empêcherait pas d'ajouter en plus du vitrage sud un vitrage nord avec une surface moins importante et qui contribuerait à l'amélioration de l'éclairage naturel en hiver et la ventilation naturelle en été lorsque les fenêtres sont ouvertes*.

³¹¹ Annabi, M. Mokhtari, A. et Hafrad, T.A. (2006) « Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin » in revue des Energies Renouvelables Vol. 9 n° 2, Alger.

³¹² Charbinnier, S. Parentet, et Pouget, A. (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur, Paris.

* Concerne toutes les latitudes tempérées de l'hémisphère nord (de 32° à 56°).

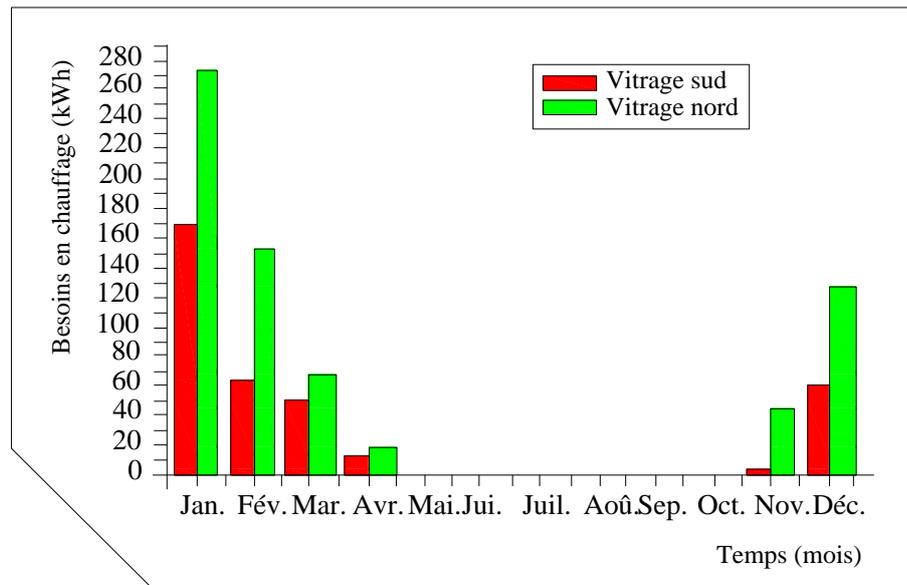


Figure 4.8 : Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins de chauffage.

4.2.1.3. La forme

La forme optimale d'un bâtiment correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été. Victor Olgay (1963) précise que :

1. Le carré n'est pas la forme optimale, quelle que soit la localisation de la construction ;
2. Toutes les formes allongées dans la direction nord-sud sont moins efficaces que la forme carrée ;
3. La forme allongée dans la direction est-ouest, donne de meilleurs résultats pour tous les climats.

Un bâtiment bioclimatique est de forme simple et compacte. Comme le montre la figure 4.9³¹³, plus le volume est éclaté plus les déperditions sont élevées car il développe une superficie de l'enveloppe extérieure plus importante.

³¹³ C.A.U.E (Conseil en Architecture Urbanisme et Environnement), (2005) « L'architecture bioclimatique » in revue d'architecture d'urbanisme et d'environnement de l'Ariège, France. <http://www.caue.org>.

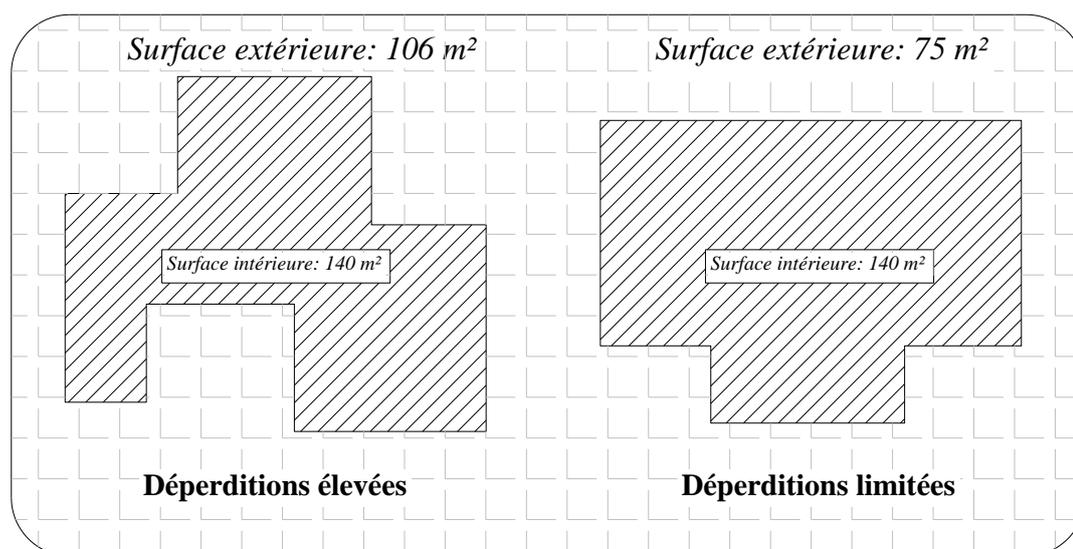


Figure 4.9 : Impact de la forme du bâtiment sur les déperditions thermiques.

La forme du bâtiment influe sur le bilan global de l'éclairage énergétique du soleil, sur le taux de déperditions thermiques et sur l'écoulement des flux d'air aux abords du bâtiment :

- ❖ **Aspects thermiques** : Dans les échanges thermiques avec l'environnement, la superficie de l'enveloppe est un facteur important, il ya lieu à cet effet d'éviter de donner aux façades mal orientées des dimensions importantes. Pour les couvertures (toiture ou terrasses), qui sont les parties de l'enveloppe qui échangent les plus grandes quantités de chaleur (énergie reçue en été et déperditions verticales et rayonnement vers le ciel), il est important de ne pas augmenter le rapport surface horizontale extérieure / surface habitable. Notons aussi le rôle que peuvent jouer les "espaces tampons" tels que les garages, coursives, escaliers, parties communes, dans l'isolation des parties sud les plus utilisées du logement contre les conditions climatiques défavorables.

4.2.1.4. L'organisation intérieure

Les espaces intérieurs sont organisés en fonction de l'usage, de manière à ce que les ambiances correspondent aux activités et aux heures d'utilisation.

En climat méditerranéen, comme est indiqué dans le guide pratique de conception de logements économes en énergie (Tunisie 2006), la façade sud étant la plus agréable du point de vue thermique (chaude en hiver, froide en été) et la plus éclairée, il est alors préférable d'y placer les pièces à vivre (salon, chambres principales). Les chambres peuvent également être orientées au Sud-Est et à l'Est, afin de profiter du lever du soleil tout en restant fraîche en fin

de journée. Quant à la cuisine, source de chaleur à cause des appareils de cuisson, il est préférable de la placer au nord. Toutes les autres pièces ne nécessitant que peu ou trop peu d'ouvertures sont à placer au nord et où il n'est pas nécessaire d'assurer une température de confort. Ces espaces peu ou non chauffés, appelés espaces tampons, se comportent comme des résistances thermiques.

Edward Mazria (2006) et David Wright (2006), indiquent selon l'organigramme spatial suivant (figure 4.10)³¹⁴, les bienfaits thermiques et visuels que procure l'orientation des pièces principales vers le sud.

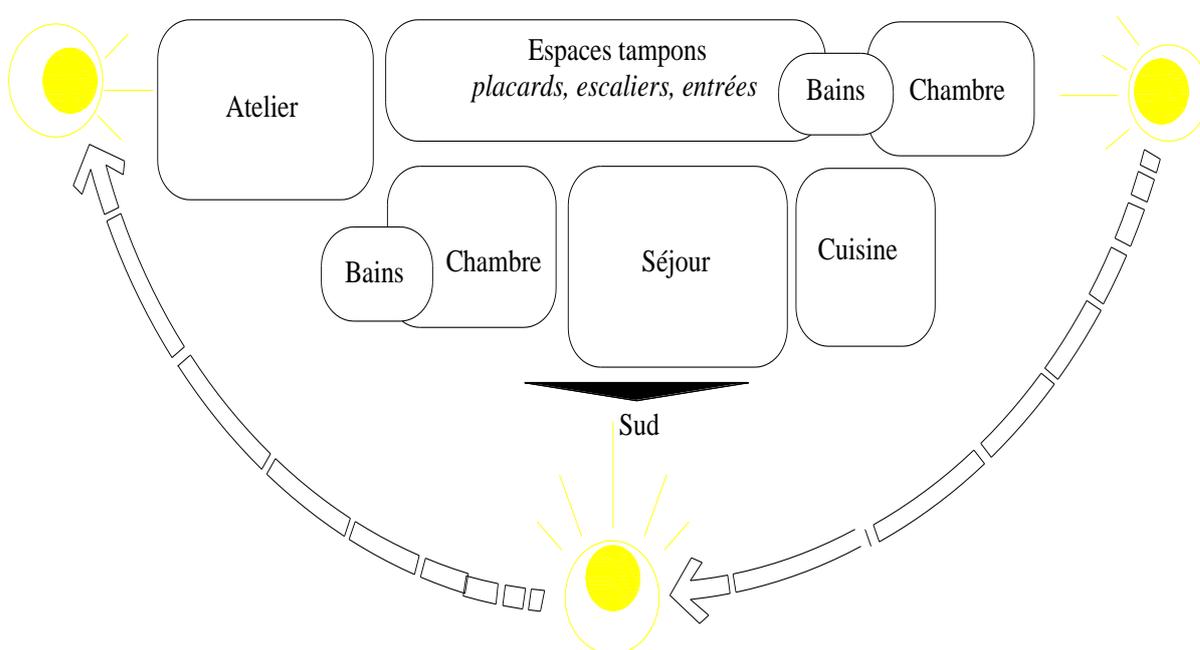


Figure 4.10 : Exemple de composition bioclimatique du plan intérieur.

La conception du bâtiment requiert aujourd'hui une organisation intérieure compatible avec les concepts du développement durable, comme :

- Fournir un espace pour bien mener ses activités, en disposant d'un volume accessible sans difficultés, compatible avec l'activité qui doit s'y déployer, malgré l'évolution des modes de vie et d'habiter dans le temps; ce qui implique la recherche d'une certaine flexibilité, telle qu'illustrées dans la figure 4.11³¹⁵, qui autorise des ajustements dans l'articulation des espaces ;
- Fournir une ambiance, par la participation au confort :

³¹⁴ Mazria, E. (2005), Op. cit. page 76.

³¹⁵ Gobin, C. (2003) « Le développement durable et BTP » in revue n°C 3 057 de GTM Construction, France.

- Thermique, qui doit être compatible avec l'activité ;
- Lumineux en autorisant un niveau d'éclairage compatible avec l'activité ;
- Olfactif par un renouvellement d'air approprié ;
- Acoustique par un niveau sonore acceptable.

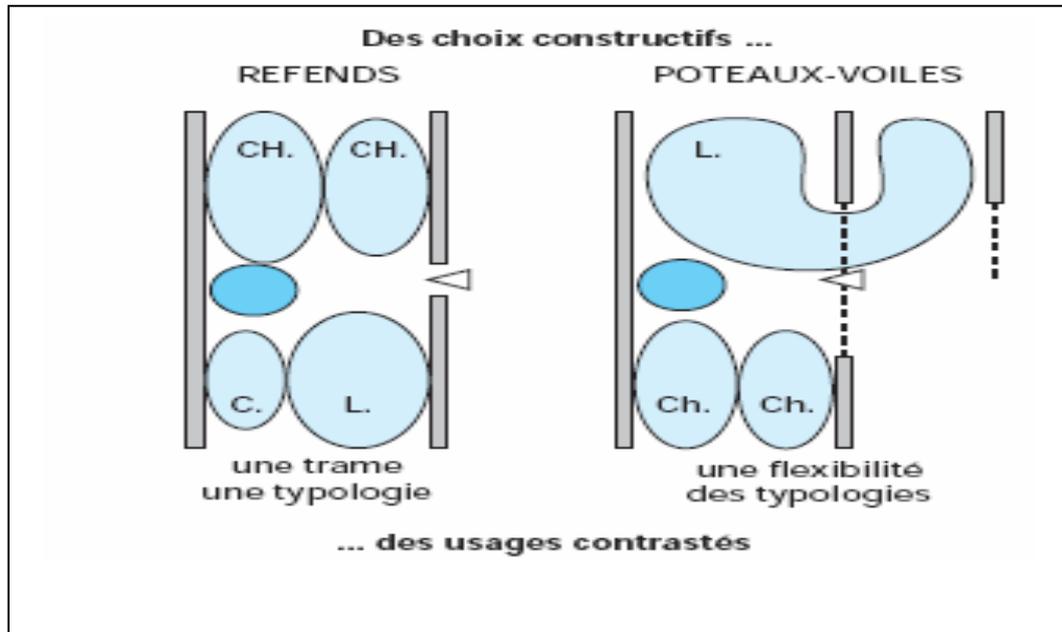


Figure 4.11 : Exemple de flexibilité des espaces du logement.

4.2.2. Les options de détail

Pour assurer une bonne qualité thermique d'un environnement intérieur, sans faire appel à des technologies complexes, on peut intervenir par des dispositions architecturales sur :

- La gestion des protections solaires ;
- La gestion de la ventilation naturelle ;
- L'isolation thermique de l'enveloppe ;
- L'inertie thermique du bâtiment.

4.2.2.1. Les protections solaires

Introduction

Le terme protection solaire, inclut généralement tous les dispositifs visant à empêcher le rayonnement solaire d'atteindre le bâtiment afin de minimiser la surchauffe et de contrôler

l'éblouissement lumineux. Ils peuvent, soit s'intégrer structurellement à l'architecture par des porches, vérandas, brise-soleil et volets extérieurs, ou faire partie de l'environnement autant naturel que construit³¹⁶.

La conception d'une protection solaire, efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant, d'autant que l'architecture moderne, conformément aux principes de la charte d'Athènes, est caractérisée par l'usage largement répandu du vitrage, qui a entraîné, selon B. Givoni (1978) une considérable évolution des rapports entre les ambiances intérieures et le climat extérieur. Les problèmes de surchauffe se sont alors posés avec plus d'acuité, surtout que nous devons prendre en compte d'autres exigences qui varient suivant la nature des locaux, comme celles relatives aux domaines thermiques, visuels et de lumière naturelle³¹⁷.

La protection solaire des baies doit être conçue en fonction de leur orientation et peut être du type fixe ou mobile, extérieure ou intérieure. La combinaison de ces différents types sera recherchée pour une efficacité maximum. Les protections extérieures sont de loin les plus efficaces en confort d'été parce qu'elles évitent l'effet de serre derrière le vitrage. Fixes ou mobiles, elles doivent être bien ventilées pour éviter un effet de radiateur nuisible au confort intérieur. L'efficacité des protections mobiles de type stores est fonction à la fois de leur opacité et des possibilités de ventilation de l'espace entre la fenêtre et la protection.

La conception des protections solaires doit répondre à une multiplicité d'objectifs, comme³¹⁸ : la limitation des surchauffes et de l'éblouissement ainsi que la gestion de l'éclairage naturel dans les pièces. Elle peut également contribuer à : l'occultation d'un local, l'intimité des occupants et l'esthétique de la façade.

4.2.2.1.1. Evolution des pratiques de contrôle de l'ensoleillement

Le besoin du contrôle de l'ensoleillement est la conséquence de l'application des recommandations du mouvement hygiéniste³¹⁹, qui préconisait le *tout soleil* dans le logement, si bien que, pour les architectes du début du XX^{ème}, la conception du logement social est

³¹⁶ Dernas, C. et Potvin, A. (2004) « Le brise-soleil : la dernière grande invention environnementale en architecture » in revue "le bulletin d'information de l'ordre des architectes du Québec" volume 15, numéro 5.

³¹⁷ Neufert, E. (2005) « Les éléments des projets de construction », Editions Dunod, 6^{ème} Edition. France.

³¹⁸ Jakob, D. (2000) « Confort d'été, protections solaires » in dossier de l'ARENE (Agence Régionale de l'Energie) de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. <http://www.regionpaca.fr/>.

³¹⁹ Le mouvement hygiéniste est un mouvement d'architecture et d'urbanisme qui prône l'application des théories hygiénistes. C'est l'aboutissement au début du XX^{ème} siècle des travaux de médecins et d'hommes politique luttant contre l'insalubrité des logements parisiens et la propagation de la tuberculose.

devenue matière à réflexion pour faire entrer l'air, la lumière et le soleil. En effet grâce à l'élan solaire de la période hygiéniste (1850 – 1900), qu'une ardente mobilisation du soleil va s'installer en architecture et en urbanisme. Le concept porte alors sur des formes urbaines permettant le meilleur accès au soleil en toute saison, comme le projet d'Henri Sauvage (figure marquante de l'art nouveau) conçu en forme de gradins, comme le montre la figure 4.12³²⁰, pour favoriser le renouvellement d'air, l'augmentation de l'ensoleillement des étages bas et d'offrir à chaque logement une terrasse aérée et lumineuse, mais les questions des surchauffes sont reléguées au second plan.

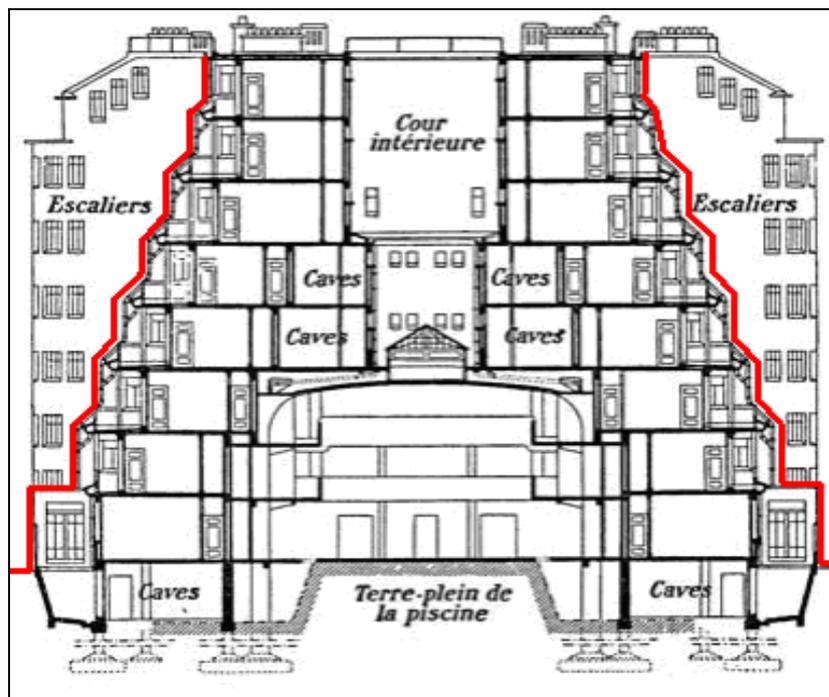


Figure 4.12 : Coupe de l'immeuble à gradins d'Henri Sauvage (1922 – 1927), Paris.

L'une des théories les plus emblématiques de ce mouvement hygiéniste est sans doute celle proposée en 1928 par A. Rey, J. Pidoux et C. Barde, élaborée sous l'appellation de *la théorie héliothermique* et supposée conduire à une optimisation solaire des tracés urbains et des meilleures orientations³²¹. Le Corbusier, appuyant cette théorie, définit l'axe héliothermique comme l'*armature du tracé urbain*³²², appliqué comme principe fondamental pour l'orientation de la ville radieuse³²³. Cette théorie fût abandonnée suite à l'excès de chaleur derrière les façades de type pans de verre et concentre alors ses recherches sur les dispositifs de brise-soleil comme méthode architecturale pour maîtriser l'ombre. C'est ainsi que naît ce

³²⁰ L'immeuble à gradins d'Henri Sauvage et la piscine des Amiraux, <http://www.mvs.ouvaton.org/histoires.htm>

³²¹ Rey, A et al (1928) « La science des plans de villes » Edition Dunod, Paris.

³²² Le Corbusier (1935) « La ville radieuse » Edition Vincent Freal et Cie, Paris.

³²³ Le Corbusier (1930) « Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme » Edition Crès, Paris.

dispositif qui consiste à concilier les bénéfices du soleil en hiver et ceux de l'ombre en été, mis en pratique dès 1932 à Alger et développé encore d'avantage dans l'unité d'habitation de Marseille (1946 – 1950)³²⁴. Il est utile de noter que l'architecture vernaculaire, comme le souligne A. Ravereau, intègre l'idée de protection solaire dans la conception globale, « ... *Au M'Zab, les ouvertures sur l'extérieur sont réduites jusqu'à 7 cm de largeur et 30 à 60 cm de hauteur tant pour protéger l'intimité que pour se protéger du soleil.* »³²⁵.

L'histoire de l'architecture nous a montré que les problèmes de contrôle de l'ensoleillement fournissent un substrat indéniable à la création formelle en architecture comme les gradins d'Henri Sauvage, les brise-soleil de Le Corbusier, ou dans l'architecture vernaculaire comme les ksour du M'Zab, où l'on remarque la découpe des terrasses en redents pour procurer de l'ombre, que se soit aux terrasses elles-mêmes ou à la rue. Les problèmes de l'ensoleillement, posés aux concepteurs, sont aujourd'hui complexes. Il s'agit de concilier l'efficacité énergétique des bâtiments, le confort d'été, les qualités d'ambiances et la protection de l'enveloppe, dans une approche de dualité entre soleil d'été et soleil d'hiver et devant être abordé avec des outils efficaces dans le processus d'évaluation des bâtiments³²⁶.

4.2.2.1.2. Les différents types de protection solaires

1. Les brise-soleil

La capacité, à limiter le flux de chaleur pénétrant par la fenêtre dû au rayonnement solaire, est la caractéristique principale d'un brise-soleil puisque les apports dus à l'ensoleillement des vitrages sont de loin les plus importants, ils peuvent représenter 50 à 80% des charges totales des locaux climatisés³²⁷, ce qui montre l'intérêt de ces protections solaires, que nous pouvons concevoir en différents types.

Les Types de brise-soleil

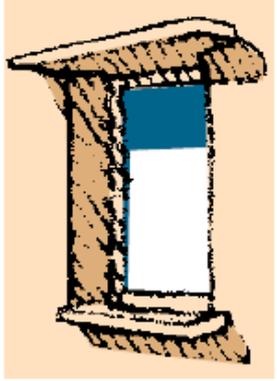
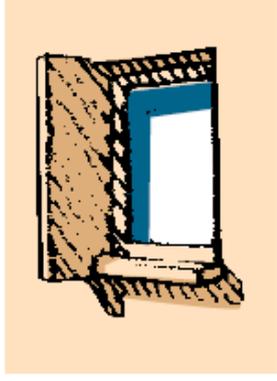
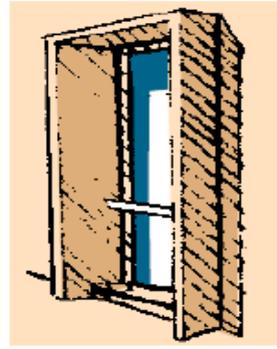
L'efficacité des protections solaires est fonction de sa typologie, de son orientation et la période de l'année. En général les typologies les plus usuelles sont les suivantes :

³²⁴ Siret, D et Harzallah, A. (2006) « Architecture et contrôle de l'ensoleillement » in actes du séminaire organisé par l'ISBPSA (International Building Performance Simulation Association) les 02 et 03 novembre 2006 en Ile de la réunion.

³²⁵ Ravereau, A. Op cit, page 176.

³²⁶ Siret, D. (2002) « Ensoleillement et conception assistée par ordinateur » in actes de la conférence I.B.S.A. France.

³²⁷ Bougriou, C. Hazem, A. et Kaouha, K. (2000) « Protection solaire des fenêtres » in revue des énergies renouvelables Volume 3 n° 127-135, Alger.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'auvent : Elle est constituée d'une avancée au-dessus de la surface réceptrice (auvent, débord de toiture, balcon, ...). L'occultation au rayonnement direct est bonne l'été, de l'orientation Sud-Est à l'orientation Sud-Ouest. Elle est très faible à l'Est et à l'Ouest. L'hiver, la casquette laisse passer le soleil quelle que soit l'orientation de la façade. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le flanc : Il est constitué par des plans verticaux placés à côté de la surface réceptrice. L'occultation est quasiment constante (mais faible) toute l'année en orientation Sud. Elle est assez forte à l'Est et à l'Ouest en hiver, ce qui n'est généralement pas souhaité, et quasi nulle en été. 	
<p>La loggia : Elle combine les pare-soleil horizontaux et verticaux. La protection solaire est bonne l'été, du Sud-Est au Sud-Ouest. Elle est moyenne toute l'année à l'Est et à l'Ouest.</p>	

1.2. Méthode de calcul et dessin de brise-soleil

La méthode permettant de dessiner et de tester ces systèmes de protection ou d'occultation est, selon Olgay A. et Olgay V, une approche en quatre étapes³²⁸ :

1. Déterminer les heures où l'occultation est nécessaire en période de surchauffe (quand l'air extérieur excède 21 °C dans les régions où la latitude avoisine les 40 ° et 24 °C pour les 10 ° de latitude de part et d'autre de l'équateur) ;

³²⁸ Olgay V et Olgay A. (1957) « Solar control and shading devices », Editions Princeton University Press, Princeton, U.S.A.

2. Déterminer la position du soleil pendant la période où l'occultation est souhaitée, en utilisant le diagramme de la course du soleil ;
3. Déterminer le type et la position du système d'occultation ;
4. Déterminer les dimensions du système d'occultation de manière à "couper" le soleil pendant la période de surchauffe.

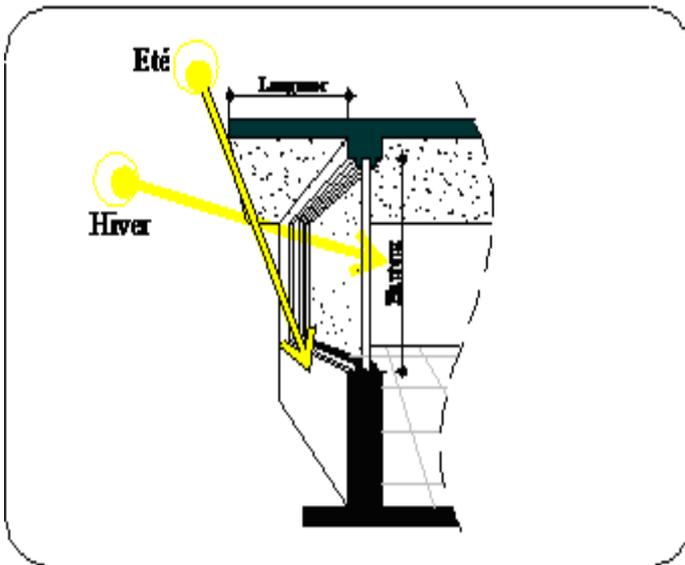


Figure 4.13 : Coupe-perspective d'un brise-soleil (E. Mazria, 2005).

Pour Mazria E (2006), la longueur optimale hors façade du porte à faux, comme le montre la figure 4.13, dépend de la hauteur de la fenêtre à protéger, de la latitude et du climat.

La formule suivante permet de déterminer rapidement la longueur souhaitable de l'auvent :

$$\text{Longueur auvent} = \text{hauteur fenêtre} / F$$

Eq. 4.7

Où F est donné par le tableau 4.3³²⁹ ci-dessous.

Tableau 4.3 : valeur du coefficient F selon la latitude.

Latitude nord	Facteur F
28 °	5.6 – 11.3
32 °	4.0 – 6.5
36 °	3.0 – 4.5
40 °	2.5 – 3.4

³²⁹ Mazria, E. (2005), Op. cit, page 197

2. La protection des toitures

La toiture est l'élément qui reçoit le plus d'irradiations solaires pendant l'été, elle doit être donc impérativement isolée. Sa durée d'exposition et son importance relative (comme les maisons de la vallée du M'Zab), l'amènent à être à l'origine d'une part importante des apports thermiques extérieurs pendant l'été et des déperditions thermiques durant l'hiver (les apports à travers la toiture peuvent représenter un tiers à la moitié des apports totaux dans le cas d'un bâtiment d'un seul niveau)³³⁰. Les locaux situés sous toiture sont donc toujours plus inconfortables que les locaux des autres niveaux en raison des apports supplémentaires parvenant par cette voie. Il est donc prioritaire de réduire ces apports solaires qui, bien que moins apparents que ceux parvenant à travers les vitrages verticaux, sont quantitativement importants. Plusieurs solutions (figure 4.14) permettent d'en assurer une bonne protection comme *les toits parasols*, *les toitures avec combles ventilés* ou *les toitures chaudes*, avec des avantages non négligeables comme l'absence de surchauffe directe des plafonds, esthétique intéressante en architecture contemporaine et enfin les plafonds sont isolés thermiquement pour le confort d'hiver, l'isolant étant dans le comble pour conserver au maximum l'inertie intérieure. La toiture chaude est l'une des techniques les plus utilisées, par la position de l'isolant qui protège le support contre de fortes variations de température et diminue par conséquent le risque de mouvement et de fissure du support. Un autre avantage de cette technique est l'accroissement de l'inertie thermique de l'espace considéré. Isoler une toiture, revient donc à diminuer la consommation énergétique du bâtiment, améliore le confort des occupants, diminue les risques de condensation et protège la structure du toit.

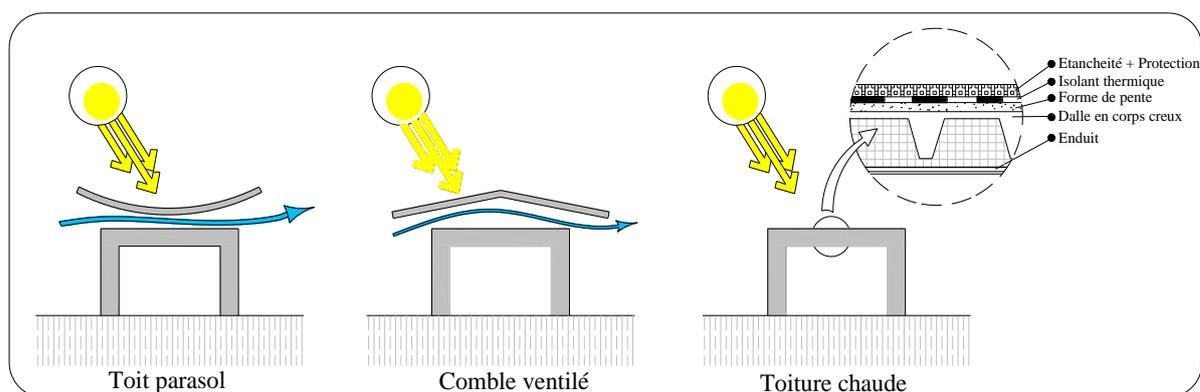


Figure 4.14: Les différentes méthodes de protection de la toiture, P. Lavigne (1998)

³³⁰ Lavigne, P. (1998) « La perméabilité au soleil des enveloppes d'édifices, un concept pour juger de leur qualité de confort d'été. » in actes de la conférence EPIC'98. Lyon 19 – 21 novembre 1998.

3. La protection végétale

La végétation influence l'environnement thermique, la qualité de l'air et l'environnement sonore des bâtiments. Les plantations sont ainsi à favoriser à proximité des bâtiments pour apporter l'ombrage en été sans arrêter le soleil d'hiver et pour diminuer l'exposition du sol au rayonnement solaire. La végétalisation des espaces extérieurs permet de guider les déplacements d'air en filtrant les poussières pendant les périodes chaudes. Les végétaux créent des ombrages sur le sol et les parois, permettent de gérer l'habitabilité des espaces extérieurs et de protéger les espaces intérieurs des bâtiments³³¹. Mais à part l'ombre créée, des articles publiés font état d'une réduction de la température de l'air de l'ordre de 1 à 4°C en période chaude, suite à la restitution de l'eau par évapotranspiration que les végétaux ont absorbé par leur racines³³². Dans les climats chauds et secs, la végétation devient essentielle, au niveau du plan masse la proportion de surface couverte par la végétation par rapport à celle occupée par les bâtiments doit être de 60/40³³³.

L'effet rafraîchissant de la végétation est dû aux effets combinés d'une réduction de la température d'air, d'une réduction de la radiation solaire, d'un accroissement de l'humidité relative, mais aussi d'une réduction des vents et une modification locale de leur direction.

La principale différence entre le rafraîchissement dû à la végétation et celui dû aux structures construites par l'homme, est que les matériaux inorganiques ont une capacité de rafraîchissement limitée due à leurs caractéristiques thermophysiques, alors qu'une plante est un organisme vivant dont le développement de ses branches et de ses feuilles optimisera l'usage du rayonnement solaire. Les végétaux doivent être choisis en fonction de leur capacité d'adaptation au lieu (sol, température, humidité...), de leur taille et nature (arboré, tapissant, feuilles caduques...) mais avant tout en fonction du rôle à jouer (protection solaire en été mais brise-vent, captage en hiver...). On adopte généralement la végétation à feuilles caduques,* telle que présentée dans la figure 4.15³³⁴.

³³¹ Destobbeleire, G. et Izard, J-L (1998) « Rôle de la végétation dans le microclimat : utilisation de la thermographie » in actes de la conférence EPIC'98 Lyon, France.

³³² Ministère de l'environnement et du cadre de vie, Ministère de l'agriculture (1980) « Espaces verts et qualité de la vie » Edition centre de recherche et de rencontres d'urbanisme, Paris.

³³³ Projet Européen TAREB (2004) « Intégration dans le bâtiment » in Architecture à faible énergie, chapitre 2, London Metropolitan University. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/>

* Feuillage caduc : Perte de feuilles à l'automne, permettant l'ensoleillement l'hiver ; éclatement des bourgeons au printemps, annonçant l'ombrage estivale.

³³⁴ Agence Régionale de l'Energie (ARENE) de Provence- Alpes – Côte d'Azur, (2000) « Confort d'été dans le sud de la France ». <http://www.envirobat-med.net/>



Figure 4.15 : La végétation à feuillage caduc comme protection solaire.

Enfin, en dehors des aspects thermiques, le végétal est un facteur d'équilibre qui génère le repos, le calme et permet de retrouver, pour les citadins, des ambiances qui évoquent la nature. A cet effet, la conception architecturale doit tenir compte de l'équilibre minéral / végétal³³⁵.

4.2.2.2. La ventilation naturelle

Sans recours aux équipements qui consomment de l'énergie, il existe au moyen de l'architecture, la ventilation naturelle qui utilise le phénomène de convection permettant à l'air chaud de monter et de s'échapper par les sorties d'air hautes tandis que l'air froid est aspiré par les entrées³³⁶.

Il existe deux phénomènes qui provoquent une ventilation naturelle :

- L'effet thermosiphon (différence de température) ;
- L'effet de dépression.

La ventilation des espaces répond à plusieurs exigences principales :

- Satisfaire les besoins d'hygiène et de confort des habitants par l'apport de l'oxygène, l'élimination des odeurs, des fumées et du monoxyde de carbone ;
- Améliorer le confort thermique en saison chaude; un courant d'air contribue à l'élimination de la sueur ;
- Réduire les besoins de climatisation en saison chaude ;
- Assurer la conservation du bâti par l'élimination des vapeurs d'eau produites par les occupants et qui génèreraient condensations et dégradation.

³³⁵ Guy, D. et al (1993) « Végétal et entrées des villes » Editions du CETUR, France.

³³⁶ Conseil en Architecture, Urbanisme et Environnement (C.A.U.E), (2005) « La ventilation » in revue d'architecture d'urbanisme et d'environnement de l'Ariège, France. <http://www.caue.org/>

Pour assurer une ventilation naturelle efficace, la conception du bâtiment doit prendre en considération les phénomènes physiques d'écoulement d'air et la position des ouvertures en façade tels qu'illustrés dans la figure 4.16, ainsi :

- Au niveau de l'organisation des locaux, une double orientation des espaces aura un impact positif sur la ventilation. A l'inverse, le cloisonnement, la mono-orientation ou même une double orientation contiguë la freine ;
- La végétation extérieure peut être utilisée pour freiner les vents dominants d'hiver, créer des zones d'ombre en été, générer des courants d'air et humidifier l'air extérieur.

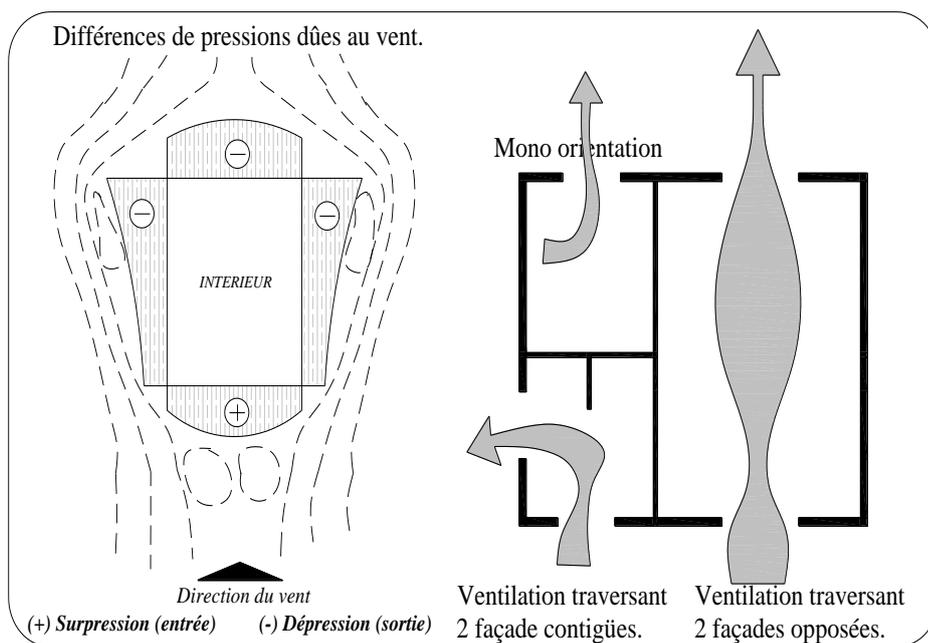


Figure 4.16: Les facteurs de la ventilation naturelle³³⁷.

Pour une meilleure ventilation naturelle des espaces, Yasmine Mansouri (2003), propose un cadre conceptuel pour mettre en œuvre les systèmes de ce type de ventilation et opère une classification des procédés selon les aspects morphologiques (espace de transition, cheminée de ventilation, conduits de ventilation, ventilation par ouvertures). Méthodologiquement, elle mentionne :

- L'intégration de la ventilation naturelle dans le processus de conception architecturale ;
- Que chaque typologie de la ventilation naturelle permettra à l'architecte une identification de l'organisation spatiale permettant d'intégrer chaque procédé ou système de ventilation³³⁸.

³³⁷ Bensalem, R. (2006) « Le vent dans l'architecture », cours de Post graduation (2006 / 2007) au département d'architecture de l'UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie.

4.2.2.3. L'isolation thermique de l'enveloppe

L'isolation thermique des bâtiments n'est apparue, dans une grande majorité des pays, notamment européens, que depuis le milieu des années 70. L'indifférence dont elle était l'objet auparavant s'explique, d'abord par les modes de construction qui étaient en usage (situation valable aussi en Algérie) et caractérisés, comme nous l'avons souligné dans le chapitre 3, par la masse des ouvrages et les matériaux employés, le plus souvent la pierre qui, malgré ses médiocres performances thermiques, les fluctuations des températures parvenaient à s'atténuer grâce à l'épaisseur des murs porteurs. D'autre part, l'abondance relative de combustible, n'incita guère à en réduire la consommation³³⁹.

Aujourd'hui, la situation a bien changé :

- D'abord on ne construit plus de façon massive, le côté économique l'oblige, on fait appel de plus en plus à des ouvrages de faible inertie. En Algérie le système constructif le plus répandu et le poteau-poutre en béton armé avec un remplissage des murs en brique creuse ;
- Ensuite la société exige continuellement un meilleur confort ;
- Enfin les dépenses croissantes de chauffage et de climatisation, mais aussi la prise de conscience des dangers qu'encourt la planète face aux différents polluants, où le secteur de l'habitat en est responsable en grande partie, en d'autre terme le domaine de la construction figure en bonne place dans les enjeux liés au développement durable.

³³⁸ Mansouri, Y. (2003) « Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés, proposition d'une méthodologie de conception », Thèse de Doctorat, Université de Nantes. France.

³³⁹ Bondil, A. et Hrabosky, J. (1978) « L'isolation thermique et l'aération des bâtiments d'habitation » Tome 1 Editions Eyrolles, Paris.

Cette évolution nous emmène à s'intéresser à l'isolation c'est-à-dire aux matériaux et aux techniques de mise en œuvre susceptibles de réduire le flux de chaleur à travers l'enveloppe des bâtiments, comme l'indique l'allure de la courbe de variation de température sur la figure 4.17³⁴⁰, pour assurer un confort aux occupants dans le cas où l'atmosphère intérieure est plus confortable que l'extérieur.

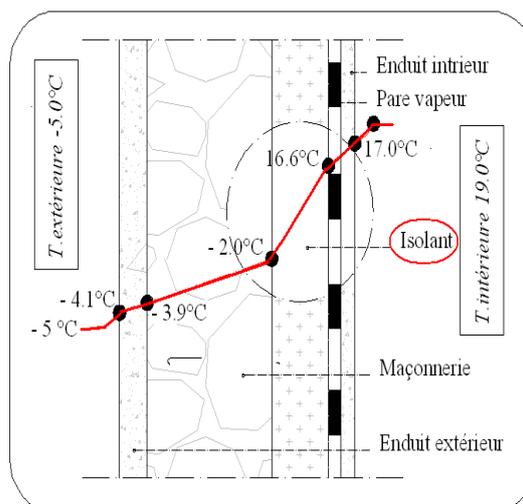


Figure 4.17 : Variation de la température dans une paroi isolée.

En effet une maison chauffée perd sans arrêt une partie de sa chaleur, à travers, comme le montre la figure 4.18³⁴¹, l'ensemble de ses parois. Isoler, consistera donc à réduire les déperditions, ou les apports indésirables suivant les trois possibilités de transmission de la chaleur (voir chapitre 3).

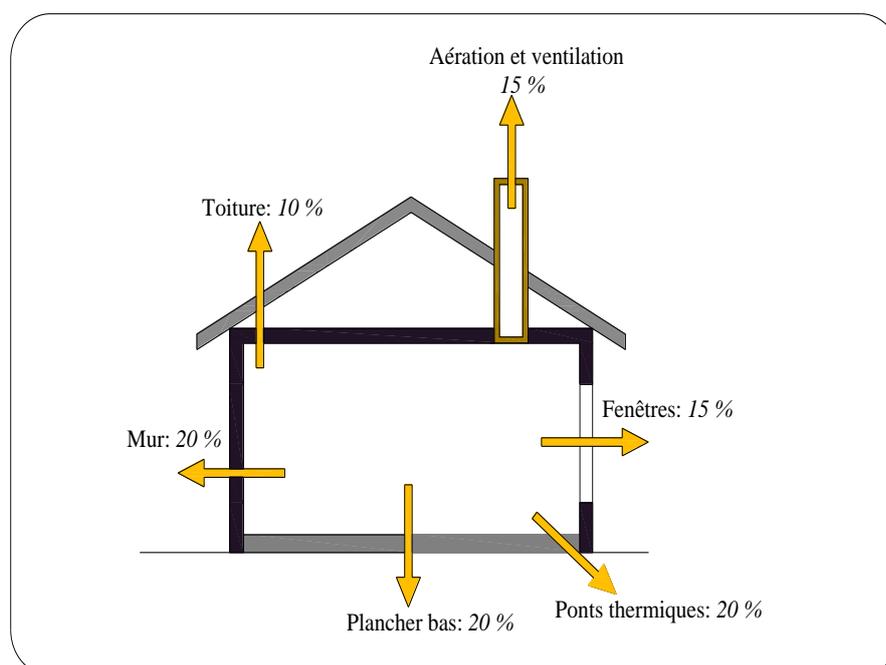


Figure 4.18 : Répartition moyenne des déperditions dans une maison individuelle neuve.

³⁴⁰ Frenot, M. et Sawaya, N. (1979) « L'isolation thermique, le répertoire des solutions pratiques pour l'habitat existant » Edition EDISUD, Aix en Provence, France.

³⁴¹ Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement (2005) « Des bâtiments confortables et performants » in, document de la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction sur la réglementation thermique 2005, France.

Les déperditions thermiques peuvent être surfaciques, comme elles peuvent être linéiques par les ponts thermiques.

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi sont calculées suivant la formule suivante³⁴² :

$$D_s = K \cdot A \text{ [W/ } ^\circ\text{C]} \quad \text{Eq. 4.8}$$

Où : K coefficient de transmission surfacique (W/m² °C)
 A surface intérieure de la paroi (m²)

La valeur du coefficient K est :

$$\frac{1}{k} = \Sigma R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \text{ [m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W]}$$

Eq. 4.9

Où :
 Σ R : Somme des résistances thermiques [m². °C/W]
 1/h_e + 1/h_i : somme des coefficients d'échange superficiels [m². °C/W]
 R = e / λ: résistance thermique [m². °C/W]

Plus la résistance thermique R est élevée, meilleure est la performance d'isolation, ce qui diminue les déperditions en hiver et les apports thermiques en été (transfert de chaleur par les parois).

Quant aux déperditions à travers les ponts thermiques, ils sont calculés selon la formule suivante :

$$D_{li} = K_l \cdot L \text{ [W/} ^\circ\text{C]} \quad \text{Eq. 4.10}$$

Où :
 K_l coefficient de transmission linéique de la liaison [W / m °C]
 L longueur intérieure de la liaison [m]

³⁴² Ministère de l'habitat et de l'urbanisme (2007) « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation. Règle de calcul de déperditions calorifiques » Document technique réglementaire (D.T.R) n° C 3-2, réalisé par le Centre National d'Etudes et Recherches Intégrées du Bâtiment, (C.N.E.R.I.B), Algérie.

De ce qui précède, pour limiter les déperditions de chaleur ou minimiser les apports indésirables, nous allons faire recours aux isolants thermiques qui sont caractérisés par un faible coefficient de conductivité thermique (λ) et dont les secteurs d'application peuvent être très diversifiés comme le bâtiment, l'industrie et autres³⁴³. Dans la pratique, ce coefficient ne suffit pas à indiquer la qualité isolante d'un matériau ou d'une paroi, mais on tient compte de l'épaisseur du matériau ou des différentes épaisseurs, on parlera alors de résistance thermique (R) comme nous venons de la définir plus haut. Il est à souligner qu'un isolant doit se trouver à l'abri de l'humidité car l'eau est 25 fois plus conductrice de chaleur que l'air (voir chapitre 3, stockage de la chaleur).

Au plan architectural, si le concept de compacité règle les problèmes de déperditions thermiques, l'avènement de l'isolant comme matériau, libère l'architecture de la contrainte de la forme, plus les niveaux d'isolation thermiques sont poussés, plus l'architecte peut jouer librement avec l'enveloppe sans pour autant provoquer des consommations ou des déperditions excessives.³⁴⁴ Les isolants sont, le plus souvent, constitués d'une carcasse solide emprisonnant des cellules d'air (l'air immobile étant l'un des meilleurs isolants). Outre la faible conductivité, d'autres qualités sont à rechercher dans un isolant comme³⁴⁵ :

- Une bonne résistance mécanique ;
- La neutralité vis-à-vis des matériaux qui l'entourent ;
- L'inflammabilité ;
- La résistance aux attaques des rongeurs.

Un produit destiné au secteur de l'habitat est considéré comme un isolant thermique si sa conductivité est inférieure à $0.065 \text{ W / m } ^\circ\text{C}$ et sa résistance thermique R au moins égale à $0.5 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C / W}$ ³⁴⁶.

1. Classification des matériaux isolants

Le critère de classification des isolants repose sur la structure de leur matrice solide et sur la nature chimique de la substance qui la constitue.

³⁴³ Langlais, C. et Klarsfeld, S. (1997) « Isolation thermique à température ambiante. Bases physiques » Techniques de l'ingénieur, document n° BE 9 860. France.

³⁴⁴ Charbonnier, S. Parant, C. et Pouget, A. (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur.

³⁴⁵ Belakhowsky, S. (1978) « Déperditions calorifiques et isolation thermique des habitations » Editions Techniques et vulgarisation, Paris.

³⁴⁶ Guide pratique de conception de logements économes en énergie (2006), Op.cit.

Nous retrouvons à cet effet les types d'isolants suivants³⁴⁷ :

○ **Les isolants fibreux**

Nous distinguons dans cette catégorie, les isolants fibreux minéraux, qui sont des produits manufacturés à partir de matière amorphe (non cristallisée) fondue telle que le basalte, le verre et la silice vitreuse. Les principaux d'entre eux sont les isolants en fibres céramiques et les laines minérales. Les isolants fibreux organiques, par contre, sont d'origine naturelle comme la laine de bois, la laine animale (de mouton) ou manufacturés à partir de matières plastiques.

○ **Les isolants cellulaires**

Ce sont les matériaux poreux à matrice solide contenant des cellules fermées, ouvertes ou partiellement ouvertes, contenant de l'air ou un autre gaz. On retrouve le béton cellulaire léger, le verre cellulaire, le polystyrène expansé ou extrudé, le polyuréthane, le polychlorure de vinyle et les mousses souples d'élastomères.

○ **Les isolants pulvérulents, modulaires ou granulaires**

Ce sont, soit des matériaux d'origine minérale comme la perlite et la vermiculite, se présentant sous forme de grains et de paillettes, obtenus à partir de l'expansion à chaud des roches volcaniques et de mica, soit des matériaux d'origine organique comme les granulats de liège, les copeaux de mousse rigide de polychlorure de vinyle, les fibres de cellulose (obtenues à partir de papier, cartons, pâte à bois avec ou sans liant) et les parles expansées de polystyrène.

○ **Les super isolants**

Ce sont des produits manufacturés de matériaux microporeux de type cellulaire, comme les plaques aérogels de silice monolithique.

○ **Les produits minces réfléchissants**

Ils sont également désignés par le vocable : films minces réfléchissants, isolants minces réfléchissants ou isolants thermo réfléchissants. Ils sont constitués d'une ou plusieurs couches très fines de feuilles d'aluminium. La surface réfléchissante de ces feuilles permet d'améliorer la

³⁴⁷ Langlais, C. et Klarsfeld, S. (2004) « Isolation thermique à température ambiante. Propriétés » Techniques de l'ingénieur, document n° C 3 371. France.

performance globale d'une paroi lorsque le produit est en contact avec une lame d'air non ventilée³⁴⁸.

Tableau 4.4 : Valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants³⁴⁹.

Isolant	Conductivité λ (W/m °C)	Isolant	Conductivité λ (W/m °C)
Laine de roche	0.038 – 0.047	Polystyrène expansé	0.036 – 0.058
Laine de verre	0.037 – 0.051	Polystyrène extrudé	0.029 – 0.036
Laine de silice	0.03 – 0.04	Mousse rigide de	
Fibres de bois	0.06 – 0.067	polyuréthane	0.033
Fibres de poly stère	0.05	Perlite	0.035 – 0.045
Laine de mouton	0.041	Vermiculite	0.058
Béton cellulaire	0.16 – 0.33	Liège	0.044 – 0.049
		Aérogel de silice	0.005 (P = 1 bar) 0.017 (P = 5 bar)

2. Les procédés d'isolation

Pour isoler une paroi, deux possibilités s'offrent au concepteur et réalisateur, nous avons le choix entre :

▪ L'isolation par l'intérieur

Technique la plus utilisée à cause de son faible coût et de la relative facilité de mise en œuvre, néanmoins, elle présente un certain nombre d'inconvénients qui la rendent inefficace par le fait qu'elle :

- Annule l'inertie thermique de la paroi isolée ;
- Demande un traitement particulier des ponts thermiques ;
- N'évite pas les chocs thermiques sur la maçonnerie.

L'isolation par l'intérieur est toutefois acceptable à condition de rajouter beaucoup de masses thermiques à l'intérieur. Dans les pièces tampons, on peut s'en passer de l'isolation comme les pièces situées au nord non chauffées³⁵⁰.

³⁴⁸ Commission chargée de formuler des avis techniques sur les procédés, matériaux utilisés dans l'enveloppe du bâtiment (2004) « Performances des produits minces réfléchissants opaques utilisés dans l'enveloppe du bâtiment », Note d'information n° 1. France.

³⁴⁹ Mazria, E. (2005) Op. cit, page 276.

▪ **L'isolation par l'extérieur**

L'isolation par l'extérieur garantit un excellent confort thermique car les occupants profitent des bienfaits de l'inertie des murs (déphasage jour/nuit surtout) et il y a peu de ponts thermiques. Le principe de ce système d'isolation, comme le montre la figure 4.19³⁵¹, présente plusieurs avantages par rapport à la première :

- Il permet d'assurer la continuité de l'isolation et de minimiser ou d'annuler les pertitions à travers les ponts thermiques ;
- Il favorise l'inertie thermique du bâtiment, d'où une meilleure récupération des apports solaires et une amélioration du confort d'été et d'hiver comme nous le constatons à travers les variations de températures illustrées par les courbes de la figure 4.20³⁵² ;
- Il augmente la durabilité des façades en les protégeant des variations de température et des effets de l'eau (pluie, gel, condensation, etc).

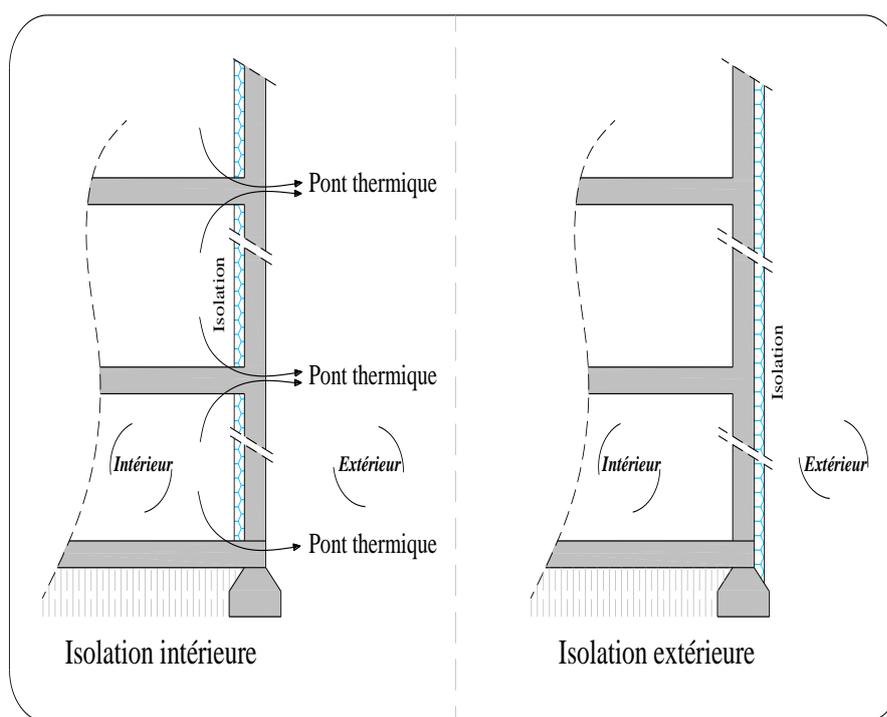


Figure 4.19 : Les différents systèmes d'isolation des murs.

³⁵⁰ Pujol, I. (*Ingénieur thermicien et enseignant en performance énergétique de l'habitat à Tarbes*) (2008) « Les clés du confort thermique » France. <http://www.futura-science.com/>

³⁵¹ Langlais, C. et Klarsfeld, S. (2004), Op. Cit; page 45

³⁵² Cabinet d'études "TRIBU Energie" (2007) « Influence de l'inertie en immeuble collectif » étude réalisée pour le compte de CIMBETON, France.

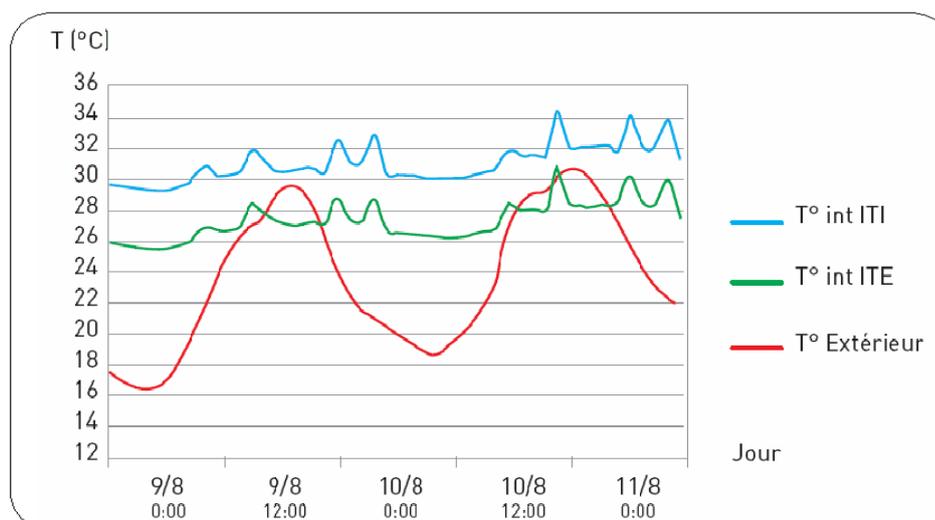


Figure 4.20 : Comparatif de variations de températures entre isolation intérieure et isolation extérieure.

4.2.2.4. L'inertie thermique du bâtiment

Pour concilier le confort thermique et les performances énergétiques, qui peuvent apparaître des objectifs antagonistes, nous pouvons agir, en hiver, soit sur le renforcement de l'isolation thermique, soit par l'exploitation des apports internes et solaires, cependant ces deux moyens peuvent s'avérer catastrophiques pour les périodes d'été et induire le recours à la climatisation. Il est donc impératif conceptuellement, d'intégrer en amont le confort toute l'année, c'est-à-dire d'étudier les possibilités offertes par l'inertie thermique, du bâtiment ou de ses matériaux, qui accroît les énergies "gratuites" tout en préservant des risques d'inconfort.

L'inertie thermique désigne l'ensemble de caractéristiques thermophysiques d'un bâtiment qui le font résister à la variation des flux d'énergie (ou de chaleur) qui s'exercent sur lui. Elle est conditionnée par la capacité thermique du matériau, qui exprime sa faculté à absorber et à stocker de l'énergie. Ainsi, une construction à forte inertie thermique permet de conserver une température stable et de se réchauffer ou de se refroidir très lentement³⁵³, alors que les constructions à faible inertie, comme nous le constatons dans la figure 4.21³⁵⁴, suivent sans amortissement ni retard les fluctuations de la température extérieure. Une inertie suffisante génère du confort et une économie d'énergie.

³⁵³ Collection technique CIMBETON (2007) « Béton et confort thermique » revue technique du centre d'information sur le ciment et ses applications, n° B 40, France.

³⁵⁴ Peuportier, B. et Thiers, S. (2006) « Des éco-techniques à l'éco-conception » actes de journée thématique sur l'efficacité énergétique des bâtiments, tenu à Toulouse le 21 Mars 2006.

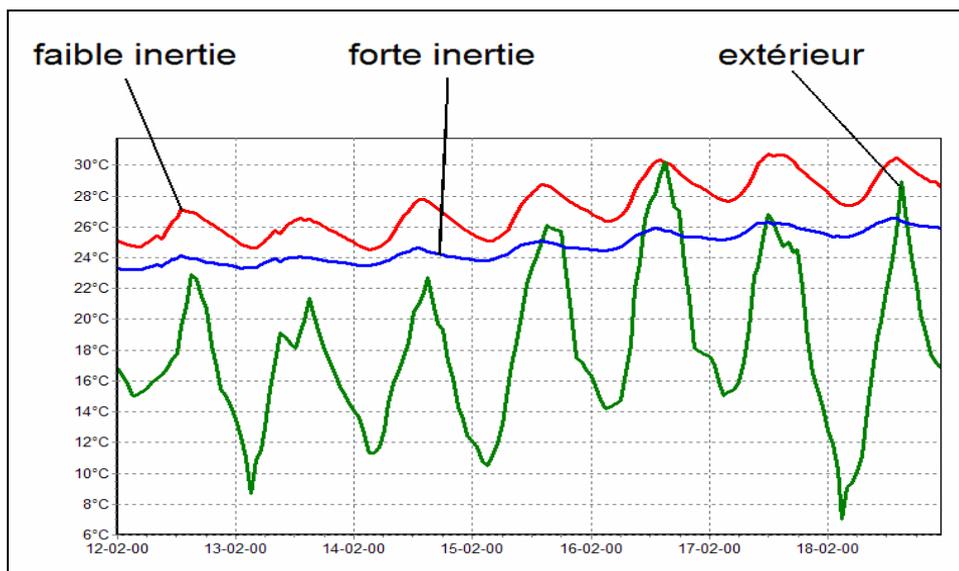


Figure 4.21 : Evolution des températures dans une maison individuelle pour trois niveaux d'inertie.

Pour établir une typologie en matière d'inertie thermique, nous nous référons à la méthode définie par le CSTB*, qui a retenu quatre classes d'inertie thermique: Très faible, faible, moyenne ou forte définies dans le tableau 4.5³⁵⁵. Leur calcul est fonction d'un coefficient moyen d'inertie dont un premier calcul est égal au produit de la masse surfacique utile de chaque paroi intérieure par la surface de celle-ci. La somme de ces produits pour toutes les parois du logement divisée par la surface habitable donne le coefficient caractérisant l'inertie thermique du logement (exprimée en Kg/m²)

Tableau 4.5 : Définition des classes d'inertie thermiques.

Masse par mètre carré habitable (en Kg/m ²)	Classes d'inertie
Inférieur à 100	Très faible
Egale ou supérieur à 100 et inférieur à 150	Faible
Egale ou supérieur à 150 et inférieur à 400	Moyenne
Egale ou supérieur à 400	forte

Les éléments dits lourds, comme définis par la réglementation thermique Française (RT 2000)³⁵⁶ ont les caractéristiques suivantes :

* Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Avenue du Recteur Poincaré, Paris.

³⁵⁵ Charbonnier, S et al (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur, Paris.

³⁵⁶ CSTB (2000) « Performances énergétiques des éléments opaques » document de la réglementation thermique (RT) 2000, France.

- **Plancher haut lourd :**
 - Béton plein de 8 cm au moins isolé par l'extérieur et sans faux plafond ;
 - Béton plein de plus de 15 cm sans isolant et sans faux plafond.
- **Plancher bas lourd :**
 - Plancher, chape ou dalle sans isolant thermique (plancher intermédiaire)
 - Béton plein de plus de 15 cm, chape ou dalle en béton de 4cm ou plus côté intérieur ;
- **Paroi verticale lourde :**
 - Mur de façade et pignons isolés par l'extérieur, avec à l'intérieur (7 cm de béton plein ou briques creuses de 15 cm ou plus et enduit)

Toutefois, pour que l'inertie thermique puisse jouer pleinement son rôle, les matériaux doivent pouvoir être "vidés" de l'énergie thermique qu'ils ont emmagasinés. En effet, si pour tous les bâtiments, une forte inertie est presque toujours bénéfique, en période de forte chaleur, notamment dans les climats très chauds et secs, comme le cas du site de notre étude, la structure finit par se charger en chaleur et met plus de temps à se vider des surchauffes stockées, ce phénomène incite alors à associer systématiquement l'inertie forte à une bonne ventilation nocturne, sans omettre la prise en compte des paramètres influents sur cet échange, à savoir :

▪ **La diffusivité thermique**

Elle exprime la vitesse de diffusion d'un flux de chaleur au sein d'un matériau (rapidité à transmettre la chaleur). Plus cette diffusivité est grande, plus la matériau s'échauffe ou se refroidit rapidement, elle s'exprime selon l'équation suivante³⁵⁷ :

$$D = \lambda / \rho \cdot C \text{ (m}^2\text{/s)} \qquad \text{Eq. 4.11}$$

Où :

- λ : conductivité thermique en W/m.°C ;
- ρ : masse volumique en kg/m³
- C : chaleur spécifique en kJ/kg.°C.

³⁵⁷ Degiovani A. (1977) « Diffusivité et méthode flash », in revue générale de thermique, n° 185. France.

▪ **L'effusivité thermique**

Elle exprime l'aptitude de la surface d'un matériau à stocker ou à restituer de la chaleur (rapidité à absorber la chaleur). Elle croît avec la conductivité et la capacité thermique et s'exprime par l'équation suivante³⁵⁸ :

$$Ef = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Eq. 4.12

En général, pour réduire l'amplitude d'un flux thermique, les parois d'enveloppe devront présenter une faible diffusivité et une forte effusivité. Cet objectif peut être atteint soit au moyen d'un choix de matériau unique adéquat en paroi homogène, que nous pouvons choisir en fonction de leur caractéristiques en terme de temps de déphasage ou de quantité de chaleur (Wh/m²K) accumulée comme l'indique le figure 4.22³⁵⁹, soit par l'emploi judicieux des parois composites avec une répartition telle que la faible diffusivité soit du côté extérieur, et la forte effusivité du côté intérieur³⁶⁰. A ce titre, E. Mazria (2006)³⁶¹ recommande l'utilisation de matériaux comme la terre stabilisée ou compressée, la brique, la pierre, le béton et des récipients d'eau, comme matériaux de finition, il donne la préférence au bois, contreplaqué et les plaques de plâtres. Dans le contexte de la démarche bioclimatique, une inertie très lourde, associée à une bonne gestion des apports solaires (captage l'hiver et protection l'été) devient un critère décisif de la construction, notamment pour le confort d'été, qu'il s'agisse des températures maximales atteintes ou des variations de températures jour / nuit³⁶².

Figure 4.22 : Temps de déphasage et quantité de chaleur accumulée de certains matériaux.

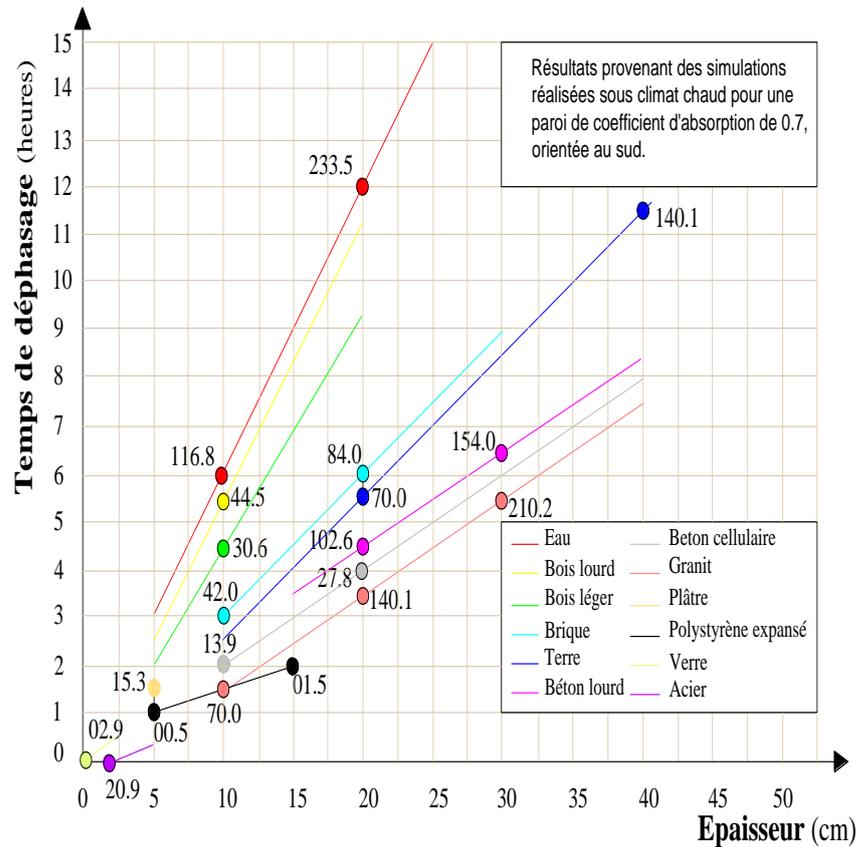
³⁵⁸ Izard J-L. (1993) « Architecture d'été – Construire pour le confort d'été » Editions EDISUD, page 68, France.

³⁵⁹ Gratia, E cité par De Herde et A. Liebard, Op.Cit. page 133 b

³⁶⁰ Izard, J-L. (1993), Op.cit. page 68.

³⁶¹ Mazria, E. (2005) Op.cit. page 94..

³⁶² Solution Béton (2000) « Inertie thermique et confort d'été » in revue construction moderne n° 103, France.



4.3 Etat de l'art en conception bioclimatique dans les climats chauds et secs (désertique)

4.3.1. Considérations générales

Les climats désertiques, où se trouve la vallée du M'Zab, sont relatifs aux zones hyper arides, arides et semi-arides. Ils caractérisent les régions subtropicales d'Afrique, d'Asie central et occidentales, d'Amérique du Nord-Ouest et du Sud, et d'Australie centrale et occidentale, comme indiquées dans la carte ci-après³⁶³. Dans ces zones, nous relevons³⁶⁴ :

- Des précipitations faibles, rares, irrégulières et imprévisibles;
- Une grande variation entre la température du jour et celle de la nuit;
- Des sols pauvres en matières organiques;
- Une pénurie d'eau propre à la consommation;
- Des végétaux et des animaux adaptés aux aléas climatiques.

³⁶³ UNEP / FAO (1992) « World atlas of desertification » Edition, Edward Arnold, London.

³⁶⁴ Unesco, (2003) « Les zones arides dans le monde », extrait de la conférence internationale « Hydrologie des régions méditerranéennes et semi aride » tenue à Montpellier du 1 au 4 avril 2003.

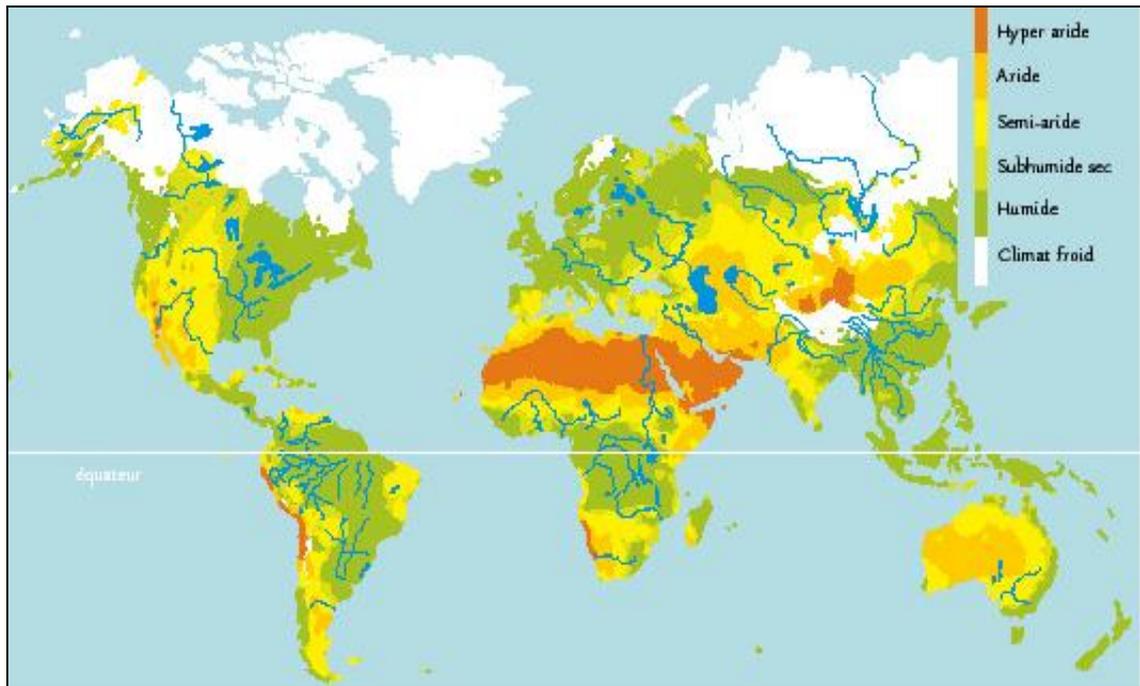


Figure 4.23 : Carte des déserts du monde.

La conception dans les climats chauds et secs, visant à satisfaire les exigences thermiques de l'homme, est un thème particulièrement important en rapport avec notre problématique. Il constitue méthodologiquement un référentiel comparatif des principes de conception et de construction à confronter avec les logements du Ksar de Tafilelt.

En effet, pour assurer le confort physiologique sous les climats chauds et secs, les bâtiments doivent être adaptés au confort d'été, en partant du principe que les exigences d'hiver seront satisfaites pour un bâtiment où le confort est assuré en été. On peut obtenir un climat intérieur supportable pendant la période la plus chaude en choisissant avec soins les matériaux et les détails de conception, qui agiront sur la régulation des températures et d'humidité, préalablement arrêtées.

Ainsi, la température limite pour le confort, par une faible humidité, pendant la journée est de 27 à 29°C, dans la soirée, avec une faible ventilation, les limites sont de 29 à 32°C, par contre pendant la nuit, malgré le métabolisme plus bas, la faible vitesse de l'air et la chaleur rayonnée par les faces internes des murs extérieurs et de la couverture qui atteint alors son maximum, contraignent à abaisser la température limite de confort à 24 – 25°C³⁶⁵.

Plusieurs recherches et publications ont été alors consacrées aux principes de conception en milieu chaud et sec (désertique), nous relevons les recommandations essentielles que nous avons choisi de présenter selon chaque auteur.

³⁶⁵ Givoni, B. (1978), Op.Cit pages 354.

4.3.2 Les principales recherches

4.3.2.1 Selon Givoni B. (1978)³⁶⁶

Dans les milieux désertiques chauds et secs, les bâtiments sont généralement conçus avec des toits plats, des matériaux lourds et de très petites ouvertures (dans les ksour du M'Zab, les ouvertures ne dépassent guère 30 cm en largeur et 70 cm en hauteur). Les murs et les toits extérieurs épais amortissent les fluctuations de température et stabilisent les températures intérieures à un niveau proche de la température de surface externe moyenne. L'enveloppe du bâtiment et sa structure doit se présenter sous une forme compacte avec des patios et des cours intérieures qui agissent comme régulateurs thermiques (voir figure 3.12 : Schéma de fonctionnement climatique d'un patio).

La ventilation devra être réduite au minimum pendant la journée pour ne pas introduire l'air extérieur chaud et les fenêtres doivent être de forme horizontales et disposées, comme le montre la figure 4.24, de telle façon à provoquer un mouvement d'air dans la pièce par voie thermique pendant les heures sans vent.

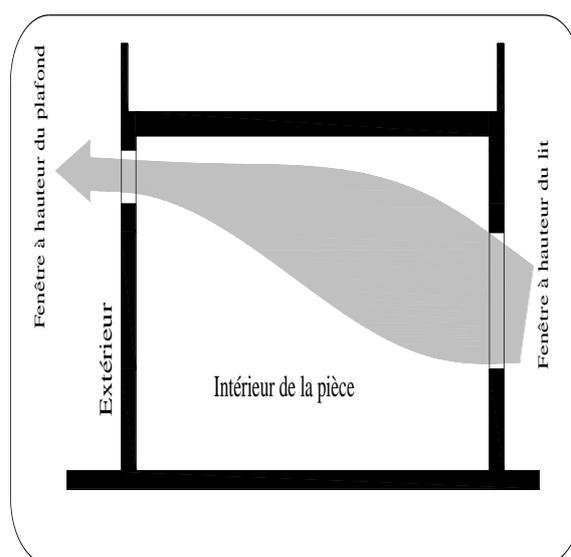
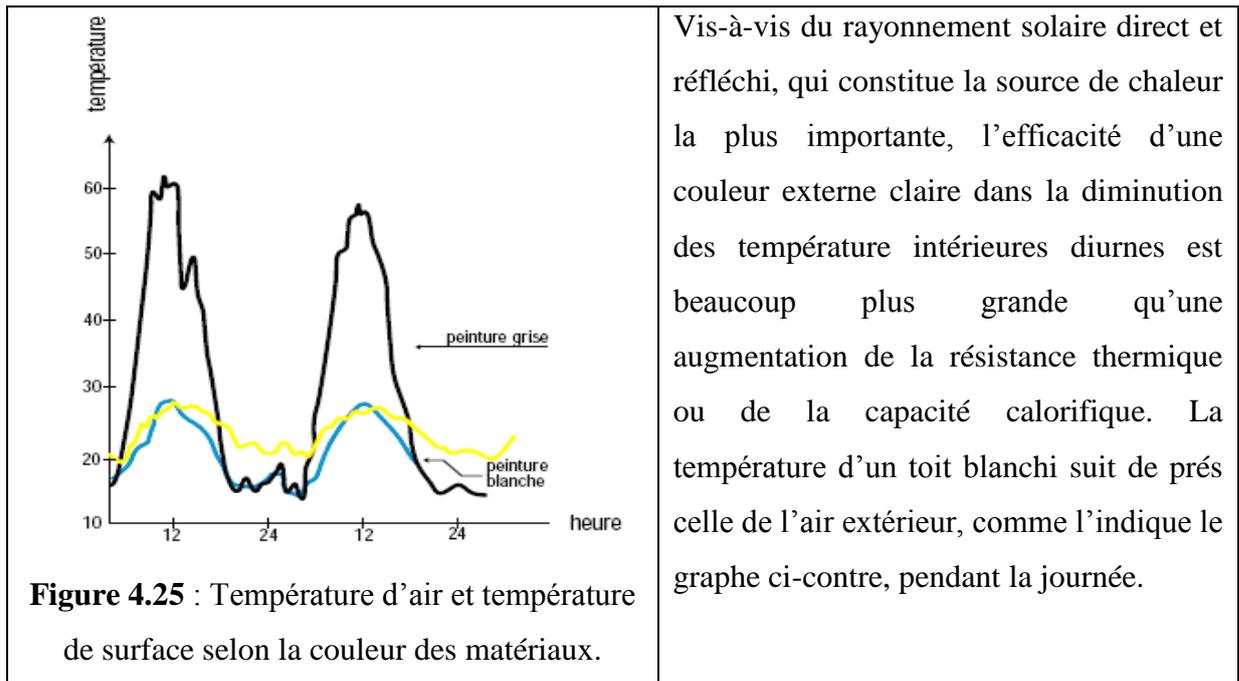


Figure 4.24 : Disposition des ouvertures.

Concernant le choix de l'orientation, l'objectif étant de réduire les températures intérieures diurnes par la recherche d'un échauffement solaire minimale. Une orientation Nord-Sud est alors favorable à une orientation Est-Ouest.

³⁶⁶ Givoni, B. (1978), Op.Cit pages 352 à 358.



Vis-à-vis du rayonnement solaire direct et réfléchi, qui constitue la source de chaleur la plus importante, l'efficacité d'une couleur externe claire dans la diminution des température intérieures diurnes est beaucoup plus grande qu'une augmentation de la résistance thermique ou de la capacité calorifique. La température d'un toit blanchi suit de près celle de l'air extérieur, comme l'indique le graphe ci-contre, pendant la journée.

Le rayonnement de grande longueur d'onde vers le ciel réduit la température de 6 à 10°C en dessous de la valeur ambiante. Ainsi un toit, lorsqu'il n'est pas blanchi, constitue une source permanente d'échauffement de la maison.

La combinaison des dispositions que nous venons de relater, permet de maintenir une relative fraîcheur pendant la journée, ainsi les matériaux lourds avec une couche extérieure d'un matériau isolant revêtu d'une couverture étanche de couleur claire minimise amplement l'absorption du flux de chaleur, la faible proportion qui parvient à se faire absorber peut être évacuée facilement par une ventilation intérieure pendant la soirée et la nuit.

4.3.2.2. Selon Konya A. (1980)

Konya A³⁶⁷ traite les aspects fondamentaux du confort thermique, du climat, des matériaux et des techniques constructives dans les milieux chauds et secs (désertiques). Les recommandations bioclimatiques contenues dans l'ouvrage, constituent pour nous l'intérêt majeur pour notre thème du mémoire que nous les présentons sous trois sous les volets suivants :

- Dispositions à prendre
 - Le climat chaud et sec ainsi que les tempêtes de sable sont les sources d'inconfort dans le bâtiment ;

³⁶⁷ Konya, A. (1980) « Design primer for hot climates » Edition, The Architectural Press Ltd, London.

- Gérer les protections contre le rayonnement solaire direct et réfléchi ainsi que l'éblouissement ;
- Le mouvement d'air pendant la journée est source d'inconfort.
- Organisation spatiale
 - Favoriser des compositions compactes en groupant les constructions pour un ombrage mutuel et un minimum d'exposition ;
 - Opter pour une organisation introvertie autour d'un patio, où tous les espaces s'ouvrent ;
 - Privilégier l'orientation Nord-Sud (ouvertures) ;
 - Eviter l'orientation Ouest pour les espaces habitables en créant des espaces comme barrière thermique ;
 - Isoler les zones de surchauffe et les ventiler séparément ;
 - Prévoir de la végétation pour l'ombrage et des points d'eau pour l'humidification de l'air ;
 - Projeter des espaces extérieurs pour dormir.
- Techniques constructives
 - Les ouvertures doivent être de petites dimensions particulièrement pour les murs extérieurs, elles doivent être protégées du rayonnement solaire et de l'éblouissement ;
 - Les murs doivent être épais, mais pour les chambres à coucher, il est nécessaire d'opter pour les murs de faible inertie puisqu'ils permettent le rafraîchissement rapide des pièces juste après le coucher du soleil ;
 - Les toitures seront massives avec stockage de chaleur et une surface supérieure réfléchissante. Des pulvérisateurs ou des plans d'eau en toiture, seraient efficaces pour le refroidissement ;
 - Projeter une double toiture, pour favoriser la circulation de l'air entre les deux parties. La partie basse serait plus lourde avec la surface supérieure réfléchissante. La partie haute serait plus légère avec une surface extérieure très réfléchissante et une surface inférieure de faible émission ;
 - Utiliser la chaux pour ses propriétés de réflexion du rayonnement solaire, grâce à sa couleur blanche et son caractère économique. Néanmoins, le blanc dans ces régions nécessite beaucoup d'entretien et cause des problèmes

d'éblouissement, il est recommandé alors d'utiliser des tonalités de brun qui s'harmonise avec la couleur de la terre et du paysage.

4.3.2.3. Selon Chatelet A. et al (1998)

Les travaux d'Alain Chatelet et son équipe (Pierre Fernandez et pierre Lavigne)³⁶⁸ portent sur divers climats, mais pour les besoins de notre travail, nous nous intéressons à ceux établis pour les climats sous les faibles latitudes jusqu'à la lisière des climats méditerranéens. Les recommandations données pour ces caractérisés de climats chauds et secs, sont les suivantes :

- La limitation des entrées solaires par les ouvertures en :
 - Réduisant leurs surfaces juste pour assurer un éclairage naturel ;
 - Optant pour une orientation Nord-Sud et en évitant le plus possible les ouvertures à l'Est et à l'Ouest et les ouvertures inclinées proches de l'horizontale ;
 - Favorisant la conception compacte qui offre le moins possible de surface d'enveloppe au climat ;
 - L'installation de brise-soleils très simples au sud, à lames verticales pour les ouvertures orientées à l'est et à l'ouest (voir plus haut les types de brise-soleils).

- La limitation des captages solaires par les parties d'enveloppe opaques en :
 - Passant périodiquement une couche superficielle réfléchissant au rayonnement solaire. Le lait de chaux correspond bien à cet usage ;
 - Installant des écrans entre le soleil et les parties d'enveloppe les plus exposées comme la toiture sur comble ventilée ou les végétaux pour les murs exposés à l'Est et à l'Ouest.

- La réalisation des parois isolantes :
 - Soit une grande épaisseur d'un matériau de conductivité thermique médiocre ce qui favorise la résistance thermique ;

³⁶⁸ Chatelet, A. et al (1998) Op. cit. Pages 89 à 107.

- Soit par l'addition d'une couche isolante dans les parois soit de murs, de toitures ou même de planchers ;
- Soit par l'utilisation des blocs creux bien étudiés comme les blocs de parpaing, les blocs de béton cellulaire...

▪ L'organisation des espaces par :

- La séparation de ceux à forte production de chaleur, comme la cuisine, avec les autres espaces ;
- Une répartition selon leur usage et leur situation dans la maison comme le montre la figure 4.26 ;
- Une répartition spatiale qui favorise un refroidissement par entrée directe pour les espaces qui ont en le plus besoin, comme nous le montre l'exemple de la figure 4.27.

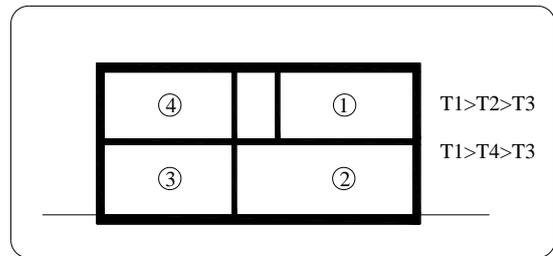


Figure 4.26 : Impact de la situation des espaces sur la température intérieure.

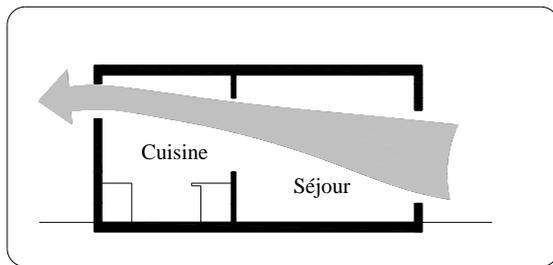


Figure 4.27 : Répartition des espaces selon le besoin du refroidissement.

▪ Le refroidissement des parois et des espaces par :

- Une toiture-terrasse avec de la terre et de la végétation arrosée quotidiennement car la chaleur latente de vaporisation est énorme ;
- Le refroidissement de l'air par le passage en canaux sous le sol (puit canadien, voir figure 3.29) ;
- La ventilation naturelle induite par l'effet thermosiphon qui consiste à créer une charge motrice par différence de températures entre deux parties d'une boucle, entraînant une ventilation ascendante ;

○ L'utilisation du système type "Jarre – Nazria", semblable aux tours à vents, qui consiste en l'évaporation de l'eau par un courant d'air qui se refroidit en fournissant une chaleur sensible égale à la chaleur latente d'évaporation de l'eau comme indiqué dans la figure 4.28 ci-contre.

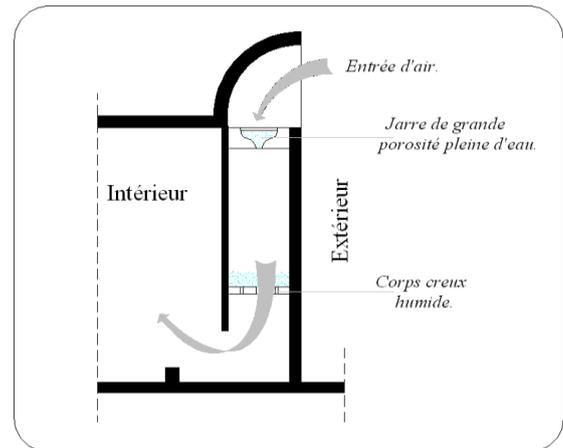


Figure 4.28 : Système de fonctionnement de la "jarre – Nazria".

4.3.3. La recherche bioclimatique en Algérie

Depuis la fin des années 70, l'Algérie s'est lancée, à travers les écoles d'architectures, à l'initiation des futurs architectes pour l'utilisation des énergies renouvelables dans le domaine du bâtiment pour ensuite ouvrir des options en bioclimatique et plus tard des formations post-graduées en "Architecture & Environnement" dans le but de répondre au besoin d'approfondissement des connaissances et de développement de la recherche dans les domaines de l'architecture et de l'urbanisme intégrés à la démarche du développement durable³⁶⁹, et proposer des solutions aux exigences de confort, de sécurité et de préservation de cadre de vie espéré aujourd'hui et demain.

Parallèlement à l'activité pédagogique universitaire, des structures opérationnelles ont été créées comme :

- Le C.N.E.R.I.B (Centre National d'Etudes et de Recherches intégrées du Bâtiment) qui a été créé en 1978 pour entreprendre tout travail scientifique et technique se rapportant au bâtiment. Depuis il a entrepris plusieurs travaux de recherche, dont les plus récents concernent l'habitation écologique et efficiente sur le plan de l'énergie³⁷⁰, qui a vu le jour en 2008 sur le site du CNERIB à Soudania (Alger).

³⁶⁹ E.P.A.U (Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme), Post-graduation « Architecture & Environnement » 2007 / 2008, Dr E. B. Azzag. Alger.

³⁷⁰ Afra, H. (2009) « Projet d'efficacité énergétique dans le secteur de la construction » in dossier du CNERIB n° 12-2008, Alger.

- Le C.D.E.R (Centre de Développement de Energies Renouvelables) est chargé depuis sa date de création en 1988 d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherche et de développement scientifique et technologique des systèmes énergétiques, exploitant l'énergie solaire, éolienne, géothermique et l'énergie de la biomasse, applicables pour divers domaines d'activités notamment l'habitat. Il est à souligner la création au début des années 70 d'une station solaire à Bouzareah (Alger) et qu'à la fin de cette décennie, il existe en Algérie quatorze (14) chercheurs en énergie solaire³⁷¹. La recherche sur les énergies renouvelables a débuté bien avant l'indépendance de l'Algérie avec le premier four solaire au monde.

En matière de réalisations bioclimatiques issues d'un programme de recherche scientifique, le village solaire intégré (V.S.I) de Boussaâda ainsi que l'habitation rurale du CNERIB peuvent en constituer pour la recherche scientifique des référents contemporains.

4.3.3.1. Le village solaire intégré

Le village solaire intégré (V.S.I) de Boussaâda est un projet initié en 1978 et financé par l'O.N.R.S (Organisme National de la Recherche Scientifique) et le C.R.A.U (Centre de Recherche en Architecture et en Urbanisme) en collaboration avec l'U.N.U (Université des Nations Unies)³⁷². Le village dont le terme fait référence aux 1000 villages socialistes initiés par l'Etat Algérien (*voir chapitre 1 : Le deuxième plan quadriennal de 1974 à 1977*) vise la promotion des zones rurales et arides et le développement de son habitat par l'intégration des énergies douces³⁷³.

Le concept de ce village obéit aux principes bioclimatiques qui assurent les conditions minimales de confort thermique et de contrôle des effets climatiques, ainsi que les paramètres socioculturels et économiques locaux comme³⁷⁴ :

- Le respect de l'intimité familiale ;
- La consistance des espaces les plus utilisés (cuisine) par rapport aux autres avec prolongement des activités vers l'extérieur ;
- La prévision d'espaces pour animaux tout en maintenant les conditions d'hygiène.

³⁷¹ Khelfaoui, H. (2001) « La science en Algérie » in "Les sciences en Afrique à l'aube du 21^{ème} siècle" sous la direction de Roland Waast et Jacques Gaillard. Téléchargement le 23.10.2008 ? à partir du site <http://www.ird.fr/>.

³⁷² C.R.A.U (1983) « Village Solaire Intégré » Centre de recherche en architecture et urbanisme, Alger.

³⁷³ Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique (1983) « Village solaire intégré, études préliminaires » Edition, Office des Publications Universitaires (O.P.U) Alger.

³⁷⁴ Ould-Hennia, A. (2003), Op. cit. page 28.



Photo 4.1 : Vue des trois prototypes du village solaire de Boussaâda.

ue dans l'approche du confort thermique.

Le solaire passif basé sur l'organisation intérieur des espaces, l'orientation Nord-Sud des façades principales, l'utilisation des matériaux locaux adaptés ainsi que l'introduction de la serre, en sont les principes bioclimatiques utilisés dans ce projet.

4.3.3.2. L'habitation rurale du C.D.E.R et C.N.E.R.I.B

Dans le domaine de l'habitat, les pouvoirs publics ont inscrits au plan quinquennal 2005-2008, un programme très ambitieux de logements participatifs et ruraux, il représente environ 62% du million de logements (*tableau 1.2*). En 2008, 45000 logements sont en voie de réalisation dans les régions rurales.

Le CDER et le CNERIB, voulant apporter leur contribution dans le développement de ce programme, ont développé un concept d'habitation rurale dans le cadre du programme européen MED-ENEC sur le Projet d'Efficienne Energétique. Le prototype construit sur le site même du CNERIB (photo 4.2), devant être achevé en septembre 2008³⁷⁵, présente dans sa conception les caractéristiques bioclimatiques suivantes³⁷⁶ :

- L'utilisation de la brique de terre comprimée et stabilisée (BTS), disponible localement et assure un excellent niveau d'isolation thermique par résistance thermique des murs ;
- L'utilisation de l'énergie solaire (pour le chauffage par plancher et la production d'eau chaude sanitaire), l'éclairage, la ventilation naturelle et les fenêtres à double vitrage pour réduire la consommation d'énergie de 40 % ;
- L'isolation des murs extérieurs ;
- L'utilisation d'un plancher chauffant ;
- L'éradication des ponts thermiques ;
- La mise en place de protections solaires ;

³⁷⁵ C.N.E.R.I.B, (2008) « Projet d'efficienne énergétique dans le secteur de la construction » Dossier n°12-2008.

³⁷⁶ Imessad, K. (2007) « Efficienne énergétique dans le secteur du bâtiment », projet de coopération CDER CNERIB & MED – ENEC, in bulletin des énergies renouvelables n° 11, juin 2007. Alger.



Photo 4.2 : Prototype de l'habitation rurale développée par le CDER et le CNERIB.

ue dans l'approche du confort thermique.

- L'utilisation de matériel électrique à faible consommation d'énergie.

4.4. Les outils d'évaluation bioclimatique

Introduction

L'étude ou l'évaluation de l'habitat aux impératifs du bioclimatique peut se faire en s'inspirant des données ou des éléments que nous venons d'évoquer dans le présent et le précédent chapitre. Toutefois, comme la structure des outils d'évaluation est fortement influencée par leur finalité, et les différentes finalités sont également liées à des types de destinataires différents, il revient alors de clarifier ce que l'on veut faire des résultats avant de faire le choix d'un outil³⁷⁷. En ce qui nous concerne, un des objectifs les plus importants (voir chapitre introductif) pour notre cas d'étude et d'arriver à proposer des recommandations architecturales pour l'amélioration de l'aspect bioclimatique notamment le confort thermique du ksar de Tafilelt.

Pour cela, l'outil que nous avons choisi est celui généralement utilisés dans le domaine du bioclimatique, que nous décomposons en deux catégories:

- Les outils graphiques ;
- Le diagramme bioclimatique de Givoni.

Nous utiliserons aussi les résultats de l'enquête que nous avons effectué auprès des habitants du Ksar de Tafilelt comme outil complémentaire d'analyse, et même un aperçu comparatif avec les ksour de la vallée du M'Zab pour se servir de l'expérience vernaculaire mozabite comme un moyen de régénération dont les principes seraient transposables à d'autres situations, ou du moins en tirer des leçons.

Nous nous intéressons présentement à deux catégories d'outils graphiques ;

- d'abord les outils de simulation du gisement solaire qui nous conduiront à l'analyse des orientations, du choix de l'isolation, des surfaces exposées, se sont les diagrammes solaires énergétiques ;

³⁷⁷ Knoepfel, P. et Münster, M. (2004) « Guide des outils d'évaluation de projet selon le développement durable » Edition, Département fédéral de l'environnement, des transports de l'énergie et de la communication, Suisse.

- Ensuite le diagramme bioclimatique dont le principe est de donner pour un bâtiment les conditions extérieures pour lesquelles, les réponses de l'enveloppe et de la structure conduira à des ambiances intérieures comprises dans la zone de confort préalablement définie.

4.4.1. Le diagramme solaire

La représentation de la course apparente dans le ciel permet de répondre, où que l'on se trouve dans le monde, à la question : « A quel moment une surface donnée d'un bâtiment est-elle ensoleillée ? ». Cette représentation s'appelle le diagramme solaire et permet alors de connaître³⁷⁸ :

- La durée de l'ensoleillement (en heures) des façades du bâtiment* ;
- La quantité d'énergie solaire reçue (KWh / m²) ;
- La performance en protection solaire des masques architecturaux.

L'idée du diagramme solaire est en fait relativement récente, puisque son origine remonte aux travaux de I. Xenakis de 1952 au sein de l'atelier de Le Corbusier, qui pour les besoins d'un projet à Chandigarh (Inde), a mis au point un diagramme solaire qui permet la construction graphique de l'ombre portée par un point quelconque sur un plan horizontal ainsi que la détermination graphique de l'azimut et de la hauteur du soleil pour une latitude donnée, compte tenu du problème de l'ensoleillement où les températures dépassent largement les 40°C, des problèmes de ventilation et de contrôle de l'hygrométrie qui s'imposent comme éléments déterminants du projet.

En fait, l'idée du diagramme solaire est l'aboutissement d'un ancien outil méthodologique « *la grille climatique* » mis aussi au point par Xenakis en 1951. La grille climatique combine la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse de l'air et la température des parois, et se présente sous forme d'un tableau à trois colonnes. Dans la première colonne (A) intitulée « *les conditions d'ambiance* » on retrouve les quatre facteurs d'ambiance cités, la deuxième colonne s'intitule « *corrections en vue du confort et du bien être* » et la dernière se présente

³⁷⁸ Izard, J-L. (2008) « Outils de représentation de la course apparente du soleil » Ecole Nationale supérieure d'architecture de Marseille, France. Document téléchargeable à partir du site <http://www.envirobat-med/diagramme-solaire.pdf/>

* La durée dépend de la latitude du lieu, de l'orientation des façades, de la saison, de l'heure de la journée et de la présence ou non des masques.

sous le titre '*solutions architecturales*'³⁷⁹. Son application pour un projet de maisons individuelles d'une superficie de 110 m² implantées à Chandigarh, a permis la mise au point de diverses solutions architecturales, parmi elles :

- La mise en place d'un système de rafraîchissement par la création d'une poussière fine de gouttelettes d'eau dans le jardin et sur le toit et les murs ;
- L'installation de brise-soleil et d'auvents qui augmentent la surface d'ombre ;
- La projection d'un double toit de type parasol peint en blanc pour réfléchir les rayons thermiques ;
- L'augmentation de l'hygrométrie par l'installation d'un calicot humidifié à l'endroit de l'entrée du vent ;
- L'orientation judicieuse des ouvertures en fonction des vents ;
- Des chambres fermées à l'aide de rideaux épais en coton, se roulant sous le plafond pour la saison fraîche³⁸⁰.

En Algérie, le mérite revient à notre avis à Michel Capderou qui a établi en 1987, dans un ouvrage intitulé '*L'atlas solaire de l'Algérie*' et composé de trois (03) tomes, un ensemble de diagrammes solaires, pour l'ensemble des régions du pays dont celui de la figure 4.29 applicable pour la vallée du M'Zab qui se trouve à la latitude 32,23° Nord et 03,49° Est³⁸¹. L'ouvrage est venu suite au besoin de fournir les données relatives à l'énergie solaire pour le site du village solaire (V.S.I) de Boussaada³⁸² (voir titre ci-après sur la recherche bioclimatique en Algérie).

³⁷⁹ Siret, D et Harzallah, A. (2006) « Architecture et contrôle de l'ensoleillement » in actes du séminaire organisé par l'ISBPSA (International Building Performance Simulation Association) les 02 et 03 novembre 2006 en Ile de la réunion.

³⁸⁰ Siret, D et Harzallah, A. (2006), Op. cit. Document non paginé.

³⁸¹ Capderou, M. (1987) « Atlas solaire de l'Algérie, aspect géométrique, synthèse géographique » Tome 3, volume 1, Editions Office des Publications Universitaires (O.P.U), Alger.

³⁸² Boudiaf, M. (Directeur de l'EPAU, Alger) (1987) in « L'atlas solaire de l'Algérie » Tome 1, volume 1 Editions Office des Publications Universitaires (O.P.U), Alger.

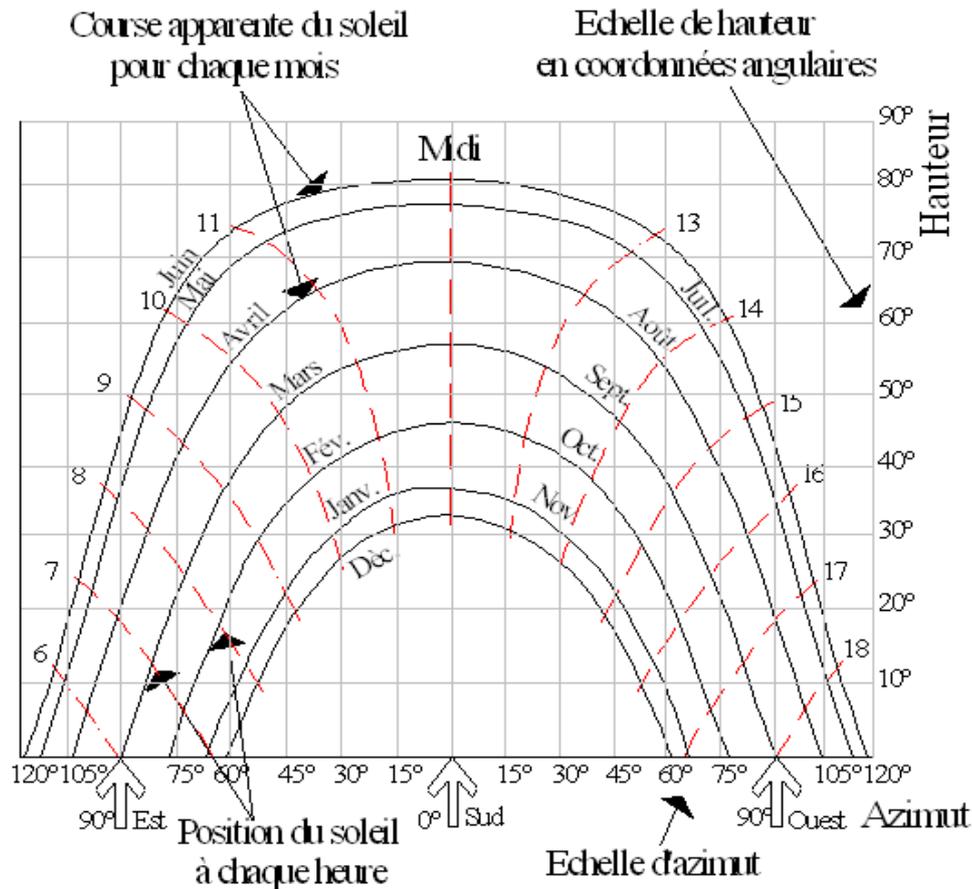


Figure 4.29 : Diagramme solaire latitude 32° Nord.

4.3.2. Le diagramme bioclimatique

L'idée de proposer une procédure pour l'adaptation de la conception de bâtiments aux exigences humaines et climatiques revient initialement à Victor Olgay³⁸³, mais par mesure d'adaptabilité, B. Givoni l'avait amélioré car la méthode d'Olgay est limitée dans ses applications puisqu'elle ne concerne que les régions humides dont la ventilation est essentielle pendant la journée, ce qui n'est pas du tout le cas pour les zones à climat chaud et sec, comme le site de notre cas d'étude. Givoni a alors mis au point un outil synthétisant les zones thermo-hygrométriques que sont capables de couvrir les performances des principales options architecturales. Il exprime sur un diagramme psychométrique ou bioclimatique (figure 4.30), présenté dans son ouvrage 'L'homme, l'architecture, le climat'³⁸⁴, les moyens d'intervention

³⁸³ Olgay, V. (1963) « Design with climate » Princeton University Press, N.J. USA.

³⁸⁴ Givoni, B. (1978), Op. cit. Page 330.

par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés pour remédier aux sollicitations du climat³⁸⁵.

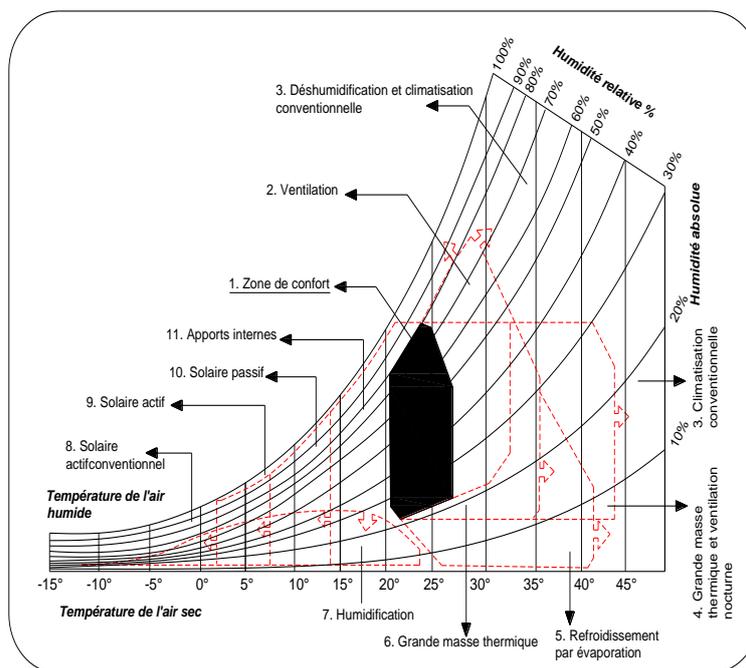


Figure 4.30 : Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.

Il revient à représenter le climat mois par mois par deux points sur un diagramme, chaque mois est représenté par un segment qui représente une journée type du mois. Le point gauche du segment représente le couple, température minimale ($T_{\min.}$) et humidité relative maximale ($HR_{\max.}$) et le point de droite représente le couple, température maximale ($T_{\max.}$) et humidité relative minimale ($HR_{\min.}$). L'utilisation du diagramme bioclimatique permet de savoir si l'espace considéré se trouve dans la zone de confort (zone hachurée dans le diagramme) ou hors de cette zone pour chercher quels aménagements à apporter pour retrouver le confort (circulation d'air, chauffage, humidification, rafraîchissement par évaporation, action de la masse thermique...)³⁸⁶. Néanmoins, l'utilisation de ce diagramme requiert certaines conditions, comme :

³⁸⁵ Chatelet, A. et al (1998) « Architecture climatique, une contribution au développement durable » Tome 2, Concepts et dispositifs, Editions EDISUD, Aix-en-provence, France page 19.

³⁸⁶ Etchegarray, J. (2008) « Quels dispositifs architecturaux sont nécessaires dans un habitat bioclimatique » in actes du séminaire "Alter village sur les formes d'actions militantes" tenu à Toulouse les 18 et 21 août 2008.

- Les sujets sont acclimatés, au repos ou engagés dans une activité sédentaire, avec une tenue vestimentaire adaptée de l'ordre de 1 clo* ;
- Les entrées solaires à travers les ouvertures et les parties opaques d'enveloppe sont négligeables ;
- Les bâtiments sont considérés non climatisés, ni chauffés.

Sur chaque partie du diagramme³⁸⁷, on peut avoir la zone de confort pour des températures combinées avec l'humidité, comme le montre la figure 4.31³⁸⁸ où le confort est obtenu, soit par l'inertie uniquement (figure 4.16 [1]) ou par une ventilation nocturne associée à une forte inertie dans le cas d'une température dépassant les 35°C (figure 4.16 [2]).

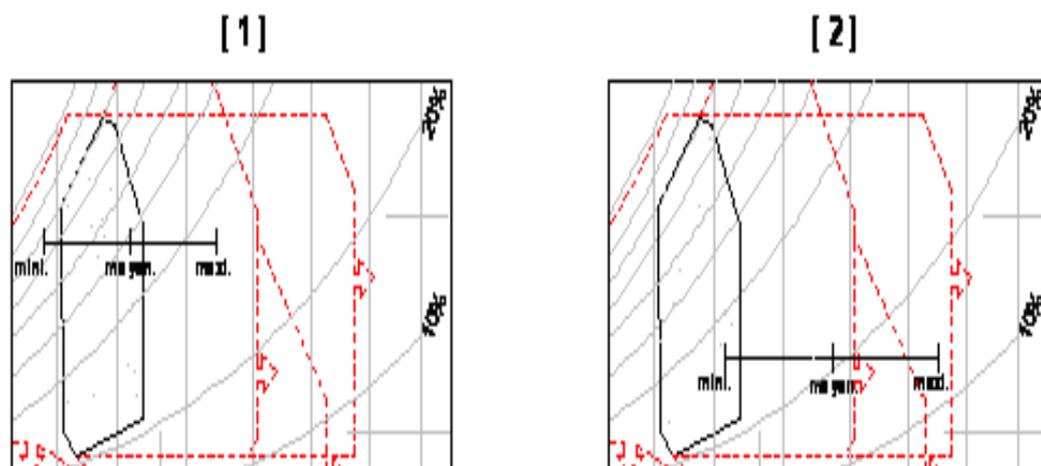


Figure 4.31 : Utilisation du diagramme bioclimatique.

Pour le cas des climats chauds et secs, caractérisés par de fortes températures diurnes et de faibles taux d'humidité (cas de la vallée du M'Zab), nous nous situons selon le diagramme bioclimatique dans les zones (4), et (5), la température moyenne est alors suffisamment élevée, qu'il ya lieu d'agir sur le refroidissement de l'air en l'humidifiant et disposer d'une grande masse thermique associée à la ventilation nocturne. D'autres méthodes, comme celle de Szokolay, est aussi utilisée, mais comparativement à celle de Givoni, elle demeure inadaptée aux régions chaudes³⁸⁹ notamment en période d'hiver. Ceci a été d'ailleurs vérifié par les travaux d'Ould-Hennia A. dans sa thèse de doctorat³⁹⁰.

* Le clo est l'unité de résistance thermique des vêtements. Les vêtements, avec une résistance thermique de 1 clo maintiennent le confort thermique d'une personne assise dans un environnement où la température ambiante est de 21°C et la vitesse du mouvement d'air de 0,1 m/s. $1 \text{ clo} = 0.1555 \text{ m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{w}^{-1}$.

³⁸⁷ Givoni, B. (1978), Op.cit pages 328 à 331.

³⁸⁸ Chatelet, A et al. (1998) Op. cit page 22.

³⁸⁹ Szokolay, S. (1980) « Environment science handbook » Edition Pitman Press, Grande-Bretagne.

³⁹⁰ Ould-Hennia, A. (2003) « Choix climatiques et construction, zones arides et semi-arides : la maison à cour de Boussaâda » page 45. Thèse soutenue en 2003, à l'école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.

Conclusions

La notion du confort thermique, que nous venons d'aborder, nous renseigne finalement sur sa complexité, où le couple habitant/habitat ne doit en aucun cas être dissocié comme on le voit de nos jours. L'habitat ne doit pas être appréhendé comme bien de consommation standard et uniformisé, mais doit intégrer tous les facteurs personnels et culturels des habitants qui rendront propice leur épanouissement et leur bien être. L'architecture bioclimatique apparaît alors comme réponse pour l'union de l'habitant et de l'habitat. Quant à sa conception, notamment dans un climat désertique (chaud et sec), nous nous sommes intéressés aux travaux de trois auteurs de référence, car la nécessité d'un état de l'art dans ce domaine précis, constitue un référentiel et un cadre d'étude et d'évaluation bioclimatique d'un quelconque espace destiné à l'habitation continue.

Des travaux des auteurs cités, nous retenons une certaine convergence vers des principes communs, que nous énumérons ci-après :

- ✓ L'orientation Nord – Sud à privilégier ;
- ✓ La compacité pour réduire la surface exposée à l'extérieur, valable pour le bâtiment que pour un groupement ;
- ✓ Les toits et les murs qui doivent être lourds pour stocker la chaleur (forte inertie) ;
- ✓ La diminution des dimensions d'ouvertures, juste pour assurer l'éclairage naturel ;
- ✓ L'organisation introvertie autour d'un patio ou d'une cour, vers lesquels les espaces s'ouvrent ;
- ✓ La limitation de la ventilation pendant la journée pour limiter la pénétration de chaleur à l'intérieure des pièces ;
- ✓ La primauté pour la ventilation par voie thermique pour dissiper la chaleur accumulée ;
- ✓ L'utilisation de la couleur claire pour éviter l'absorption de la chaleur ;
- ✓ L'utilisation de protections solaires (isolants, écrans...) ;
- ✓ Une bonne disposition des espaces selon l'usage ;
- ✓ La prévision d'espaces extérieures pour dormir pendant les périodes chaudes.

CHAPITRE 5
PRESENTATION DU CAS D'ETUDE ET SA
REGION

5.1. Présentation de la vallée du M'Zab

5.1.1. Données géographiques

A 600 Km au sud d'Alger, on rencontre les premières assises d'un plateau rocheux, découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes dans les autres. Ce réseau de rochers et de vallons disséminés à l'aventure marque vers le sud la fin de la région de l'alfa³⁹¹, c'est la porte de la wilaya de Ghardaïa (figure 5.1)³⁹². Cette wilaya comprenant la vallée du M'Zab est supportée par un plateau dit "plateau de la hamada" compris entre les 32° et 33° 20' de latitude Nord et 2° 30' de longitude Est³⁹³. D'une superficie de 86 105 Km², avec ses neuf daïras et ses treize Communes, cette wilaya compte environ, (375 000) habitants, et délimitée par les wilayas d'El Bayadh et d'Adrar à l'est, Tamanrasset au sud, Ouargla à l'est et Laghouat, Djelfa au nord (figure 5.2)². Le plateau de la Hamada est recouvert par des terrains quaternaires où de considérables érosions ont fait surgir un plateau de calcaire disséqué, découpé en vallées et ravins qui s'enchevêtrent les uns dans les autres.

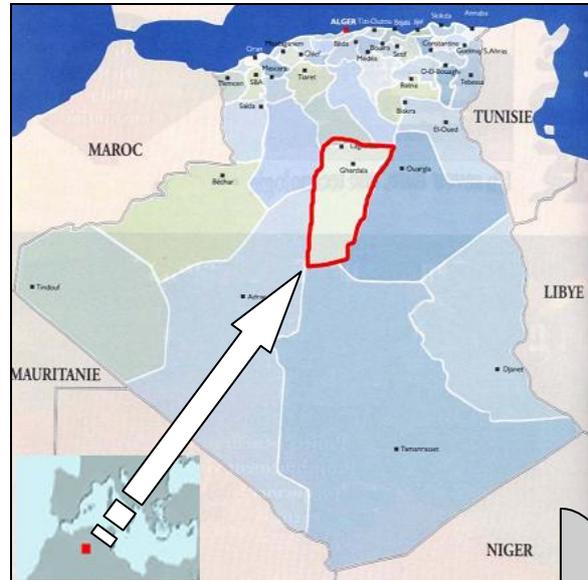


Figure 5.1 : Situation de la wilaya de Ghardaïa
Echelle Nationale

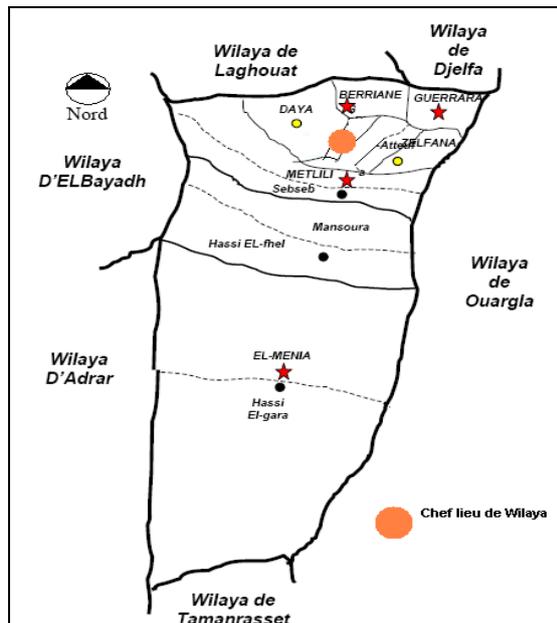


Figure 5.2 : Découpage de la wilaya de Ghardaïa.
Echelle régionale

³⁹¹ Coyne C. (1879) « Le M'Zab », in revue africaine, tome 23, Editions Jourdan, Alger.

³⁹² Euromed héritage, Delta Imed (2005) « Développement des systèmes territoriaux, cas de Ghardaïa » <http://www.imednet.it/delta/> figure téléchargée le 21.12.2008.

³⁹³ Francis O. (2002) « Réseau de gravimétrie absolue Algérien » in revue bimensuelle de l'I.N.C. (Institut National de Cartographie), n° 10. Editions du Centre de la documentation et de la conservation de l'information géographique, Alger.

c'est de ce phénomène que les habitants de la région l'on dénommé du nom analogique de chebka (filet), comme le montre la figure 5.3³⁹⁴. Incliné du nord-ouest au sud-est, le plateau a une altitude moyenne de 700 à 800 mètres dans la partie nord-ouest et de 300 mètres seulement dans la partie sud-est.

La vallée de M'Zab, d'une superficie de 50 Km² et célèbre par ses ksour, s'étend sur 20 Km de longueur et 2.5 Km de largeur. Elle est composée d'espace minéral, les ksour (figure 5.4)³⁹⁵, et d'espace végétal, les palmeraies qui entourent ces derniers. Sept ksour forment la vallée du M'Zab. Cinq sont situés sur les berges de l'oued M'Zab et forment ainsi la Pentapole du M'Zab. Ce sont *Béni-Isguen*, *Bounoura*, *El Atteuf*, *Ghardaïa* et *Melika*. Les deux derniers, *Guerrara* et *Berriane*, sont situés à quelques kilomètres de la Pentapole³⁹⁶.

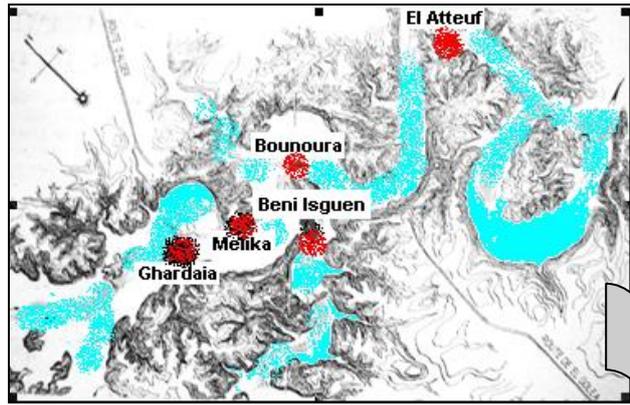


Figure 5.3 : La chebka de la vallée du M'Zab.
32° 29' Nord, 3° 40' Est

Echelle locale

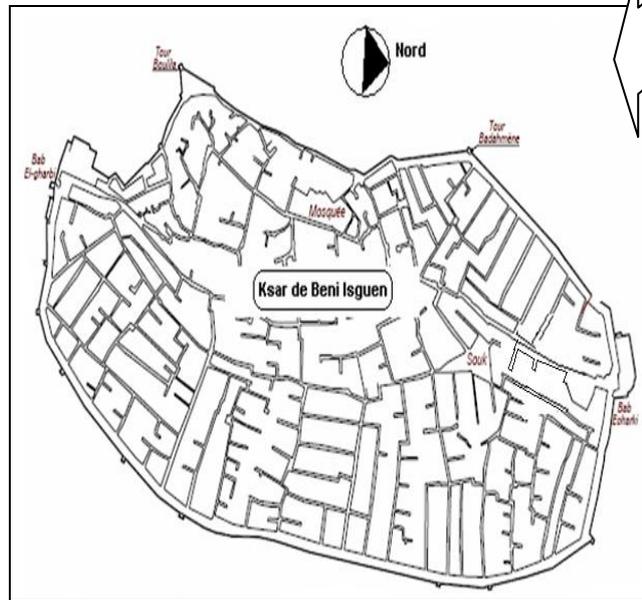


Figure 5.4 : Structure du Ksar de Beni-Isguen.

Echelle urbaine

Quatre vallées principales reçoivent les eaux de ce plateau, ce sont : au sud, celle de l'oued Metlili limitant à peu près la chebka de ce côté, en remontant vers le nord, la vallée de l'oued M'Zab qui prend sa source au nord-ouest de la chebka et se perd dans le bas fond d'El-Aicha, à 16 kilomètres au nord de N'goussa, puis la vallée de l'oued Neça dont la tête

³⁹⁴ Baudouï, R et Potié, P. (2003) « André Ravéreau, l'atelier du désert » Editions Parenthèses, Marseille France.

³⁹⁵ Mousselmam, B. (2001) « Réhabilitation et mise en valeur de la place Lalla Achou, souk de Béni-Isguen » <http://www.rehabimed.net/Documents/> document téléchargé le 14.12.2008.

³⁹⁶ Amat, C. (1888) « Le M'Zab et les Mozabites » Editions Challamel et Cie, Paris.

est à El-Feyd, à l'est de Nili, et qui se perd comme l'oued M'Zab dans le bas fond d'El-Aicha, enfin sur la limite est de la chebka, la vallée de l'oued Zegrir, qui prend sa source près de M'Daguin, arrose le ksar de guerrara et se perd à 18 kilomètres au sud-est de cette ville.

Le sol constitué par des dolomies d'un jaune brun au dehors, blanche au-dedans et à structure cristalline, présente à sa surface des fragments de grés quartzeux, noir grisâtre. Les sables alluviaux et éoliens constituent les lits des oueds, au dessous se montrent avec des calcaires dolomitiques, gris blanchâtres, des calcaires marneux et des grés subordonnés et de l'argile verdâtre³⁹⁷.

Le paysage de la chebka est dépourvu de toute végétation à l'exception de quelques palmeraies qui entourent la ville, un sol presque exclusivement rocheux avec au creux des oued, des lits sablonneux, primitivement impropres à la consommation³⁹⁸. Peu de terres arables sauf au fond des vallées qui sont envahies par des oueds en crues (l'Oued M'Zab, Oued Metlili, Oued N'sa et Oued Zegrir).

La vallée du M'Zab est classée comme patrimoine national en 1971 et patrimoine de l'humanité par l'UNESCO depuis 1982³⁹⁹, elle est définie comme un ensemble de villages fortifiés, simples, fonctionnels et parfaitement adaptés à l'environnement, l'architecture a été conçue pour la vie en communauté, tout en respectant les structures familiales⁴⁰⁰.

5.1.2 Données historiques

Les mozabites, en s'établissant dans un site vierge et hostile, ont pu et su réaliser l'application peu commune des exigences d'une morale religieuse, philosophique et sociale à la conception d'un espace humain et de son domaine bâti⁴⁰¹.

Il convient de ce qui précède d'avoir un aperçu sur les Beni M'Zab, avec la connaissance de leur histoire et religion pour comprendre les principes qui ont conduit à réaliser des villes, dont les plus illustres architectes, comme Le Corbusier, Frank Lloyd Wright, Hassan Fathy, André Ravéreau ou Fernand Pouillon, pour ne citer que ceux là, en furent

³⁹⁷ Benyoucef, B. (1994) « Le M'Zab : espace et société » Imprimerie Aboudaoud, El Harrach, Algerie.

³⁹⁸ Bourdieu, P. (1974) « Sociologie de l'Algérie », Editions P.U.F (Presses Universitaires de France), Paris.

³⁹⁹ UNESCO (1982) « Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage » Rapport de la sixième session de world heritage committee, tenue à Paris du 13 au 17 Décembre 1982. Document téléchargeable en ligne, <http://whc.unesco.org/archive/repcom82.htm#188>.

⁴⁰⁰ UNESCO « La vallée du M'Zab », document en ligne sur le site <http://www.unesco.org/fr/list/188>

⁴⁰¹ Ravéreau, A. (1982) « Le M'Zab, une leçon d'architecture » Editions Sindbad, 1^{ère} édition en 1951 par Techniques et Architecture, Paris.

séduit. Ainsi, parmi les innombrables thèses qui traitent du sujet, la plus répandue est celle qui inclut les Beni-M'Zab dans l'ensemble des familles qui sont venues de Tahert (Tiaret) après la ruine de l'Etat des Béni-Rostum (Etat Kharidjite de Tahert) vers la fin du X^{ème} siècle pour chercher au sud un centre de refuge.

Beaucoup d'historiens, chroniqueurs et voyageurs ont cité les Beni M'Zab, leur territoire, leur mode de vie et leur habitat. Les plus célèbres sont :

- Ibn Khakdoun, un historien qui a vécu dans les milieux berbères Zenata nous a laissé des thèses d'un grand intérêt scientifique notamment l'étude de l'histoire des berbères et spécialement des Zenata. D'après Ibn Khakdoun, Les Beni M'Zab seraient des descendants de Ben Jana ou Chana qui est le père des Zenata.
- Ibn Hazm, un chroniqueur andalou, avec des thèses remarquables par leurs précisions et leur raisonnement objectif.

Au plan religieux, les Mozabites sont des musulmans Kharidjites (c'est-à-dire « sortants »), sous la doctrine ibadite qui est à l'origine de la formation de la communauté mozabite et de la création de ses villes. Elle façonna la culture et l'histoire de cette société qui a une identité dans son architecture⁴⁰², mais constitua aussi les fondements et les sources de son organisation, de son mode de vie et de sa pensée, d'ailleurs, la ville n'est-ce pas la projection au sol de la société toute entière avec sa culture, son ethnie, ses valeurs, ses bases économiques et les supports qui constituent la structuration proprement dite ? »⁴⁰³.

Le choix du site et la morphologie des établissements humains par les seules contraintes éco systémiques ou/et technologiques est insuffisant. La donnée spirituelle semble importante, sinon la plus déterminante. La religion pour les Mozabites, aux côtés de la sécurité, fut appelée, avant la géographie, à décider de la façon dont les habitations seraient réparties, c'est souvent une exigence religieuse qui a servi de point de concentration. Ce sont maintes fois des prescriptions rituelles qui ont présidé au mode de groupement de l'habitation⁴⁰⁴. L'islam, chez les ibadites, est une croyance dans le cœur et dans les gestes, un témoignage verbal appelant à la croyance et aux bonnes oeuvres, une pratique du bien.

Si cette doctrine est le concept de base de l'organisation spatiale des villes du M'Zab, nous allons, alors, nous intéresser aux fondements de cette dernière à travers l'histoire.

⁴⁰² Hassan FATHY in André Ravereau (1982) « Le M'Zab, une leçon d'architecture » Ed. Sindbad Paris

⁴⁰³ Mumphord, L. (1964) « La cité à travers l'histoire » Editions du Seuil, Paris.

⁴⁰⁴ Moussaoui, A. (2006) « L'habitat oasien : espace et société » in actes du Séminaire « Living in Deserts: Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions ». Ghardaïa, Algeria, 9-12December 2006.

5.1.2.1. Histoire du kharidjisme

Suite à l'assassinat du troisième Khalifa Uthman ibn Affane (656), la compétition pour le trône du Khalifat (succession) est lancée entre le khalife Ali ibn Abi Taleb [gendre et compagnon du prophète (QSSL)] installé alors à Kûfa en Irak, et Mouaouïa (gouverneur de la Syrie), ce qui a provoqué des guerres incessantes, telle la bataille de Ciffin en 657⁴⁰⁵. Ainsi en 661, des musulmans refusant l'autorité d'Ali, quittèrent l'actuelle Irak pour s'installer dans le Maghreb (tout d'abord en Tunisie, à Kairouan et à Djerba où ils sont encore présents).

En l'an 777, Abderrahmane Ibn Rostem, descendant des rois de Perse, fonde à Tihert (actuelle Tiaret) la capitale de l'Empire Rostemide. Un siècle et demi après sa fondation, le royaume de Tihert fut détruit par les Fatimides (figure 5.5)⁴⁰⁶.

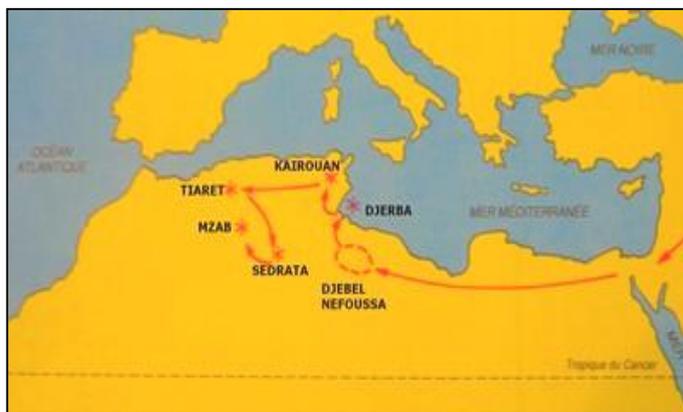


Figure 5.5 : Itinéraire géographique des Kharidjites.

Suite à cette défaite en 909*, les Rostemides allèrent se réfugier à Ouargla près de laquelle ils fondèrent la ville d'Issedraten qui fut rapidement surnommée la Glorieuse en raison de la richesse de son sol et de sa richesse culturelle et artistique. En 1075, Issedraten et sa palmeraie furent détruits par les troupes d'El Mansour (les puits, les sources furent comblés, les édifices détruits et les palmiers abattus). Bien avant le démantèlement de leurs forteresses, les Ibadites prévoyants avaient choisi une région encore plus isolée du Sahara, la Chebka du M'Zab.

L'aridité de cette région est telle qu'on a pu l'appeler "Le désert dans le désert"⁴⁰⁷, c'est le pays de la désolation, tordu, calciné et d'une stérilité effroyable. Les rochers, d'une teinte brune, paraissent à certains endroits noircis par un incendie. Les Ibadites, poursuivis et

⁴⁰⁵ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit, page 29.

⁴⁰⁶ Association d'orientation touristique de Ghardaïa (2008), figure téléchargée le 22.12.2008 du site <http://www.ghardaiatourisme.free.fr/apercu.htm>

* Sur la chute de Tahert, selon Donnadiou et Didillon (Page 67), les sources sont contradictoires. Certaines prétendent que Tahert fût détruite en 908 sous l'imam Yacoub ben Aflah, d'autres en 909, d'autres encore, dont les Ibadites du M'Zab, situent cet événement en 911, sous l'Imam Abou Hatim Youcef.

⁴⁰⁷ Série monographique (1955) « Sahara, le M'Zab », revue *Documents Algériens* en ligne sur le site http://www.alger-roi.net/Alger/documents_algériens/monographies/pages/16_mzab.htm consulté le 28.12.2008.

traqués, ont voulu mettre entre eux et leurs persécuteurs une zone infranchissable. Le M'Zab dont l'aridité découragerait l'agresseur, apparut alors pour les Ibadites comme la forteresse inexpugnable du trésor de leur foi menacée. Les Mozabites construisirent alors successivement sept (07) ksour qui devinrent les joyaux de cette vallée⁴⁰⁸, nous donnons sous toute réserves leur date d'implantations car la chronologie de leur fondation varie d'une source à une autre:

- ✓ El Atteuf (Tadjinite) dont le nom signifie "Le tournant" fut fondée en 1012 ;
- ✓ Bou Noura (Atbounour) dont le nom signifie "La lumineuse" fut fondée en 1046 ;
- ✓ Ghardaïa (Taghardeit) fondée en 1053 ;
- ✓ Melika (Atemlichet) dont le nom signifie "La Reine" fut fondée en 1124 ;
- ✓ Béni Isguen (Atisgène) dont le nom signifie "Les fils de ceux qui détiennent la foi", fut fondée en 1347 ;
- ✓ Guerrara fondée en 1631 ;
- ✓ Berriane fondée en 1679.

5.1.2.2. L'Ibadisme, fondement de toute activité mozabite

Au M'Zab, toute activité, toute organisation semble se fonder sur le religieux et s'organiser dans le but d'assurer la survie de la communauté. C'est ainsi que la formation des cités au M'Zab a été dominée par le souci de défendre cet exclusivisme religieux, la confession ibadite façonna la culture et l'histoire de cette société et constitua les fondements et les sources de son organisation, de son mode de vie et de pensée. En urbanisme, elle a produit un espace ordonné, bien défini avec un style pur, sain et simple, en dépit de la dureté du milieu⁴⁰⁹.

La spécificité de la doctrine Ibadite, qui consiste précisément à sacréaliser les actes de la vie, rend l'approche d'une telle société impossible sans une connaissance suffisante des pré-supposés théologiques qui sont à la base de l'unité de cette communauté. Ainsi le mode de vie, les rites, l'architecture, la vie économique, la vie culturelle, doivent en partie leurs formes actuelles à cette conception religieuse qui a toujours animé l'esprit des Ibadites⁴¹⁰. Les habitants de la vallée du M'Zab qui sont des Kharidjites, doivent leur nom au fait qu'ils se soient mis en dissidence contre Ali, au nom de deux fondements : le rejet du

⁴⁰⁸ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit. page 32.

⁴⁰⁹ Benyoucef, B. (1994) Op. cit. pages 12 et 55.

⁴¹⁰ Projet Médina, (Mediterranean by Internet Access) (2005) « Les Ibadites » <http://www.medinaportal.net/algeria/>. Programme financé par l'union européenne.

principe de la prédestination et l'égalité entre les croyants. Un mozabite, écrivait Mouloud Mammeri en préface de l'ouvrage de Manuelle Roche⁴¹¹, lit dans sa façon de s'implanter au sol, la totalité de son destin, et le sens de sa vie. Avec des murs, des pierres, une distribution des masses et des proportions, il se définit dans toutes ses directions. La simplicité de formes que l'on découvre au M'Zab, à chaque pas, avec émerveillement, n'est pas la conduction naturelle d'un art primitif amélioré. C'est à une époque donnée, à un niveau de culture très élevé, le choix collectif d'un refus de l'ornement, de l'inutile et de l'ostentation et ce dans la conformité de la religion. La problématique serait alors pour les concepteurs de l'époque : Comment produire une cité en osmose avec les préceptes de l'Islam, autonome, adaptée à l'environnement saharien et qui, en plus, doit répondre aux impératifs de cohésion sociale, de défense, d'économie et d'utilisation des matériaux du site⁴¹² ? Aujourd'hui, dans la vision du développement durable, la formulation de cette problématique serait tout simplement : Comment produire une ville durable ?

5.1.3. Données urbaines

5.1.3.1. Principes généraux

La vallée du M'Zab est caractérisée par un mode d'urbanisation intimement lié au concept du Ksar (*aghrām en berbère*), qui est le mode d'implantation agglomérée, sur un piton autour d'une mosquée s'intégrant parfaitement à l'architecture de la ville et de loin, c'est elle, et elle seule, qui se distingue au milieu de l'amoncellement de cubes parfaitement similaires et s'accrochant à la colline. C'est également la forme urbaine traditionnelle, où tout est rythme et tout est mesure, les parcours qui mènent à la mosquée sont ponctués d'étapes qui sont des carrefours, lieu de choix directionnel mais lieu de rencontre. Hamid Ougouadfel, relève dans ce cadre un rythme dans la structure urbaine du ksar de Ghardaïa, où tous les 100 mètres, une rue dans le sens des courbes de niveaux et une rue tout les 50 mètres dans le sens contraire⁴¹³.

L'installation du ksar dépend directement de la disponibilité des ressources en eau, condition qui assure la création de palmeraies, qui fonctionnent tels des microclimats indispensables à l'installation humaine. La taille du ksar et l'importance de son espace bâti

⁴¹¹ Roche, M. (2003) « Le M'Zab, cités millénaire du Sahara » Editions Etudes et Communication, France.

⁴¹² Ballalou, Z. (2006) « La lettre de l'O.P.V.M » in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par Agle.com, Alger.

⁴¹³ Ougouadfel, H. (1994) « Le sacré comme concept pour la formation et la transformation des cités » in revue d'architecture et d'urbanisme (H.T.M) n°2, Editions Arcco, Alger.

sont fonction des capacités nourricières du terroir. Quand le terroir est capable de se développer pour recevoir le croît démographique, le ksar se démultiplie, certains écrits relatent qu'une fois que la croissance démographique dépasse les capacités de la mosquée, il convient d'en édifier une autre et de fonder une nouvelle ville autour d'elle. Cette règle a été le principe constant du développement urbain au fil des siècles, probablement, même pour l'édification du nouveau ksar de Tafilelt.

La morphologie fortifiée des ksour rappelle aujourd'hui encore la nécessité historique de se protéger des menaces extérieures et de faire face aux conditions bioclimatiques⁴¹⁴. Ils respectent alors des règles d'urbanisme, des principes de conception architecturale et des techniques constructives, basés sur :

▪ **L'échelle urbaine**

- ✓ L'installation sur des pitons rocheux surplombant la vallée, à l'abri des crues de l'oued avec toutefois des maisons d'été au niveau de la palmeraie, qui permettent de profiter d'une fraîcheur au moment où la cité est « surchauffée »⁴¹⁵;
- ✓ L'implantation urbaine s'est tenue à l'écart de la terre et de l'eau, source de vie ;
- ✓ La vue rayonnante autour du piton facilite la défense de la ville, aux côtés du rempart, face aux nomades et aux étrangers à la communauté⁴¹⁶ ;
- ✓ Une morphologie urbaine très compacte, issue du climat et des pratiques sociales ;
- ✓ Une orientation préférentielle sud afin d'éviter les vents dominants nord ;
- ✓ Une adaptation régulière et radioconcentrique de maisons à patio, avec la mosquée au sommet ;
- ✓ Les rues sont étroites et sinueuses, et présentent quelquefois la forme de passages protégés ou couverts, soit en dur par des encorbellements ou extensions en étage de la maison, ou en léger par des treillis ou des bâches. L'influence du passage couvert se manifeste par une forte accélération de l'air même lorsque les vents sont faibles, moins de 1 m/s en moyenne au-dessus des toits. Dans ces conditions, à la différence des rues ouvertes ou les écoulements d'air moyens n'excèdent pas les 0.3 m/s, des mouvements d'air, d'une intensité moyenne de 0.6 à 0.7 m/s et d'une valeur instantanée maximale de 1.5 m/s, sont observés dans le ksar de Ghardaïa sous un

⁴¹⁴ Kouzmine, Y. (2007) « Dynamiques et mutations territoriales, vers de nouvelles approches basées sur l'observation » thèse de doctorat en géographie, soutenue le 17.12.2007 à l'université de Franche-comté, France.

⁴¹⁵ Cote, M. (2002) « Une ville remplit sa vallée : Ghardaïa » in revue Méditerranée, tome 99 n° 34, France.

⁴¹⁶ Zid, S. (2003) « Ville nouvelle en zone aride », mémoire de fin d'études de graduation en architecture à l'école polytechnique de Lausanne, Suisse.

passage couvert d'une longueur de 15 mètres. Ces vents légers, fortement appréciés en été, participent de manière non négligeable à la ventilation de la rue⁴¹⁷ ;

- ✓ Une réduction des surfaces exposées, aux seules terrasses et façade d'accès sur rue, afin de diminuer l'influence de l'irradiation solaire ;
- ✓ La forme s'organise selon un principe d'organicité où l'on distingue différentes échelles d'appropriations et d'environnement⁴¹⁸ :
 - l'échelle de l'édifice : habitation ou édifice public ;
 - l'échelle de l'unité urbaine : association de plusieurs édifices organisés le long d'un axe, ou autour d'une place ;
 - l'échelle de la cité (ksar) : l'ensemble des entités en articulation structurées et hiérarchisées, faisant émerger un centre ;
 - l'échelle du territoire : l'ensemble des ksour implantés, généralement, selon des principes morphologiques communs, partageant une succession d'événements signifiants (histoire), définissent, une fois en relation d'échange, un champ d'appropriation pour la population de la région.

▪ L'échelle architecturale

La beauté, l'harmonie profonde et l'unité de pensée qui se dégagent de l'architecture du M'Zab est l'aspect qui frappe immédiatement l'imaginaire du voyageur, encore plus si ce voyageur est un homme de métier, incapable d'agir devant une architecture en crise qui a rendu l'habitat de l'homme instrumental à force de « rationalité »⁴¹⁹. Beauté des formes, tout en lignes courbes, presque organiques, qui harmonise des couleurs pastel de bleu, d'ocre et de blanc, que le soleil dissout presque dans la luminosité ambiante. Douceur des matériaux, de ces enduits de plâtre à la fois frustes et solides que la roche calcaire du M'Zab fournit en abondance.

Pour la maison, la typologie à patio, en réponse à un climat extrême, surtout en confort d'été, caractérise les ksour du M'Zab. Organisé au milieu de la maison « *Ammas n tiddar* », le patio est très souvent couvert sur sa plus grande surface, mais possède une

⁴¹⁷ Kitous, N.Daoudi, A.Boussoualim, R.Bensalem, L.Adolphe.(2006) « Pour un urbanisme climatique des villes : cas de la vallée du M'Zab », in actes du Séminaire « Living in Deserts: Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions ? ». Ghardaïa, Algérie, 9-12 Décembre 2006.

⁴¹⁸ Zune, A. (1994) « Les Ksour » in revue d'architecture et d'urbanisme Habitat Tradition Modernité (H.T.M.) n°2, Editions Arcco. Alger.

⁴¹⁹ Ougouadfel, H. (1994), Op. cit. page 94.

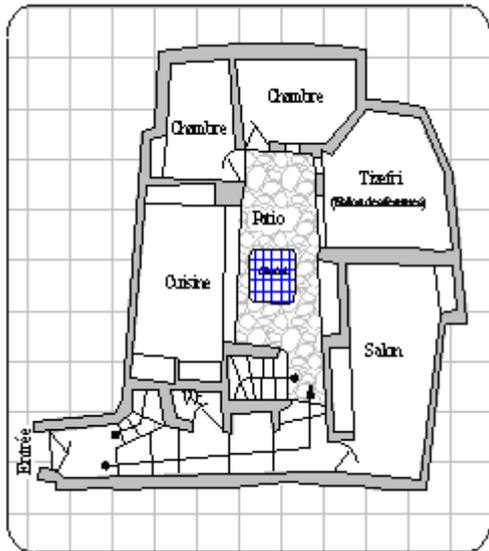


Figure 5.6 : Plan d'une maison traditionnelle

ouverture appelée ‘chebek’ en haut et au centre, plus au moins large qui lui donne de l'air et de la lumière⁴²⁰. L'habitation est articulée à la rue par une entrée en chicane appelée *squifa*, conçue pour préserver l'intérieur des regards étrangers⁴²¹.

Cette maison présente aussi, comme le montre la figure 5.6⁴²² les caractéristiques suivantes :

- ✓ Une répartition des espaces sur deux niveaux, avec un droit à l'ensoleillement. Selon la loi d'urbanisme *orf*^{*}, il est défendu de porter préjudice à son voisin, *là darar wa là idrâr*⁴²³ ;
- ✓ Une forme introvertie, sans ouverture sur l'extérieur ;
- ✓ Une distribution des pièces autour du patio et en terrasse, concept repris par André Ravéreau dans son projet de logements économiques à Sidi-Abaz (figure 5.7)⁴²⁴, celles-ci sont éclairées et aérées par la porte et la fente dans les murs épais et par le chebek du patio.
- ✓ Une superposition des patios qui l'effet de diminuer la chaleur radiante à l'intérieur ;

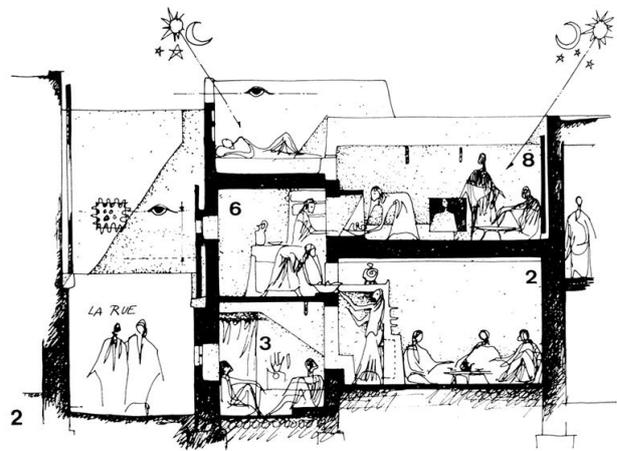


Figure 5.7 : Logements économiques à Sidi-Abbaz, Ghardaïa
Architecte, A. Ravéreau, 1975 / 76

⁴²⁰ Delheure, J. (1986) « Faits et dits du M'Zab » Editions Peeters Publishers, Leuven, Belgique.

⁴²¹ Ayssa, B. (2007) « Comment s'ouvrir de l'intérieur » in revue d'architecture, d'urbanisme et d'histoire, *Amenhis*, n° 12 / Janvier/ Février 2007. Alger.

⁴²² Association Amidoul « Ksar Tafilelt, principes et références » document téléchargé le 10.12.2008 du site <http://www.Tafilelt.com/>

* Loi d'urbanisme et de construction inspirée du coran, utilisé par les Mozabites.

⁴²³ Cuperly, P. (1987) « La cité Ibadite : Urbanisme et vie sociale au XI^{ème} siècle » in revue *Awal : Cahier d'études Berbères* n° 03. France.

⁴²⁴ Ravéreau, A. (1983) « Apprendre de la tradition » in revue *Technique et Architecture "Architecture et développement"* n° 345 de décembre 1982 – Janvier 1983, Editions Jean-Michel Place, Paris.



Photo 5.1 : Vue sur la terrasse éclairée et le chebek
Source : O.P.V.M Ghardaïa

- ✓ Une terrasse fonctionnelle, réservée aux femmes, et utilisée la nuit pour dormir. Elle est constituée de dalle plane et lourde, permettant la diminution de transfert de chaleur, par conduction, à l'intérieure de la maison⁴²⁵ ;

- ✓ Une cave qui procure, par l'inertie thermique du sol, une fraîcheur durant la journée ;
- ✓ Une orientation, généralement, sud pour bénéficier en hiver des rayons solaires obliques, les rayons devenus verticaux en été s'arrêtent sur son seuil⁴²⁶ ;
- ✓ Une hauteur définie par la maximale du soleil en hiver⁴²⁷ [environ 33° à midi (figure 4.29)] pour faire bénéficier la façade voisine des rayons solaires ;
- ✓ Des espaces couverts / ouverts sous forme de galeries à arcades, orientés généralement sud, pour profiter de la chaleur ambiante en hiver ;
- ✓ L'utilisation de matériaux de construction lourds adaptés au climat. La pierre, caractérisée par une capacité thermique élevée, est généralement le matériau de construction le plus utilisé, même si elle se présente comme mauvais isolant en général, elle a cependant l'avantage de capter l'énergie solaire et de l'accumuler pour la restituer plus tard, facilement évacuable la nuit par effet de ventilation naturelle. Elle est donc un atout possible pour la construction bioclimatique.

▪ **L'échelle constructive**

Les savoirs, et savoir-faire traditionnels face à un environnement hostile et avare de ressources, se manifestent dans le développement des techniques permettant d'utiliser au mieux l'eau (et la terre), que sa disponibilité soit pérenne ou cyclique. Dans les établissements sédentaires, la recherche de la protection contre le vent et le soleil s'est

⁴²⁵ Ali-Toudert, F. Djenane, M. Bensalem, R. et Mayer, H. (2005) « Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria » in Climate research, vol. 28. Document téléchargé le 30.12.2008 du site <http://www.int-res.com/articles/cr2004/28/c028p243.pdf/>

⁴²⁶ Ravéreau, A. (1982), Op. cit. page 01.

⁴²⁷ Ali-Toudert, F. et al (2005), Op. cit. page 245.

étendue à la conception d'une architecture et d'un urbanisme où la solution technique s'élevant au rang de l'art confère aux habitations et au tissu urbain une esthétique particulière⁴²⁸. Dans la vallée du M'Zab, les caractéristiques principales des constructions sont la rationalité et la simplicité avec l'utilisation de matériaux qui s'harmonisent parfaitement avec l'environnement, dans la mesure où ils sont extraits sur place⁴²⁹, nous retrouvons :

- *La pierre* : Des blocs grossiers, de dimensions variables, sont extraits des strates régulières de calcaire blanc, pour leur mise en œuvre sans être taillés. Les pierres plates sont réservées aux agencements horizontaux ;
- *La sable* : Argileux, il est utilisé directement comme mortier. Non argileux, il entre dans la composition de certains liants ;
- *Le timchent* : Sorte de plâtre traditionnel, de couleur grise, obtenu à partir d'un gypse hydraté de la chebka ;
- *La chaux* : les carbonates sont très abondants dans la chebka, leur calcination, analogue à celle du *timchent*, se pratique dans des fours d'environ 2 m de hauteur, mais nécessite 5 à 6 fois plus de bois⁴³⁰ ;
- *Le palmier* : Cet arbre, entièrement utilisable, n'est mis en œuvre qu'après sa mort. La construction emploie le stipe (ou tronc) pour les poutres ou les planches de menuiserie, la palme et la gaine (base de la nervure de la palme) pour des appuis à cause de sa résistance.

Si l'habitat tient ses formes architecturales d'une tradition culturelle, les arts de bâtir lui impriment ses aspects, texture et couleur⁴³¹ et quelque soit le type de bâtiment, les éléments de la construction sont réalisés selon les mêmes règles techniques, nous avons :

⁴²⁸ Sidi Boumediene, R. et Veirier, L. (2003) « Le Sahara des cultures et des peuples » étude réalisée à la demande de l'UNESCO, Avril 2003, Paris.

⁴²⁹ Benyoucef, B. (1994), Op. cit. page 136.

⁴³⁰ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986), Op. cit. page 88.

⁴³¹ Commission Européenne MEDA-Euromed héritage et CORPUS (Construction, Réhabilitation, Patrimoine Usage) (2002) « Architecture traditionnelle méditerranéenne », ouvrage conçu par l'école d'Avignon (France), Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelone (Espagne) et l'école des arts et métiers traditionnels de Tétouan (Tunisie).

1. Les fondations (sissan en berbère)

Les fondations n'existent pas en tant que telles. Le sol naturel des ksour est en grande partie constitué par la roche affleurante, dans ce cas le mur de moellon commence directement. Sur sol sablonneux, (palmeraie) on creuse une rigole qui permet d'asseoir le mur sur le sable compact. Le bon sol est toujours proche de la surface.

2. Les éléments porteurs

- a) *Les murs* (imouran en berbère) : Ils sont composés de moellons, plus ou moins gros, qui forment une maçonnerie irrégulière. L'épaisseur des murs extérieurs varie entre la base, qui peut atteindre 1m, et l'acrotère, mesurant, pour des considérations d'intimité, entre 1.50 m à 1.80 m de hauteur, n'a que 15 cm. Le cloisonnement, toujours porteur, est réalisé en 15 ou 20 cm d'épaisseur. Le liant est souvent composé de chaux et de sable
- b) *Les piliers* (amoud en berbère) : Ils sont constitués de moellons liés parfois au sable argileux mais plus fréquemment au mortier de *timchent* et de sable. Leurs dimensions varient entre 1 m et 0,20 m.

3. Le franchissement horizontal

Nous distinguons deux types de franchissements d'espaces :

- Le franchissement linéaire (poutres, linteaux, arcs) ;
- Le franchissement surfacique ou couverture (planchers, voûtes et coupoles).

3.1. Le franchissement linéaire

- a) Poutres et linteaux : On utilise de grosses pièces de bois taillées dans le stipe du palmier. Leurs extrémités sont noyées dans le *timchent*. L'utilisation du palmier est délicate en raison de sa texture fibreuse et de sa faible résistance, ces poutres, permettant de franchir 2 m et plus, sont très résistantes dans le temps.

- b) Arcs : Ils sont réalisés en moellons posés en assises successives, selon deux techniques : l'arc peut être défini par quelques étais durant le temps de la prise du *timchent*, ou au moyen d'un coffrage perdu. Pour réaliser les arcs entre deux piliers, on cintre les nervures de palme que l'on scelle au *timchent*, ensuite on monte les moellons

3.2. Le franchissement surfacique

- a) Planchers (*seqef en berbère*) : Pour la structure porteuse des planchers on utilise des solives en stipes de palmier séché, d'une longueur de 2 à 2.50 m et de section triangulaire. Ces solives sont espacées de 30 à 60 cm⁴³². Le plafond est constitué, comme le montrent les dessins de la figure 5.8⁴³³, soit par un lattis serré de nervures de palmes, soit par des pierres plates, soit par des voûtains formés de pierres liés au *timchent* entre les solives. Cette base est ensuite recouverte d'une couche de sable damé pouvant atteindre 30 cm d'épaisseur sur les terrasses exposées à l'air, au soleil, à la pluie, et sert alors d'isolant thermique, protégée elle-même par une chape de mortier de chaux, fouettée à l'aide d'un balai que forme le régime de dattes dépouillé de ses fruits, pour remplir les interstices résultant de la mise en œuvre et obtenir une meilleure étanchéité. On badigeonne finalement la chape au lait de chaux. Sa couleur blanche réfléchit les rayons solaires. D'ailleurs la couleur blanche, permettrait notamment de lutter contre le phénomène des îlots de chaleur urbain, ainsi peindre en blanc 10 m² de surface sombre serait aussi efficace que réduire d'une tonne la production de dioxyde de carbone⁴³⁴.

⁴³² MEDA-Euromed et CORPUS (2002), « C4- plancher en bois avec support de sol végétal », document en ligne sur www.meda-corpus.net/frn/portails/PDF/F2/C04_MED.PDF

⁴³³ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit. page 96.

⁴³⁴ Akbari, H. (2008) « La peinture blanche contre le réchauffement climatique » in document téléchargé du site <http://fr.news.yahoo.com/57/20090116/tod-la-peinture-blanche-contre-le-rchauf-99752b7.html> le 16.01.2009.

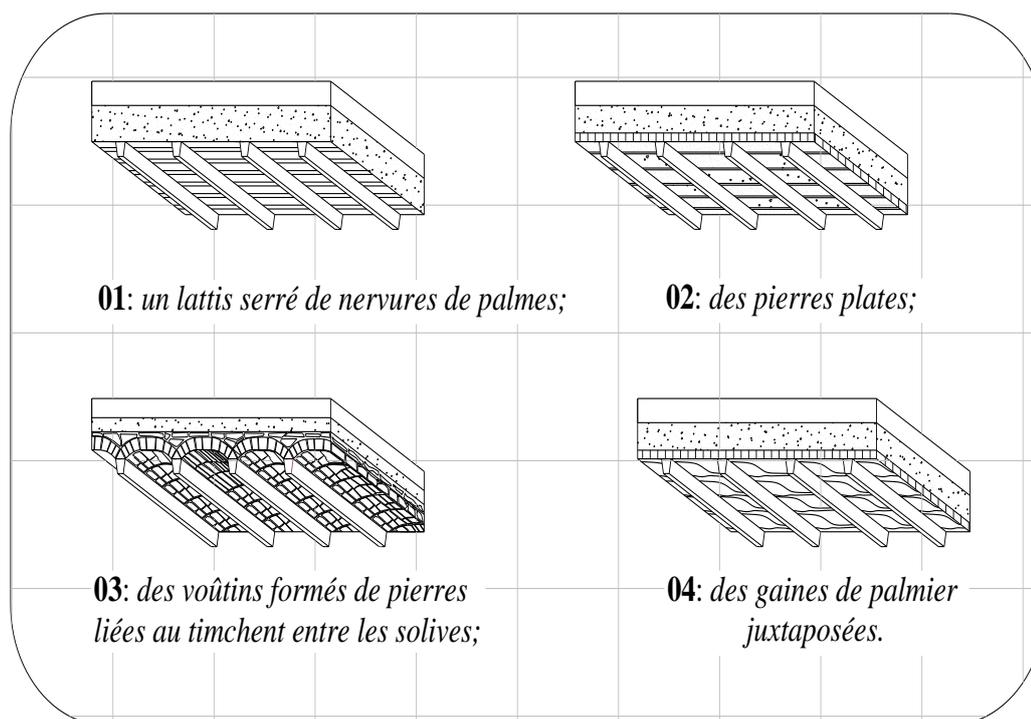


Figure 5.8 : Les différents types de plafonds d'une maison traditionnelle.

- b) Voûtes : La construction des voûtes relève de la même technique que celle des arcs : pierres montées au *timchent* sur coffrage perdu de nervures de palmes.

Synthèse

Les aspects ci-dessus énumérés, tant urbanistiques, architecturaux que constructifs du ksar et de la maison mozabite, nous permettent de mettre en évidence les caractéristiques fondamentales d'un habitat bioclimatique pour un climat chaud et sec, en conformité avec certains principes édictés par des chercheurs travaillant dans ce domaine, que nous avons développé au chapitre 4, il ressort de cette lecture et analyse les aspects conceptuels suivants :

- Organisation compacte des maisons du ksar pour limiter les surfaces exposées aux rayons solaires en été et minimiser les déperditions thermiques en hiver⁴³⁵, la mitoyenneté augmente l'inertie des habitations ;
- Orientation préférentielle sud-ouest (même le portique du 1^{er} étage, *Ikomar*) pour capter les rayons solaires d'hiver et protéger les espaces y attenants l'été, tout tournant le dos aux vents dominants ;

⁴³⁵ Ministère de la culture, (2007) « La maison traditionnelle et les lois *Orf* dans la vallée du M'Zab » revue de l'Office de Protection de la Vallée du M'Zab.

- Etroitesse des rues pour limiter les surfaces d'ensoleillement ;
- Sinuosité des rues pour constituer des écrans aux vents et sables (figure 5.9) ;
- Enveloppe très massive en matériaux locaux (pierre, chaux, plâtre, palmier), démunie de grandes fenêtres ;
- La porte d'entrée constitue la seule ouverture en partie basse pour la prise d'air indispensable à la ventilation ;
- Patio ou ouverture centrale (*chebek*) assurant un tirage thermique permanent et une lumière naturelle pour les espaces habitables du Rez-de-chaussée. Le chebek est souvent couvert durant l'été ;
- Aucune étanchéité des ouvertures à l'air ;
- Dissipation maximale des calories par la ventilation naturelle ;
- Zonage de l'habitation pour permettre de changer de pièces en fonction du moment de la journée ;
- Disposition des espaces selon la course du soleil comme le *Tizefri* (espace réservé aux femmes) qui reçoit en hiver la chaleur naturelle du soleil durant toute la matinée⁴³⁶ ;
- Les enduits clairs de chaux brute ou teintée en couleur claire pour réfléchir les rayons solaires (lumière et chaleur) ;
- La rugosité des surfaces des enduits des murs extérieurs porter l'ombre sur le mur lui-même.

Cela nous permet également de voir quels sont les éléments qui n'ont pas d'importance ou qui sont contre-productifs comme l'ouverture de larges fenêtres qui posent un problème de pénétration de flux de chaleur et d'intimité contrairement à l'ouverture en plafond du patio. Il est aussi vital de s'entourer de matériaux qui ne nous renvoient pas notre propre chaleur mais qui au contraire l'absorbe et nous donnent une sensation de fraîcheur.

La maison parfaite pour ce climat chaud est une maison « masse et inertie thermique », construite autour d'une cheminée thermique (patio) qui va provoquer un déplacement d'air constant pour rafraîchir cette masse, ses occupants, et dissiper la chaleur. Ces habitations permettent de générer une atmosphère interne qui n'excède pas les limites du confort humain, tout en ne consommant pas d'énergie ni pour le chauffage, ni pour la climatisation.

⁴³⁶ Ministère de la culture, (2007), Op. cit. page 16.

Mais les mozabites construisent désormais des maisons modernes, en parpaings creux de ciment, y mettent des fenêtres vitrées étanches de grandes dimensions, qu'il occultent ensuite avec des volets perpétuellement fermés, et dotent l'ensemble d'un énorme système de climatisation thermodynamique sans lequel tout usage du lieu serait impossible.

L'intérêt de l'analyse du nouveau ksar de Tafilelt, est justement de montrer que nous pouvons toujours réaliser de l'habitat en général et du logement social en particulier, en harmonie avec le climat et ses habitants, si nous considérons l'habitat traditionnel comme leçon d'architecture et le bioclimatisme comme principe de base. Les ksour que nous présentons ci –après, ont été réalisés dans cette esprit bien avant la conceptualisation du développement durable.

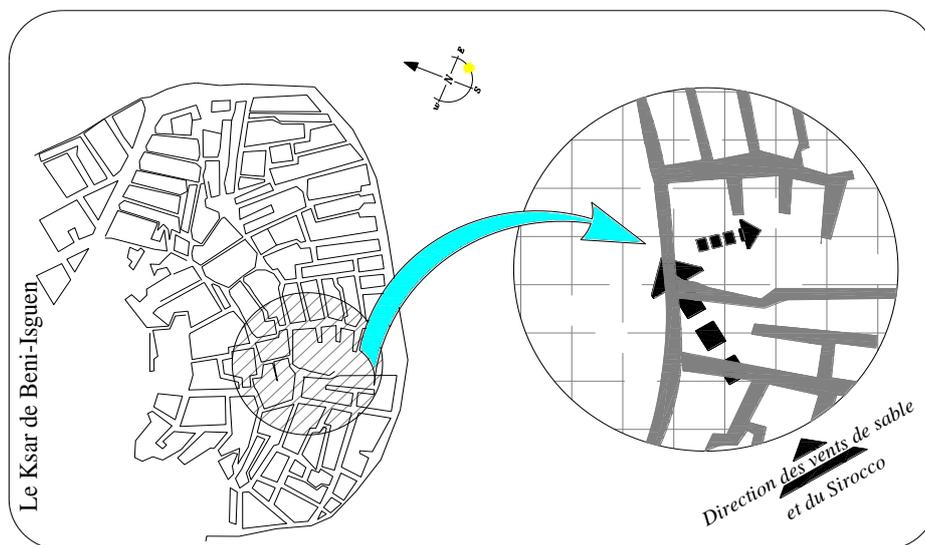


Figure 5.9 : Les rues sinueuses comme obstacle aux vents de sables et au sirocco.

5.1.3.2. Les ksour de la vallée du M'Zab

Les ksour et les palmeraies de la vallée du M'Zab, berceau d'une civilisation ksourienne millénaire, constituent de nos jours une référence dans la parfaite harmonie entre l'organisation sociale, le système d'urbanisation, la typologie architecturale, la maîtrise des ressources hydriques et l'équilibre écologique⁴³⁷. Les villes mozabites

⁴³⁷ Balalou, Z. (2008) « Revitalisation urbaine pour la sauvegarde du patrimoine, cas de la vallée du M'Zab » in actes du colloque international "Réhabilitation et revitalisation urbaine" tenu à Oran du 19 au 21 Octobre 2008. Algérie.

diffèrent des autres villes de l'époque, par le fait qu'à la base, elles possédaient déjà, Il ya prés de mille ans, toute une urbanisation précise. Elles doivent d'ailleurs leur célébrité grâce à l'ingéniosité de leur système d'urbanisation et de conception architecturale dans un milieu aride et inhospitalier ⁴³⁸. C'est sous un ciel de feu avec une architecture toute d'harmonie, et de sobriété que les plus importants ksour, Ghardaïa, Béni-Isguen, Melika, El Atteuf et Bou Noura, ont été bâtis à l'échelle de l'homme, dans la même inspiration et organisées dans la même économie et la même élégance. L'urbanisme du M'Zab, étant issu des mœurs, traditions et conditions climatiques, a donné naissance à des villes en parfaite symbiose avec le climat.

L'harmonie architecturale des villes et un choix de couleurs très discipliné, continuent encore de nos jours à faire l'objet de beaucoup d'admiration. Ce qui frappe d'ailleurs l'observateur dans les premiers contacts avec le M'Zab, c'est l'unité générale de caractère. Il n'ya pas deux gestes, que l'on construise le barrage, la mosquée ou la maison ⁴³⁹. C'est avec une volonté évidente de simplicité que les Mozabites ont atteint l'essence même de la beauté dans leurs villes.

Chaque ville possède une mosquée, caractérisée par son minaret en obélisque. Elle tient lieu de centre culturel, social et religieux, elle n'est pas plus décorée que la maison, le *mirhab* ne comporte ni stuc ni moulure. Cependant, chaque ville a un caractère particulier et une histoire singulière que nous présenterons succinctement ci-après :

5.1.3.2.1.El Attef : At Tadjnit en berbère

El-Atteuf, se situant à une dizaine de kilomètres en aval de Ghardaïa, constitue le point de départ d'un processus d'urbanisation avec la mise en place de ses principes et règlements particuliers de la vallée du M'Zab.

Le choix du site, par les premiers bâtisseurs de la vallée, selon l'Office de Promotion de la Vallée M'Zab, s'est porté sur le versant ouest d'une colline pour se protéger des vents du sud tout en bénéficiant d'un bon ensoleillement l'hiver et à une hauteur isolée des plus fortes crues. Le premier noyau possédait son marché et son enceinte est constituée de maisons-remparts, ce premier ksar a la particularité d'avoir deux mosquées suite aux disputes intervenues à une certaine époque, ainsi que de nombreux passages couverts avec

⁴³⁸ Roche, M. (2003), Op. cit. page 23.

⁴³⁹ Ravéreau, A. (1982), Op. cit. page 62.

ça et là un puit de lumières ; des impasses importantes distribuent chacune une dizaine de maisons. Le Ksar d'El-Attef occupe une superficie de 8,58 ha avec 524 maisons⁴⁴⁰.

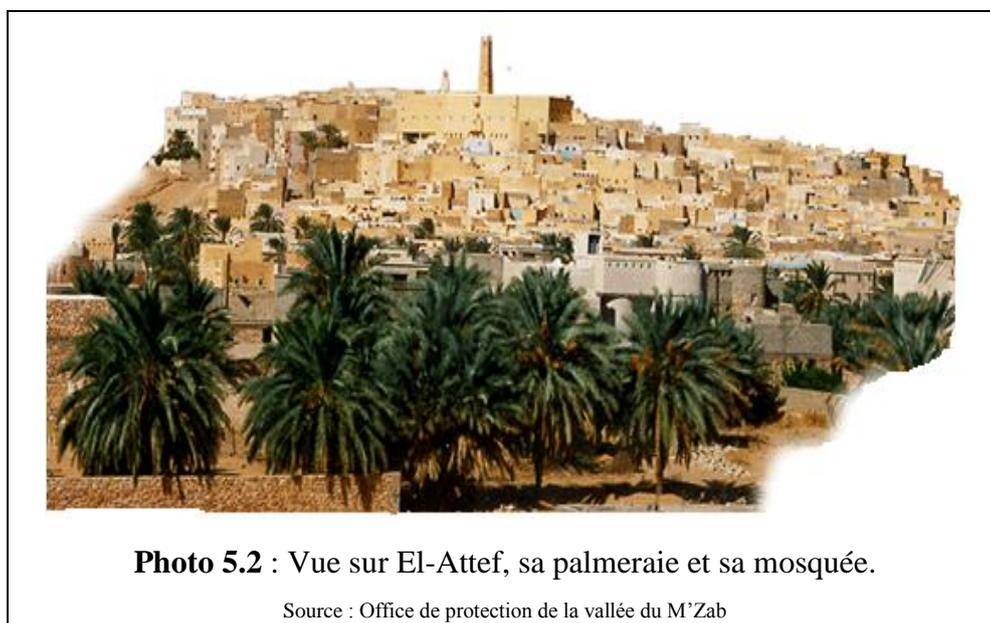


Photo 5.2 : Vue sur El-Attef, sa palmeraie et sa mosquée.

Source : Office de protection de la vallée du M'Zab

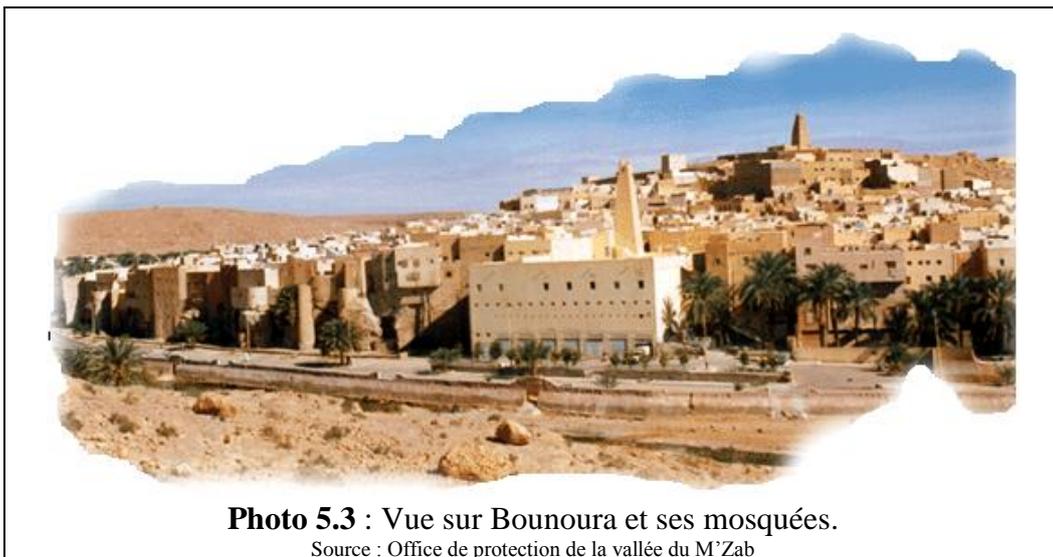
5.1.3.2.2. Bounoura : *At Bounoure en berbère*

« ...Seul l'œil d'artiste sera ébloui devant l'œuvre d'un homme aux mains dures, qui a su adoucir la roche pour en faire du front rocheux et de la façade bâtie un tableau extraordinaire, artistes et architectes modernes ne seront qu'émus »⁴⁴¹. Cette description si poétique du Ksar de Bounoura reflète une cité toute d'harmonie et de lumière, peut-être l'a-t-on appelée ainsi parce que de l'aube au crépuscule, le pourtour circulaire de ses murs est entièrement balayé par le soleil⁴⁴². Situé au confluent de deux oueds (l'oued M'Zab et l'oued Azouil), il forme une ceinture de maisons et d'édifices communautaires avec entre autre la mosquée, la maison de *fraction* (famille de même descendance), la maison de *timsridine* (conseil féminin chargé de la garantie de la doctrine ibadite et des différentes tâches spécifiques) et la puit prolongé depuis l'oued en forme de tour. Le front rocheux avec la façade bâtie du ksar forment une unité défensive.

⁴⁴⁰ O.P.V.M (Office de Protection de la Vallée du M'Zab) (le ksar d'El Atteuf) in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

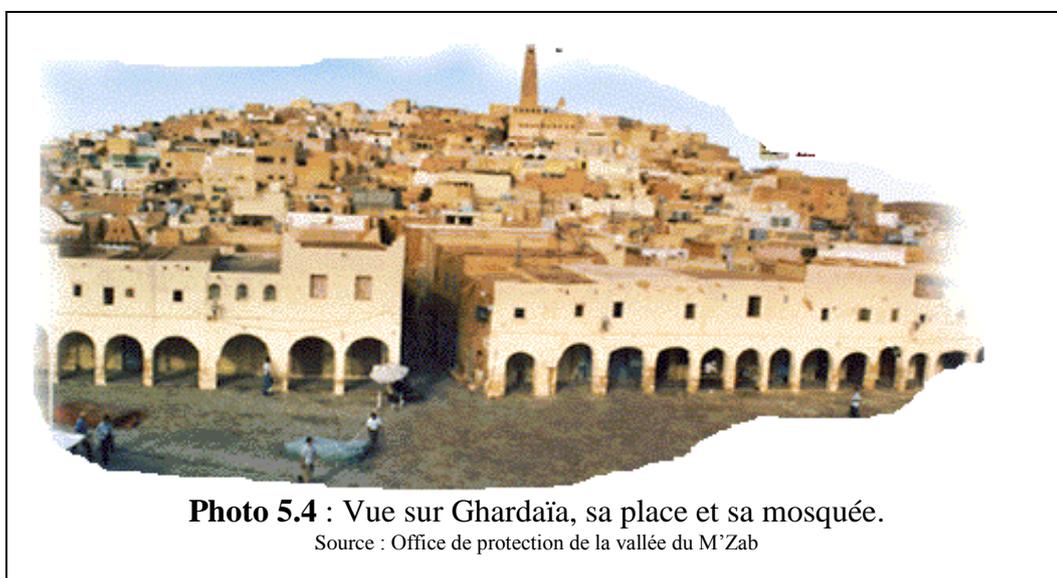
⁴⁴¹ O.P.V.M (Office de Protection de la Vallée du M'Zab) (le ksar de Bounoura) in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

⁴⁴² Roche, M. (2003), Op. cit. page 25.



5.1.3.2.3. Ghardaïa : *Taghardait en berbère*

Ghardaïa, ou la perle des oasis, est la plus grande des villes de la pentapole. Cet agrandissement suppose une hésitation des Mozabites à continuer d'essaimer, le long de l'oued, des petites villes à l'infini. Ghardaïa est située en amont de la vallée du M'Zab et s'organise autour d'une colline. Sa superficie d'environ 29.6 ha abrite 1806 maisons⁴⁴³.



Le ksar de Ghardaïa présente une configuration géométrique radioconcentrique marquée par des rues toutes montantes, pour converger en fin de parcours vers la grande mosquée au sommet de la colline ; ses quartiers sont distincts et hiérarchisés autour de la mosquée.

⁴⁴³ O.P.V.M (Office de Protection de la Vallée du M'Zab) (Le M'Zab) in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

Une place rectangulaire, sur laquelle s'ouvrent des boutiques, structure le ksar. A deux (02) Km se dresse la palmeraie qui se transforme peu à peu en ville d'été.

5.1.3.2.4. **Melika**: *At Tamelichet en berbère*

At Tamelichet ou *At Tamelichet*, la cité majestueuse du M'Zab, symbole de fraternité et de cohabitation*, se situe à équidistance entre Ghardaïa et Béni-Isguen sur un piton du flanc Est du lit de l'oued M'Zab (figure 5.3). Sa superficie totale est de 7 ha et le nombre total de ses habitations est de 427 maisons⁴⁴⁴. La protection de Melika était assurée par des maisons-remparts. Des portes ménagées entre les maisons donnent accès à des ruelles, qui rejoignent une rue principale qui traverse le ksar du Nord au Sud. La ville est organisée autour de la mosquée ibadite, dont le minaret la domine. A son pied s'étend le marché, ce qui est exceptionnel pour les villes du M'Zab où le marché est généralement éloigné du centre religieux.



Photo 5.5 : Vue sur Melika et ses remparts.

Source : Office de protection de la vallée du M'Zab

5.1.3.2.5. **Béni-Isguen**: *At Isgen en berbère*

Le ksar de Béni-Isguen, foyer intellectuel de l'ibadisme, se situe sur le flanc d'un piton à équidistance entre le ksar de Melika et celui de Bounoura, au confluent de l'oued M'Zab et l'oued N'tissa. Ce ksar s'organise à partir d'une vieille ville, « Tafilelt », qui occupe la partie supérieure, d'où le nom donné à notre cas d'étude « *Le ksar de Tafilelt* ». Il compte deux portes principales situées au Nord-Est et au Sud-Ouest, reliées par une rue, ainsi que trois autres portillons menant aux différents cimetières. Toutes les ruelles

* Le ksar de Melika comprend un quartier des Malekites Chaamba avec leur mosquée).

⁴⁴⁴ O.P.V.M (Office de Protection de la Vallée du M'Zab), (le ksar de Melika) in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

aboutissent en fin de parcours à la place du marché. La superficie globale de ce ksar est estimée à 16,5 ha et le nombre total de ses habitations est de 1010 maisons⁴⁴⁵. Le marché occupe une place triangulaire, munie d'un puits et entourée de boutiques. La palmeraie de Béni-Isguen s'étend le long de l'oued N'tissa et comporte de nombreux ouvrages hydrauliques et des maisons d'été.

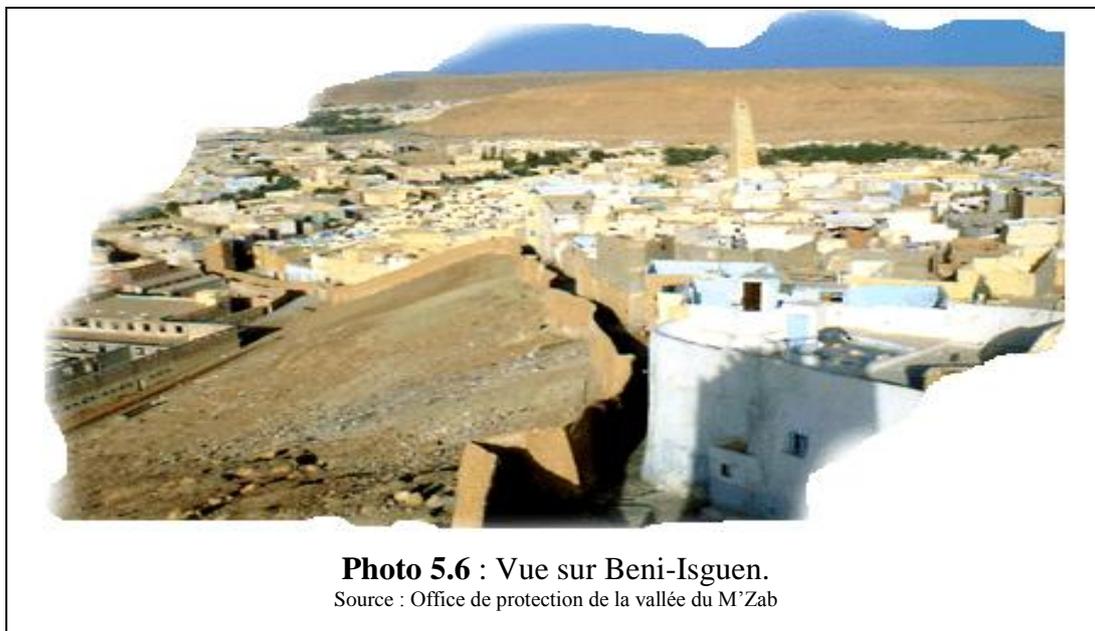


Photo 5.6 : Vue sur Beni-Isguen.
Source : Office de protection de la vallée du M'Zab

5.1.4. Données climatiques

5.1.4.1 Données climatiques de l'Algérie

Compte tenu des variations de la latitude, de l'altitude et de l'influence de la mer (et leurs combinaisons), les aires climatiques de l'Algérie sont très diversifiées. Cinq climats distincts la caractérisent, se côtoient et se succèdent du nord au sud : le climat maritime, le climat des montagnes du tell, le climat des Hauts-Plateaux, le climat du Sahara et des climats mixtes.⁴⁴⁶

Représentés en zones et en sous zones que nous distinguons dans la figure 5.10⁴⁴⁷, nous retrouvons, le long de la Méditerranée, où s'étend le Tell, l'influence de la mer où règne un

⁴⁴⁵ O.P.V.M (Office de Protection de la Vallée du M'Zab) (le ksar de Beni-Isguen) in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

⁴⁴⁶ Fillias, A. (1886) « Géographie de l'Algérie » Editions Hachette, Paris.

⁴⁴⁷ Dahli, M. et al (2006) « Le plâtre solaire dans la construction » in actes du séminaire "Living in Deserts : Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions" Ghardaïa, Algeria 9-12 Décembre 2006.

hiver pluvieux et un été chaud et humide, avec de fréquentes tempêtes de sable et de poussière apportées par le sirocco (vent chaud et sec du Sahara. Au sud du Tell s'étirent deux chaînes de montagnes, l'Atlas saharien et l'Atlas tellien, dissociées par des hauts plateaux semi-arides, dont le climat subit l'influence de l'altitude et marqué par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne important. Au sud des Monts Atlas s'étend le désert du Sahara, qui couvre près de 85 % de la superficie de l'Algérie. Le climat y est chaud et sec⁴⁴⁸.

Pour affiner le zonage climatique du territoire National, des travaux de recherches, menés par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B), le groupe de l'Office National de Météorologie (O.N.M), et le Centre Climatologique National (C.C.N), ont permis de classer toutes les régions du pays en zones et sous-zones:

1. **Zone A** (*zone du littoral*) : Caractérisée par un climat de type méditerranéen, tempéré et doux. La zone du littoral, s'étendant sur une faible largeur, comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières⁴⁴⁹.
2. **Zone B** (*l'atlas tellien*) : C'est la zone qui comprend les régions montagneuses de Kabylie et du Constantinois où l'on y enregistre des températures qui avoisinent le 0°C en hiver.
3. **Zone C** (*région des hauts plateaux*) : Avec un climat semi-aride, caractérisé par un été chaud, la zone C s'étend de l'Est à l'Ouest de l'Algérie ;
4. **Zone C'** (*sous zone*) : Elle concerne la vallée du Cheliff avec des températures moyennes d'été de l'ordre de 34,1 et de 38°C, pour des valeurs d'insolation en été de 11,7 heures ;
5. **Zone D** (*région des hauts plateaux*) : Elle diffère des caractéristiques de la zone C par des températures plus élevées, un faible taux d'humidité et une durée d'insolation plus longue⁴⁵⁰, selon M. Mezred, cité par M. Dahli et al ;

⁴⁴⁸ MiH (Ministère de l'Habitat) (1993) « Recommandations architecturales » Editions E.N.A.G, Alger.

⁴⁴⁹ M.H.U. (Ministère de l'habitat et de l'urbanisme) (2007) « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation. Règles de calcul des déperditions calorifiques » D.T.R C 3-2, C.N.E.R.I.B ; Alger.

⁴⁵⁰ Mezred, M. (1997) « Une approche du zonage climatique de l'Algérie pour l'étude du comportement thermique des constructions » in actes des journées nationales sur les applications des énergies solaires, Université de Batna, 10 et 11 mai 1997, Algérie.

6. **Zone E** : Elle comprend les régions de Ghardaïa, Biskra, Bechar, Touggourt et Hassi-Messaoud, où les températures et la durée de l'ensoleillement sont très élevées ;
7. **Zone F** : Cette zone, comprenant les régions d'Adrar et Ain-Salah, se caractérise par des températures très élevées ;
8. **Zone G** : elle concerne les régions de l'extrême Sud-est du pays qui composent cette zone, comme le Hoggar et le Tassili, où les durées d'insolation sont très élevées.

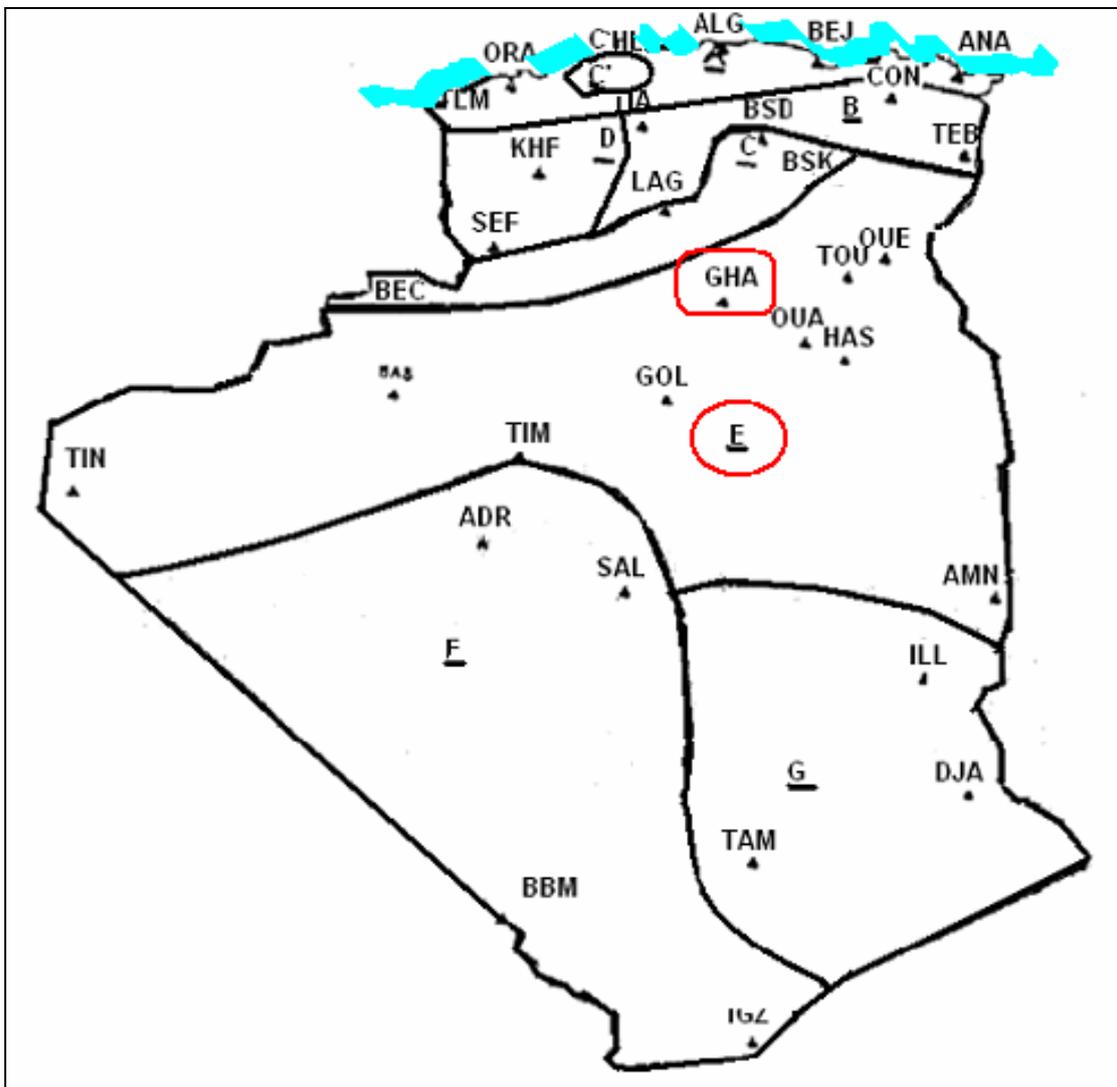


Figure 5.10 : Les zones climatiques de l'Algérie.

5.1.4.2. Données climatiques de la vallée du M'Zab

La climat de la région du M'Zab est du type saharien qui recouvre un grande partie de l'Afrique du nord (intertropicale) comme le montre la figure 5.11⁴⁵¹. Le caractère fondamental de ce type de climat est la sécheresse de l'air conjugué à une faible pluviométrie, mais les microclimats jouent un rôle considérable dans le désert par le relief ou la végétation qui modifient localement les conditions climatiques.

Au sein d'une palmeraie, nous pouvons relever un degré hygrométrique élevé qui agit positivement sur la sensation du confort thermique. Ce type de climat, assez doux en automne et au printemps, est en outre caractérisé par des étés chauds, des hivers doux surtout pendant la journée⁴⁵², une luminosité intense et une importante

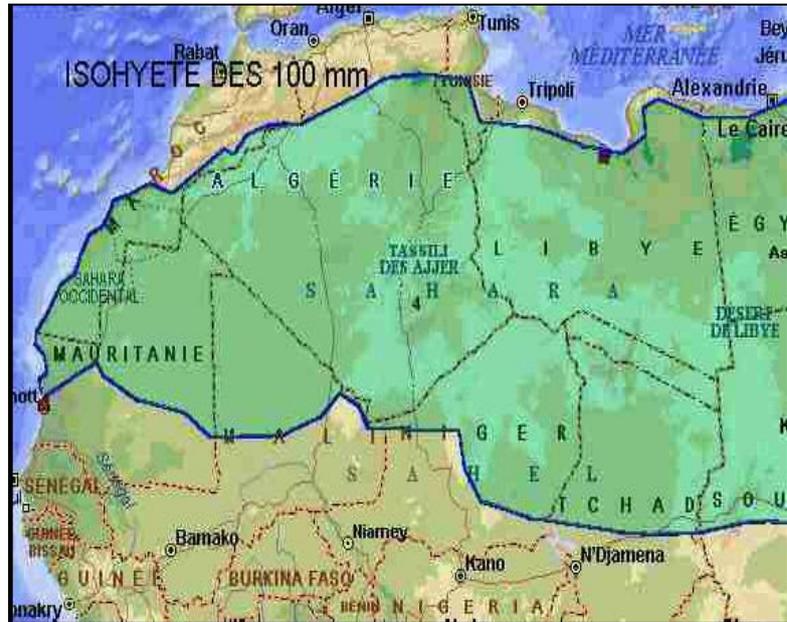


Figure 5.11 : Les régions sahariennes de l'Afrique du Nord.

amplitude entre les températures diurnes et nocturnes. La compréhension des variations climatiques dans l'espace et dans le temps est absolument indispensable pour une meilleure adaptation de l'Homme à son environnement.

Dans la vallée du M'Zab, le climat local, à travers la température de l'air, l'humidité, vents, l'irradiation solaire, précipitations et insolation solaire, dépend essentiellement⁴⁵³:

- de sa position en latitude qui détermine l'intensité de la radiation solaire reçue ;
- des conditions du site et de l'environnement qui sont à l'origine de modifications climatiques particulières.

⁴⁵¹ Boucherf, D. (2006) « Variabilité et changement climatique au Sahara » in actes du séminaire "Habiter les déserts" Ghardaïa 2006.

⁴⁵² Wilaya de Ghardaïa (*Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire*) 2005 « Atlas 2004 » CD-ROM réalisé par C.E.S.A.M (Centre d'expositions des séminaires et des affaires du M'Zab) en collaboration avec les agences d'informatique *El Alamia* et *SOFTART* d'Alger.

⁴⁵³ Kitous, S. et al (2006) Op. cit. page 147.

- **Les températures d'air**

La distribution annuelle des températures est assez uniforme ; l'été est la saison caniculaire dans la région avec des températures très élevées, lesquelles sont marquées par une grande amplitude entre celles du jour et celles de nuit, d'été et d'hiver.

La période chaude commence au mois de mai et dure jusqu'au mois de septembre. La température moyenne enregistrée au mois de juillet est de 35,3 °C, le maximum absolu de cette période peut atteindre 46 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de janvier ne dépasse pas 10,6 °C, le minimum absolu de cette période a atteint 8,7 °C⁴⁵⁴, mais pouvant chuter quelquefois à 1.5 °C. Les tableaux et les graphes suivants, nous renseignent sur les valeurs de température et d'humidité relative, relevées par la station de Ghardaïa de l'Office National de la Météorologie (O.N.M).

Tableau 5.1 : Données climatologiques (Température et Humidité) de la vallée du M'Zab.

(Source : O.N.M, station de Ghardaïa)

Année	Mois	Moyennes mensuelles des T°. °C	Moyenne mensuelle d'humidité %
2001	Janvier	12.3	49
	Février	13.3	40
	Mars	21.3	33
	Avril	21.0	32
	Mai	25.9	31
	Juin	32.6	26
	Juillet	36.3	23
	Août	34.6	24
	Septembre	30.1	37
	Octobre	26.6	39
	Novembre	16.3	54
	Décembre	11.4	60

Année	Mois	Moyennes mensuelles des T°. °C	Moyenne mensuelle d'humidité %
2002	Janvier	10.1	57
	Février	14.6	39
	Mars	18.3	41
	Avril	21.1	35
	Mai	26.3	27
	Juin	31.8	22
	Juillet	35.0	22
	Août	33.8	26
	Septembre	29.1	35
	Octobre	22.7	41
	Novembre	17.0	48
	Décembre	13.8	51

⁴⁵⁴ Office National de la Météorologie (O.N.M), Station de Ghardaïa « Données climatologiques » transmises le 28.10.2007.

<i>Année</i>	<i>Mois</i>	Moyennes mensuelles des T°. °C	Moyenne mensuelle d'humidité %
2003	Janvier	11.7	49
	Février	11.8	46
	Mars	15.9	46
	Avril	21.6	38
	Mai	26.5	30
	Juin	31.5	25
	Juillet	36.0	20
	Août	33.0	23
	Septembre	29.0	34
	Octobre	25.1	48
	Novembre	16.1	36
	Décembre	11.5	54
2005	Janvier	9.0	54
	Février	10.5	45
	Mars	18.1	35
	Avril	21.9	29
	Mai	28.3	24
	Juin	31.7	29
	Juillet	36.9	20
	Août	34.0	30
	Septembre	28.4	41
	Octobre	23.7	54
	Novembre	17.0	47
	Décembre	10.8	56

<i>Année</i>	<i>Mois</i>	Moyennes mensuelles des T°. °C	Moyenne mensuelle d'humidité %
2004	Janvier	12.0	57
	Février	14.7	52
	Mars	17.9	42
	Avril	20.5	41
	Mai	23.0	34
	Juin	30.6	28
	Juillet	33.0	23
	Août	35.0	29
	Septembre	27.7	35
	Octobre	24.9	35
	Novembre	14.3	62
	Décembre	11.3	66
2006	Janvier	8.7	65
	Février	12.2	53
	Mars	18.8	35
	Avril	23.8	33
	Mai	28.3	31
	Juin	31.7	20
	Juillet	34.5	23
	Août	33.9	28
	Septembre	26.9	40
	Octobre	24.8	35
	Novembre	17.1	45
	Décembre	11.7	64

Les données du tableau ci-dessus montrent une certaine uniformité dans les variations moyennes des températures pour la période de mesure. Les graphes de la figure 5.12⁴⁵⁵ montrent toutefois d'importantes variations entre les maxima qui peuvent atteindre au mois d'août 46.2 °C et les minima atteignant au mois de décembre 1.5 °C.

Il a été remarqué, toutefois, une augmentation sensible des moyennes enregistrées ces dernières années, résultat du réchauffement climatique, qui est une réalité fortement ressentie en Algérie⁴⁵⁶.

⁴⁵⁵ Wilaya de Ghardaïa (*Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire*) 2005, Op. cit.

⁴⁵⁶ Bouchouf, D. (2006), Op. cit. page 22.

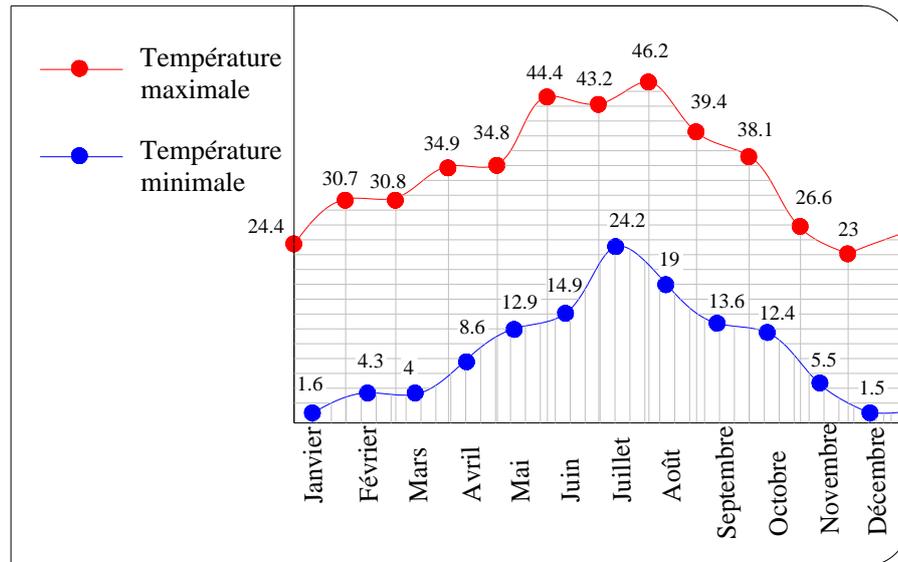


Figure 5.12 : Variation des températures minimales et maximales (2004).

• **La pluviométrie et l'humidité**

La faiblesse de la pluviométrie est le caractère fondamental de la vallée du M'Zab. Elle est extrêmement variable comme le montre la figure 5.13⁴⁵⁷ et présente parfois un caractère violent lié à des orages. La saison des pluies est comprise entre septembre et janvier. Les valeurs moyennes sont de 50 mm à 70 mm. Quelquefois sur des périodes de pluies intenses nous pouvons enregistrer jusqu'à 120,5mm.

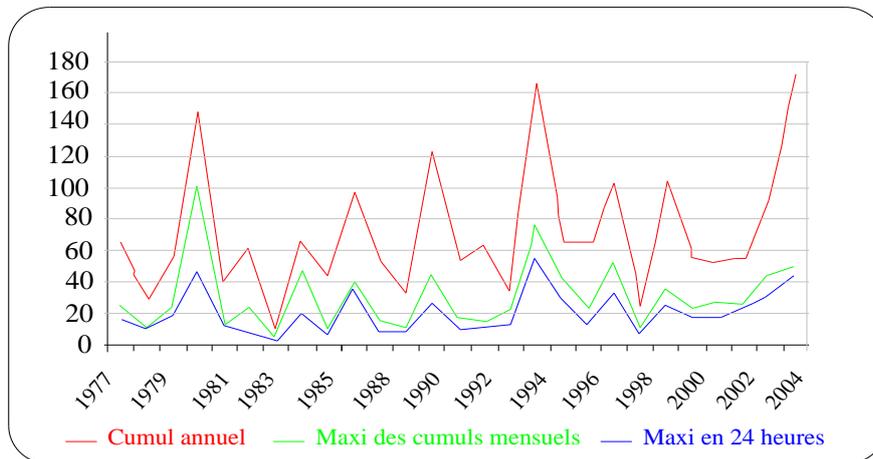


Figure 5.13 : Variation des précipitations (1977 et 2004).

Quant à l'humidité relative, les valeurs moyennes, relevées en hiver, sont de l'ordre de 49.54%. Le taux minimal atteint 33%, et le taux maximal peut atteindre 65% (Tableau 5.1). Les hivers les plus secs sont caractérisés par des valeurs d'humidité relative

⁴⁵⁷ Talbi, N. (2007) « Aperçu sur le climat de la région de Ghardaïa » in actes du séminaire portant "Journées météorologiques mondiale" tenu à Ghardaïa, 21 – 23 mars 2007.

n'excédant pas les 22% et 28%. En été le taux est relativement faible; il varie entre 20% et peut atteindre 30%. Durant certaines périodes de sécheresse, il peut atteindre des taux minimaux compris entre 2 et 6 %.

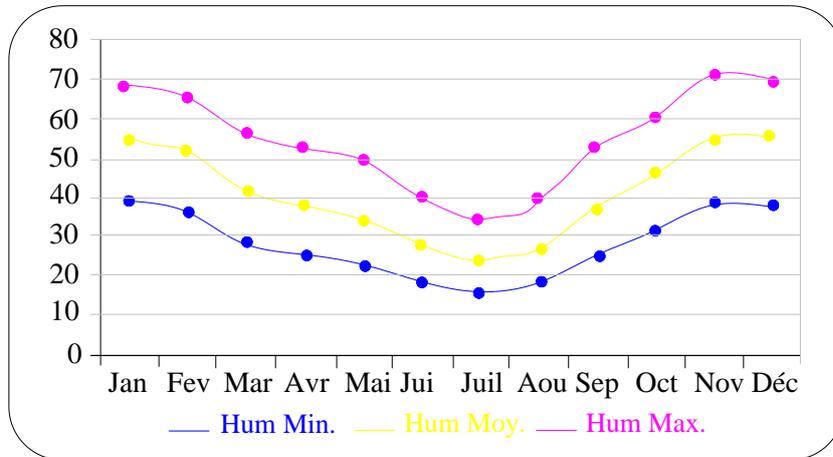


Figure 5.14 : Variation des taux d'humidité.

- **Les vents**

Il n'y a pas de désert sans vents. Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. L'obscurité règne et toute activité cesse. Ces phénomènes peuvent durer jusqu'à trois jours et plus, avec cependant une accalmie durant la nuit⁴⁵⁸. Des masses de sable peuvent être transportées à des distances considérables.

En région désertique, le vent et les particules de sable qui l'accompagnent imposent des contraintes à tous les niveaux de la vie sociale et économique. Si l'homme ne peut pas changer les lois de la nature, il est cependant capable d'en prévoir les effets, de réduire ses conséquences néfastes et parfois aussi de les utiliser à des fins économiques. Les vents qui ne trouvent plus d'obstacles à leur progression sur les régions dénudées apportant la sécheresse.

La connaissance du climat local est sujette à l'étude du vent (intensité, direction et fréquence), qui est à l'origine des contrastes climatiques les plus marquants. Les vents, d'une moyenne de 4 m/s, peuvent constituer un facteur de gêne important pour le confort

⁴⁵⁸ Wilaya de Ghardaïa (*Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire*) 2005.

humain. Ils peuvent atteindre 20 m/s et dans des cas extrêmes, 36 m/s, provoquant des tempêtes de sables qui constituent une des principales contraintes climatiques dans la vallée du M'Zab.

La protection contre les vents forts, froids et humides en hiver, chauds et secs en été, constitue de ce fait la priorité dans l'aménagement urbain. La vallée du M'Zab est exposée au vent quelque soit la direction de ce dernier comme le montre la figure 5.15. Si ces conditions sont favorables à la ventilation et la dissipation des polluants, elles demeurent dans de nombreux cas de figures contraignantes, notamment dans les conditions de froid en hiver⁴⁵⁹.

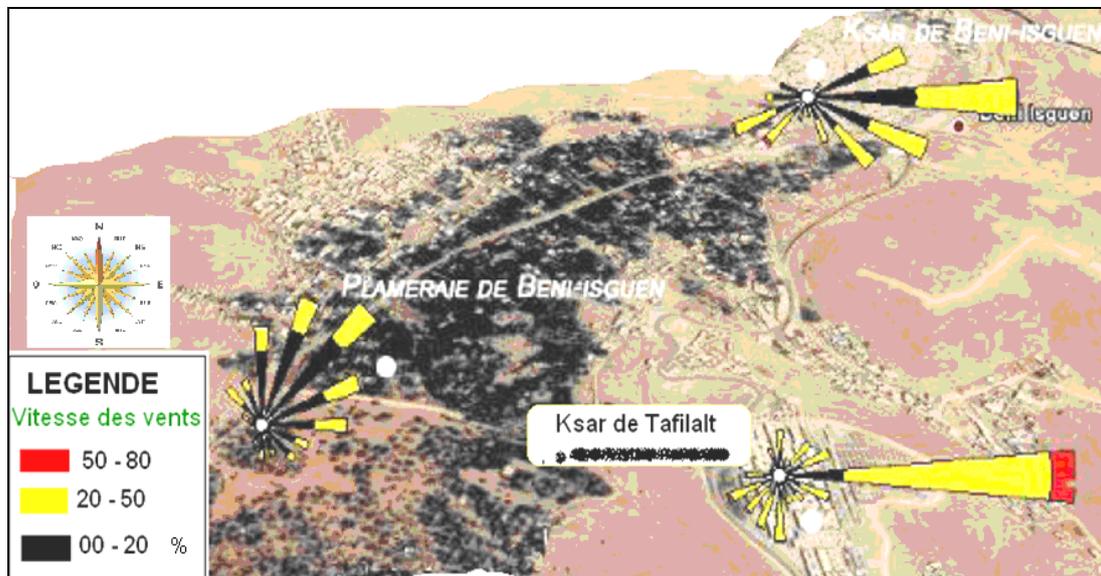


Figure 5.15 : Direction et fréquence du vent dans les Ksour de Beni-Isguen et Tafilalet.
(Source : Samia Kitous, 2006)

Les vents dominants d'été du Nord, Est ou Nord-est comme direction préférentielle sont secs et chauds tandis que ceux d'hiver du Nord, Ouest ou Nord-ouest (direction préférentielle Ouest-nord-ouest)) sont froids et humides⁴⁶⁰. Les mesures effectuées sur site par S. Kitous dans le cadre de la préparation de sa thèse de doctorat, montrent toutefois que les conditions aérauliques dépendent de l'emplacement du site par rapport aux reliefs environnants.

⁴⁵⁹ Kitous, S. et al (2006) Op. cit.24.

⁴⁶⁰ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit. page 26.

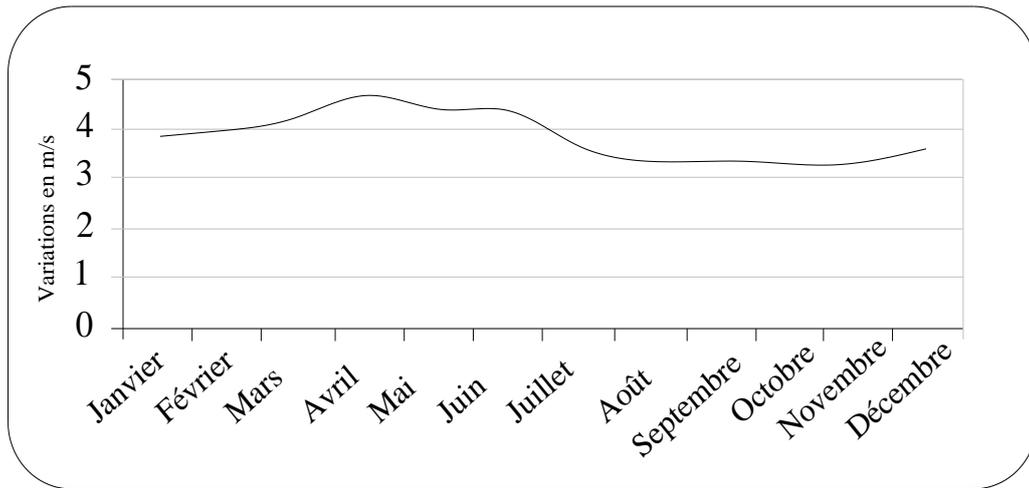


Figure 5.16 : Variations moyennes mensuelle des vents.

Les vents de sable, une autre contrainte climatique de la vallée du M'Zab, sont très fréquents, surtout pendant le printemps, les mois d'avril, mai et juin. Selon l'office national de météorologie, une vitesse minimale de 15 m/s peut déclencher une tempête de sable qui dure généralement entre 15 minutes et 3 heures. Ces tempêtes sont essentiellement de direction Ouest / Sud Ouest, Ouest / Nord Ouest et Ouest. Pour ce qui est du Sirocco, on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de mai à septembre⁴⁶¹.

- **L'ensoleillement**

C'est le rayonnement solaire reçu par notre planète, compte tenu du mouvement de celle-ci autour du Soleil, de l'existence de la couche d'air qui l'entoure et de la répartition des continents et des océans, qui est le moteur du climat qui y règne⁴⁶². La connaissance du potentiel énergétique solaire sur un site donné est ainsi un paramètre important pour la conception ou l'évaluation d'une architecture bioclimatique, en se basant sur les données climatiques relevées par des appareils de mesures appropriés ou, en l'absence de ces dernières, des modèles mathématiques peuvent reconstituer les différentes composantes du rayonnement solaire : le rayonnement direct*, le rayonnement diffus* ou le rayonnement

⁴⁶¹ Wilaya de Ghardaïa (*Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire*) 2005, Op. cit.

⁴⁶² Bertolo, L. et Bourges, B. (1992) « Données climatiques utilisées dans le bâtiment » Techniques de l'ingénieur, traité génie énergétique, document B 2 015.

* Rayonnement dont le parcours entre le soleil et la surface terrestre est direct.

* Désigne le rayonnement qui provient des différentes directions. Il s'agit notamment des rayons diffractés et réfléchis par la vapeur d'eau, les nuages et les autres gaz atmosphériques.

global* à partir des paramètres météorologiques les plus usuels à savoir la température sèche, l'humidité relative et la pression atmosphérique. Cités par Koussa et al⁴⁶³, ces modèles ou relations sont développés par Padridge et al⁴⁶⁴ et Ashrae⁴⁶⁵.

L'Algérie dispose de l'un des gisements solaires les plus importants au monde. Il est évalué à plus de 3000 heures de soleil par an, (soit $5.2 \cdot 10^{15}$ KWh / an)⁴⁶⁶ et à 5 kWh d'énergie quotidienne reçue sur une surface horizontale de 1 m² sur la majeure partie du territoire national. Selon le président de la Chambre Algéro-Allemande de commerce et d'industrie qui cite les conclusions d'une étude allemande sur le sujet, la puissance est d'environ 1700 kWh/m²/an dans le nord du pays et 2263 kWh/m²/an dans les régions du Sud⁴⁶⁷. La vallée du M'Zab est parmi l'une des régions qui dispose d'un gisement solaire très important dans le territoire Algérien comme l'atteste les données du tableau 5.2⁴⁶⁸.

Tableau 5.2 : Durée d'insolation (en heures).

Mois	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Janvier	267	251	263	222	262	261	211
Février	287	251	267	234	241	239	231
Mars	279	294	283	269	252	224	321
Avril	298	302	286	290	296	299	293
Mai	297	315	266	321	334	309	272
Juin	351	332	350	350	318	301	314
Juillet	351	322	298	323	370	295	357
Août	348	289	263	351	378	312	333
Septembre	274	262	282	267	307	272	275
Octobre	255	232	275	189	228	271	297
Novembre	245	208	225	264	205	252	261
Décembre	235	226	246	242	220	237	211

* Somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus sur une surface de réception horizontale.

⁴⁶³ Koussa, M. et al (2006) « Validation de quelques modèles de reconstitution des éclaircissements dus au rayonnement solaire direct, diffus et global par ciel clair » in revue es énergies renouvelables Volume 9 n° 4, Bouzaréah, Alger.

⁴⁶⁴ Padridge, G.W et al (1976) « Relative process in meteorology and climatology » Elsevier, New York.

⁴⁶⁵ King, R. et al (1979) « Direct solar transmittance for clear sky » in Solar Energy, Volume 22.

⁴⁶⁶ Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, (1983) « Village solaire intégré, Etudes préliminaires », Edition Office de publications universitaire, Alger.

⁴⁶⁷ Article de A. T. paru dans les colonnes du quotidien national d'information Algérien *El-watan* du 08 juin 2008 sous le titre « Plus de 3000 heures de soleil par an... »

⁴⁶⁸ Station météorologique de Ghardaïa (2007) « Données d'insolation » Données transmises suite à notre demande n° 117/ARCHI/TO/07 du 27.11.2007.

L'irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal est de l'ordre de 6000 Wh/m² en moyenne annuelle⁴⁶⁹ réparti en direct et diffus selon la figure 5.17⁴⁷⁰. Ainsi toute surface directement exposée au soleil dans cette région, les murs ou le toit, absorbe énormément de chaleur dans la journée qui sera libéré pendant la nuit, si le bâti est à forte inertie thermique.

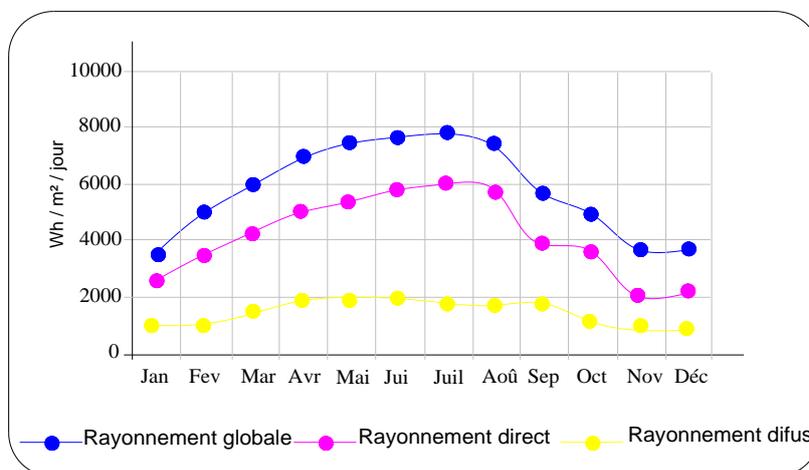


Figure 5.17 : Evolution du rayonnement solaire (Wh / m²).

Concernant l'insolation solaire, les valeurs minimales sont enregistrées pendant le mois de décembre avec une moyenne de 231 heures, quant aux valeurs maximales, elles sont enregistrées aux mois de juin et juillet avec une moyenne de 330,86 heures, pour la période de mesure allant de 2000 à 2006, comme le montre le graphe de la figure 5.18, réalisé à partir des données moyennes du tableau 5.2.

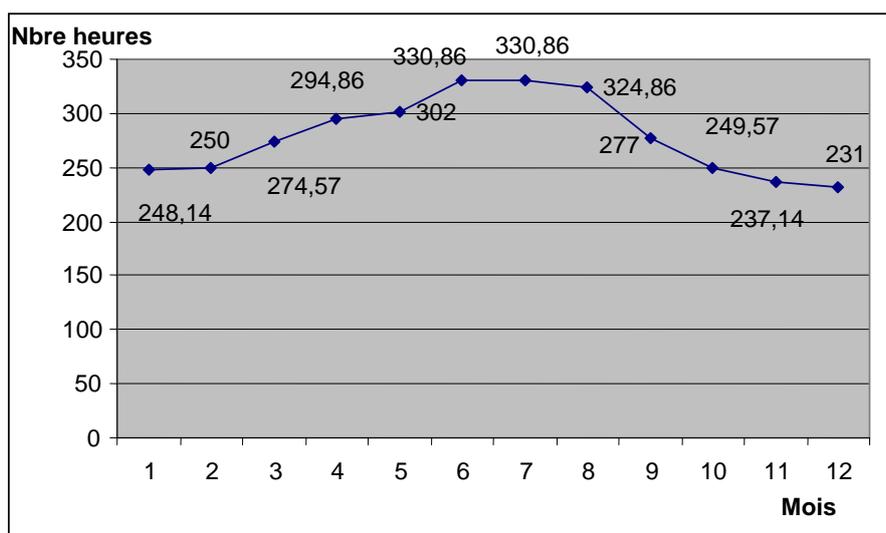


Figure 5.18 : Evolution de l'insolation solaire moyenne (2000 – 2006).

⁴⁶⁹ Benkacali, S. (2007) « Le gisement solaire à Ghardaïa » in bulletin des énergies renouvelables n° 11, juin 2007, C.D.E.R. Bouzaréah, Alger.

⁴⁷⁰ Magri Elouadjeri S. (2007) « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique en zone à climat chaud aride », mémoire de magistère, option 'architecture et environnement'. EPAU 2007, Alger.

5.1.4.3. Synthèse des données climatiques

L'analyse climatique que nous venons d'aborder, permet de situer le climat de la vallée du M'Zab dans une zone désertique à climat chaud et sec, caractérisé par les données suivantes :

- ❖ **Température de l'air** : Eté très chaud et sec avec des températures maximales pouvant atteindre 46 °C et une moyenne de 35 °C. et Hiver doux avec une température moyenne de 10.6 °C, et une température nocturne qui varie entre 5 et 9 °C.
- ❖ **Humidité** : L'hiver est caractérisé par un taux d'humidité entre 33% et 65% et l'été une saison très sèche, dont le taux d'humidité varie entre 20% et 30%
- ❖ **Précipitations** : La saison de pluies s'étend de septembre à janvier, dont les précipitations varient entre 50 et 70 mm, mais pouvant avoir un caractère orageux et violent comme les inondations de l'hiver 2008.
- ❖ **Vent** : En Hiver, les vents froids et humides sont de directions Nord, Ouest ou Nord-ouest avec une préférence Ouest-nord-ouest dont la fréquence est la suivante :

- 6 à 15 m/s : 20 %,	1 à 5 m/s : 60 %,	Calme : 20 %
----------------------	-------------------	--------------

 En Eté, les vents chauds et sec soufflent des direction Nord, Est ou Nord-est avec une préférence Nord-est. Leur Fréquence est la suivante :

-6 à 15 m/s : 25 %,	1 à 5 m/s : 55 %,	Calme : 20 %
---------------------	-------------------	--------------

 Quant aux vents de sable d'avril et juin, ils sont essentiellement de direction Ouest / Sud Ouest, Ouest / Nord Ouest et Ouest et le sirocco (Sud) entre mai et septembre.
- ❖ **Ensoleillement** : Le rayonnement global est très important, il est de l'ordre de 6000 Wh/m² et peut atteindre 8000 Wh/m² au mois de juillet. L'insolation solaire varie de 231 heures au mois de décembre pour atteindre son maximum aux mois de juin et juillet avec 330,86 heures.

5.1.5. Données de l'habitat

L'analyse des données du 4^{ème} recensement général de l'habitat et de la population de 1998⁴⁷¹, fait ressortir un parc logement évalué à 59 209 habitations (dont 16 895 inoccupées) pour une population estimée à 300 516 Habitants. Nous remarquons à travers le tableau 5.3 que la typologie individuelle prédomine ce parc.

⁴⁷¹ O.N.S (Office National des Statistiques) (1998) « Résultats du 4^{ème} recensement général de la population et de l'habita, Algérie 1998 ».

Tableau 5.3 : Répartition des logements occupés selon le type de construction.

Immeubles Habitation	Maisons Individuelles	maisons Traditionnelles	Autres Ord.	Constructions Précaires	N.D	Total
1130	31 846	8 195	103	572	468	42 314

Dans la wilaya de Ghardaïa, le T.O.L* est assez élevé (7.10) comparativement à la moyenne nationale qui est passé de 6.4 en 1987 à 5.79 en 1998, prévu à 4.87 avec l'achèvement du programme quinquennal (2005 – 2009) de logements⁴⁷². Cette élévation du T.O.L dans la vallée du M'Zab, explique en partie la crise de logements qui y règne ; le ksar de Tafilelt est une forme de réponse à cette crise. Comme il a été souligné, le programme quinquennal, fait bénéficier à la wilaya de Ghardaïa 18 769 logements, où figure en bonne position le segment du logement social participatif (5 667 logements) comme nous le constatons à travers le tableau 5.4⁴⁷³.

Tableau 5.4 : Situation des programmes d'habitat au 31.12.2008.

Désignation		Consistance
Logement Public Locatif	P.E.C au 31.12.2004	229
	Programme quinquennal. Neuf	1 500
	Programme. Sud	1 000
	Résorption habitat précaire	2 750
	Total	5 479
Logement Social Participatif	P.E.C au 31.12.2004	744
	Programme quinquennal. Neuf	5 000
	Programme. Sud	667
	Total	6 411
Logement Location – Vente	P.E.C (A.A.D.L)	500
	Total	500
Habitat Rural	P.E.C au 31.12.2004	740
	Programme quinquennal. Neuf	3 000
	Programme. Sud	4 333
	Autres complémentaires	180
	Total	8 253

* Taux d'Occupation par Logement.

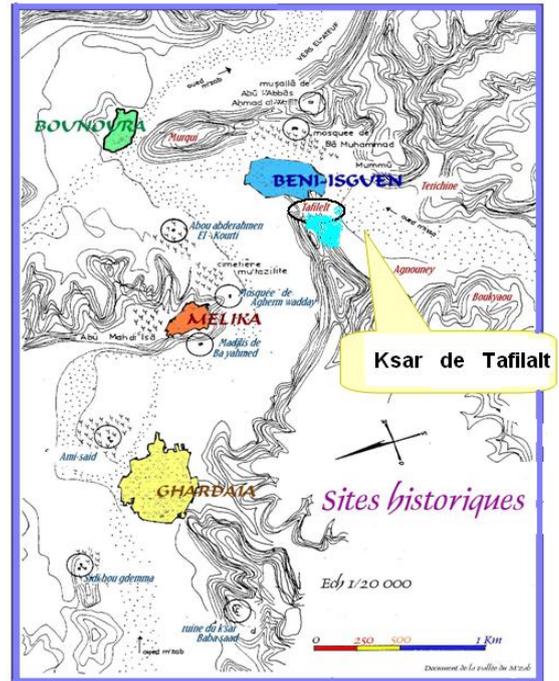
⁴⁷² R.A.D.P/M.A.E (2006) « Le secteur de l'habitat et de l'urbanisme » document du Ministère des affaires étrangères Algérien, mis en ligne http://193.194.78.233/ma_fr/ téléchargé le 23.02.2009.

⁴⁷³ M.H.U / D.P.H.P.I (2008) « Situation physique des programmes d'habitat au 31.12.2008 », bilan des services du Ministère de l'habitat et de l'urbanisme, reçu le 16.02.2009.

5.2. Présentation du ksar de Tafilelt

5.2.1. Présentation

Le ksar de Tafilelt ou la cité Tafilelt Tajdite (nouvelle) est un ensemble bâti sur une colline rocailleuse, surplombant le ksar de Beni-Isguen. Initié en 1998 par la fondation Amidoul* dans le cadre d'un projet social, cet ensemble urbain (planche 5.1), comptant 870 logements, est doté de placettes, rues, ruelles, passages couverts, aires de jeux et des structures d'accompagnement, telles que bibliothèque, école, boutiques, maison communautaire⁴⁷⁴, salle de sport et en prévision des équipements culturels et de loisirs (parc). Considéré comme étant l'extension de l'ancien ksar de Beni-Isguen, comme le montre la photo



satellite 5.7⁴⁷⁵, ce nouveau ksar a été édifié grâce à un montage financier mettant à contribution: le bénéficiaire, l'Etat (dans le cadre de la formule "Logement social participatif") et la communauté à travers la fondation Amidoul.

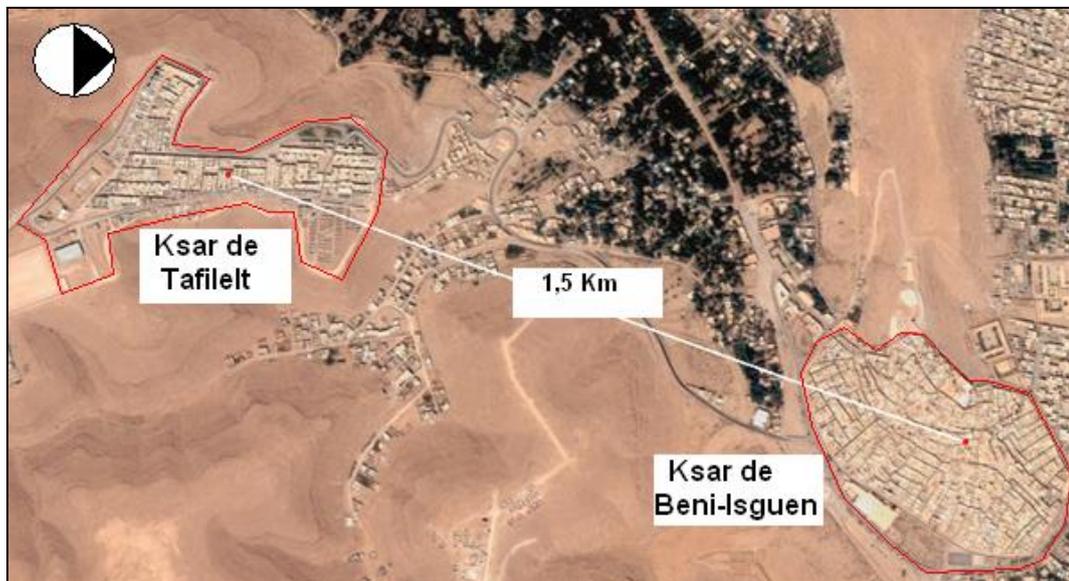


Photo 5.7 : Situation du ksar de Tafilelt par rapport à celui de Beni-Isguen.

* Association à but non lucratif présidée par Dr Hadj Ahmed Nouh.

⁴⁷⁴ Balalou, Z. (2008) « Revitalisation urbaine pour la sauvegarde du patrimoine, cas de la vallée du M'Zab » in actes du colloque international "Réhabilitation et revitalisation urbaine", tenu à Oran du 19 au 21 Octobre 2008. Algérie.

⁴⁷⁵ Photo satellite téléchargée à partir du site <http://www.earth.google.fr/>, le 28.01.2008.

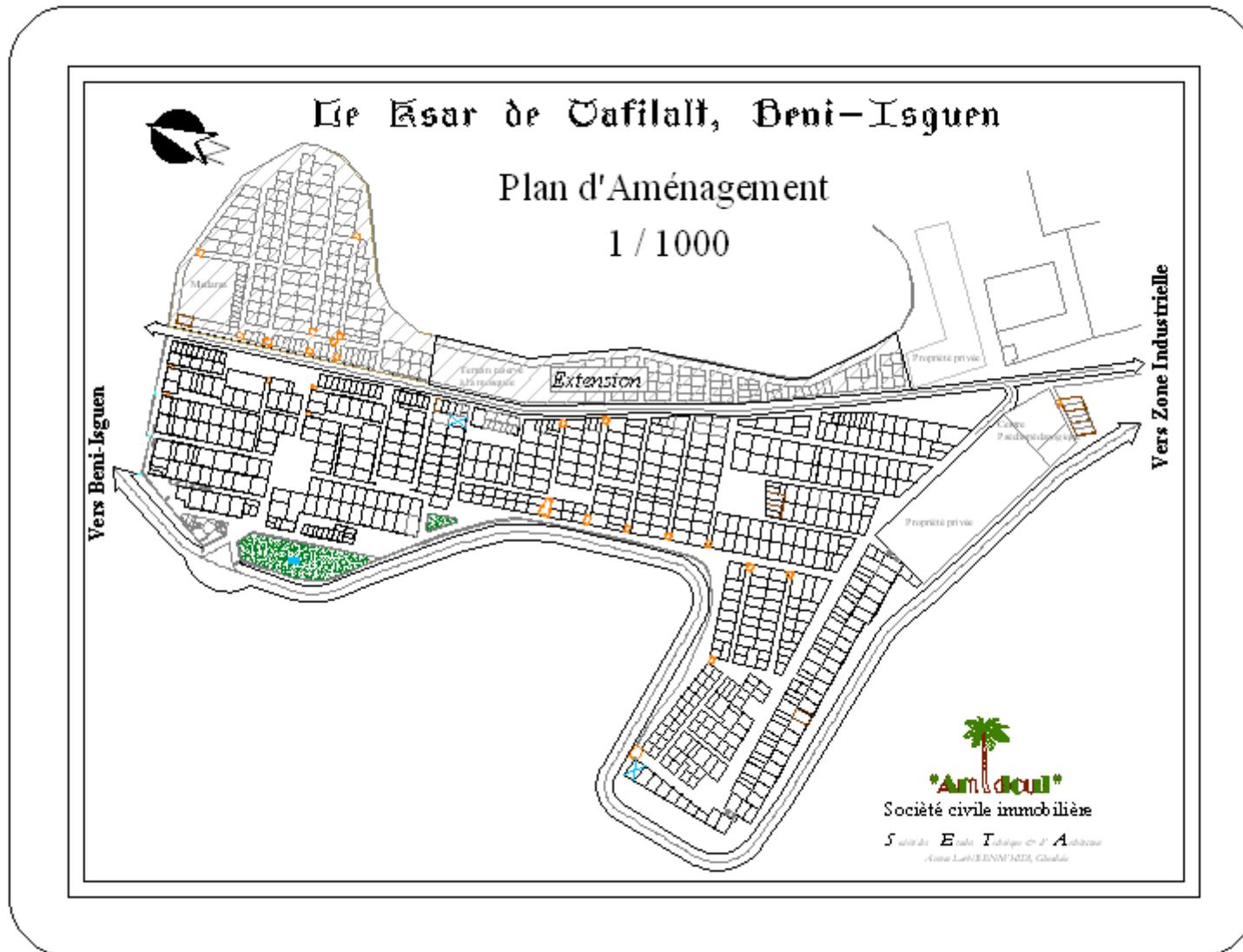


Planche 5.1: Plan d'aménagement du ksar de Tafilt.

5.2.2. Fiche technique du projet

Les données suivantes sont données par la fondation Amidoul⁴⁷⁶ et contenues dans le document mis en ligne par la dite association :

- Superficie du terrain : 22,5 Ha
- Superficie résidentielle : 79 670,00 m²
- Nombre de logements : 870
- Début de réalisation : 13 Mars 1997
- Site naturel : terrain rocheux avec une pente de 12 à 15%
- Date d'achèvement du programme des 870 logements : 2006
- Coût du logement : 8 700 DA / m² bâti.
- Types de logements : les logements sont en R+1 avec terrasse d'été accessible, répartis sur trois (03) modèles :

Désignation	1 ^{ère} variante	2 ^{ème} variante	3 ^{ème} variante
Emprise en sol (m ²)	50	89,63	130
Nombre	250	550	70
Prix du logement (DA)	1 000 000	1 400 000	1 900 000

5.2.3. Approche conceptuelle

L'Algérie, malgré la diversification des formules d'accession à la propriété d'un logement, reste marquée par une profonde crise tant dans les chiffres que dans l'approche elle-même, si bien que dans la majorité des cas, on assiste à des mauvais choix de terrains, à l'inadaptation des matériaux utilisés, à l'ignorance des valeurs culturelles des futurs occupants et enfin au manque de confort notamment thermique.

Par ailleurs, il est projeté dans la vallée du M'Zab, une ville nouvelle : le ksar de Tafilelt, pour concourir à la résolution du problème de logement ; qui par ses approches tant sociales, économiques qu'écologiques, se veut une expérience humaine architecturale et urbanistique très particulière. Ses initiateurs se sont appuyés pour la réussite du projet, de la mise en valeur de l'héritage patrimonial matériel et immatériel en appliquant probablement les conclusions d'André Ravereau ou de Le Corbusier sur la leçon d'architecture que présente les ksour du M'Zab. Les concepteurs de Tafilelt ont ainsi procédé en la réinterprétation des principes urbanistiques et architecturaux des maisons

⁴⁷⁶ <http://www.Tafilelt.com/>

Mozabites traditionnelles, donné le vrai sens à la notion de concertation en mettant à contribution les institutions sociales traditionnelles, à l'implication du futur occupant dans la définition des espaces de sa future maison.

Ainsi, le mode d'urbanisation choisi est le plus approprié à l'environnement saharien à savoir la typologie ksourienne qui se définit par :

- La compacité urbaine ;
- Le rapport à l'échelle de l'homme ;
- Les éléments d'identification comme : les portes urbaines, le souk, les espaces de transition, la hiérarchisation des espaces ;
- Les éléments de repère ou à forte valeur symbolique (figure 5.8) comme : le puit, le minaret et la tour de gué.

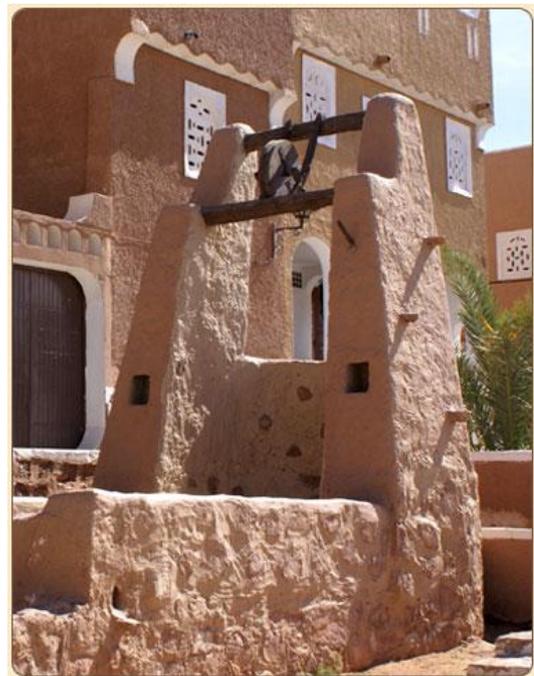


Photo 5.8 : Réinterprétation d'éléments symboliques des anciens ksour : la porte urbaine, la tour de gué ou le puit.

Selon Dr Hadj Ahmed Nouh, président de l'association Amidoul, ⁴⁷⁷ « le projet Tafilalet vise d'une part à rendre le logement à la portée de tout le monde sans porter atteinte à l'environnement naturel et d'autre part à restaurer certaines coutumes ancestrales basées sur la foi et le « compter sur soi » et qui ont permis aux oasis en

⁴⁷⁷ Fondation Amidoul (2006) « Le ksar Tafilalet tajdit, principes et références » document téléchargeable du site en ligne <http://www.Tafilalet.com/>

général et à celles du M'Zab en particulier de survivre dans un environnement hostile et de bâtir ce qui est maintenant mondialement connu comme étant une architecture millénaire digne de l'appellation 'développement durable'. Alliant les pratiques et les valeurs de cohésion et entraide sociales et les normes avec les exigences du confort de l'habitat contemporain, Tafilelt est une nouvelle ville qui s'inscrit dans une optique sociale, économique et écologique » et d'ajouter « Le logement traditionnel du M'Zab a été notre source d'inspiration dans la réalisation de ce projet aux côtés des travaux de recherche sur l'architecture bioclimatique, tout en l'adaptant aux commodités de la vie contemporaine, tel que l'introduction de l'élément « cour » pour augmenter l'éclairage et l'aération de l'habitation ainsi que l'élargissement de ses espaces intérieurs, nous avons maintenu en revanche la hiérarchisation des espaces, l'utilisation des matériaux locaux à l'image de la pierre, le plâtre et la chaux, et les ruelles étroites qui s'entrecoupent pour casser les vents de sable et ce pour rendre compte réellement de l'esprit du ksar »

« Concernant les bénéficiaires, ils sont sélectionnés selon des critères étudiés. A cet effet, il est impossible de pouvoir accéder à un logement dans la ville de Tafilelt si on est déjà acquéreur d'un autre logement. « Le projet concerne uniquement les défavorisés et les nécessiteux dont le salaire ou les moyens financiers limités ne peuvent nullement leur permettre d'avoir droit à un logement. Par ailleurs, l'apport personnel des bénéficiaires doit être de l'ordre des 30 % à 40 % du coût global de la maison qui peut aller de 1 à 2 million de Dinar selon les 3 modèles disponibles. Le reste, le bénéficiaire le paiera à travers un échelonnement et ce après avoir pris possession de sa maison », nous fait savoir Dr. Nouh.



Figure 5.19 : Perspective de logements groupés du Ksar de Tafilelt.

Signalons enfin qu'un parc des espèces animales et végétales des zones désertiques est en cours de réalisation par la même fondation Amidoul dans la périphérie de Tafilelt. Ce futur parc comprendra des espaces verts, une station d'épuration des eaux usées, une station d'énergie solaire, un laboratoire scientifique et une salle de conférences. A l'instar de Tafilelt, ce parc de verdure verra le jour dans une zone rocailleuse. Comme quoi, dans la cité des mille et une passions, on ne manque point d'imagination pour faire des déserts les plus rocailleux, des oasis enchanteresses. Décidément, en Algérie, le nord a encore beaucoup à apprendre du sud.⁴⁷⁸

5.2.4. Les impacts du projet de Tafilelt

L'approche suivie pour la concrétisation du ksar de Tafilelt, a permis, selon les initiateurs du projet, l'atteinte de certains résultats, que nous pouvons recentrer en terme d'impacts immédiats et lointains, comme indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 5.5 : Les impacts du projet de Tafilelt.

Nature d'impact	Résultat obtenu	Impact immédiat	Impact lointain
Social.	Un site urbain pour toutes les couches sociales et un logement pour tous ;	Cohésion sociale ; Retrouver l'équilibre entre l'homme et le lieu.	Arrêt de la migration des jeunes vers le nord; Dynamisation du mouvement associatif ; Transmettre aux générations futures les valeurs civilisationnelles.
Economique	Réduction du coût du logement de 1/3 du coût courant.	Arrêt de la spéculation foncière et immobilière	Atténuation de la crise du logement.
Environnemental.	Construction sur une roche compacte.	Préservation de la palmeraie.	Préservation de l'équilibre fragile de l'écosystème oasien.

⁴⁷⁸ Semmar, A. (2007) « Ghardaïa, la cité des milles et une passion » in Le mague journal, document téléchargé du site <http://www.lemague.net/> le 02.02.2009.

CHAPITRE 6
ETUDE BIOCLIMATIQUE DU KSAR
DE TAFILELT

Introduction

Le présent chapitre a pour objet l'application pratique ou plus précisément la capitalisation des concepts et fondements que nous avons développé dans la première partie de notre travail de recherche, consacrée au corpus théorique des notions du bioclimatisme. On procédera en premier lieu à l'étude bioclimatique du ksar de Tafilelt à l'échelle urbaine, par la suite s'intéresser à l'échelle architecturale de cette entité urbaine. L'étude sera abordée suivant une approche qui permet la connaissance objective de la structure spatiale de l'objet dans sa dualité avec le climat, à cet effet, la démarche choisie repose sur le souci de répondre à la problématique spécifique formulée dans le chapitre introductif.

La recherche bibliographique, dans le domaine des approches en tant qu'instrument méthodologique, nous a permis de retenir l'approche dite typo-morphologique dont le principe consiste en la mise en évidence du rôle de chaque élément de l'objet urbain ou architectural ainsi que les relations entre eux pour assurer une optimisation des réponses à la problématique posée. L'origine de la méthodologie remonte aux années soixante, à travers les travaux de *Muratori* sur Venise et *Caniggia* sur Florence⁴⁷⁹. Cette approche constitue en fait un outil de lecture puis d'interprétation de l'objet à analyser par d'une part une interprétation morphologique des modèles urbanistiques et architecturaux qui fournissent des indications sur la forme et les modes d'agencement et d'autre part une lecture typologique qui tente d'explicitier la logique du projet⁴⁸⁰. Notre approche analytique se définit alors par rapport à deux éléments qui font système :

- ✓ Les facteurs de l'espace architectural et urbain, organisés en un système à structure morphologique ;
- ✓ Les facteurs climatiques, qui constituent un système dont les composants fonctionnent comme une structure unifiée.

Comme outils d'aide à cette approche analytique, nous nous baserons sur :

- ✓ les recommandations scientifiques issues de l'état de l'art sur les constructions dans les climats chauds et secs ;
- ✓ la comparaison avec les dispositions architecturales d'intégration au climat des ksour anciens;
- ✓ les outils graphiques (diagramme solaire, diagramme bioclimatique) ;
- ✓ les résultats de l'enquête sociologique effectuée au niveau du Ksar de Tafilelt.

⁴⁷⁹ Behbahian, I. et Mahrour, K. (1987) « Espaces maghrébains, pratiques et enjeux » acte de colloque tenu à Taghit (Algérie) du 23 au 26 novembre 1987. Editions ENAG/URASC 1989.

⁴⁸⁰ Rossi, A. (1978) « L'architecture de la ville » Editions L'équerre, Paris.

6. ETUDE BIOCLIMATIQUE DU KSAR DE TAFILELT

L'étude bioclimatique du Ksar de Tafilelt sera orientée vers deux échelles, l'échelle urbaine, à travers l'ensoleillement, la compacité bâti et la ventilation naturelle, l'échelle architecturale, à travers la forme, les ouvertures, présence d'une cour (patio), l'orientation, l'isolation thermique, l'inertie thermique, la résistance thermique liée essentiellement aux matériaux...

6.1. Etude à l'échelle urbaine

6.1.1. La compacité

Conformément à l'approche typo-morphologique, l'étude du degré de compacité, comme donnée essentielle dans le rapport au climat du ksar de Tafilelt, repose sur la décomposition du tissu en deux sous ensembles articulés les uns aux autres et divisant l'espace en un domaine bâti et un autre non bâti.

Le ksar de Tafilelt est organisé sous forme de lotissement, avec un système viarie caractérisé par une géométrie rectiligne, un profil moins étroit (4.50 m) que les rues des anciens ksour pour les exigences de la modernité (la voiture), profondes et se coupent à angle droit. Issu d'un urbanisme réglementé, le parcellaire définit la forme bâtie comme nous le montre la figure 5.8, comparativement au ksar de Beni-Isguen où le bâti, dans ses modes de transformation, définit le parcellaire, d'où la forme organique du ksar avec ses rues sinueuses et tortueuses, ménageant des zones d'ombre, font obstacle aux vents et amenuisent le temps d'ensoleillement.

L'analyse de l'occupation du terrain (79.670 m²) de Tafilelt montre que le logement en occupe 56%. Les habitations sont accolées autant que possible les unes aux autres notamment dans la partie centrale, de manière à réduire les surfaces exposées à l'ensoleillement, comme il apparaît dans la figure 6.1. L'occupation totale de la parcelle (C.E.S* = 1) implique que pour une superficie des parois de l'enveloppe (murs extérieurs et plancher-terrasse) évaluée à 329,62 m², seul 140.62 m² sont en contact avec l'environnement extérieur, soit 42 % de l'enveloppe globale. Le ksar de Tafilelt peut alors être considéré comme organisation urbaine compacte, en comparaison avec le ksar de Beni-Isguen d'une part et, les principes de la ville durable que nous avons évoqué au chapitre 3. Ces caractéristiques de densité des formes urbaines compactes reflètent les

* Le Coefficient d'Emprise au Sol correspond au rapport (Surface bâti / Surface de la parcelle).

théories de Marcus et Sarkissian (1986) que nous avons évoqué au chapitre 3, lesquels se sont prononcés en faveur de programmes de logements groupés de faible hauteur et de fortes densités, qui utiliseraient rationnellement l'espace. Corinne Jaquand ou Richard Rogers abordent aussi la morphologie de la ville durable, sur le plan de la compacité, avec des typologies d'habitat intermédiaire entre l'individuel et le collectif.

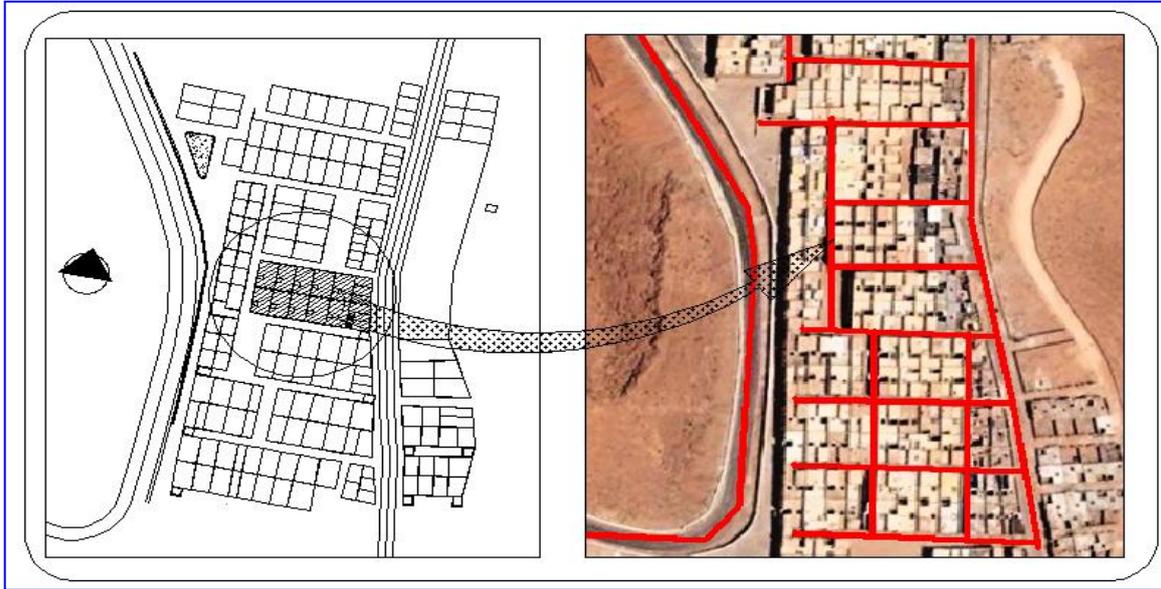


Figure 6.1 : La compacité du ksar de Tafilelt.

Comme dans les anciens ksour ou dans l'ensemble des médinas implantées dans les régions à climat chaud et sec, les îlots de Tafilelt sont plus ou moins fermés, diminuant ainsi les possibilités d'ouverture sur l'extérieur. L'introversion des habitations, à travers leurs organisations autour d'une cour (figure 6.2)⁴⁸¹, réduit énormément les surfaces exposées vers l'extérieur, c'est alors une réponse climatique et sociale.



Figure 6.2 : La compacité de la médina de Nefta (Tunisie).

⁴⁸¹ Ghrab, A. (1992) « Analyse régionale de la relation entre urbanisme, architecture et climat » Actes du séminaire portant préparation d'une réglementation pour l'amélioration du confort et la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment des pays du Maghreb, 6 Nov. 1992. Tunis.

6.1.2. L'enselement

Le rayonnement solaire dans les rues est fonction de la hauteur du soleil, donc de la variation saisonnière, mais aussi de la géométrie de la rue en terme de prospect*. Diverses recherches ont mis en valeur l'impact de cette géométrie sur les variations de température de l'air et de surface^{482 483}. L'orientation par rapport aux vents dominants influe également sur les températures, si bien que les rues parallèles à la direction du vent sont plus fraîches que celles qui y sont perpendiculaires.

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

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

Avec ces valeurs de prospect relativement élevées par rapport à celles relevées à Beni-Isguen comme le montre la figure 6.3 (entre 1.4 pour les rues couvertes et 7.5 pour une largeur de rue de 1.40⁴⁸⁴), le soleil, très haut en été (81° le 21 juin), permet une pénétration maximale dans les rues, mais l'étroitesse de ces dernières observées dans l'ancien ksar (voir synthèse chapitre 5), limite les surfaces d'enselement. Les façades sud (rues orientées Est-Ouest) sont enselementées durant presque toute la journée en période d'été, il est relevé une moyenne de 330 heures d'insolation au mois de juillet (figure 5.18). En l'absence de protections contre le rayonnement solaire, ces façades peuvent accumuler des quantités de chaleur importante et atteindre des températures de surface qui dépassent largement la température de l'air ambiant.

* Le prospect définit les conditions d'implantation des constructions par rapport aux voies, aux limites séparatives et aux autres constructions. Il exprime le rapport entre la hauteur de la construction et la largeur de la rue.

⁴⁸² Oke, T.R. (1988) « Street design and urban canopy layer climate » in *Energy and buildings*, vol. 11, p 103-113.

⁴⁸³ Richard, Y. (2008) « La ville : climat, pollution et politique », Centre de recherche de climatologie U.M.R 5210 CNRS, université de Bourgogne, France.

⁴⁸⁴ Ali-Toudert, F. et al (2005) Op. cit. page 248.



Figure 6.3 : Comparaison du prospect entre l'ancien et le nouveau ksar.

Les rues de direction Est-Ouest, comparativement à celles d'orientation Nord-Sud, sont soumises à une importante surchauffe du sol ainsi, pour des prospects variant entre 2.7 et 6.2, l'éclairement énergétique incident dans les rues représente 70 % de celui reçu sur le toit.

Néanmoins des mesures relevées à Ghardaïa montrent que les fluctuations de température de l'air diurne sont très faibles pour des prospects de rue compris entre 2.7 et 6.2⁴⁸⁵. Au regard de ces valeurs de référence, les rues Est-Ouest de Tafilelt notamment celles de desserte, dont le prospect est proche de 2.7, peuvent par de petites interventions améliorer leur rapport vis-à-vis des températures des surfaces verticales des façades puisque le principal gain de chaleur de ces dernières provient du rayonnement solaire diffus et réfléchi (qui dépend de l'albédo des surfaces*). A l'inverse les parois horizontales comme les surfaces des rues larges, sont fortement exposées à l'irradiation solaire directe. Ainsi, comme le montre la figure 6.4, les rues de desserte orientées Est-Ouest, compte tenu du prospect relativement élevé, présentent un très faible apport de chaleur en hiver, en été les surfaces horizontales du sol des rues en reçoivent selon les données du tableau 4.2, 94 % du rayonnement intercepté, ce qui nécessite des masques ou des brise-soleil qui créent des ombres sur les façades qui se traduisent par une diminution de la quantité d'énergie reçue.

⁴⁸⁵ Kitous et al (2004) « Thermal behaviour of compact urban fabric in hot and dry climate: Case study of M'Zab valley. Experimental results » in Plea 2004, the 21st conference of passive and low energy architecture, Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 sept. 2004.

* Représente la fraction du rayonnement incident, réfléchi ou rediffusé (énergie réfléchi / énergie reçue).

Les ombres en se déplaçant entretiennent des réévaluations constantes de températures et de pression. Elles créent des courants d'air qui peuvent être rafraîchis par la proximité de l'eau ou du végétal.

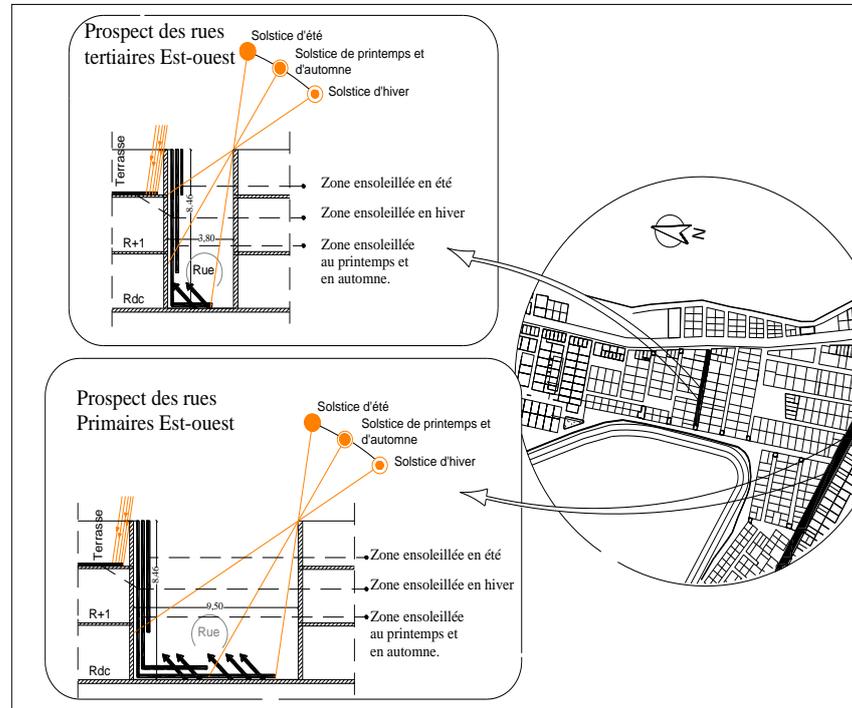


Planche 6.1 : Le prospect dans le ksar de Tafilelt.

Quant aux rues primaires, à prospect faible, le fort taux de réflexion du rayonnement solaire engendre une surchauffe des parois sud. Une protection par de la végétation serait la plus indiquée.

En été, le soleil parcourt plus de 240° selon la figure 4.29 et son passage dans les voies de direction Sud est bref, à l'opposé des voies Est-Ouest où l'ombre dépend essentiellement du prospect (rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue). Dans ces rues Nord-Sud, les façades Est et Ouest en vis-à-vis se protègent mutuellement de l'ensoleillement, néfaste en temps normal pour ce type d'exposition. Aussi, la situation du ksar sur un plateau procure aux rues un même captage de rayonnement solaire comparativement aux contrastes observés dans les anciens ksour ou les rues du versant sud sont soumises à un éclairage énergétique supérieur à celles du versant nord.

6.1.3. La ventilation naturelle

Le ksar de Tafilelt, situé sur un plateau surplombant la vallée, est exposé à toute les directions du vent comme le montre la planche 6.2 comparativement à la palmeraie qui en

demeure très protégée, en raison de son comportement comme un brise vent efficace. Mais les conditions d'écoulement sur les plateaux ne sont pas uniformes eu égard au relief ondulé des plateaux.

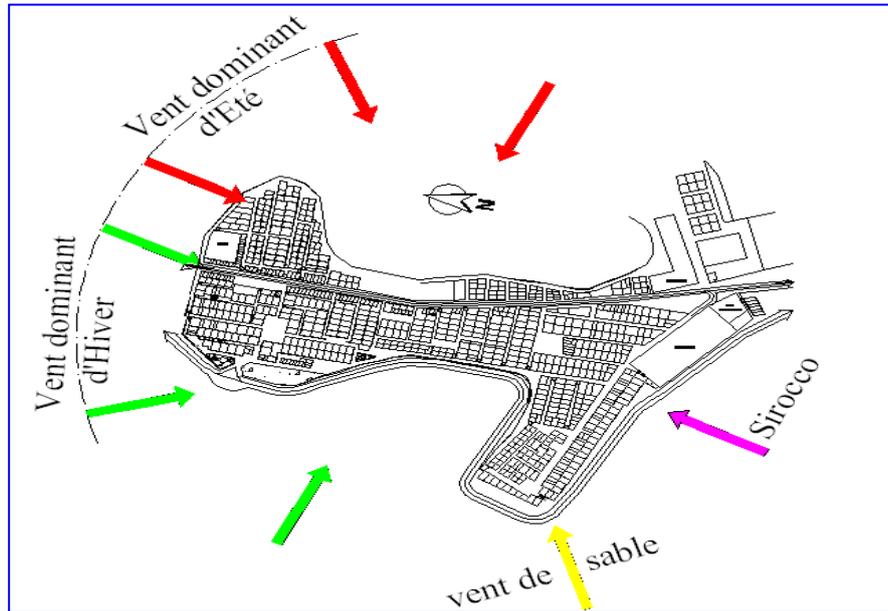


Planche 6.2 : L'exposition de Tafilelt aux vents.

La distribution des vents dans les rues, relève d'abord du climat local en accord avec les phénomènes d'exposition au vent. Quant aux écoulements d'air, ils varient en fonction de la direction des vents incidents, du prospect et de la profondeur des rues, ainsi pour le cas des anciens ksour, l'association entre la géométrie des rues (prospect élevé, sinuosité et orientation oblique) et la direction des vents influe sur l'atténuation de la vitesse de l'écoulement de l'air. Par contre dans le ksar de Tafilelt, la situation sur un plateau, la régularité du tracé des rues et leur orientation Nord-Sud et Est-Ouest sont, autant d'éléments qui favorisent grandement la pénétration des vents, été comme hiver, dans le ksar avec toute la gêne engendrée pour les habitants. De plus la vitesse du vent peut être élevée dans les deux directions, compte tenu de la profondeur des rues (effet venturi).

Des écrans ou des brises vents sont alors nécessaires pour le confort notamment pour les vents d'hiver froids et humides provenant surtout de la direction Ouest-Nord-Ouest. A cet effet, les gestionnaires du projet de Tafilelt ont projeté des plantations d'arbres, aux côtés d'autres projet liés à la préservation de l'environnement (station de traitement de déchets, parc zoologique...) sur toute la partie Ouest et Sud-Ouest du ksar, il s'agit d'une activité de grande envergure tant par sa dimension et la richesse de ses impacts que par sa portée sociale qui ne se limite pas aux habitants de Tafilalt seulement, mais à toute la population

de la vallée du Mzab et même de la wilaya⁴⁸⁶. Dans ce futur tapis vert on trouvera des circuits pédestres à l'ombre des palmiers et de quelques fruitiers ou arbustes ornementaux menacés de disparition comme le figuier, le grenadier, le bigaradier, le rosier ou le jasmin, ainsi qu'un sentier fleuri d'un côté et aromatisé de l'autre. Il est prévu la plantation de 753 palmiers et 753 arbres fruitiers, qui constitueront au niveau climatique un apport considérable par leur effet de brise vent et au plan environnemental la création d'un microclimat dans un site rocailleux comme il apparaît sur la photo 6.1.

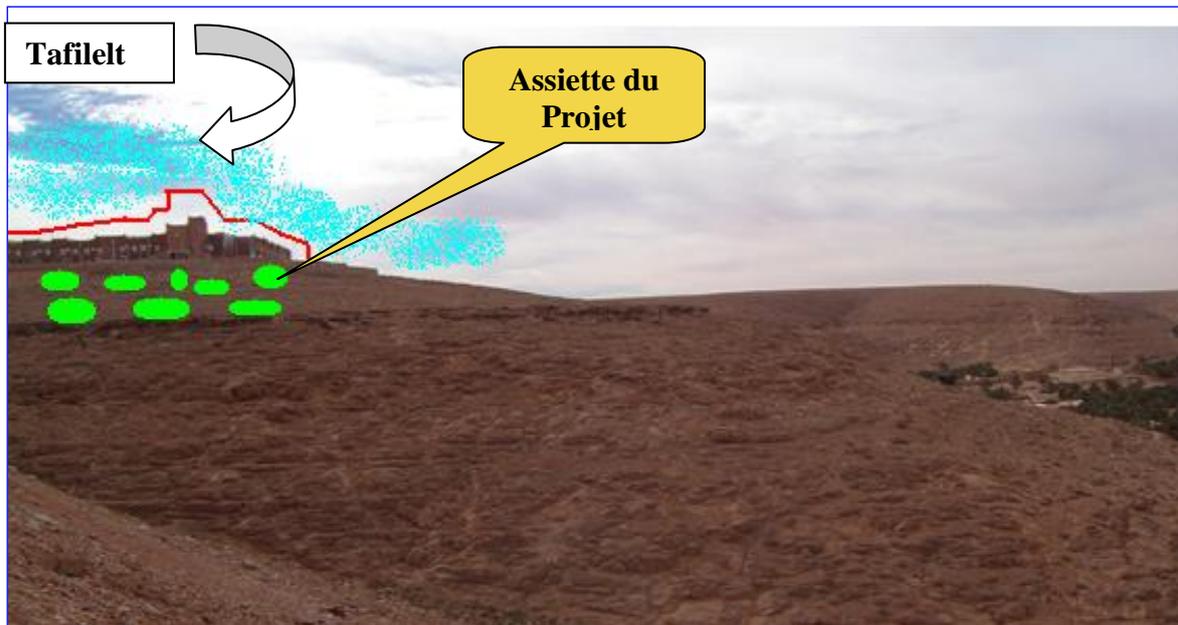


Photo 6.1 : Site d'implantation de la zone de verdure de Tafilelt.

6.2. Etude à l'échelle architecturale

Introduction

Dans les chapitre 3 et 4, où nous avons tenté de relever les différents dispositifs architecturaux d'adaptation au climat notamment chaud et sec et les paramètres affectant le confort thermique, il a été relevé que le confort de l'utilisateur d'un espace bâti était assuré par une combinaison de plusieurs stratégies passives de contrôle thermique. Ainsi la diminution ou le maintien des températures à l'intérieur d'une habitation pouvait être réalisé aux moyens de concepts de l'architecture bioclimatiques que nous utilisons dans le présent chapitre pour l'étude d'une maison du ksar de Tafilelt à titre d'exemple (l'implantation et orientation, la compacité, l'organisation intérieure des espaces, les

⁴⁸⁶ S.C.I. Amidoul, (2006) 47 131 Beni-Isguen, Algérie.

matériaux de construction utilisés, les dimensions des ouvertures, la couleur des enduits des murs extérieurs exposés aux rayonnement solaire, l'inertie thermique de l'enveloppe, la ventilation par voie thermique et l'évaporation).

6.2.1. Description de la maison étudiée

Nous avons choisi une maison typique, la plus répandue dans le ksar (550 / 870), de dimensions de 07,80 x 11,50 m. Elle se développe en R+1 avec terrasse accessible. Le bâti, occupant toute la parcelle rectangulaire (C.E.S=1), est mitoyen avec les maisons voisines de l'Est, l'Ouest et Nord, et est allongé dans la direction Nord-Sud (planche 6.3).

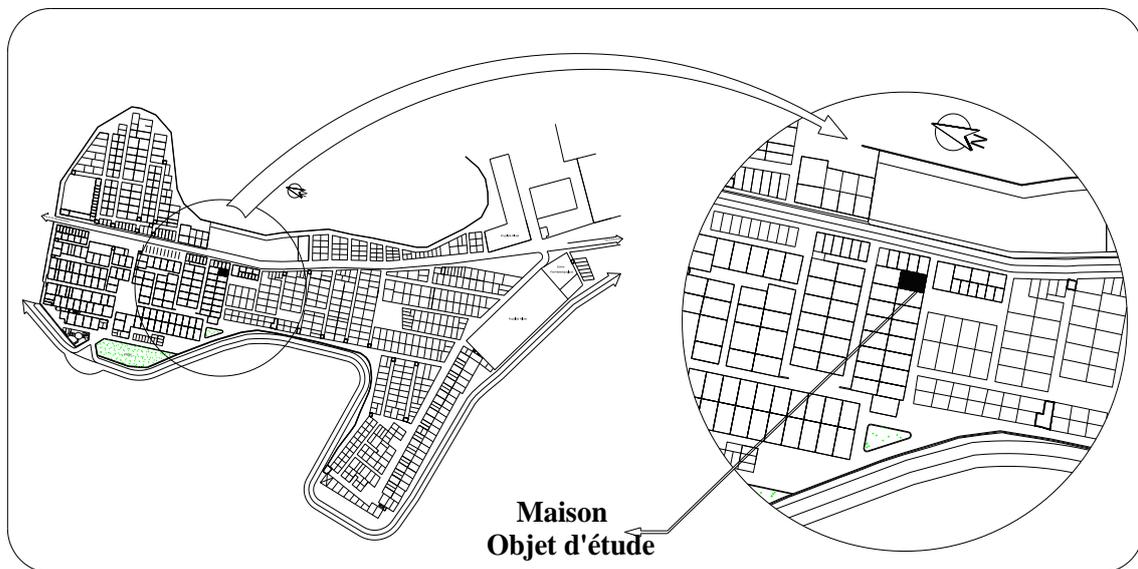


Planche 6.3 : Situation de la maison étudiée.

La maison que nous étudions a été conçue dans le respect de reproduire globalement les mêmes espaces que la maison traditionnelle, à ce titre, le Dr Hadj Ahmed Nouh, précise que « *Le logement traditionnel du M'Zab a été notre source d'inspiration dans la réalisation de ce projet aux côtés des travaux de recherche sur l'architecture bioclimatique, tout en l'adaptant aux commodités de la vie contemporaine, tel que l'introduction de l'élément « cour » pour augmenter l'éclairage et l'aération de l'habitation ainsi que l'élargissement de ses espaces intérieurs* ». En effet la lecture en plan de la maison, à travers les planches 6.4, 6.5 et 6.6, nous renseigne sur sa conformité avec l'organisation traditionnelle, à la différence de l'introduction de la cour, de l'absence du patio au 1^{er} étage et de l'augmentation des surfaces d'ouvertures pour qu'elles soient proportionnelles aux espaces plus grands comme le séjour, la cuisine et les chambres.

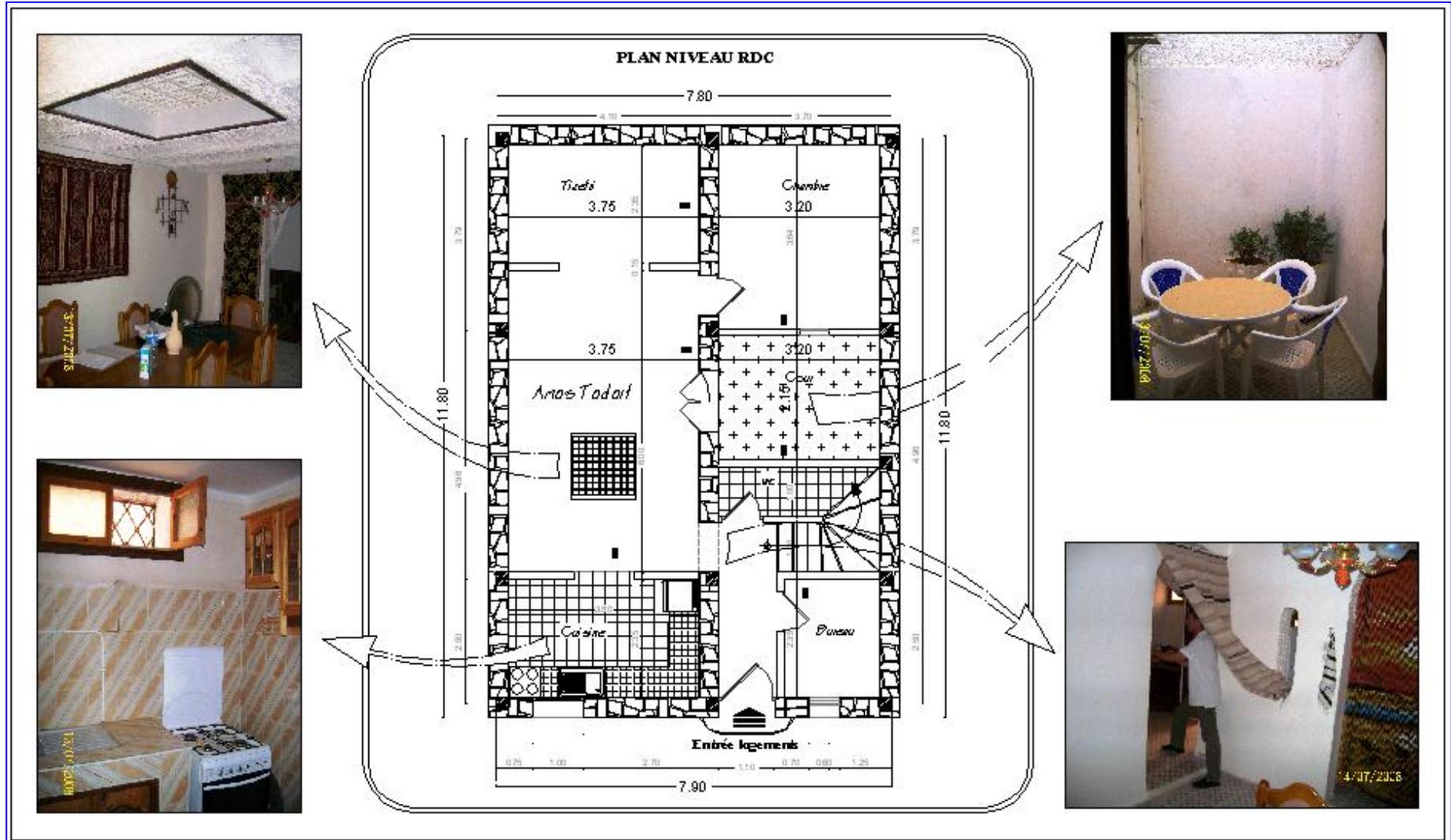


Planche 6.4 : Plan du RDC avec vues sur le séjour et le chebek, la cuisine, la cour et l'entrée.

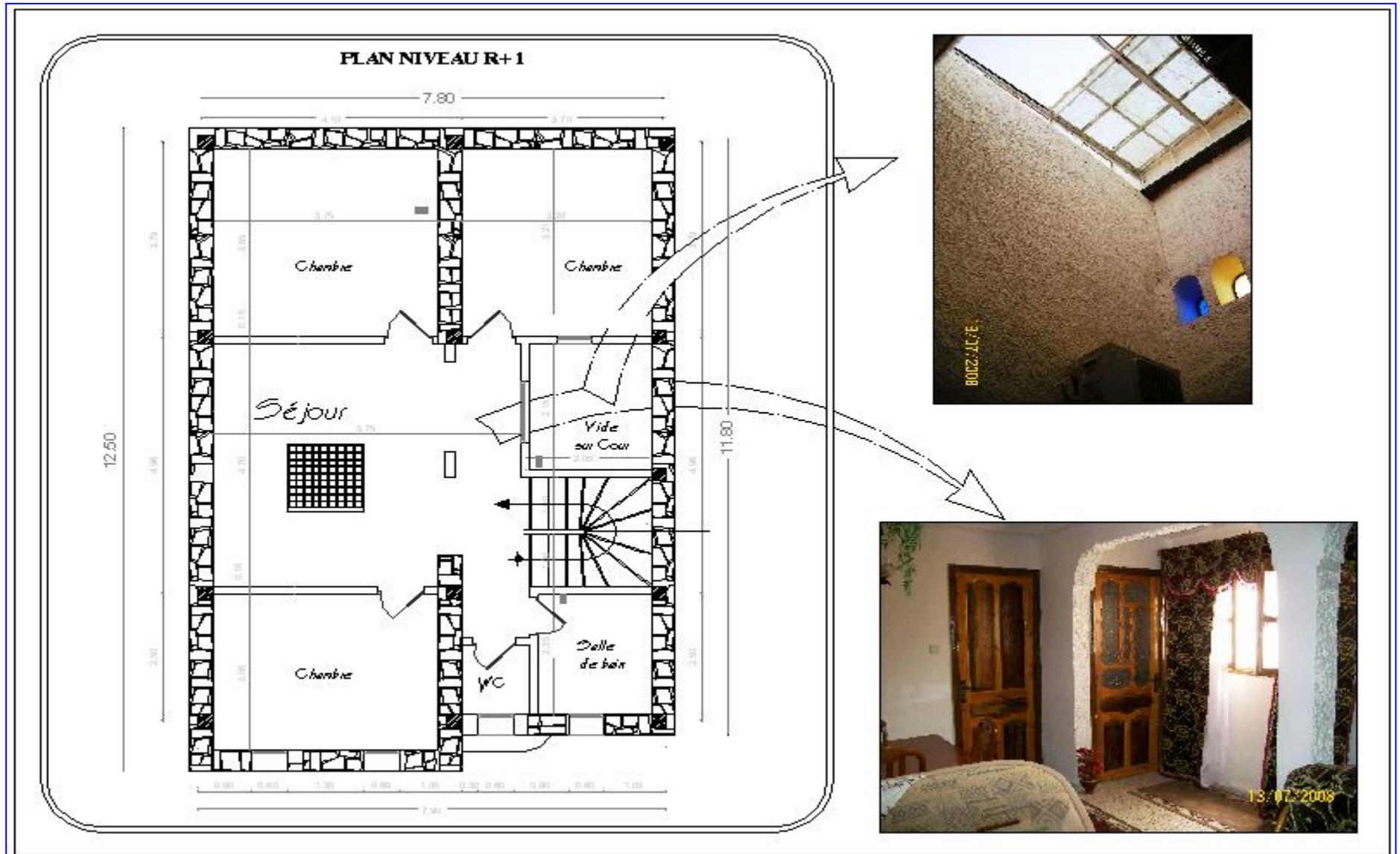


Planche 6.5 : Plan du R+1 avec vues sur le séjour et, la couverture de la cour.

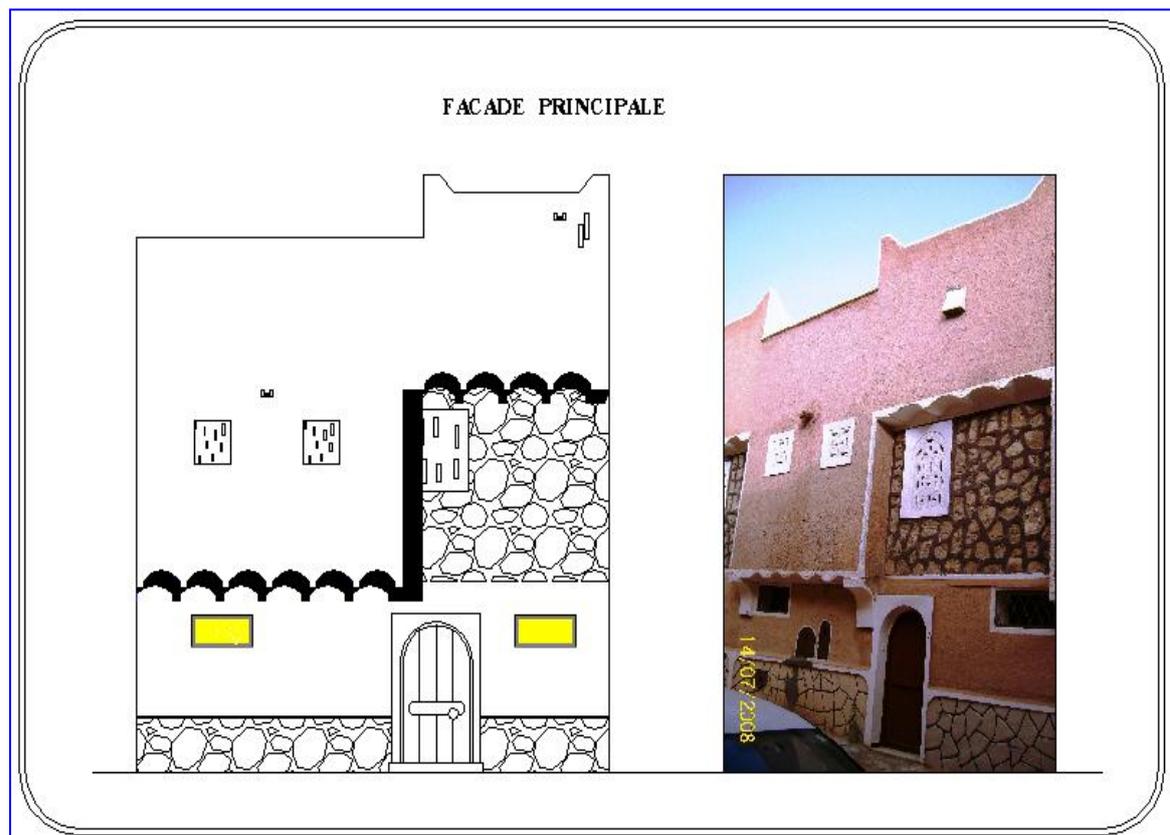
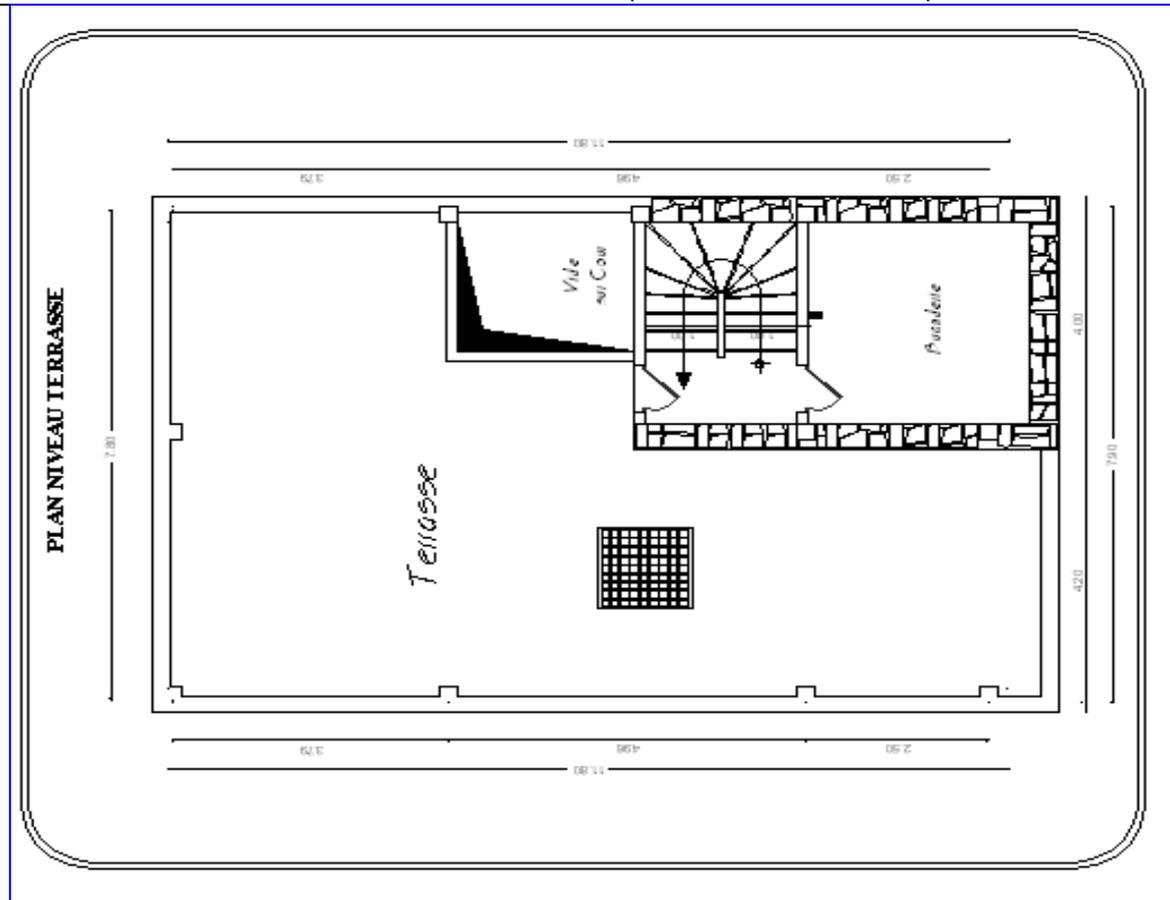


Planche 6.6 : Façade principale et plan de la terrasse.

6.2.2. Aspects géométriques, dimensionnels et topologiques

La conséquence d'un parcellaire à géométrie régulière dans le ksar de Tafilelt, a produit un bâti de forme régulière, rectangulaire, conforme à cette régularité du tracé. Ainsi, tous les espaces des maisons sont à angle droit, à l'inverse du bâti traditionnel caractérisé par des formes organiques. Cette forme de production spatiale implique une certaine rigidité tant dans le fonctionnement que dans la relation entre espaces.

Aux plans dimensionnels et topologiques, le concept d'introversion caractérisant la maison traditionnelle, est appliqué pour notre cas d'étude à travers la projection d'une cour rectangulaire (3,20 x 2 m) autour de laquelle s'organisent les espaces jour (*ammas tadart, tizefri et même la cuisine*) la chambre et les sanitaires. Toutefois, elle ne peut se définir comme espace structurant la maison à cause de sa position excentrée. C'est un espace appropriable uniquement par besoin. L'espace *ammas tadart* ouvert sur *Tizefri* et la cuisine, permet également l'accès à la chambre et à la cour, il est en outre percé au milieu de son plancher d'un chebek de dimensions 1,50 x 1,50 m.

L'accès principal à la maison donne directement sur un dégagement qui dessert les espaces du rez-de-chaussée et l'escalier desservant le niveau supérieur, composé d'un séjour, muni d'un chebek identique et dans le même alignement que celui du RDC, de trois chambres et de sanitaires. Quand à la terrasse, espaces très utilisés la nuit en période estivale, comporte une buanderie et délimité d'un mur de 1,80 m de hauteur pour les besoins d'intimité, car il constitue un espace nocturne d'été.

Dans les maisons traditionnelles, comme nous l'avons développé au chapitre 5, l'accès principal en chicane, aboutit directement sur un espace central qui organise tous les accès aux différents espaces de la maison. Dans son rapport au climat, cet espace agit comme un régulateur thermique puisqu'il est muni en son centre d'une ouverture (le chebek) qui s'ouvre au 1^{er} étage sur un patio complètement découvert. Les profondeurs contiguës orientées au Nord, Est, Ouest et Sud sont aménagées en loggias : espaces semi-ouverts. Enfin complètement retranchés dans les angles, totalement protégés du soleil, se trouvent les chambres.

6.2.3. Aspects bioclimatiques

Introduction

L'un des objectifs recherchés dans l'architecture bioclimatique réside dans la satisfaction du confort thermique, paramètre principal de notre présente recherche. Comme il a été, développé au chapitre 4, cet aspect du confort peut être atteint, par des principes simples touchant aux choix judicieux de l'orientation, des matériaux utilisés, de la forme du bâtiment, des dimensions des ouvertures, de l'organisation spatiale et même de la couleur des parois.

Ainsi, en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, le mouvement d'air et l'humidité, un équilibre satisfaisant du confort thermique peut être trouvé. L'ajustement de ces paramètres s'obtient par la combinaison de plusieurs actions comme l'isolation thermique du logement aux endroits nécessaires, l'amélioration des performances des fenêtres, la réorganisation spatiale, la création d'une atmosphère humide pour le refroidissement naturel et un réajustement de la géométrie des surfaces ouvertes pour assurer une meilleure ventilation par effet cheminée. L'objet de cette partie du présent chapitre est d'étudier la maison choisie selon les paramètres que nous venons d'évoquer.

6.2.3.1. Indications conceptuelles et constructives selon le diagramme bioclimatique de Givoni

Comme nous l'avons développé au chapitre 4, le diagramme de Givoni revient à représenter le climat mois par mois par deux points sur un diagramme, chaque mois est représenté par un segment qui représente une journée type du mois. Le point gauche du segment représente le couple, température moyenne minimale ($T_{\min.}$) et humidité relative moyenne maximale ($HR_{\max.}$) et le point de droite représente le couple, température moyenne maximale ($T_{\max.}$) et humidité relative moyenne minimale ($HR_{\min.}$).

Le diagramme psychométrique permettra de déterminer :

- La zone de confort
- La zone de surchauffe
- La zone de sous chauffe

Cette méthode permet également de dégager des recommandations pratiques et architecturales relatives à chaque zone et chercher quels aménagements à apporter pour retrouver le confort (circulation d'air, chauffage, humidification, rafraîchissement par évaporation, action de la masse thermique...)

Pour la vallée du M'Zab, les moyennes de température et d'humidité relatives que nous avons utilisées (Tableau 6.1)⁴⁸⁷ sont celles relevées par la station de Ghardaïa pour la période (1975 – 1984)

Tableau 6.1 : Données climatiques moyennes (T° et HR) maximales et minimales.

	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
T. moy men. max.(°C)	16.4	19.0	22.0	25.9	30.3	36.7	39.8	39.0	34.1	27.1	20.6	17.7
Humidité Men. moy min. (%)	35.8	33.1	25.0	22.5	19.8	16.8	14.2	15.9	22.6	28.1	34.6	35.5
T. moy men. min. (°C)	5.1	7.2	9.4	13.1	17.2	22.7	25.5	25.0	21.3	15.2	9.4	6.3
Humidité men. moy max. (%)	75.9	72.5	62.1	57.1	54.5	44.5	38.0	42.7	56.5	64.8	75.7	75.6

⁴⁸⁷ Office national de la météorologie (1984) « Atlas climatique national », recueil de données n° 1, Alger.

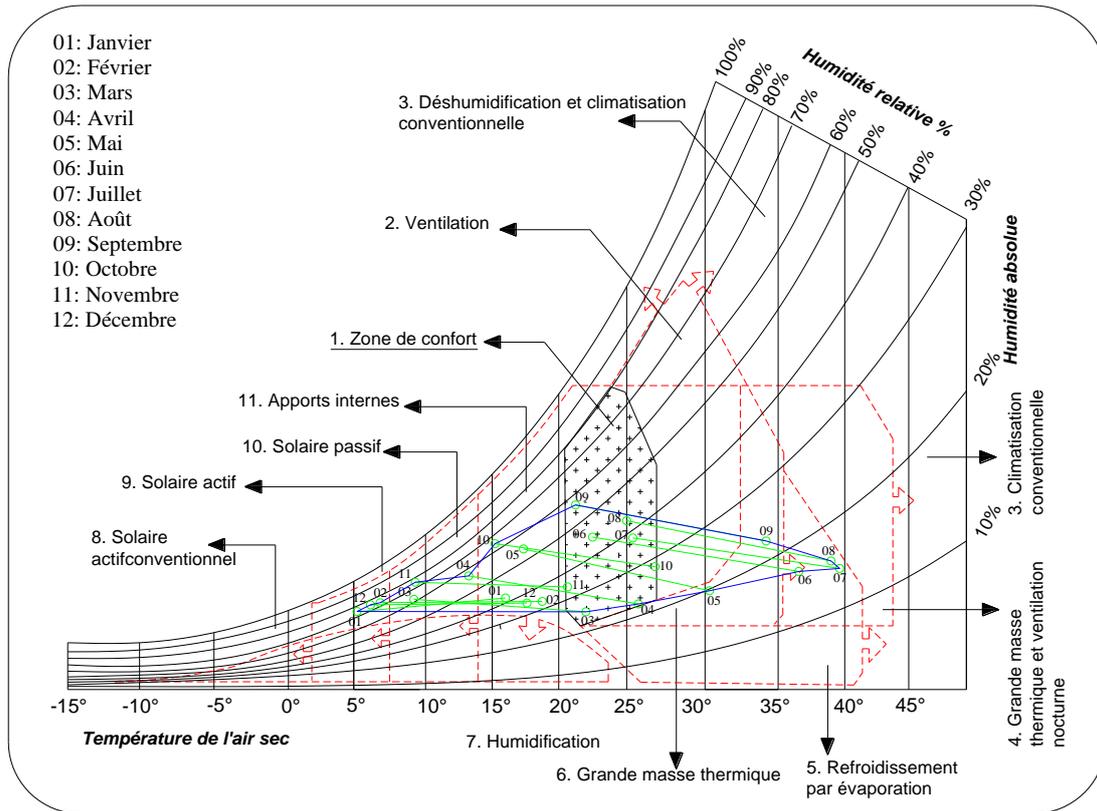


Figure 6.4 : Diagramme bioclimatique pour la vallée du M'Zab.

▪ **Lecture du diagramme**

A la lecture du diagramme que nous venons d'établir pour la zone de la vallée du M'Zab, trois zones en découlent :

1. La zone de confort qui correspond en grande partie aux mois d'avril, mai, septembre et octobre et à un degré moindre aux mois de juin, juillet, Août ;
2. La zone de sous chauffé qui correspond aux mois de décembre, janvier, février et en partie aux mois de novembre et mars ;
3. La zone de surchauffé qui correspond aux mois de juillet, août et en partie aux mois de juin et septembre.

▪ **Recommandations**

Le diagramme bioclimatique pour la vallée du M'Zab, permet d'établir les recommandations suivantes sur lesquelles nous nous basons pour l'amélioration des réponses climatiques de notre cas d'étude:

- Un système actif est nécessaire seulement la nuit et des apports internes le jour pour les mois de Décembre, Janvier et Février, en faisant en sorte que l'énergie

solaire du jour puisse être captée et transformée en chaleur. Cette chaleur est ensuite redistribuée à des systèmes tels que l'eau sanitaire ou le chauffage central dans le cas où ils sont prévus ;

- Un système passif (utilisation de l'énergie solaire sans utilisation d'équipements spécifiques. La chaleur est captée, stockée et restituée par la maison elle-même, via ses ouvertures, ses matériaux, son isolation) est nécessaire les mois de Novembre et Mars (nuit) et Décembre, Janvier et Février (jour) ; Les constructions à façades massives régularisent les apports et les déperditions thermiques, en étalant l'action de la chaleur et du froid extérieur sur une longue durée. Une bonne inertie des murs réduit les variations de températures minimales et maximales des espaces intérieurs.
- Période de confort durant laquelle aucun système n'est à prévoir, pour Septembre et Juin (nuit), Avril (jour), Mai et Octobre ;
- Pendant la période d'été, on a recours à la masse thermique et au refroidissement par évaporation, associé à une ventilation nocturne pour Juillet, Août afin de dissiper rapidement la chaleur transmise par les murs extérieurs qui ont en stocké pendant la journée et à la masse thermique (jour) pour Juin, Septembre et en partie pour Mai.

6.2.3.2. La forme

L'importance de la forme concerne la répartition et la quantité des parois en contact avec l'extérieur. Pour limiter les fluctuations du confort intérieur dû aux phénomènes extérieurs (soleil, vent...), il est de règle de rechercher un maximum d'espaces intérieurs pour un minimum de surface de parois extérieures. La forme optimale d'un bâtiment selon Victor Olgay (1963) correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été. Ainsi, la forme allongée dans la direction Est-Ouest, donne de meilleurs résultats pour tous les climats et qu'un bâtiment bioclimatique doit être de forme simple et compacte. La forme du bâtiment influe sur le bilan global de l'éclairage énergétique du soleil, sur le taux de déperditions thermiques et sur l'écoulement des flux d'air aux abords du bâtiment.

Au vue des principes que nous venons d'énumérer, la forme simple rectangulaire de notre cas d'étude associée à la mitoyenneté avec les maisons voisines, permet dans les échanges thermiques avec l'environnement, un minimum de perte de chaleur en hiver et un minimum de gain en été. Les gains et les pertes se limitent aux parois de la façade

extérieure, à la terrasse et aux ouvertures, en considérant que la cour est couverte en périodes de fortes chaleurs et de froid. Par ailleurs la forme allongée de la maison dans le sens Nord-Sud ne favorise guère les recommandations d'Olgay en la matière.

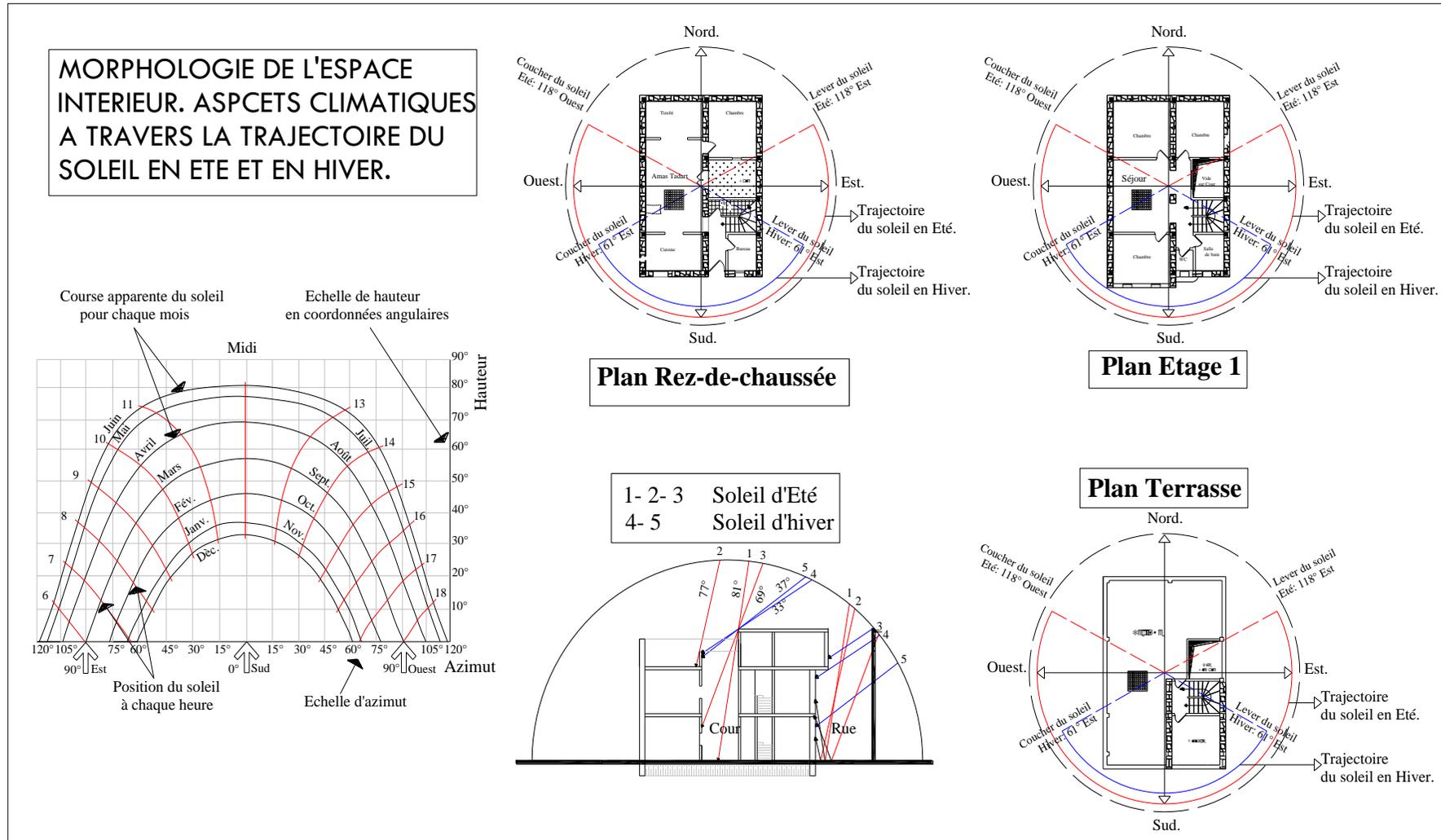
6.2.3.3. L'implantation et l'orientation

Le choix du site d'implantation est le premier facteur garantissant une conception architecturale thermiquement performante à cause de son incidence sur le rapport au soleil et aux vents dominants. La localisation dans le site devient un préalable de l'intégration de la composante énergétique dans la maîtrise des ambiances architecturales, pour qui, réussir une insertion du bâtiment, revient à exploiter le potentiel du site comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et le vent.

Ainsi l'implantation du ksar de Tafilelt sur un plateau nu, de forme allongée de Nord au Sud (environ 600 x 200 m), souvent exposé aux vents de toutes les directions, rend les températures d'air plus fraîches d'environ 2,5 à 4°C en hiver et 2 à 3°C en été, comparativement à la vallée, au moment où la cité est « surchauffée »⁴⁸⁸. En outre, l'intérêt de l'urbanisation sur le plateau, est aussi d'ordre économique et environnemental, par la préservation de la palmeraie et de l'équilibre fragile de l'écosystème oasien.

Concernant le choix de l'orientation dans l'approche bioclimatique, l'objectif étant de réduire les températures intérieures diurnes par la recherche d'un échauffement solaire minimal. Une orientation Nord-Sud est alors favorable à une orientation Est-Ouest, comme indiquée dans les travaux de recherche que nous avons évoqué au chapitre 4. L'influence de l'orientation sur les températures de surfaces extérieures (proportionnelle à l'intensité du rayonnement incident), affecte tour à tour le flux de chaleur à travers le mur et les températures de surface. Nous remarquons à Tafilelt (planche 5.1) que la majorité des constructions est orientée dans la direction Nord-Sud, une orientation qui procure aux façades sud et au mur sud de la cour un fort rayonnement solaire incident en été et un rayonnement direct en hiver notamment pour les murs du niveau terrasse (planche 6.7). L'espace de la terrasse, totalement ouvert, est soumis continuellement aux rayonnements solaires d'été. Quantitativement, le régime et l'amplitude de l'élévation de la température intérieure dépendent de la capacité calorifique et de la résistance des murs.

⁴⁸⁸ Cote, M. (2002) « Une ville remplit sa vallée : Ghardaïa » in revue Méditerranée, tome 99 n° 34, France.



6.2.3.4. L'organisation spatiale

Dans la maison traditionnelle, les fonctions climatiques de ventilation, de protection et d'éclairage, sont subordonnées à la morphologie du patio, elles diffèrent entre le rez-de-chaussée et l'étage supérieur. L'éclairage des différentes pièces du rez-de-chaussée, entièrement clos, est minimal, elles prennent jour sur le chebek dont l'éclairage est zénithal. La ventilation est assurée grâce aux courants d'airs qui s'installent entre l'ouverture du patio, ouverte la nuit, et la porte d'entrée ouverte où les quelques trous aménagés en façade. Pour l'étage, (semi clos) les espaces clos s'ouvrent sur le patio ouvert (dans les anciens ksour, le patio se situe à l'étage) à travers une loggia orientée en grande partie au sud. Les loggias reçoivent les rayons solaires bas d'hiver et protégées du soleil, haut, de l'été, l'étage devient un réel espace diurne d'hiver comme l'indique la photo 5.1. Quant à la terrasse, espace le plus ouvert de la maison, protégé par des acrotères pouvant atteindre 1,80 m de hauteur constitue un espace nocturne d'été.

Pour notre cas d'étude, l'organisation spatiale par étages, en terme de clos et d'ouvert, n'est pas aussi hiérarchisée que la maison traditionnelle, si bien que l'analyse climatique de l'organisation des espaces, montre une répartition incohérente avec les indications ou recommandations relevées au chapitre 4 sur les principales recherches en matière de conception bioclimatique dans les milieux à climats chauds et secs. En effet la situation de la cuisine (espace générateur de chaleur) en contact direct avec l'extérieur et très ouvert sur le séjour (*amas tadart*) comme le montre la planche 6.8, provoque un réchauffement de ce dernier.

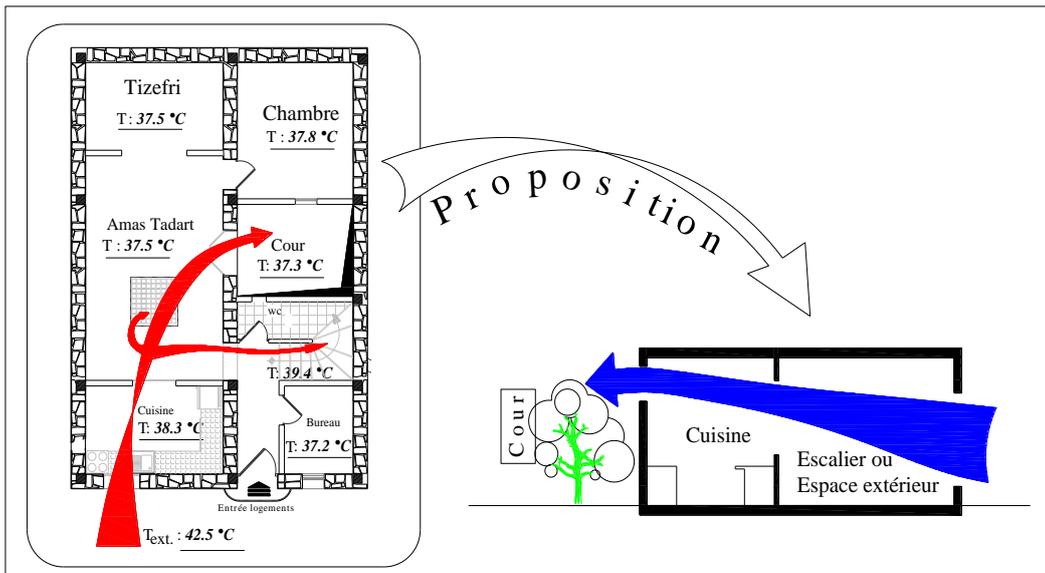


Planche 6.8 : Influence de la répartition spatiale sur les températures intérieures de l'air.

Les mesures hygrothermiques que nous avons relevées le 13 juillet 2008 dans la maison témoin, montrent parfaitement l'influence du climat régnant dans la cuisine sur les températures du séjour et du *Tizefri*, alors que les températures au niveau de la cour restent en dessous de celles du séjour, il serait alors judicieux d'isoler les zones de surchauffe et les ventiler séparément comme schématisé dans la proposition de la planche 6.7. Pour la chambre, son ouverture sur la cour dans la direction Sud correspond aux principes bioclimatiques en matière d'orientation, néanmoins le matériau devant composer ce mur doit être de forte inertie thermique pour le stockage de chaleur en hiver pendant la journée afin de la restituer la nuit vers la chambre. En été, à l'aide d'une ventilation nocturne et d'une isolation intérieure, la chaleur stockée serait naturellement dissipée, à laquelle une protection végétale du sol de la cour et de l'eau (un point d'eau pour le lavage du linge par exemple) pour l'humidification de l'air assurerait un refroidissement par évaporation.

Au niveau de l'étage, nous retrouvons une disposition quasi identique à celle du Rez-de-chaussée, avec un rétrécissement de la cour suite à l'encorbellement du séjour dans le sens Est. Cette morphologie de la cour donne une meilleure réponse climatique de ventilation par effet *Venturi* et un meilleur ombrage des murs du Rez-de-chaussée, si l'on opère un rétrécissement des dimensions de la cour au niveau de la terrasse dans le sens Nord-Sud.

La superposition des séjours et chebeks, y provoque une augmentation de la température de l'air du R+1 et une diminution de l'humidité relative. La température atteint 39,9 °C alors qu'elle est de 37,5 °C et une humidité relative de 21,7% alors qu'elle est de 26,8%, soit une augmentation respective de 2,4 °C et 04,9 % par rapport au séjour du RDC. Pour éviter cette surchauffe, il serait thermiquement plus cohérent de réinterpréter le fonctionnement climatique du chebek du RDC associé directement au patio (espace ouvert de l'étage) comme le montre la planche 6.9.

Nous proposons à cet effet le déplacement du chebek vers le coin de séparation entre le *tizefri* et le *Amas Tadart* pour qu'il puisse évacuer la chaleur stockée dans ces espaces et la chambre d'en face même la journée avec toutes les ouvertures sur l'extérieur fermées. En effet par effet de convection, l'air chaud des espaces du Rez-de-chaussée a tendance à s'élever par la diminution de sa masse volumique. Pour éviter qu'il pénètre dans les espaces du R+1, le chebek y est isolé par une paroi en matériau lourd (pierre), seul une ouverture au niveau du plancher est à prévoir pour l'évacuation de l'air chaud de cet étage. S'inspirant des *Bagdirs*, *Malkafs* ou *Tours à vent* persanes, le chebek que nous proposons est isolé de la terrasse par une paroi en pierre, de forme circulaire, dont la hauteur dépasse

celle l'acrotère (1,80 m) pour pouvoir intercepter à travers de petites ouvertures orientées au Nord, Nord-Est et Est, munies d'un volet qu'il suffit d'ouvrir pour capter la moindre brise. Une fois le vent capté, et en présence d'un bac rempli d'eau, par effet de convection forcée, l'air se trouvant dans le puit du chebek se refroidit en fournissant une chaleur sensible égale à la chaleur latente d'évaporation de l'eau, et à tendance à redescendre, par l'augmentation de sa densité, pour rafraîchir les espaces de la maison. Par ailleurs le puit du chebek est couvert pour éviter la pénétration des rayons solaires en été. Ce couplage vent-soleil en concept unique pourra redéfinir un effet climatique déjà utilisé dans l'architecture vernaculaire que nous avons analysé au chapitre 3. La ventilation naturelle à l'intérieur des espaces permet la dissipation des surchauffes, en exploitant les gradients de températures par le biais d'exutoires produisant un effet de cheminée.

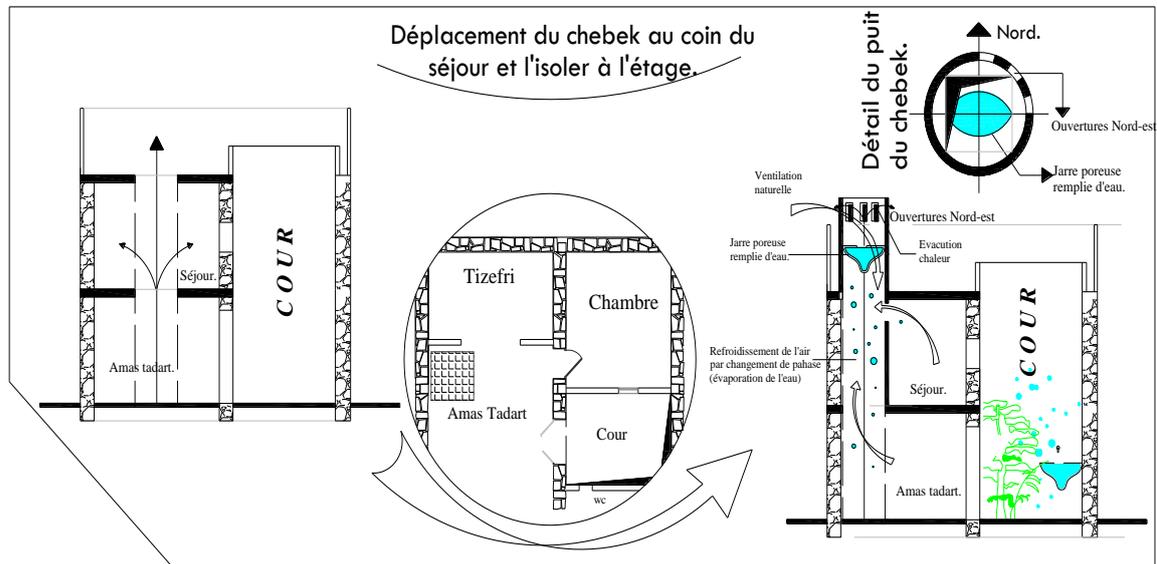


Planche 6.9 : Proposition de déplacement du chebek.

6.2.3.5. La cour

La forme d'organisation autour de la cour est un atout pour l'aspect bioclimatique de la maison. En effet comme nous l'avons expliqué au chapitre 3 à travers la figure 3.12, la cour de dimensions réduites est utilisée pour la recherche de l'ombre même quand le soleil est haut dans le ciel, et ce par des dispositions architecturales comme le brise-soleil. La cour permet en outre, ce qui est une nouveauté pour les ksour de la vallée du M'Zab, un meilleur éclairage naturel des espaces clos. Comme elle peut aussi assurer le rôle du patio, comme réponse à la recherche du confort par sa capacité de régulateur thermique, il peut être favorisé par la végétation et l'eau, pour fournir de l'ombre et refroidir l'air par évaporation. Pendant la nuit, l'air frais est retenu à cause de sa lourdeur par rapport à l'air

chaud des alentours. Dans la vallée du M'Zab, où domine la chaleur sèche avec des vents de sable, cette cour est efficace puisqu'elle est assez restreinte ($H/R=3.81$), condition pour ne pas créer de dépressions sensibles car la dynamique des échanges thermiques qui s'établissent entre cette cour et l'espace intérieur est conditionnée par la morphologie de ces derniers. Néanmoins, si aucune protection n'est envisagée que ce soit pour le sol ou les ouvertures, la hauteur du soleil en été peut constituer une source d'inconfort par la pénétration des rayons solaires presque verticaux lesquels par le phénomène d'albédo chaufferont d'avantages les parois de la cour. Mais en périodes de printemps, d'automne et même d'hiver, la pénétration du rayonnement solaire sur les parois sud, permet le réchauffement de ces dernières, qui par effet d'inertie thermique (parois en pierre) stockent la chaleur durant la journée pour la restituer la nuit sous des températures très basses. Ainsi, comme le matériau de base utilisé est la pierre, il ya lieu de compléter l'efficacité de l'enveloppe par des protections mobiles des ouvertures, destinées à améliorer aussi bien le confort thermique que visuel.

Dans les maisons traditionnelles, le patio est assimilé à une cour sous forme de volume central où l'éclairage très insuffisant du rez-de-chaussée est assuré par le chebek. Par ailleurs, au plan thermique, cette ouverture permet un rafraîchissement en période de forte canicule. En effet, l'été, il est recouvert pendant la journée pour se protéger de la chaleur du soleil, et ouvert la nuit pour permettre à la relative fraîcheur de pénétrer, il agit ainsi comme une "cheminée" de ventilation. En hiver, ce trou est fermé pendant les nuits très froides et ouvert le jour pour laisser pénétrer les rayons solaires, qui réchauffent la maison.

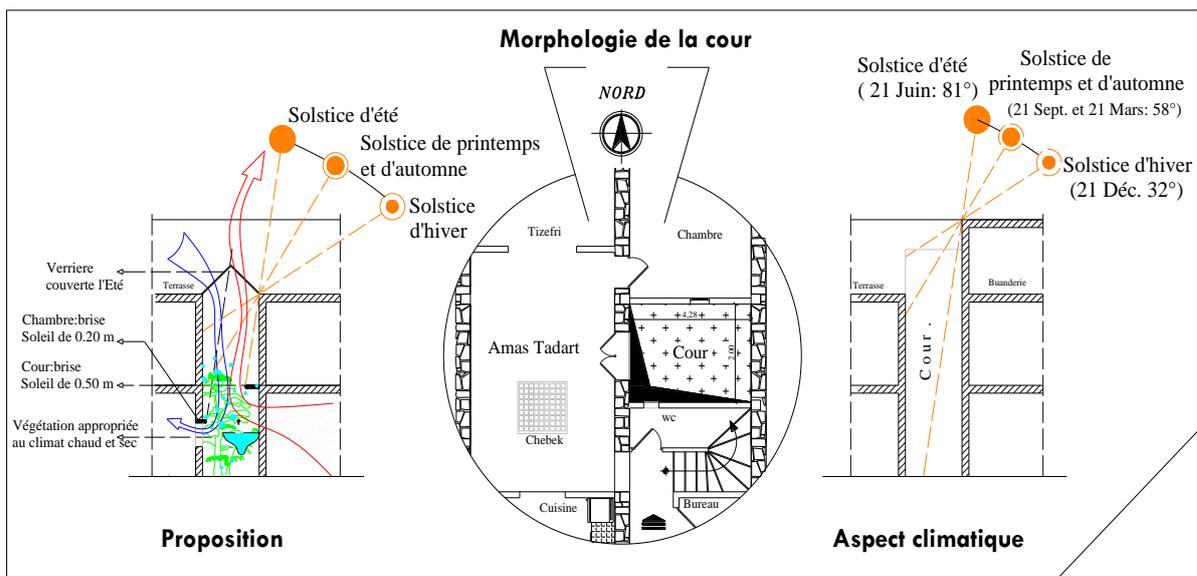


Planche 6.10 : Rôle de la cour dans la régulation thermique.

6.2.3.6. Les matériaux de construction

L'étude des matériaux de construction revient pour notre cas à définir leur niveau d'adaptation au climat, lequel concerne la gestion des rayonnements solaires et terrestres à travers les parois, selon, les matériaux qui les composent, leur épaisseur et leur revêtement. Nous avons relevé que dans les régions où les températures diurnes sont importantes, la technique utilisée consiste à retarder le plus longtemps possible l'entrée de la chaleur dans les habitations par la mise en œuvre de matériaux disponibles sur place et à forte inertie thermique tel que l'adobe, le pisé, la pierre ou diverses combinaisons de ces matériaux, ces derniers ont la caractéristique d'absorber la chaleur pendant la journée pour ne la restituer que durant la nuit, moment où la ventilation naturelle intervient puisque l'air extérieur est relativement frais.

Les matériaux de construction utilisés à Tafilelt sont ceux disponibles localement, ce qui ne nécessite pas au stade de leur production, de leur transport et même de leur mise en œuvre des dépenses d'énergie excessive qui génère de la pollution néfaste pour la santé et l'environnement.

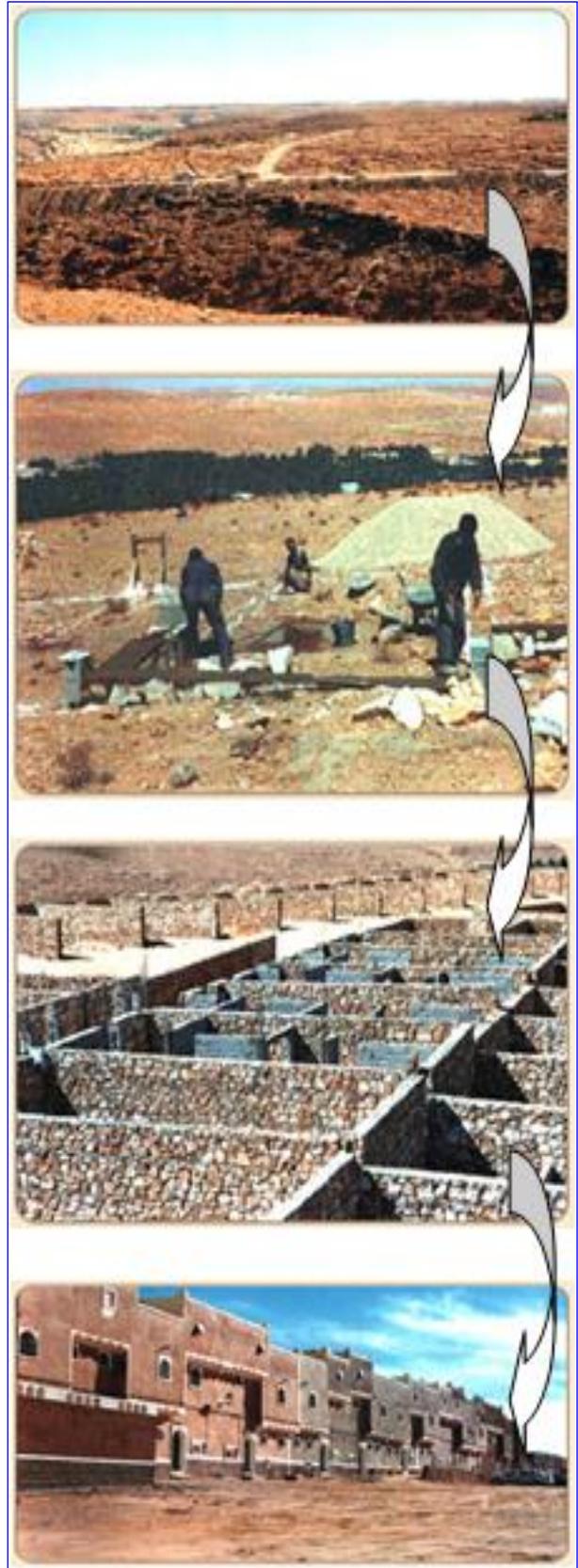


Photo 6.2 : La pierre locale, matériau de base Du ksar de Tafilelt.

Source : Association Amidou

A la lecture des plans des différents niveaux (planches 6.4, 6.5 et 6.6), nous remarquons que les murs en pierre de 0,45 m d'épaisseur constituent la structure constructive porteuse de la maison ainsi que l'ensemble des murs en façade. Les murs non porteurs sont réalisés en parpaings creux (aggloméré en béton) de 0,15 m d'épaisseur. Quant au revêtement extérieur, les concepteurs et constructeurs du projet se sont inspirés des techniques traditionnelles qui consistent en l'utilisation d'un mortier de chaux aérienne et de sable de dunes, lequel est étalé sur la surface du mur à l'aide d'un régime de dattes, la forte proportion en chaux et la présence de sable fin permettent une meilleure malléabilité du mortier. L'utilisation du régime permet de rendre la texture de la surface rugueuse pour assurer un ombrage au mur, comme apparaît dans la photo 6.3, et éviter un réchauffement excessif de la paroi.



Photo 6.3 : Utilisation de la texture rugueuse pour l'ombrage du mur.

L'utilisation de la pierre, associée au mortier de chaux local, représentant un matériau lourd à forte inertie thermique, correspond aux principes de l'architecture bioclimatique que nous avons déjà développé. Malgré ses médiocres performances thermiques, les fluctuations des températures parvenaient à s'atténuer grâce à l'épaisseur des murs porteurs (45 cm) c'est l'effet de la résistance thermique, il permet ainsi de stocker la chaleur pendant la journée et la restituer la nuit (bénéfique en hiver) au moment où les ouvertures peuvent être ouvertes pour sa dissipation sous l'effet de la ventilation (en été). Mais si la forte inertie est bénéfique, en période de forte chaleur, la structure finit par se charger en

chaleur et met plus de temps à se vider des surchauffes stockées, ce phénomène incite alors à associer systématiquement à l'inertie forte une bonne ventilation nocturne par effet cheminée de chebek (proposé) et du volume de la cour (Planche 6.9 et 6.10).

Quant au plancher terrasse, la partie la plus exposée au rayonnement solaire, les matériaux utilisés sont le béton pour la dalle de compression, des poutrelles en béton armé, espacées de 0,65 m, et des voûtains de plâtre assurant l'isolation thermique et phonique d'une part et un coffrage d'autre part. Le vide entre la dalle de compression et les voûtains est rempli par un mélange de chaux et de sable comme schématisé dans la planche 6.11. Comme il a été déjà souligné, il ya lieu de veiller à éviter les apports de chaleurs provenant des parois, notamment des toitures échauffées par le soleil, qui reçoivent une irradiation solaire très forte à cause de l'importance de l'angle d'incidence du rayonnement solaire. On y parvient en accroissant leur isolation et leur inertie, comme recommandée par Givoni (1998) en offrant des surfaces réfléchissantes au soleil ou encore en limitant les infiltrations d'air chaud dans le bâtiment. Nous proposons d'utiliser à la place du mortier de plâtre un mortier à base de billes de polystyrène pour un souci de performances thermiques.

La multitude de mesures entreprises par l'unité de recherche appliquée en énergies renouvelables de Ghardaïa ou par le centre des énergies renouvelables de Bouzaréah (Alger)⁴⁸⁹ nous indiquent un niveau d'éclairement très important (figure 6.4). Pour exploiter cette ressource énergétique, en vue d'un confort thermique, nous pouvons agir en hiver par le renforcement de l'isolation thermique par l'extérieur, pour la surface de la terrasse et intérieure pour les murs donnant sur l'extérieur, comme ceux de la cour construits en aggloméré (parpaing creux en béton avec une conductivité thermique importante de 0,8 w/m °C). L'isolation permet de minimiser les pertitions de chaleur en hiver et les apports en été.

L'isolation partielle que nous proposons, dans le cadre des principes du développement durable, est en matériau naturel local provenant de la récupération des troncs et des branches de palmiers coupés en automne, matériau à classer dans la famille d'isolants fibreux organiques dont la conductivité thermique est de 0.06 – 0.067 w/m °C, conformément aux données du tableau 4.4. Après la mise en œuvre, l'isolant est protégé des effets de l'eau par une texture rugueuse pour les murs et lisse pour la terrasse

⁴⁸⁹ Koussa, M. et al, (2006) « Validation de quelques modèles de reconstitution des éclaircements dus au rayonnement solaire direct, diffus et global par ciel clair » in revue des énergies renouvelables Vol. 9 N° 4, Bouzaréah, Alger.

accessible. La protection est obtenue à l'aide d'un mortier de chaux et de sable comme les techniques traditionnelles de revêtement de mur.

Vis-à-vis du rayonnement solaire direct et réfléchi, qui constitue la source de chaleur la plus importante, le matériau isolant est revêtu d'une couverture étanche de couleur claire qui minimise l'absorption du flux de chaleur. La faible proportion qui parvient à se faire absorber peut être évacuée facilement par une ventilation intérieure pendant la soirée et la nuit.

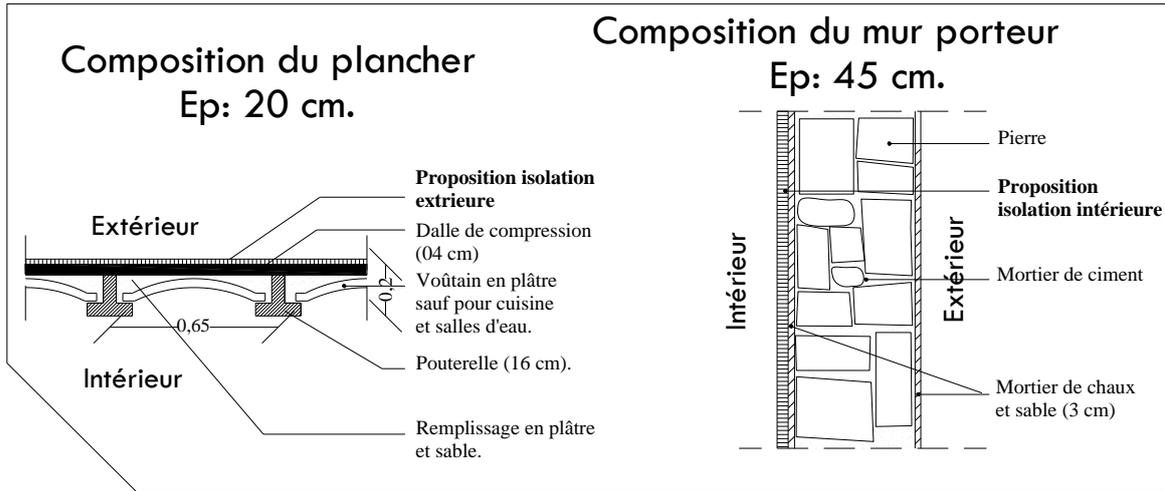


Planche 6.11 : Composition des murs porteurs et du plancher selon le chef de projet.

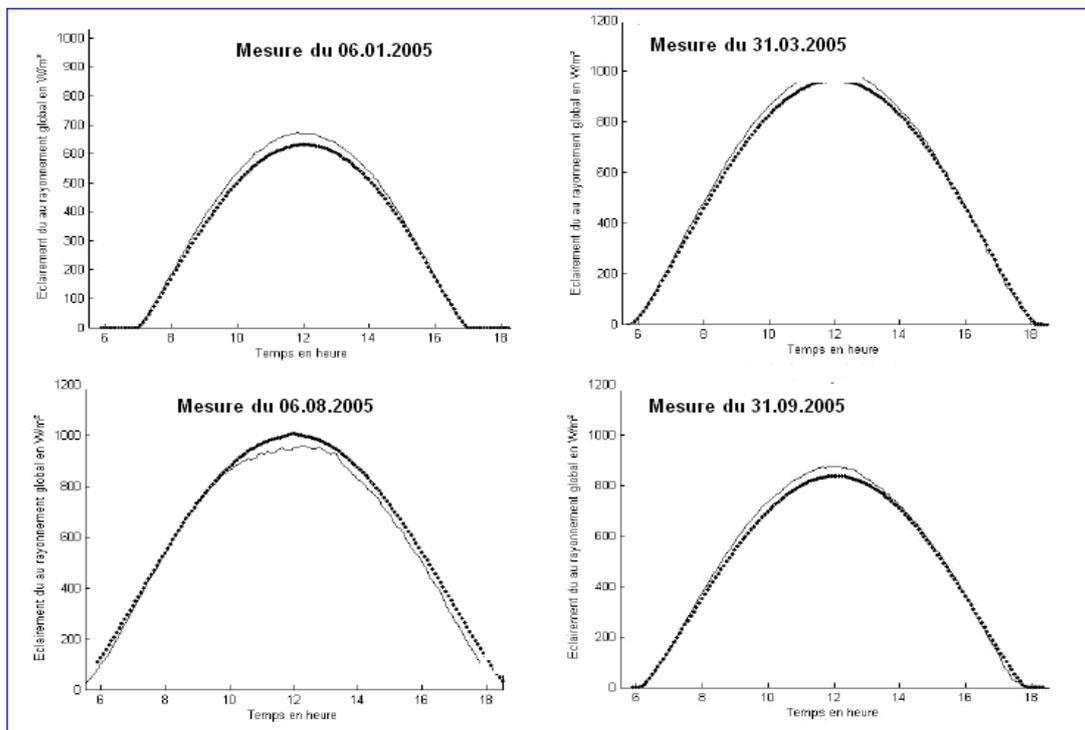


Figure 6.4 : Niveau d'éclairage à Ghardaïa.

En s'inspirant du tableau 4.5 définissant les classes d'inertie thermique, notre cas d'étude dont la masse totale (murs en pierre, en aggloméré, planchers) est évaluée à 323963 Kg donne une masse de 1807 Kg/m². Cette valeur permet de classer la maison étudiée dans la classe d'inertie forte.

6.2.3.6. Les ouvertures

Les apports dus à l'ensoleillement des vitrages sont de loin les plus importants, ils peuvent représenter 50 à 80% des charges totales des locaux climatisés⁴⁹⁰, ce qui montre l'intérêt considérable de notre recherche sur les ouvertures de la maison de Tafilelt. En effet, ses concepteur en voulant assurer un éclairage naturel dans les espaces créés, ont dû augmenter les dimensions d'ouvertures, passant de 0.30 x 0.70 cm dans les anciens ksour à 0.50 x 0.80 cm pour les chambres et 0.40 x 0.80 cm pour la cuisine et un porte-fenêtre donnant sur la cour pour les séjours.

Afin de limiter le flux de chaleur, dû au rayonnement solaire, pénétrant à travers les ouvertures orientées au sud, les concepteurs de Tafilelt ont mis au point une forme de protection solaire (photo 6.3), qui nous rappelle étrangement les moucharabiehs des maisons musulmanes érigées en climat chaud et sec, qui couvre toute la surface de la fenêtre, tout en assurant l'éclairage naturel à travers des orifices.

Pour une meilleure efficacité d'intégration climatique de ces protections solaires, une peinture de couleur blanche y est appliquée. Néanmoins, compte tenu des températures d'air très élevées en été, un double vitrage est nécessaire pour augmenter l'effet d'isolation.



Photo 6.3 : La forme de protection solaire de Tafilelt.

⁴⁹⁰ Bougriou, C. et al (2000) « Protection solaire des fenêtres » in revue des énergies renouvelables, Volume 3. Alger.

6.2.3.7. Etat comparatif entre la maison traditionnelle et la maison de Tafilelt.

Le tableau que nous présentons ci-après ainsi que la planche 6.11 représentent une donnée supplémentaire d'étude bioclimatique du ksar de Tafilelt, à travers une comparaison avec les maisons des ksour traditionnels, en se basant sur les principes du bioclimatisme que nous avons développé aux chapitres 3 et 4.

Tableau 6.2 : Tableau comparatif entre la maison traditionnelle et la maison du ksar de Tafilelt.

	Maison traditionnelle	Maison de Tafilelt
Implantation	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation Nord / Sud ; - Groupement compact ; - Recherche de l'ombre ; - Nomadisme ; - Protections extérieures. 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation Nord / Sud ; - Groupement compact ; - Recherche de l'ombre.
Forme	<ul style="list-style-type: none"> - Compacte ; - Toits plats ; - Murs massifs en pierre ; - Organique ; - Rapport surface exposée / surface murs extérieurs très faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Compacte ; - Toits plats ; - Murs porteurs massifs en Pierre ; - Rectangulaire, résultat du parcellaire régulier ; - Rapport surface exposée / surface murs extérieurs faible
Organisation spatiale	<ul style="list-style-type: none"> - Puit de lumière : Patio - Intérieur haut - Nomadisme journalier - Hiérarchisation en clos et ouvert ; - Existence d'espace extérieur pour dormir en été. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puit de lumière : Cour ; - Aspect climatique négligé au détriment de la lumière naturelle ; - Existence d'espace extérieur pour dormir en été.
Enveloppe horizontale	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Couleur clair - Elimination air chaud - Matériaux massifs (à forte inertie thermique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur clair - Elimination air chaud - Matériaux massifs (à forte inertie thermique)
Enveloppe verticale	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - Petites ouvertures - Brises soleil - auvents - Matériaux massifs (forte inertie thermique) ; - Limitation de la ventilation pendant la journée pour limiter la pénétration de chaleur ; - Importance de ventilation par voie thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'accumuler la chaleur - ouvertures moyennes ; - Brises soleil - Matériaux mixte (forte inertie thermique pour la pierre) et faible pour l'aggloméré en béton ; - Limitation de la ventilation pendant la journée pour limiter la pénétration de chaleur ; - Faiblesse de ventilation par voie thermique.

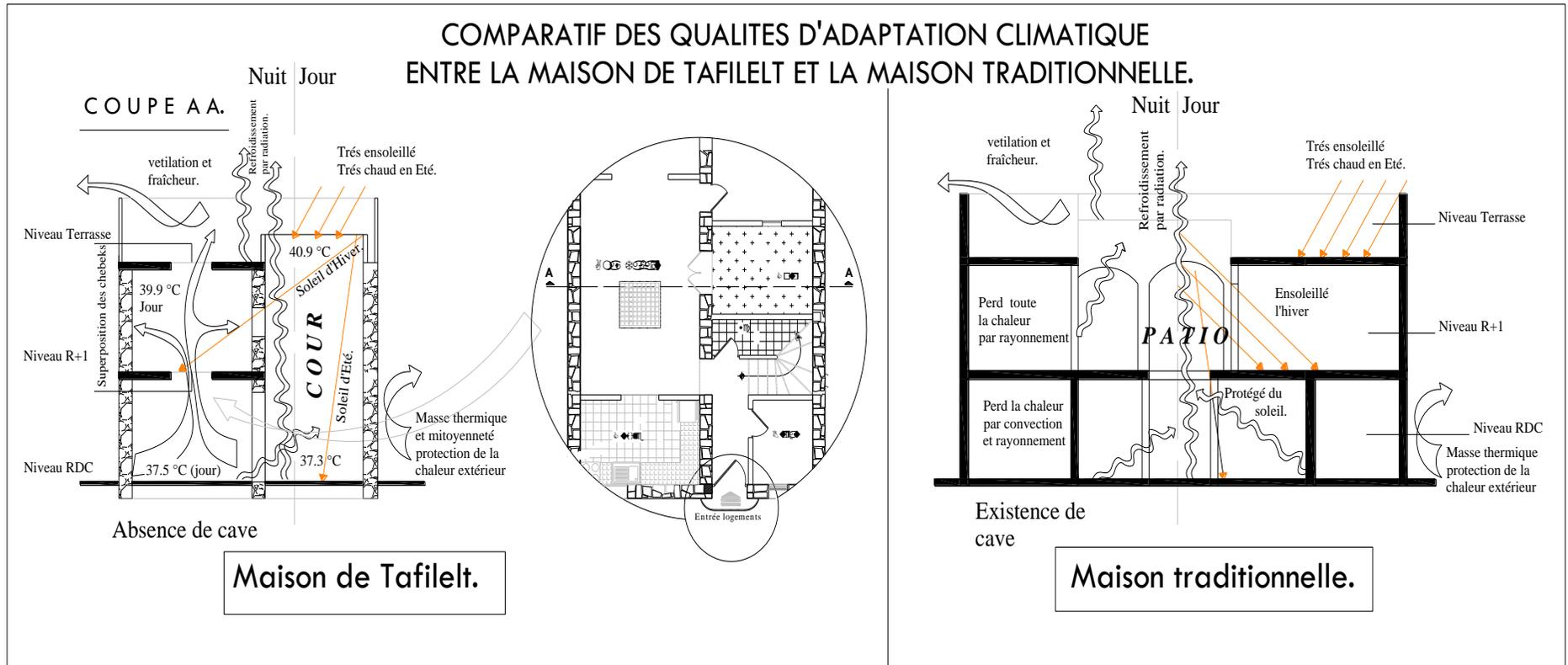


Planche 6.12 : Comparaison des qualités d'adaptation climatique
Entre la maison de Tafilelt et une maison traditionnelle.

6.2.4. Analyse et interprétation des résultats de l'enquête

Introduction

La méthode que nous avons choisie est l'enquête par questionnaire qui représente un moyen pratique de collecte d'informations et un outil efficace de vérification des hypothèses et de validation des résultats. Une enquête par questionnaire est un vrai projet, elle implique des objectifs clairs et une méthodologie.

En effet, pour notre cas, les objectifs du questionnaire suivent les objectifs généraux du présent travail de recherche, à savoir l'étude bioclimatique du ksar de Tafilelt dans le cadre du nouveau concept du développement durable. La conception du questionnaire (voir en annexe) est alors orientée vers la collecte d'informations sur les aspects socioculturels, économiques et écologiques que revêt le ksar de Tafilelt. Les réponses attendues des habitants nous permettent alors une lecture plus objective du vécu dans ce ksar, pour d'éventuelles recommandations architecturales.

Conformément aux questions posées, nous avons choisi d'interroger les responsables de familles, auxquels, il a été demandé une concertation élargie avec les membres de la famille pour que les réponses puissent être considérées comme représentatives de tous les habitants du ksar. Néanmoins sur les 150 formulaires distribués, seul soixante nous ont été remis.

6.2.4.1. Analyse socioculturelle

Les questions relatives au pilier socioculturel, sont un moyen d'analyser la qualité spatiale de la maison de Tafilelt face aux exigences de la population mozabite en matière d'intimité et de la pérennité des traditions dont la référence est la maison de l'ancien ksar Beni-Isguen (comparaison possible puisque les habitants de Tafilelt habitaient Beni-Isguen). Ainsi à la question du rapport de la nouvelle architecture sur les traditions et l'intimité, la majorité des réponses (90%) en indique une bonne conformité au mode de vie mozabite. Ceci s'explique par une certaine introversion de la maison, même si la spatialisation de ce concept n'est pas aussi fort comparativement à la maison traditionnelle, la possibilité d'usage nocturne de la terrasse et le respect du voisin sur les vues, les entrées et l'évacuation des eaux pluviales. Le principe de "*là darar wa là idrâr*"

(chapitre 5, échelle architecturale) en est bien appliqué. Toutefois, certains sujets (10%) appréhendent l'organisation de l'entrée principale puisqu'elle donne directement sur l'intérieur de la maison (...*trop exposée à l'extérieur, elle reste toujours fermée*, selon certaines réponses) à l'opposé de l'entrée en chicane qui empêche les regards de l'extérieur d'y pénétrer. Quant à l'introduction de la cour comme espace nouveau dans la typologie ksourienne, les réponses sont très partagées. En effet même si 55% des sujets approuvent la cour telle que conçue et réalisée, il en demeure néanmoins que 34,50% d'entre eux la considèrent trop exigüe (2 x 3 m) et ne peut correspondre à aucun usage. Il est à noter que 10,50% n'ont formulé aucun avis.

A la lumière des réponses ainsi analysées, nous pouvons recommander un agrandissement de la cour du côté d'*Ammas tadart* puisque dans certaines réponses, ce dernier semble assez spacieux.

Quant à l'organisation des autres espaces, nous n'avons relevé aucune réponse indiquant un quelconque réaménagement ou modification à suggérer.

6.2.4.2. Analyse économique

Dans cette partie du questionnaire, l'aspect économique est pris au sens large. Nous avons voulu avoir une idée, sur non seulement le coût de la construction en absolu mais sur la notion de coût global à travers ce qui en découle du chauffage et de la climatisation.

Le prix de revient du mètre carré bâti, selon le promoteur du projet (*S.C.I* Amidoul*) dans le ksar de Tafilelt est très bas (8700,00 DA) comparativement au prix pratiqué dans tous les programmes d'habitat sur le territoire national qui était à ce moment de 18000,00 DA. Mais c'est grâce à la maîtrise du projet à travers :

- ✓ le travail en série (standardisation des éléments de construction) ;
- ✓ L'utilisation optimale des matériaux locaux (pierre, plâtre, chaux...) ;
- ✓ La rationalité dans la gestion des ressources humains et financière (rotation des équipes de travail, achats groupés, mitoyenneté, augmentation des éléments communs) ;

* Société civile immobilière.

- ✓ L'introduction des ateliers propres au ksar de Tafilelt (plâtre, menuiserie bois, poutrelles, corps creux...) pour baisser le prix du mètre carré bâti, d'ailleurs toutes les réponses sont unanimes sur la facilité d'accès au logement de Tafilelt.

Les autres questions, qui, malgré leur caractère économique en terme de chauffage ou de climatisation, s'apparentent beaucoup plus en une analyse du confort thermique des maisons de Tafilelt. Les questions traitent alors des confort d'hiver et d'été.

Pour le confort d'été, les questions posées pour son évaluation, ont pour finalité la compréhension du rôle du bâti dans la satisfaction du confort thermique par voie passive. Les questions posées concernent alors les espaces les plus utilisés dans la maison, le niveau de ventilation des espaces habitables, l'utilisation ou pas de la climatisation mécanique et enfin la comparaison du coût de la climatisation avec celui de la maison traditionnelle de Beni-Isguen, dans le cas de son utilisation.

L'analyse l'interprétation des réponses indique ce qui suit :

- A la question « *Quels sont les espaces les plus fréquentés en été ?* », 51,72 % des habitants, donnent leur préférence aux espaces du rez-de-chaussée pendant la journée et la terrasse pour la nuit, ce nomadisme journalier explique les températures diurnes, plus au moins agréables au niveau d'*Amas tadart*, si toutes les ouvertures donnant sur l'extérieur sont fermées et la terrasse pour la nuit. Pratique similaire aux maisons traditionnelles, mais qui ont l'avantage de disposer d'une cave plus fraîche le jour par rapport aux autres espaces. Quant à la cour, nous avons enregistré un taux très faible d'habitants (13,79 %) qui l'utilisent, cet "abandon" s'explique, outre son exigüité, par sa situation qui ne structure pas la maison comme nous l'avons expliqué mais surtout au plan climatique par la température opérative élevée. Nous avons relevé le 13 juillet 2008 à 14 heures une température de l'air de 38,5 °C et des températures de surface qui oscillent entre 39 et 40 °C, alors que l'intérieur d'*Amas tadart*, affiche une température de l'air de 37 °C et une température de surface entre 36,1 et 36,7 °C. A cet effet, comme nous l'avons mentionné dans la proposition de la planche 6.10, l'adoucissement de la température de l'air, voir de surface, peut s'effectuer par de la végétation et point d'eau grâce à leur effet de refroidir l'air par évaporation ou changement de phase. Pour les espaces de l'étage, dont la température opérative atteint les 40°C selon nos mesures, aucune réponse n'indique leur utilisation diurne ou nocturne, ceci et dû au fait de la remontée de l'air chaud du rez-de-chaussée par convection à travers le

chebek et l'influence par rayonnement et convection du plancher terrasse, qui doit être isolé, comme nous l'avons proposé.

- Les réponses relatives au niveau de ventilation naturelle de la maison, indiquent que 89,65% des sujets en sont satisfaits. Ceci s'explique par la présence de la cour et des chebeks à travers desquels l'air circule grâce au gradient de température entre les milieux intérieurs et extérieurs.

Quant au confort d'hiver, à la question sur la fréquence d'utilisation du chauffage, les réponses reçues confirment la lecture et les recommandations du diagramme du Givoni, où la zone de sous chauffe correspond aux mois de décembre, janvier, février et en partie aux mois de novembre et mars, un système actif est nécessaire seulement la nuit avec des apports internes le jour pour les mois de Décembre, Janvier et Février. D'autre part, certains habitants de Tafilelt n'utilisent pas du tout de chauffage (figure 6.6) et l'ensemble de ces réponses concerne les maisons situées au centre du ksar dont la mitoyenneté est assuré par trois parois extérieures, ce qui confirme le rôle de la compacité comme résistance aux déperditions thermiques et l'importance de l'inertie des murs pour le stockage de chaleur.

Il est à noter que la température de confort correspond selon la majorité des réponses à une fourchette comprise entre 18 et 30 °C, compte tenu du faible taux d'humidité relative

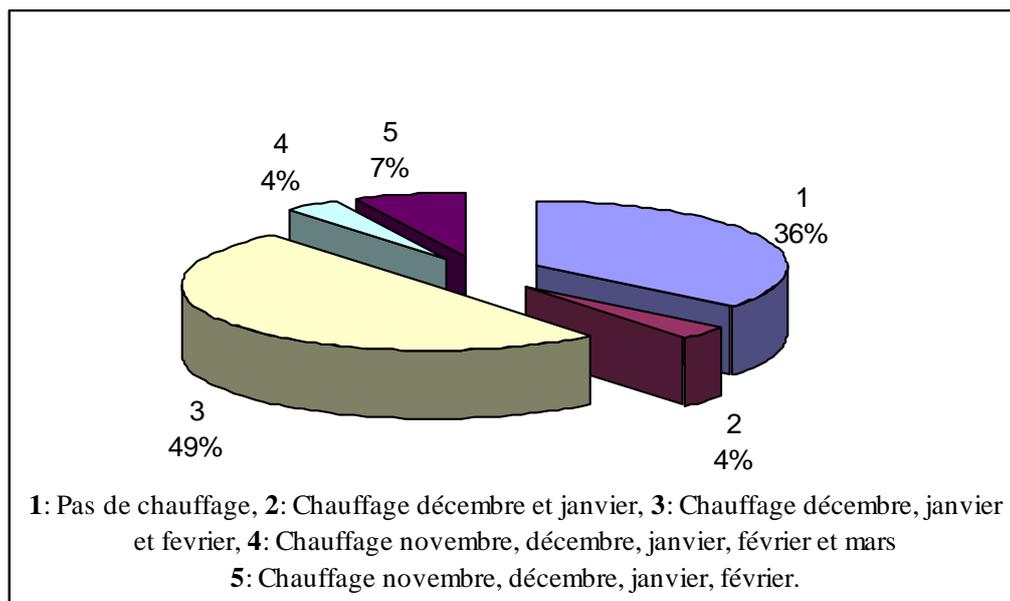


Figure 6.6 : Les mois d'utilisation de chauffage.

6.2.4.1. Analyse écologique

Nous avons voulu connaître à travers les questions du volet écologique, l'avis des habitants sur les aspects suivants :

- ✓ L'impact de l'implantation du ksar sur la préservation de la palmeraie et de l'oued;
- ✓ L'impact de l'orientation du ksar sur l'ensoleillement et la ventilation urbaine pour des soucis de consommation d'énergie et par conséquent du rejet de CO₂ ;
- ✓ La disponibilité des espaces verts dans le ksar.

A la question sur la préservation de l'environnement, les réponses sont unanimes sur le bon choix de construire le ksar sur une colline rocailleuse ainsi, les habitants sont conscients de la nécessité de préserver la palmeraie, nous pouvons ajouter aussi que le fait de s'éloigner d'un ksar ancien notamment Beni-Isguen, permet à ce dernier de garder toute son authenticité et d'éviter le phénomène de conurbation que vit toutes les villes d'Algérie. C'est un choix judicieux de respecter l'équilibre fragile oasisien.

Sur l'orientation à l'échelle architecturale, le pourcentage de satisfaction sur par rapport à l'ensoleillement est important à l'opposé d'insatisfaction sur l'orientation aux vents, comme le montre la figure 6.7 ci-après.

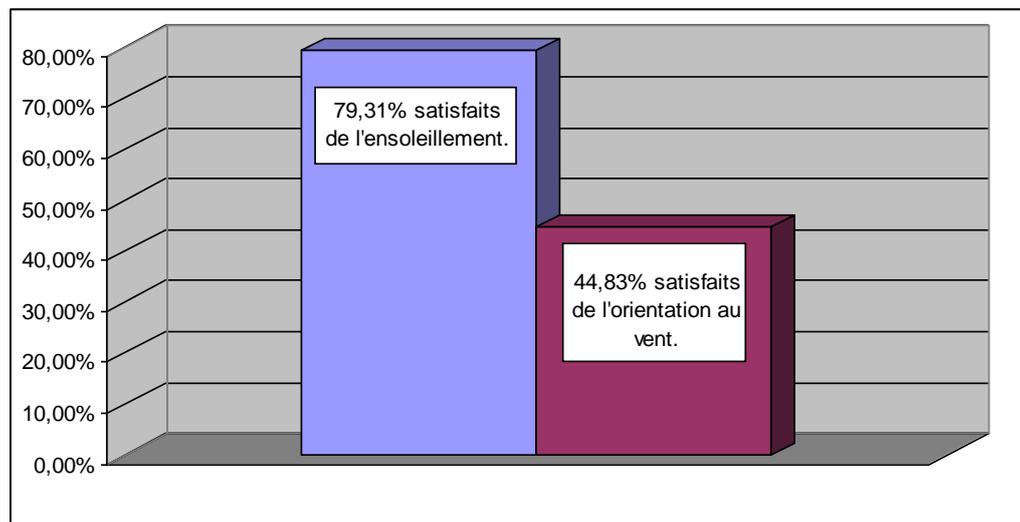


Figure 6.7 : Pourcentage de satisfaction de l'orientation de la maison de Tafilelt.

A l'échelle urbaine, 72,41% des habitants questionnés, estiment que leur ksar est mal orienté aux vents notamment les vents chauds du sud, nous avons relevé effectivement dans notre précédente analyse sur la ventilation à l'échelle urbaine, que le fait de s'implanter sur un plateau, expose ce dernier au vent de toutes les directions. Par ailleurs la projection d'espaces de verdure par les initiateurs du projet (photo 6.1), à l'ouest et au sud

du ksar peut atténuer l'inconfort causé par les conditions aéraulique du site. Quant à l'orientation du ksar à l'ensoleillement, la totalité des réponses en indique la satisfaction des sujets.

Au niveau environnement, la question posée au sujet des espaces verts, a donné des réponses très partagées si bien qu'une forte proportion des sujets considèrent qu'il ya une insuffisance en la matière comme nous indique la figure 6.8, malgré la forte conscience des concepteurs d'en doter le ksar (photo 6.5)

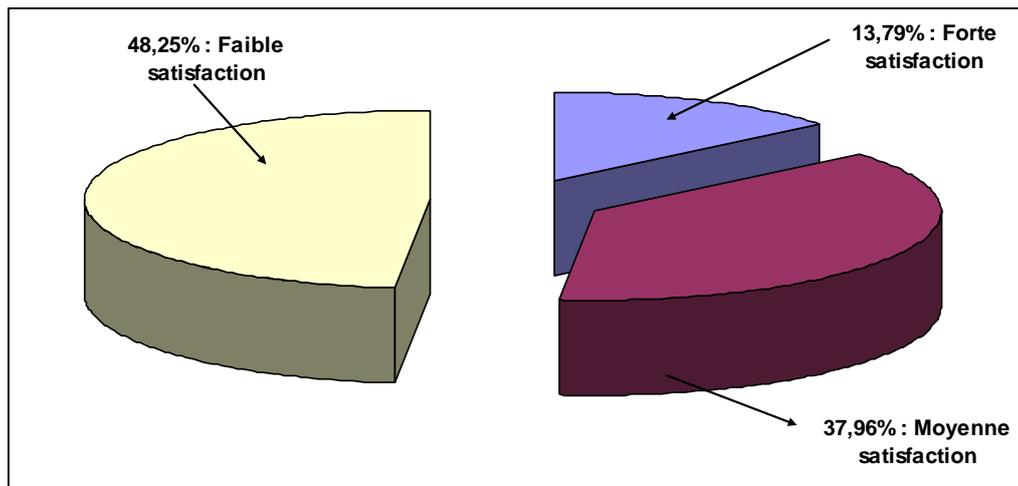


Figure 6.8 : Pourcentage de satisfaction sur la quantité d'espaces verts dans le ksar de Tafilelt.



Photo 6.5 : Plantation de palmiers par les initiateurs du ksar de Tafilelt.

Source : <http://www.Tafilelt.com/>

Conclusion

En conclusion de cette analyse bioclimatique, nous pouvons déduire que l'échelle urbaine et architecturale du ksar de Tafilelt nous a renseigné sur l'application de certains principes bioclimatiques en climat chaud et sec qui consistent en une bonne ventilation nocturne des espaces de vie, pour refroidir l'air ambiant et le souci d'accumuler le moins possible de chaleur, notamment en réfléchissant le rayonnement solaire au lieu de l'absorber. Comme aspects bioclimatiques, nous avons relevé à l'échelle urbaine:

- ✓ L'intégration au site dans le respect de l'écosystème existant ;
- ✓ La compacité pour réduire la surface exposée à l'extérieur ;
- ✓ L'orientation des rues ;
- ✓ Les conditions aérauliques prévalant sur le plateau et le mode de structuration de l'espace ne sont guère favorables, d'ailleurs les résultats de l'enquête ont mis en exergue l'inconfort dû au vent.

A l'échelle architecturale, nous pouvons déduire un ensemble de principes architecturaux d'organisation spatiale, liés aux potentialités architecturales de la maison étudiée vis-à-vis des exigences sociales en terme de l'histoire, de la culture et des traditions locales et des contraintes du climat aride, comme la forme, l'orientation, le traitement des ouvertures et les matériaux de construction. Mais au niveau de la structuration des espaces, à la lecture des plans, le dégagement constitue l'élément organisateur et qu'au niveau des performances thermiques, l'agencement des différents espaces ainsi que la conception du chebek ne reflète pas vraiment le souci d'intégration climatique lors de la conception, si ce n'est la présence de la cour, espace nouveau dans la typologie ksourienne, qui procure un meilleur éclairage naturel. Alors que l'organisation de la maison traditionnelle se réfère au patio qui se situe à l'étage, il est le point de départ et l'aboutissement de toutes les fonctions de la maison aussi bien architecturales que climatiques. Son ouverture en forme d'entonnoir favorise en saison chaude le refroidissement nocturne, c'est une forme qui facilite le rayonnement nocturne émis vers la voûte céleste de la chaleur des parois et sol.

Suite à ces carences conceptuelles relevées nous avons émis, pour un meilleur comportement thermique tant urbain qu'architectural et pour une construction adaptée au climat au moyen de techniques passives de contrôle solaire et de refroidissement par ventilation et évaporation, un certain nombre de propositions par la combinaison de paramètres bioclimatiques, tout en se référant aux concepts traditionnels d'intégration climatique et aux différentes recherches relevées dans l'état de l'art sur l'architecture en milieu chaud et sec.

Parmi les principales propositions nous citons :

▪ **A l'échelle urbaine**

- ✓ L'augmentation du prospect par des encorbellements au niveau des étages supérieurs notamment la terrasse, pour sauvegarder l'espace nécessaire à la circulation automobile ;
- ✓ Pour les futures ksour, il est important de prévoir des passages couverts qui procurent de l'ombre aux piétons ;
- ✓ Favoriser des structures organiques hiérarchisées et étagée comme réponse aux conditions d'écoulements de l'air ;
- ✓ L'implantation d'une végétation à feuillage caduc le long des façades sud ;

▪ **A l'échelle architecturale**

- ✓ L'utilisation de matériaux non réfléchissant pour le revêtement des rues puisque la grande partie des surchauffes de la paroi verticale provient de l'éclairage diffus ;
- ✓ Limiter les déperditions thermiques en hiver et les apports de chaleur en été par une isolation thermique partielle à l'intérieur pour les façades exposées au rayonnement solaire et à l'extérieure pour la terrasse accessible à l'aide de panneaux dense de laine de roche, de polystyrène, de mortier à base de billes de polystyrène;
- ✓ Compléter l'efficacité de l'enveloppe, à forte inertie thermique, par des ouvertures à double vitrage ;
- ✓ Repositionner le chebek pour un meilleur tirage thermique par effet cheminée ;
- ✓ Privilégier la ventilation naturelle en créant des dépressions pour engendrer la mouvement d'air ;
- ✓ Une organisation des espaces qui favorise un refroidissement par entrée directe pour les espaces qui ont en le plus besoin comme la cuisine (planche 6.13) ;
- ✓ La séparation des espaces à forte production de chaleur, comme la cuisine, avec les autres espaces ;
- ✓ La réinterprétation des tours à vent avec intégration d'eau pour un refroidissement par évaporation ;
- ✓ La projection de la cour au nord munie de plantations et de points d'eau, qui sont des facteurs de refroidissement naturel en humidifiant l'air et en ombrageant le sol. L'ensemble des propositions ou recommandations, que nous venons d'énumérer, sont schématisées sur la planche 6.13.
- ✓ Réintroduire la cave, comme espace frais ou dans une certaine mesure le puit canadien.

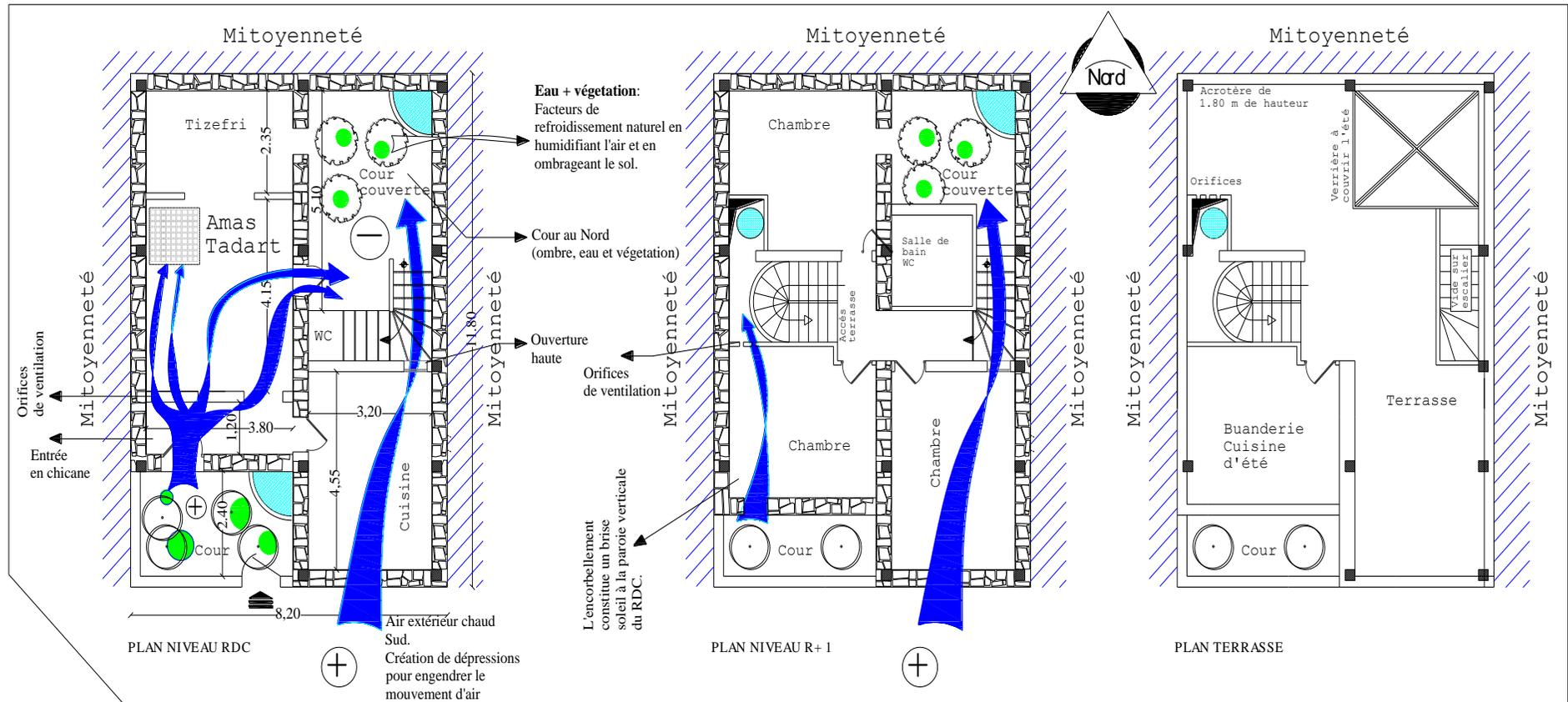


Planche 6.13 : Proposition d'amélioration bioclimatique de la maison de Tafilelt.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le confort thermique constitue un enjeu majeur dans le secteur du bâtiment, tant sur les qualités des ambiances intérieures que sur les impacts énergétiques et environnementaux, dont il est responsable. L'objectif de ce travail de recherche, outre son rapport à la pédagogie du projet d'architecture bioclimatique, consiste à améliorer le confort thermique dans un habitat construit en climat chaud et sec, qu'est le ksar de Tafilelt, à travers des dispositions architecturales en rapport avec les principes de l'architecture bioclimatique. Dans cette optique, il nous a semblé judicieux pour traiter notre problématique, de suivre une démarche méthodologique adaptée à nos objectifs, en cernant les paramètres du confort thermique, les dimensions sociales, économiques et environnementales, afin de s'inscrire dans une démarche du développement durable.

Les objectifs pour le secteur de l'habitat en général et celui du logement en particulier résident dans l'adaptation d'une architecture durable, alliée à l'environnement et aux spécificités socio-économiques et culturelles. Il s'agit de l'architecture bioclimatique, plus que jamais d'actualité, considérée comme la plus ancienne où l'homme construisait avec son environnement immédiat. Cependant, la standardisation actuelle de l'architecture tend à l'éloigner de son environnement. La réponse, hypothèse que nous avons mis en exergue, peut s'affirmer par la connaissance et la réinterprétation des concepts anciens, en conformité avec les exigences de la vie moderne, que nous avons identifié dans notre cas d'étude. Ainsi, le retour aux concepts anciens à réinterpréter, apparaît inévitable pour disposer autrement de logements confortables avec un minimum de recours à l'énergie fossile. L'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de solutions passives en utilisant au maximum les ressources disponibles naturellement, où le climat se présente simultanément comme une composante environnementale et une ressource énergétique inépuisable, c'est un des objectifs que nous pensons avoir atteint à travers la proposition architecturale, issue de la recherche sur l'architecture bioclimatique. D'ailleurs l'intérêt que nous accordons à notre sujet, réside dans la capacité de l'architecture bioclimatique à rétablir l'architecture dans son rapport à l'homme et au climat, dans une ambiance thermique confortable. C'est pourquoi on ne peut définir une unique typologie de l'architecture bioclimatique, il y en a autant que de climats et de cultures. L'intégration du bâtiment dans son environnement est le premier principe de l'architecture bioclimatique, il est indispensable d'avoir une parfaite

connaissance des vents dominants, de la radiation solaire incidente et des masques solaires voisins, des risques d'inondations, de la végétation environnante... Faut-il se protéger du vent dominant? Peut-on en tirer parti? A-t-on besoin de gains solaires? Si oui, comment trouver un juste milieu entre ces derniers et la limitation des risques de surchauffe? La réponse à ces questions permettra d'optimiser la forme géométrique du bâtiment, son implantation, la position et le type d'ouvertures ou encore l'aménagement intérieur. L'implantation du bâtiment doit aussi tenir compte de son impact futur sur l'environnement immédiat.

L'architecture bioclimatique passe donc inévitablement par une excellente connaissance de son environnement pour assurer un confort thermique en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, les mouvements d'air et l'humidité. L'ajustement de ces paramètres, s'obtient en procédant à une isolation thermique du logement, en améliorant les performances des ouvertures...

L'enseignement et l'application de l'architecture bioclimatique dans notre pays peuvent constituer une réponse à des questionnements sur la qualité spatiale de l'habitat, notamment pour le logement social, où les habitants à revenus modestes ne peuvent accéder facilement au confort thermique. Peut-on alors réaliser des logements économes et confortables du point de vue thermique ? A cette problématique générale du présent travail de recherche, l'analyse du ksar de Tafilelt a permis de démontrer sa faisabilité, malgré quelques réaménagements à effectuer pour optimiser la réponse climatique de ce ksar.

Nous avons aussi mis en valeur les limites des politiques et stratégies de l'Algérie face à la demande de logements sans cesse croissante, en voulant selon plusieurs stratégies atténuer la crise, en dirigeant tous les efforts humains et matériels sur la quantité. La notion de qualité du logement à travers le confort et l'impact sur l'environnement est souvent inconsidérée si bien que la conception de l'habitat est rarement dictée par les exigences sociales, économiques, environnementales et culturelles. On assiste alors pendant une période à une véritable sclérose intellectuelle où l'Etat est tout à la fois légiférant, entrepreneur et contrôleur. Cependant, c'est à partir des années 90, dans un climat d'ouverture, qu'une nouvelle politique de production de l'espace urbain et architectural apparaît, la logique de rentabilité, de concurrence et même de créativité commencent à s'imposer timidement. L'Etat cède sa place de constructeur à celui de régulateur et diversifie les offres de logements. Mais la nouveauté dans cette politique réside

uniquement dans le financement du logement pour construire plus, nous sommes alors passés encore une fois à côté de la possibilité d'intégrer la dimension "qualité" dans le logement. Aucune amélioration notable dans le choix des sites d'implantation, des matériaux, des spécificités locales (climat, traditions, économie...) alors que, l'évolution permanente du mode de vie de notre société, génère en permanence de nouveaux besoins et les bâtiments pâtiennent de cette évolution et deviennent obsolètes avant que les matériaux de constructions ne deviennent caducs. En zone rurale, ce décalage est plus marquant en raison d'un certain abandon de la manière de vivre traditionnelle encore présente dans un passé récent, qui détermine la forme typologique et les systèmes constructifs de chaque zone.

L'analyse bioclimatique du ksar de Tafilelt est pour nous une contribution scientifique pour revaloriser l'architecture vernaculaire oasienne, qui demeure une source d'inspiration pour notre cas d'étude, d'une part et d'autre part, démontrer à travers les résultats obtenus de la possibilité d'améliorer le confort thermique, dans le logement en climats chaud et sec, par des dispositions architecturales.

En effet, l'architecture oasienne notamment celle de la vallée du M'Zab, n'est pas tant remarquable par le fait qu'elle utilise les matériaux locaux laissés à l'état brut ou badigeonnés, qu'elle tire tout le profit possible du palmier. Elle est aussi une leçon d'habitat (architecture) bioclimatique par plusieurs aspects, l'adoption de murs épais, la structuration des espaces pour permettre une circulation de l'air par convection par le chebek qui domine le patio central (wast ad dar), la présence de cave, la réduction des ouvertures, la compacité du bâti et la largeur des rues et des ruelles. Les trajectoires brisées des passages et des rues, ménageant parfois des passages couverts jouent un rôle dans la création d'ombres et d'obstacles au passage du vent, créant des zones fraîches et donnant ainsi à la totalité du ksar les mêmes caractéristiques bioclimatiques que les habitations qui le composent. Elle est dimensionnée à l'échelle des hommes et de leur communauté, réglée en fonction de hiérarchies continues des espaces allant de l'intime au public. La palmeraie, dans sa conception et son fonctionnement contribue fondamentalement à cet écosystème oasien délicat (Ksar-palmeraie-eau). Les travaux menés sur l'effet des étagements successifs depuis le niveau de l'eau, confirment l'existence d'un microclimat local plus frais. L'existence d'échanges, par convection, maintient des niveaux de température dans un climat marqué par de fortes chaleurs et une grande luminosité. La maîtrise de la ventilation naturelle, le contrôle de la lumière par des ouvertures de différentes tailles,

confirmant cependant nos hypothèses, sont traités avec le plus grand soin et sont souvent sujets à des recherches assidues. Il s'agissait pour Le Corbusier, lors de ses projets de l'après-guerre, de vouloir retrouver ce qu'il a alors appelé '*architecture éternelle de la Méditerranée*'; il dira au sujet de la chapelle de Ronchamp, qu'elle lui avait permis le retour aux origines. Les dessins d'André Ravéreau, ses projets, réalisations, écrits sont tous des références d'une démarche singulière, inspirée d'une architecture qui prend son sens dans les données du site, le climat, les matériaux et la lumière, ainsi que dans la tradition et les moeurs.

Depuis quelques années, l'espace saharien en général et du M'Zab en particulier a été le théâtre de mutations sociales et spatiales prégnantes. Même si elles ont répondu à des objectifs différents, l'entrée dans 'l'ère urbaine' a profondément reconfiguré les territoires sahariens et a fait émerger des tensions multiformes. Ces dernières qui relèvent de dimensions environnementales, économiques et sociales, ont remis en cause les équilibres et les fonctionnements traditionnels de ces territoires. Cette menace suggère une maîtrise de l'urbanisation anarchique en prenant exemple sur le mode d'urbanisation des anciens ksour (réinterprétation, relecture, analyse...) ou des nouveaux comme c'est le cas du *ksar de Tafilelt*, qui demeure selon ses concepteurs une expérience humaine en matière d'urbanisme et d'architecture, très particulière par ses approches: sociale, urbanistique écologique et patrimoniale.

Le projet du ksar de Tafilelt a permis de rendre le logement à la portée de tout le monde, sans porter atteinte à l'environnement naturel, tout en restaurant certaines coutumes ancestrales qui ont permis aux oasis en général et à celles du M'Zab en particulier de survivre. Tafilelt est une nouvelle ville qui s'inscrit dans une optique sociale, économique et écologique où le logement traditionnel du M'Zab a été la source d'inspiration dans la réalisation de ce projet aux côtés des travaux de recherche sur l'architecture bioclimatique, tout en l'adaptant aux commodités de la vie contemporaine.

Ainsi, à la problématique générale « Est-il possible de construire aujourd'hui des logements sociaux économes en énergie, en conservant le même degré de confort ? », nous pouvons affirmer à travers le ksar de Tafilelt qu'il est tout à fait possible de répondre à la crise du logement quantitativement et qualitativement en s'inspirant de la méthode suivie par les concepteurs de Tafilelt. Notre analyse, montre aussi que le ksar de Tafilelt répond à notre problématique spécifique, tant à l'échelle urbaine qu'architecturale, mais

demeure incohérent face à certains paramètres bioclimatiques, qui grâce à des outils d'analyse, inspirés des recherches sur la construction en climat chaud et sec, de l'architecture vernaculaire du M'Zab, des mesures et des résultats de l'enquête auprès des habitants du ksar de Tafilelt, avons proposé une série de recommandations portant sur :

- ✓ l'accroissement partiel de l'isolation ;
- ✓ la ventilation naturelle par la création de zones de pression et de dépression ;
- ✓ la répartition spatiale qui favorise un refroidissement par entrée directe pour les espaces qui ont en le plus besoin ;
- ✓ la séparation d'espaces à forte production de chaleur ;
- ✓ la projection d'une cour au nord de la parcelle munie de plantations à feuilles caducs et point d'eau pour assurer un refroidissement de l'air par évaporation ;
- ✓ la réinterprétation de la tour à vent munie d'une jarre poreuse, dont le rapport dimensionnel avec les espaces intérieurs peut faire l'objet d'une étude spécifique pour améliorer son rôle de 'cheminée thermique' ;
- ✓ l'encorbellement au niveau de la façade principale du premier étage pour l'ombrage des parois du RDC ;

D'autres propositions d'ordre sociales, inspirées de l'architecture des ksour anciens, concernent :

- ✓ la réorganisation de l'entrée principale en chicane pour assurer plus d'intimité pour l'intérieur de la maison ;
- ✓ la projection d'une petite cour au sud, outre les besoins d'ensoleillement l'hiver, pour assurer la hiérarchisation des espaces de l'échelle urbaine à l'échelle architecturale.

Nous espérons, à travers ces propositions, avoir répondu à la problématique posée sur l'amélioration du confort thermique dans le logement, et avoir contribué modestement, au plan pédagogique, à revaloriser l'architecture bioclimatique, à travers son parcours temporel qui a pris naissance dans la culture constructive de nos ancêtres, au service de l'habitat en général et du logement social en particulier, comme contribution au développement durable.

LISTE DES FIGURES, TABLEAUX, PHOTOS
ET PLANCHES.

Liste des figures.	Pages
Figure 1.1 : Répartition moyenne des consommations d'énergie.	38
Figure 1.2 : Evolution de la consommation moyenne des bâtiments en énergie.	40
Figure 1.3 : Schéma de la maison mozabite.	43
Figure 1.4 : Schéma de la maison kabyle.	43
Figure 2.1 : Les trois piliers du développement durable.	58
Figure 2.2 : Différentes images du développement durable.	60
Figure 2.3 : Concentration de CO ₂ (ppm) dans le temps.	63
Figure 2.4 : Variations de la température de la surface de la Terre pour les 140 dernières années.	63
Figure 2.5 : Le principe de l'effet de serre.	64
Figure 2.6 : Axe spatio-temporel des grandes dates de la politique du développement durable.	72
Figure 3.1 : Evolution des émissions de Gaz à effet de serre (G.E.S.) de 1971 à 2000.	74
Figure 3.2 : Situation de l'Algérie en matière d'émissions de CO ₂ .	74
Figure 3.3 : Consommation d'énergie en Algérie, par secteurs, en 2005.	74
Figure 3.4 : La compacité, stratégie d'implantation des Climats chauds et secs.	80
Figure 3.5 : Schéma d'habitat troglodytique, Matmata, Tunisie et Indre-et-Loire, France.	80
Figure 3.6 : Courbes d'amplitudes des températures dans le sol en fonction de la profondeur et de l'humidité.	81
Figure 3.7 : Formes de base de l'habitat traditionnel méditerranéen.	82
Figure 3.8 : Principe du mégaron "villa à Amarna" (Egypte antique).	83
Figure 3.9 : Organisation de la sous-pente dans une maison kabyle.	83
Figure 3.10 : Restitution axonométrique de la " Casa degli Amorini Donati" Italie.	84
Figure 3.11 : Variation des températures à la Villa Julio Polibio, Pompéi, Italie.	85
Figure 3.12 : Schéma de fonctionnement climatique d'un patio.	86
Figure 3.13 : Cas de maisons mitoyennes, la casbah d'Alger.	89
Figure 3.14 : Cas de maisons isolées, volumineuses.	89
Figure 3.15 : Fluctuations de température intérieure dans une maison pour une épaisseur de mur de 20 cm.	90
Figure 3.16 : Principe d'une tour à vent pour une maison d'habitation.	93
Figure 3.17 : Maison Emma Martin (1905) de Frank Lloyd Wright.	95
Figure 3.18 : Le tropisme solaire dans les plans d'Alvar Aalto.	97
Figure 3.19 : Principes constructifs et techniques d'un bâtiment passif en Allemagne.	103
Figure 3.20 : Les principes bioclimatiques.	106
Figure 3.21 : Schéma du transfert de chaleur conductive.	108
Figure 3.22 : Equation et schématisation du flux de chaleur dans un mur multicouches.	108
Figure 3.23 : Spectre des ondes électromagnétiques.	110
Figure 3.24 : Répartition des puissances reçues du soleil sur les façades.	112
Figure 3.25 : Stratégie du chaud en hiver.	113
Figure 3.26 : Géométrie de la course du soleil.	114
Figure 3.27 : Stratégie du froid en été.	115
Figure 3.28 : La protection et les composantes du facteur solaire : Cas d'un simple vitrage.	116
Figure 3.29 : Schéma de fonctionnement d'un puit canadien.	118
Figure 3.30 : Refroidissement par évaporation, Science an technology park,	

	Gelsenkirchen (Allemagne).	119
Figure 3.31	: Principe de fonctionnement du mur trombe et de la serre.	121
Figure 3.32	: Maquette d'une partie du quartier de Bedzed.	131
Figure 3.33	: Système de ventilation naturelle à Bedzed.	132
Figure 4.1	: L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement.	138
Figure 4.2	: Température de confort en fonction de l'activité et de la vêtue.	142
Figure 4.3	: Indices d'évaluation du confort thermique (PMV et PPD).	143
Figure 4.4	: Zone de confort en diagramme psychométrique.	144
Figure 4.5	: Utilisation du diagramme solaire pour relever les masques solaires.	146
Figure 4.6	: Influence de l'orientation sur l'énergie solaire incidente.	147
Figure 4.7	: Rôle de l'implantation dans la conception de logement.	149
Figure 4.8	: Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins de chauffage.	150
Figure 4.9	: Impact de la forme du bâtiment sur les déperditions thermiques.	151
Figure 4.10	: Exemple de composition bioclimatique du plan intérieur.	152
Figure 4.11	: Exemple de flexibilité des espaces du logement.	153
Figure 4.12	: Coupe de l'immeuble à gradins d'Henri Sauvage (1922 – 1927), Paris.	155
Figure 4.13	: Coupe-perspective d'un brise-soleil.	158
Figure 4.14	: Les différentes méthodes de protection de la toiture.	159
Figure 4.15	: La végétation à feuillage caduc comme protection solaire.	161
Figure 4.16	: Les facteurs de la ventilation naturelle.	162
Figure 4.17	: Variation de la température dans une paroi isolée.	163
Figure 4.18	: Répartition moyenne des déperditions dans une maison individuelle neuve.	174
Figure 4.19	: Les différents systèmes d'isolation des murs.	169
Figure 4.20	: Comparatif de variations de températures entre isolation intérieure et isolation extérieure.	169
Figure 4.21	: Evolution des températures dans une maison individuelle pour trois niveaux d'inertie.	170
Figure 4.22	: Temps de déphasage et quantité de chaleur accumulée de certains matériaux.	173
Figure 4.23	: Carte des déserts du monde.	174
Figure 4.24	: Disposition des ouvertures.	176
Figure 4.25	: Température d'air et température de surface selon la couleur des matériaux.	176
Figure 4.26	: Impact de la situation des espaces sur la température intérieur.	179
Figure 4.27	: Répartition des espaces selon le besoin du refroidissement.	179
Figure 4.28	: Système de fonctionnement de la "jarre – Nazria".	180
Figure 4.29	: Diagramme solaire latitude 32° Nord.	186
Figure 4.30	: Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.	187
Figure 4.31	: Utilisation du diagramme bioclimatique.	188
Figure 5.1	: Situation de la wilaya de Ghardaïa.	190
Figure 5.2	: Découpage de la wilaya de Ghardaïa.	190
Figure 5.3	: La <i>chebka</i> de la vallée du M'Zab.	191
Figure 5.4	: Structure du Ksar de Beni-Isguen.	191
Figure 5.5	: Itinéraire géographique des Kharidjites.	194
Figure 5.6	: Plan d'une maison traditionnelle.	199
Figure 5.7	: Logements économiques à Sidi-Abbaz, Ghardaïa.	200
Figure 5.8	: Les différents types de plafonds d'une maison traditionnelle.	204
Figure 5.9	: Les rues sinueuses comme obstacles aux vents de sables et au sirocco.	206
Figure 5.10	: Les zones climatiques de l'Algérie.	213

Figure 5.11 : Les régions sahariennes de l’Afrique du Nord.	214
Figure 5.12 : Variation des températures minimales et maximales (2004).	217
Figure 5.13 : Variation des précipitations (1977 et 2004).	217
Figure 5.14 : Variation des taux d’humidité.	218
Figure 5.15 : Direction et fréquence du vent dans les Ksour de Beni-Isguen et Tafilelt.	219
Figure 5.16 : Variations moyennes mensuelle des vents.	220
Figure 5.17 : Evolution du rayonnement solaire.	222
Figure 5.18 : Evolution de l’insolation solaire moyenne (2000 – 2006).	222
Figure 5.19 : Perspective de logements groupés de Tafilelt.	229
Figure 6.1 : La compacité du ksar de Tafilelt.	233
Figure 6.2 : La compacité de la médina de Nefta (Tunisie).	233
Figure 6.3 : Comparaison du prospect entre l’ancien et le nouveau ksar.	235
Figure 6.4 : Diagramme bioclimatique pour la vallée du M’Zab.	246
Figure 6.5 : Niveau d’éclairement à Ghardaïa.	257
Figure 6.6 : Les mois d’utilisation de chauffage.	264
Figure 6.7 : Pourcentage de satisfaction de l’orientation de la maison de Tafilelt.	265
Figure 6.8 : Pourcentage de satisfaction sur la quantité d’espaces verts.	266

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Situation physique, des programmes de logements arrêtée au 31.12.1992.	22
Tableau 1.2 : Etat des différents programmes de logements inscrits au titre du plan quinquennal 2005-2009.	26
Tableau 1.3 : Niveau de l’aide financière accordée par la C.N.L.	29
Tableau 1.4 : Caractéristiques de l’habitat en Algérie.	47
Tableau 1.5 : Caractéristiques d’un bâtiment durable.	51
Tableau 3.1 : Réactions architecturales et urbanistiques types pour un climat chaud et sec.	94
Tableau 3.2 : Les critères de la méthode ‘BREEM’.	101
Tableau 3.3 : Caractéristiques physiques de certains matériaux.	111
Tableau 3.4 : Comparaison entre les principes des Chartes d’Athènes et d’Aalborg.	128
Tableau 4.1 : Eléments d’analyse pour localiser un bâtiment bioclimatique.	145
Tableau 4.2 : Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi.	148
Tableau 4.3 : Valeur du coefficient (F) selon la latitude.	158
Tableau 4.4 : Valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants.	167
Tableau 4.5 : Définition des classes d’inertie thermiques.	171
Tableau 5.1 : Données climatiques (Température et Humidité) de la vallée du M’Zab.	215
Tableau 5.2 : Durée d’insolation.	221
Tableau 5.3 : Répartition des logements occupés selon le type de construction.	224
Tableau 5.4 : Situation des programmes d’habitat au 31.12.2008.	224
Tableau 5.5 : Les impacts du projet de Tafilelt.	230
Tableau 6.1 : Données climatiques moyennes (T° et HR) maximales et minimales.	245
Tableau 6.2 : Tableau comparatif entre la maison traditionnelle et la maison du ksar de Tafilelt.	259

Liste des photos

Photo 1.1 :	Logements A.A.D.L. à Bab-Ezzouar Alger.	32
Photo 1.2 :	Logements A.A.D.L. à Noumiret Ghardaïa.	32
Photo 1.3 :	Maisons mozabites.	41
Photo 1.4 :	Maisons kabyles à Ath-Yenni.	41
Photo 1.5 :	Maisons du Roufi (Aurès).	41
Photo 1.6 :	Maison de Kabylie à Ath douala.	43
Photo 1.7 :	Immeuble néoclassique de la fin du XIX ^{ème} S. Alger.	44
Photo 1.8 :	Immeuble de style Jonnart. Alger.	44
Photo 1.9 :	Immeuble annonçant les prémices de l'architecture moderne. Alger.	45
Photo 1.10 :	Immeuble cité million (Tizi Ouzou) 1959.	45
Photo 1.11 :	Immeubles des années 80 (ZHUN de Tizi Ouzou).	46
Photo 1.12 :	Immeubles récents de type L.S.P (Tizi Ouzou).	46
Photo 1.13 :	Logements A.A.D.L. à la ville nouvelle de Noumirat, programme 2002, Ghardaïa.	50
Photo 3.1 :	Maison troglodytique à Matmata en Tunisie.	81
Photo 3.2 :	Habitat trulli à Ostuni, Italie.	82
Photo 3.3 :	Maquette, reconstitution de la villa à Amarna.	83
Photo 3.4 :	Fenêtre en moucharabieh, maison en Tunisie.	91
Photo 3.5 :	Façade sud de l'Institut du Monde Arabe (I.M.A), Paris. (1987).	92
Photo 3.6 :	Apport de chaleur par la tapisserie dans une maison du ksar de Tafilelt.	112
Photo 4.1 :	Vue des trois prototypes du village solaire de Boussaâda.	182
Photo 4.2 :	Prototype de l'habitation rurale développée par le CNERIB.	183
Photo 5.1 :	Vue sur la terrasse éclairée et le chebek.	200
Photo 5.2 :	Vue sur El-Attef, sa palmeraie et sa mosquée.	208
Photo 5.3 :	Vue sur Bounoura et ses mosquées.	209
Photo 5.4 :	Vue sur Ghardaïa, sa place et sa mosquée.	209
Photo 5.5 :	Vue sur Melika et ses remparts.	210
Photo 5.6 :	Vue sur Beni-Isguen.	211
Photo 5.7 :	Situation du ksar de Tafilelt par rapport à celui de Beni-Isguen.	225
Photo 5.8 :	Réinterprétation d'éléments symboliques des anciens ksour : la porte urbaine, la tour de gué ou le puit.	228
Photo 6.1 :	Site d'implantation de la zone de verdure de Tafilelt.	238
Photo 6.2 :	La pierre locale, matériau de base du ksar de Tafilelt.	254
Photo 6.3 :	Utilisation de la texture rugueuse pour l'ombrage du mur.	255
Photo 6.4 :	Type de protection solaire.	258
Photo 6.5 :	Plantation de palmiers par les initiateurs du ksar de Tafilelt.	266

Liste des planches

Planche 5.1 :	Plan d'aménagement du ksar de Tafilelt.	226
Planche 6.1 :	Le prospect dans le ksar de Tafilelt.	236
Planche 6.2 :	L'exposition de Tafilelt aux vents.	237
Planche 6.3 :	Situation de la maison étudiée.	239
Planche 6.4 :	Plan du RDC avec vues sur le séjour et le chebek, la cuisine, la cour et l'entrée.	240
Planche 6.5 :	Plan du R+1 avec vues sur le séjour et, la couverture de la cour.	241
Planche 6.6 :	Façade principale et plan de la terrasse.	242

Planche 6.7 : Morphologie de l'espace intérieur à travers la trajectoire du soleil en Été et en Hiver.	249
Planche 6.8 : Influence de la répartition spatiale sur les températures intérieures de l'air.	250
Planche 6.9 : Proposition de déplacement du chebek.	252
Planche 6.10 : Rôle de la cour dans la régulation thermique.	253
Planche 6.11 : Composition des murs porteurs et plancher.	257
Planche 6.12 : Comparaison du comportement climatique saisonnier et journalier, entre la maison de Tafilelt et une maison traditionnelle.	260
Planche 6.13 : Proposition d'amélioration bioclimatique de la maison de Tafilelt.	269

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie .

Abdellah, M. (Architecte paysager) (2008) « Le management paysager comme finalité pour l'amélioration urbaine » article paru dans la presse Nationale, 'Le quotidien d'Oran', édition n° 4172 du 31.08.2008.

Abdulac, S et Pinon, P. (1973) « L'architecture du M'Zab, modèle d'architecture climatique » in revue Architecture d'Aujourd'hui n° 167.

A.S.H.R.A.E (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), (1997) « Indoor environmental health », in ASHRAE handbook of fundamentals. Chapter 9. SI Editions, Atlanta. U.S.A.

A'zani, A et al (2005) « Climatic responsive architecture in hot and dry regions of Iran » actes de la conférence internationale, tenue en Grèce en Mai 2005, intitulée "Passive and low energy cooling for the built environment".

Actes de l'exposition « Ma maison en 2030 : énergie maîtrisée, planète protégée » du 29 juin au 28 juillet 2006. Paris.

AFNOR. ISO 8996 (1994) « Détermination de la production de chaleur métabolique » Paris.

AFNOR. NF EN ISO 7730 (1995) « Ambiances thermiques modérées. Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique » Paris

Afra, H. (2009) « Projet d'efficacité énergétique dans le secteur de la construction » in dossier du CNERIB n° 12-2008, Alger.

Agence Régionale de l'Energie (ARENE) de Provence- Alpes – Côte d'Azur, (2000) « Confort d'été dans le sud de la France). <http://www.envirobat-med.net/>

Ailleret, F. (2000) «des défis de l'énergie au XXI^e siècle» paru dans la revue intitulée: Quelles technologies face au défis énergétiques du nouveau siècle ? France.

Akbari, H. (2008) « La peinture blanche contre le réchauffement climatique » in document téléchargé du site <http://fr.news.yahoo.com/57/20090116/tod-la-peinture-blanche-contre-le-rchauf-99752b7>

Albane, L. (1995) « la transition à l'économie de marché, la ville et l'architecture » in la revue d'architecture et d'urbanisme H.T.M (Habitat Tradition Modernité) n° 3, Editions ARCCO, Alger.

Alexandroff, G. et J-M. (1982) « Architectures et climats, soleil et énergies naturelles dans l'habitat » Editions Berger-Levrault, Paris.

Ali-Toudert, F. Djenane, M. Bensalem, R. et Mayer, H. (2005) « Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria » in Climate research, vol. 28.

Amat, C. (1888) « Le M'Zab et les Mozabites » Editions Challamel et Cie, Paris.

Annabi, M. Mokhtari, A. et Hafrad, T.A. (2006) « Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin » in revue des Energies Renouvelables Vol. 9 n° 2, Alger.

Arrêté interministériel du 09 avril 2002 Article 4. Alger.

Arrêté interministériel du 13 septembre 2008 fixant les modalités d'application du décret exécutif n° 94-308 du 04 octobre 1994 définissant les règles d'intervention de la caisse nationale du logement en matière de soutien financier de ménages.

Arrêté interministériel n°03 du 09 avril 2002, article 05

Association Amidoul « Ksar Tafilelt, principes et références » document téléchargé le 10.12.2008 du site <http://www.Tafilelt.com/>

Association d'orientation touristique de Ghardaïa (2008), figure téléchargée le 22.12.2008 du site <http://www.ghardaiatourisme.free.fr/apercu.htm>

Association HQE (1997) « Définition des cibles de la qualité environnementale », Paris.

A.T. (2008) « *Plus de 3000 heures de soleil par an...* » Article paru dans les colonnes du quotidien national d'information Algérien *El-watan* du 08 juin 2008.

ATEnEE (Actions Territoriales pour l'Environnement et l'Efficacité Energétique), (2007) « L'ADDOU, qu'est-ce que c'est ? » in lettre info de l' ATEnEE d'août 2007.

Ayssa, B. (2007) « Comment s'ouvrir de l'intérieur » in revue d'architecture, d'urbanisme et d'histoire, *Amenhis*, n° 12 / Janvier/ Février 2007, Editions SOPIREF. Alger.

Ayssa, B. (2007) « Patios et puits de lumière dans l'architecture ancienne », in revue d'architecture, d'urbanisme et d'histoire, *Amenhis*, n° 12 / Janvier / Février 2007, Editions SOPIREF.

Baduel, P.R. (1988) « Habitat, Etat, Société au Maghreb » Editions du CNRS, Paris.

Bahlouli, A. (2000) « Politique de l'habitat et processus de financement du logement social en Algérie » mémoire de magistère EPAU, Alger.

Baker F. (2002) « Haute qualité environnementale du ministère de l'équipement » document téléchargé du site <http://www.batirsain.org/pages/articles/hqe.htm>.

Balalou, Z. (2008) « Revitalisation urbaine pour la sauvegarde du patrimoine, cas de la vallée du M'Zab » in actes du colloque international "Réhabilitation et revitalisation urbaine", tenu à Oran du 19 au 21 Octobre 2008. Algérie.

Ballalou Z. (1988) « Habitat bioclimatique à Ghardaïa » mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'architecte d'Etat, Institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine, Algérie.

Ballalou, Z. (2006) « La lettre de l'O.P.V.M » in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.

Balon, H. (2004) « Economie d'énergie », in revue *Energie Et Mines* N° 2, Avril 2004, Alger.
Banham, R. (1969) « The architecture of well-tempered environment », Ed. Archi-press. London.

Bardet, S. et Kieser, G. (2003) « La maison bio et caractéristiques » in la revue ' *Sud-ouest nature*' n° 123, Editions SEPANSO France.

Baudouï, R et Potié, P. (2003) « André Ravéreau, l'atelier du désert » Editions Parenthèses, Marseille France.

- Behbahian, I. et Mahrer, K.** (1987) « Espaces maghrébins, pratiques et enjeux » acte de colloque tenu à taghit (Algérie) du 23 au 26 novembre 1987. Editions ENAG/URASC 1989.
- Belakhowsky, S.** (1978) « Déperditions calorifiques et isolation thermique des habitations » Editions Techniques et vulgarisation, Paris.
- Benevolo, L.** (1998) « Histoire de l'architecture moderne : l'inévitable éclectisme », tome 4, Editions Bordas.
- Benkaciali, S.** (2007) « Le gisement solaire à Ghardaïa » in bulletin des énergies renouvelables n° 11, juin 2007, C.D.E.R. Bouzaréah, Alger.
- Benmati, N A.** (Ministre de l'urbanisme et de la construction), (1989) in préface de « Le logement un défi », ENAP, OPU, ENAL, Alger.
- Benmati, N. A.** (1982) « l'habitat du tiers monde, cas de l'Algérie », Editions SNED, Alger.
- Bensalem, R.** (2006) « Le vent dans l'architecture », cours de Post graduation (2006 / 2007) au département d'architecture de l'UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie.
- Bensalem, R.** (2007) « L'architecture bioclimatique » cours de Post graduation (2006 / 2007) au département d'architecture de l'UMMTO, Tizi Ouzou, Algérie.
- Benyoucef, B.** (1994) « Le M'Zab : espace et société » Imprimerie Aboudaoud, El Harrach, Alger.
- Bertolo, L. et Bourges, B.** (1992) « Données climatiques utilisées dans le bâtiment » Techniques de l'ingénieur, traité génie énergétique, document B 2 015.
- Bobroff, J.** (2006) « Le développement durable à l'échelle urbaine » in Villa Urbaine Durable, synthèse des séminaires de travail, PUCA juillet 2006, Paris.
- Bondil, A. et Hrabosky, J.** (1978) « L'isolation thermique et l'aération des bâtiments d'habitation » Tome 1 Editions Eyrolles, Paris.
- Borie, A.** (2002) « La reconstruction du centre d'Orléans ville par Jean Bossu : Une architecture Algérienne moderne » in actes du colloque international tenu à Alger du 4 au 6 Mai 2002, sous le titre "Alger : lumière sur la ville".
- Boucherf, D.** (2006) « Variabilité et changement climatique au Sahara » in actes du séminaire "Habiter les déserts" Ghardaïa 2006.
- Boudiaf, M.** (Directeur de l'EPAU, Alger) (1987) in « L'atlas solaire de l'Algérie » Tome 1, volume 1 Editions Office des Publications Universitaires (O.P.U), Alger.
- Bougriou, C. Hazem, A. et Kaouha, K.** (2000) « Protection solaire des fenêtres » in revue des énergies renouvelables Volume 3 n° 127-135, Alger.
- Bourdieu, P.** (1974) « Sociologie de l'Algérie », , Editions P.U .F (Presses Universitaires de France), Paris.
- Bouvier, F.** (1981) « Soleil et architecture » dossier C3310, technique de l'ingénieur, traité de construction. France.
- Bozonnet, E.** (2005) « Impact des microclimats urbains sur les demandes énergétiques des bâtiments : Cas de la rue canyon » thèse de doctorat soutenue le 23 Juin 2005 à l'université La Rochelle, France.

- Brager, G-S. et De Dear, R-J.** (1998) « Thermal adaptation in the built environment », in a literature review, "Energy and building" n° 27.
- Breuil, F.** (2008) « ONU-Habitat : pas de développement durable sans urbanisation durable », bulletin quotidien de l'ONU de mai 2008. <http://www.un.org/apps/newsFr/>
- Bricocoli, M. et al.** (1997) « Développement urbain durable », Editions l'AUBE.
- Brodhag, G.** (2004) « Développement durable et énergie », Journées X-ENS-UPS Physique, Ecole polytechnique, 14 mai 2004, France.
- Bruant, M.** (1997) « Développement et paramétrages de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance », in Conception en bâtiment et techniques urbaines, I.N.S.A (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon, France.
- Brundtland G.H.** (1988) « Notre avenir à tous », Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (C.M.E.D). Montréal, Editions du Fleuve. Le rapport « Notre avenir à tous » est disponible à cette adresse: http://www.wikilivres.info/wiki/index.php/Rapport_Brundtland.
- Brunel, S.** (2007) « Le développement durable », 2^{ème} Editions, P.U.F. (Presses Universitaires de France), « Que sais-je ? », Paris.
- C.A.U.E.**, (Conseil en Architecture Urbanisme et Environnement), (2005) « L'architecture bioclimatique » in revue d'architecture d'urbanisme et d'environnement de l'Ariège, France. <http://www.caue.org>.
- Cabinet d'études "TRIBU Energie"** (2007) « Influence de l'inertie en immeuble collectif » étude réalisée pour le compte de CIMBETON, France.
- Cadiergues, R.** (1998) « Calcul des charges de climatisation et conditionnement d'air ». Editions PYC Livres, Paris.
- Camagni R. Gibelli M.C.** (1997) « Développement urbain durable: Quatre métropoles européennes à l'épreuve », Editions de l'Aube, la tour d'Aigues, France.
- Candas, V.** (1998) « Confort thermique », Technique de l'ingénieur, traité du génie énergétique BE 9 085, France.
- Cantin, R. et al.** (2005) « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » in actes du 6^{ème} congrès européen de science des systèmes, tenu à Paris du 19 au 22 septembre 2005.
- C.N.E.R.I.B.**, (Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées en Bâtiment) (2008) « Projet d'efficience énergétique dans le secteur de la construction » Dossier n°12-2008. Alger.
- Capderou, M.** (1987) « Atlas solaire de l'Algérie, aspect géométrique, synthèse géographique » Tome 3, volume 1, Editions Office des Publications Universitaires (O.P.U), Alger.
- C.R.A.U.**, (1983) « Village Solaire Intégré » Centre de recherche en architecture et urbanisme, Alger.
- Castex J.** (1985) « Frank Lloyd Wright, le printemps de la prairie house » Editions Pierre Mardaga.
- Cataldi G.** (1988) « Les raisons d'habiter » Editions Studi e documenti di architettura, Italie.

- Cela, E. et al** (2005) « Reconversion d'une friche industrielle : le cas de la plaine de Malley à Lausanne », mémoire de DESS, études urbaines, université de Lausanne, Suisse.
- Chabi, M.** (2006) « L'aménagement et le développement durable, cadre législatif » in journées d'étude sur le développement durable, tenues les 14 et 15 juin 2006 au département d'architecture de l'université UMMTO Tizi Ouzou, Algérie.
- Challebat L., Gros P. et Jaquemard C.** (2003) « Vitruve de l'architecture » Editions Les belles lettres, Paris.
- Charbinnier, S. Parentet, et Pouget, A.** (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur, Paris.
- Charbonnier, S et al** (1992) « Guide de la thermique dans l'habitat neuf » Editions du Moniteur, Paris.
- Chatelet, A., Fernandez, P. et Lavigne, P.** (1998) « Architecture climatique, concepts et dispositifs » Tome 2, Editions EDISUD, France.
- Cheilan, R.** (2004) « La climatisation solaire » projet de fin d'études en ingénierie du bâtiment à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne. France.
- Cherqui F., Wurtz, E. et Allard F.** (2004) «Elaboration d'une méthodologie d'aménagement durable d'un quartier». Annales du bâtiment et des travaux publics, n°1, France.
- Chevalier, D.** (1979) « L'espace social de la ville arabe » Editions Maisonneuve, Paris.
- Chitour, C. E. et al** (2003) « Pour une stratégie énergétique de l'Algérie à l'horizon 2003) in Bulletin des énergies renouvelable n° 3 du C.D.E.R (Centre des Energies Renouvelables) de Bouzaréah, Alger.
- Club de Rome** (1972) «Halte à la croissance ?», rapport Meadows sur les limites de la croissance, Editions Fayard, Paris.
- Collection technique CIMBETON** (2007) « Béton et confort thermique » revue technique du centre d'information sur le ciment et ses applications, n° B 40, France.
- Comité permanent "climatologie et architecture"** (1980) « Connaissances fondamentales de climatologie en architecture et urbanisme » Editions de la Fédération Internationale pour l'Habitation, l'Urbanisme et l'Aménagement des Territoires (F.I.H.U.A.T), Luxembourg.
- Commission chargée de formuler des avis techniques** sur les procédés, matériaux utilisés dans l'enveloppe du bâtiment (2004) « Performances des produits minces réfléchissants opaques utilisés dans l'enveloppe du bâtiment », Note d'information n° 1. France.
- Commission Européenne**, (1990) « Le livre vert européen sur l'environnement urbain » Editions Office des publications officielles des communautés européennes, Bruxelles.
- Commission Européenne MEDA-Euromed héritage et CORPUS** (Construction, Réhabilitation, Patrimoine Usage) (2002) « Architecture traditionnelle méditerranéenne » , ouvrage conçu par l'école d'Avignon (France), Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelone (Espagne) et l'école des arts et métiers traditionnels de Tétouan (Tunisie).
- Conseil en Architecture, Urbanisme et Environnement (C.A.U.E)** (2005) « La ventilation » in revue d'architecture d'urbanisme et d'environnement de l'Ariège, France. <http://www.caue.org/>.

- Conseil National de l'Ordre des Architectes (C.N.O.A) Français** (2008) « Comment bâtir des villes durables » in actes de la table ronde du 05 juin 2008 tenue à Paris, France.
- Cortés, H. et Blot, J.** (1999) « Transferts thermiques, application à l'habitat » Editions Ellipses, Paris.
- Cote, M.** (2002) « Une ville remplit sa vallée : Ghardaïa » in revue Méditerranée, tome 99 n° 34, France.
- Coyne C.** (1879) « Le M'Zab », in revue africaine, tome 23, Jourdan, Alger.
- Crichton, M.** (2006) « Climat fou : faut-il y croire ? », in revue science et avenir, n° 708, février 2006. France.
- Croslard, L.** (2007) « L'ADDOU, une appropriation locale de l'approche environnementale de l'urbanisme » in document de l'ADEME (Agence de l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Energie) et ETD (Entreprises Territoires et Développement) de septembre 2007, France.
- C.S.T.B,** (Centre Scientifique des Techniques du Bâtiment) (2004) « Confort thermique, maîtrise de l'énergie et ventilation » document pour la Direction des affaires économiques, sociales et culturelles et Direction de l'urbanisme de l'habitat et de la construction France.
- C.S.T.B,** (2000) « Performances énergétiques des éléments opaques » document de la réglementation thermique (RT) 2000, France.
- Cuperly, P.** (1987) « La cité Ibadite : Urbanisme et vie sociale au XI^{ème} siècle » in revue Awal : Cahier d'études Berbères n° 03.
- D'Avennes, P.** (2001) « L'art arabe », Editions L'aventurine, France.
- Dahli, M. et al** (2006) « Le plâtre solaire dans la construction » in actes du séminaire "Living in Deserts : Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions" Ghardaïa, Algeria 9-12 Décembre 2006.
- Dakhia K.** (2006) « Développement durable et environnement: les nouveaux défis de l'urbanisme en Algérie », in revue "Vies de villes" n°4, février 2006, Alger.
- Dali, K.** (2006) « Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments », Extrait de la lettre de l'APRUE n° 10, Septembre 2006.
- De Valicourt D.** (2001) « Référentiel du système de management environnementale pour la maîtrise d'ouvrages concernant des opérations de construction, adaptation ou gestion des bâtiments », document de l'association HQE.
- Déclaration d'Istanbul** sur les établissements humains, <http://www.portail.unesco.org/>
- Déclaration de Vancouver** sur les établissements humains, 1976 – point 2 – III du préambule.
- Décret exécutif n° 91-144** du 12 mai 1991 portant restructuration de la CNEP. Algérie.
- Décret exécutif n° 94-218** du 23 juillet 1994 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-050. Algérie.
- Décret législatif n° 93-03** du 1^{er} mars 1993 relatif à l'activité immobilière. Algérie.
- Degiovani A.** (1977) « Diffusivité et méthode flash », in revue générale de thermique, n° 185.

- Delheure, J.** (1986) « Faits et dires du M'Zab » Editions Peeters Publishers, Leuven, Belgique.
- Dellaporta J-P.** *Chef de service Habitat et Tertiaire à l'A.D.E.M.E* (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), in « Architecture d'été, construire pour le confort d'été » de Izard, J-L. (1993), France.
- Deluz, J.J.** (1988) « L'urbanisme et l'architecture d'Alger », Editions MARDAGA / OPU, Alger.
- Deluz, J.J.** (1980) « Les grands types d'habitat en Algérie », photocopiés Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU) Alger, 1980.
- Derners, C. et Potvin, A.** (2004) « Le brise-soleil : la dernière grande invention environnementale en architecture » in revue « le bulletin d'information de l'ordre des architectes du Québec » volume 15, n° 5.
- Destobbeleire, G. et Izard, J-L** (1998) « Rôle de la végétation dans le microclimat : utilisation de la thermographie » in actes de la conférence EPIC'98 Lyon, France.
- Dictionnaire Larousse** 1986.
- Dictionnaire Microsoft encarta** 2008.
- Dillen, D.** (2003) « L'énergie solaire, ici et maintenant » in revue Bio info, Editions Changer d'R. Bruxelles.
- Doménach, H. et Picouet, M.** (2002) « Pression démographique et environnement : incertitudes et perplexité » in Enjeux et politiques de l'environnement, *Cahiers français* n° 306, janvier/février, la documentation française.
- Donnadieu C. et P. / Didillon H. et J-M.** (1986) « Habiter le désert, les maisons mozabites » Editions Pierre MARDAGA. Bruxelles.
- Dumitriu-Valcea E.** (1986), « Isolation thermique des constructions en Algérie », Editions Entreprise nationale du livre (ENAL), Alger.
- E.P.A.U** (Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme), Post-graduation « Architecture & Environnement » 2007 / 2008, Dr E. B. Azzag.
- Emelianoff, C.** (2004) « Les villes européennes face au développement durable », in cahiers du PROSES n°8 Science Po, Paris.
- Emilianoff, C.** (2002) « La notion de ville durable dans le contexte européen » in Enjeux et politiques de l'environnement, *Cahiers français* n° 306, janvier/février, la documentation française.
- Encyclopédia Universalis** France 1997.
- Enquête sur l'habitat en Algérie** (1958 - 1959) par le service de l'habitat. ITEBA. 1959.
- Ernst, I.** (2002), « Les politiques urbaines durables entre universalisme et identités » in. Cultures urbaines et développement durable, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, France.
- Etchegarray, J.** (2008) « Quels dispositifs architecturaux sont nécessaires dans un habitat bioclimatique » in actes du séminaire « Alter village sur les formes d'actions militantes » tenu à Toulouse les 18 et 21 août 2008.

- Euromed**, (2005) « Patrimoine architectural et urbain du XIX^{ème} et XX^{ème} Siècle en méditerranée ».
- Euromed héritage, Delta Imed** (2005) « Développement des systèmes territoriaux, cas de Ghardaïa » <http://www.imednet.it/delta/> figure téléchargée le 21.12.2008.
- Fares, A.** (2008) « Les plans d'urbanisme sont dépassés », article de presse paru dans le quotidien National "Liberté" édition n° 4855 du 27.08.2008.
- Fathy, H.** (1970) « Construire avec le peuple » Editions Sindbad.
- Fauconnier, R. (1992) « l'action de l'humidité de l'air sur la santé » in revue Chauffage Ventilation Conditionnement, n° 10/192.
- Felzine, C.** (2005) « Le logement de demain, pour une meilleure qualité de vie », Rapport 2005. France.
- Fernandez, P.** (1996) « Stratégies d'intégration de la composante énergétique dans la pédagogie du projet d'architecture », Thèse de doctorat, Ecole des mines de Paris.
- Fezzioui, B et al** (2008) « Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien » in revue des énergies renouvelables Volume 11 n° 1. Alger.
- Fezzioui, N.** (2003) « Modélisation de la convection forcée lors d'un écoulement d'air chaud à travers un cylindre poreux en vue de stockage de la chaleur sensible de l'habitat » Mémoire de magistère, Centre universitaire de Bechar, 2003. Algérie.
- Fillias, A.** (1886) « Géographie de l'Algérie » Editions Hachette, Paris.
- Fondation Amidoul (2006) « Le ksar Tafilelt tajdit, principes et références » document téléchargeable du site en ligne <http://www.Tafilelt.com>
- Foura, M.** (2005) « Histoire critique de l'architecture, évolutions et transformations en architecture pendant le 18^e, 19^e et 20^e siècle » Editions OPU (Office des Publications Universitaires) Alger.
- Fourcault, A.** (2002) « Alger – Paris : Crise du logement et choix des grands ensembles autour du XII^e congrès national d'habitation et d'urbanisme d'Alger (mai 1952) » in actes du colloque international " Alger, lumières sur la ville" (volume 1) tenu à Alger du 04 au 06 mai 2002.
- Francis, O.** (2002) « Réseau de gravimétrie absolue Algérien » in revue bimensuelle de l'I.N.C. (Institut National de Cartographie), n° 10. Editions du Centre de la documentation et de la conservation de l'information géographique, Alger.
- Frenot, M. et Sawaya, N.** (1979) « L'isolation thermique, le répertoire des solutions pratiques pour l'habitat existant). Editions EDISUD, Aix en Provence, France.
- Gabanieu, J., Galibourg, J-M. et Gauzin-Müller, D.** (2003) « Constructions publiques, architecture et HQE », une publication de la mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, France.
- Garneret, J.** « D'une architecture traditionnelle à un habitat bioclimatique » document pédagogique de "Musé des maisons comtoises" document téléchargé le 27.10.2008 du site <http://www.maisons-comtoises.org/>

- Gauzin-Muller, D.** (2001) « L'architecture écologique » Editions du Moniteur, Paris.
- Genet, P.** (Président de la commission développement durable du Conseil National de l'Ordre des Architectes) « Architectes au cœur du développement durable » in lettres d'info. du C.N.O.A, juillet 2006. France.
- Genet, P.** (2007) « Développement durable et architecture responsable », Editions CNOA, France.
- George, P.** (1971) « L'environnement » Editions. P.U.F. (Presses Universitaires de France), « Que sais-je ? », Paris.
- Ghrab, A.** (1992) « Analyse régionale de la relation entre urbanisme, architecture et climat » Actes du séminaire portant préparation d'une réglementation pour l'amélioration du confort et la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment des pays du Maghreb, 6 Nov. 1992. Tunis.
- Girardin, P.** (2005) « Qu'est ce que l'urbanisme durable » in actes du séminaire internationale, tenu à Munster (Allemagne) les 17 et 18 Mai 2005.
- Givoni, B.** (1978) « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, France.
- Givoni, B.** (1998) « Climatic considerations in building and urban design », Jean Wiley and sons, Van Nostrand Reinhold, London.
- Glossaire de l'environnement et du développement durable**, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie.
- Gobin, C.** (2003) « Le développement durable et BTP » in revue n°C 3 057 de GTM Construction, France.
- Gros P.** (2001) « L'architecture romaine » Editions A. et J. Picard. France.
- Guindani, S. et Doepper, U.** (1990) « Architecture vernaculaire, territoires, habitats et activités productives » Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes, Suisse.
- Guy, D. et al** (1993) « Végétal et entrées des villes » Editions du CETUR, France.
- Hamidou, R.** (1989) « Le logement, un défi » Editions, ENAP, OPU, ENAL, Alger.
- Hamouda. C. et Malek. A.** (2006), « Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna », paru dans la revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3. Alger.
- Hassan FATHY** in (1982) « Le M'Zab, une leçon d'architecture » d'André Ravereau Ed. Sindbad, Paris.
- Heintz, J.** « 2008 » « Puits canadiens/Provinciaux », Editions CETIAT. France.
- Herzog, B.** (2007) « Le puit canadien », Editions EYROLLES. France.
- Heschong, L.** (1981) « Architecture et volupté thermique » Editions Parenthèses pour la traduction française, Paris.
- H.T.M (Habitat, Tradition, modernité)**, (1993) «Eléments de réflexion sur la crise identitaire», in revue d'architecture et d'urbanisme n° 1, Ed ARCCO Alger, Octobre 1993.
- Imessad, K.** (2003) « Le chauffage solaire passif dans l'habitat » in bulletin des énergies renouvelables, n° 4 Décembre 2003, Alger.

Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement (2007) « Redéfinir la notion de confort thermique », in guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments, n° css13 ; Belgique.

Instruction interministérielle n° 1 du 31 mai 1994 relative à la relance de l'habitat.

ISO 7730 (1994) « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » AFNOR, Paris.

Izard J-L. (1993) « Architecture d'été – Construire pour le confort d'été » Editions EDISUD, France.

Izard, J-L. (1979) « Archi bio » Editions Parenthèses, France.

Izard, J-L. (2008) « Conception architecturale et urbaine, ambiance et énergie », document téléchargé le 02 juillet 2008 à partir du site <http://www.marseille.archi.fr/~izard/>.

Jakob, D. (2000) « Confort d'été, protections solaires » in dossier de l'ARENE (Agence Régionale de l'Energie) de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. <http://www.regionpaca.fr/>.

Jannot, Y. (2005) « L'air humide » document PDF téléchargé le 04.12.2008 de : <http://www.thermique55.com>.

Jannot, Y. (2008) « Transferts thermiques » Ecole des mines de Nancy (France), cours de 2^{ème} année, disponible sur le site <http://www.thermique55.com/principal:thermique.pdf>. Téléchargement du 16.08.08

Jannot, Y. et Djiako, T. (1994) « Economie d'énergie et confort thermique dans l'habitat en zone tropicale » in revue "International journal of refrigeration", volume 17 n° 03. France.

Jaquand, C. (2002) « Ville durable et forme urbaine : une enquête sur les modèles », in Cultures urbaines et développement durable, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, France.

Jenning, B. H. et Givoni, B. (1959) « Environmental reactions in the 80° - 105°F zone » ASHVE Journal.

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire du 1^{er} Décembre 1990 « Loi 90-25 portant orientation foncière ».

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire du 1^{er} Décembre 1990 « Loi 90-29 relative à l'aménagement et l'urbanisme ».

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire du 1^{er} Décembre 1990 « Loi 90-30 relative aux domaines ».

Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et populaire du 14 août 2004 « Loi n° 04-09 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable ».

Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et populaire du 28 Juillet 1999, « Loi n° 99-09 relative à la maîtrise de l'énergie ».

Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et populaire du 30 Avril 2000, « Décret exécutif N°2000-90 du 24 Avril 2000 Portant Réglementation Thermique dans les Bâtiments Neufs ».

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire du 20 Juillet 2003
« Loi N°03-10 du 19 Juillet 2003 Relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable »

Journée internationale d'études sur les tendances et instruments de la construction moderne, 26-27 octobre 1993, Editions PUBLITECH. France.

Kerhuel, N. et Constant, G. (2006) « Lutte contre l'effet de serre dans la construction », in dossiers de la direction Générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, France.

Khalfan, M.M.A. (2002) «Sustainable development and sustainable construction». A literature review, Loughborough University. London.

Khedim, M. (2005) « L'énergie solaire, utilisation thermique et photovoltaïque », Editions ANEP, Alger.

Khelfaoui, H. (2001) « La science en Algérie » in ‘‘Les sciences en Afrique à l'aube du 21^{ème} siècle’’ sous la direction de Roland Waast et Jacques Gaillard. Téléchargement le 23.10.2008 à partir du site <http://www.ird.fr/>.

Khelifi, L. (2006) « contribution méthodologique à la conception bioclimatique en architecture », Mémoire de magistère soutenu le 18.09.2006. EPAU, Alger.

King, R. et al (1979) « Direct solar transmittance for clear sky » in Solar Energy, Volume 22.

Kitous, N.Daoudi, A.Boussoualim, R.Bensalem, L.Adolphe.(2006) « Pour un urbanisme climatique des villes : cas de la vallée du M'Zab », in actes du Séminaire ‘‘Living in Deserts: Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions ?’’. Ghardaïa, Algérie, 9-12 décembre 2006.

Kitous et al (2004) « Thermal behaviour of compact urban fabric in hot and dry climate: Case study of M'Zab valley. Experimental results » in Plea 2004, the 21st conference of passive and low energy architecture, Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 sept. 2004.

Knoepfel, P. et Münster, M. (2004) « Guide des outils d'évaluation de projet selon le développement durable » Editions, Département fédéral de l'environnement, des transports de l'énergie et de la communication, Suisse.

Konya, A. (1980) « Design primer for hot climates » Editions, The Architectural Press Ltd, London.

Koussa, M. et al (2006) « Validation de quelques modèles de reconstitution des éclaircissements dus au rayonnement solaire direct, diffus et global par ciel clair » in revue es énergies renouvelables Volume 9 n° 4, Bouzaréah, Alger.

Kouzmine, Y. (2007) « Dynamiques et mutations territoriales, vers de nouvelles approches basées sur l'observation » thèse de doctorat en géographie, soutenue le 17.12.2007 à l'université de Franche-comté, France.

Ladjouz. K. (2003) « Immeuble à grande hauteur, séquence dans la ville ou l'urbanité retrouvée » in *la revue de l'AADL* n° 01, septembre 2003. Alger.

Langlais, C. et Klarsfeld, S. (1997) « Isolation thermique à température ambiante. Bases physiques » Techniques de l'ingénieur, document n° BE 9 860. France.

- Langlais, C. et Klarsfeld, S.** (2004) « Isolation thermique à température ambiante. Propriétés » Techniques de l'ingénieur, document n° C 3 371. France.
- Lasri, A.** (2003) « F3 et F4, les raisons objectives du choix » in la revue de l'AADL n° 01, septembre 2003. Alger.
- Lassance, G.** (1995) « Les procédures référentielles et leurs rôle dans la conception des ambiances lumineuses du projet architectural », Rencontre des doctorants des écoles d'architecture du sud de la France, Marseille'95.
- Lavigne, P.** (1998) « La perméabilité au soleil des enveloppes d'édifices, un concept pour juger de leur qualité de confort d'été. » in actes de la conférence EPIC'98. Lyon 19 – 21 novembre 1998.
- Lavigne, P. et al** (1994) « Architecture climatique, une contribution au développement durable » Tome 1 : Bases physiques, Editions EDISUD, Aix-en-Provence, France.
- Le Corbusier** (1930) « Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme » Editions Crès, Paris.
- Le Corbusier** (1935) « La ville radieuse » Editions Vincent Freal et Cie, Paris.
- Le Monde diplomatique** (2007) « L'Atlas environnement, analyses et solutions » Editions S.A Le Monde Diplomatique, France.
- Lefèvre, P.** (2002) « Architectures durables » Editions Edisud, France.
- Legoullon, G.** (2000) « La politique des cités d'urgence 1954 – 1958 », mémoire de maîtrise d'histoire, Université de Paris I.
- Lesbet, D.** (1987) « Le coût d'un logement gratuit, le paysan face au nouveau cadre bâti », Editions Office de Publications Universitaires (O.P.U) Alger.
- Liebard, A. et De Herde, A.** (2005) « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Editions Observ'ER, Paris.
- Liebard, A.** (2002) in « Architectures durables » de Pierre Lefevre, Editions Edisud, France.
- Lieberherr R.** (2006) « Etablissements humains et environnement socio-culturel » document publié et imprimé par l'UNESCO, Paris.
- Lloyd-Jones, D.** (1998) « Architecture and the environment », Editions. Laurence King.
- Mi.H** (Ministère de l'Habitat) (1993) « Recommandations architecturales » Editions E.N.A.G, Alger.
- M.H.U / D.P.H.P.I** (2008) « Situation physique des programmes d'habitat au 31.12.2008 », bilan des services du Ministère de l'habitat et de l'urbanisme, reçu le 16.02.2009.
- M.H.U / DPC** (2007) « Programme d'habitat inscrit pour 2005-2009 », document récapitulatif à fin décembre 2007. Alger.
- M.H.U / C.N.E.R.I.B** (Ministère de l'habitat et de l'urbanisme) (2007) « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation. Règles de calcul des déperditions calorifiques » D.T.R C 3-. Alger.
- M.H.U / DAU** (1996), «Recueil de textes législatifs et réglementaires relatifs au foncier et à l'urbanisme», Tome II, décembre 1996.

- M.H.U / C.N.E.R.I.B** Commission Technique Permanente, 'Règles de Calcul des Apports Calorifiques', Document Technique Réglementaire, CNERIB, Août 1998, Alger, Algérie.
- M.H.U / D.P.H.P.I.** (2007) « Etat cumulé des programmes », Alger.
- Magri Elouadjeri S.** (2007) « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique en zone à climat chaud aride », mémoire de magistère, option "architecture et environnement". EPAU 2007, Alger.
- Mahi, H.** (1994) « La promotion immobilière, atout pour la résorption du problème du logement en Algérie », Master of art. Angleterre.
- Malchaire, J-B.** (2000) « Les échanges thermiques » in Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, du bureau international du travail, édition établie sous la direction de Jeanne Magger Stellman, publié par International labour organization, Genève, Suisse.
- Malverti, X.** (1999) « Heurs et malheurs de l'architecture algéroise », in Alger 1940-1962 Une ville en guerre, Paris, Mémoires, n° 56.
- Mammeri, M.** (1973) in préface de « Le M'Zab, architecture ibadite en Algérie » de Roche, M. et Arthaud, Editions Société nationale d'édition et de diffusion, Alger.
- Mansouri, Y.** (2003) « Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés, proposition d'une méthodologie de conception », Thèse de Doctorat, Université de Nantes. France.
- Marcus, K. et Sarkissian, W.** (1986) « Housing as if people mattered » University of California Press.
- Marjolet, R.** (2005) « La notion de développement durable dans les projets urbains français » mémoire de DESS, aménagement et urbanisme, institut français d'urbanisme, université Paris 8.
- Martinet, C. et Meyer, J-P.** (1999) « Travail à la chaleur et confort physique » in revue "Note scientifique et technique" de l'I.N.R.S (Institut National de Recherche et de Sécurité) n° NS 184. France.
- Maugard, A.** (*président du C.S.T.B*) in actes du colloque « Energie solaire et bâtiment » organisé par l'Ademe et Enerplan, Octobre 2007.
- Mazria, E.** (2005) « Le guide de la maison solaire » Editions Parenthèses, France.
- Meadows. D.H et al.** (1972) « Limits in growth », Editions Potomac associates book, London.
- MEDA-Euromed et CORPUS** (2002), « C4- plancher en bois avec support de sol végétal », document en ligne sur www.meda-corpus.net/frn/portails/PDF/F2/C04_MED.PDF
- messad, K.** (2007) « Efficience énergétique dans le secteur du bâtiment », projet de coopération CDER – CNERIB & MED – ENEC, in bulletin des énergies renouvelables n° 11, juin 2007.
- Mester De Parajd, C. et L.** (1992) « Regard sur l'habitat traditionnel au Niger » Editions CREER. France.
- Mezred, M.** (1997) « Une approche du zonage climatique de l'Algérie pour l'étude du comportement thermique des constructions » in actes des journées nationales sur les applications des énergies solaires, Université de Batna, 10 et 11 mai 1997, Algérie.

- Michel, J-B.** (2007) « Cours de thermique, séance n° 4 », Ecole d'Ingénieurs de Genève, Suisse.
- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement,** «Glossaire de l'environnement et du développement durable, 2004, Algérie.
- Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement** (2005) « Des bâtiments confortables et performants » in, document de la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction sur la réglementation thermique 2005, France.
- Ministère de l'Energie et des Mines,** (2006) « Bilan Energétique National de l'Année 2005 », document de la DGE/EPE, Alger, Mai 2006.
- Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique** (1983) « Village solaire intégré, études préliminaires » Editions, Office des Publications Universitaires (O.P.U) Alger.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie et Ministère de l'agriculture** (1980) « Espaces verts et qualité de la vie » Editions centre de recherche et de rencontres d'urbanisme, Paris.
- Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, Agence Nationale d'Aménagement du Territoire, (A.N.A.T),** (1998) «Demain l'Algérie, Les dossiers de maîtrise de la croissance des villes», Alger.
- Ministère de le culture,** (2007) « La maison traditionnelle et les lois *Orf* dans la vallée du M'Zab » revue de l'Office de Protection de la Vallée du M'Zab.
- Ministère délégué auprès du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique** chargé de la recherche scientifique (2002), « Programme National de Recherche - Habitat ».
- M^{me} Hammou née Benmagnsoula, Z.** (1996) « Architecture musulmane et composante climatique : Approche typo morphologique », mémoire de magistère en architecture, université de Constantine.
- Moissec A. Arnould P. et Veyret Y.** (2004) «Développement durable, affaire de tous, approche de géographes; vers une géographe du développement durable». In revue *Historiens & Géographes* n° 387. France.
- Mokhtari, A. et al** (2008) « Architecture et confort thermique dans les zones arides. Application au cas de la ville de Béchar » in revue des énergies renouvelables, Volume 11 n° 02. Alger.
- Montet, P.** (2005) « Coûts environnementaux du développement durable » in actes du actes du séminaire internationale, tenu à Munster (Allemagne) les 17 et 18 Mai 2005.
- Moréteau, S.** (2008) « Les clés du confort thermique » in revue bimensuelle 'La maison écologique' de janvier 2008, n° 42, France.
- Moujalled, B.** (2007) « Modélisation dynamique du confort thermique », thèse de doctorat, présentée à l'institut des sciences appliquées de Lyon (France) le 19 janvier 2007.
- Mourtada, A.** (2007) « Efficacité énergétique et énergies renouvelables dans les bâtiments ; Etat de l'art, solutions pratiques et enseignements d'Europe et du proche Orient », in actes du séminaire international 'Initiation à la conception d'une architecture efficace énergétiquement ', Alger du 8 au 11 septembre 2007.

- Moussaoui, A.** (2006) « L'habitat oasien : espace et société » in actes du Séminaire "Living in Deserts: Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions". Ghardaïa, Algeria, 9-12December 2006.
- Mousselman, B.** (2001) « Réhabilitation et mise en valeur de la place Lalla Achou, souk de Béni-Isguen » <http://www.rehabimed.net/Documents/> document téléchargé le 14.12.2008.
- Mumphord, L.** (1964) « La cité à travers l'histoire » Editions du Seuil, Paris.
- Neufert, E.** (2005) « Les éléments des projets de construction », Editions Dunod, 6^{ème} Editions. France.
- Nezzar, S. et Gourdache, M.** (1999) « Etude des performances énergétiques d'une conception bioclimatique en région aride » article publié par la World Energy Council, Angleterre.
- Nicole, F.** (1993) « Thermal comfort, a handbook for field studies toward an adaptative model », University of east London.
- O.N.M,** Station météorologique de Ghardaïa (2007) « Données d'insolation » Données transmises le 28.10.2007.suite à notre demande n° 117/ARCHI/TO/07 du 27.11.2007.
- O.N.M,** Office national de la météorologie (1984) « Atlas climatique national », recueil de données n° 1, Alger.
- O.N.S** (Office National des Statistiques) (1998) « Résultats du 4^{ème} recensement général de la population et de l'habita, Algérie 1998 », alger.
- O.P.V.M** (Office de Protection de la Vallée du M'Zab) « les ksour d'El Atteuf, Bounoura, Melika, Beni-Isguen et Ghardaïa » in Cd Rom de l'Office de Promotion de la Vallée du M'Zab, réalisé par *Agle.com*, Alger.
- Odessey, B.** (2007) « Les architectes se tournent vers la nature » document téléchargé le 26.08.08 du site <http://www.mediaterre.org/habitat/>.
- Odul, P.** (1983) «Des architectures de terre en Algérie», recherche en post graduation, université de Louven Belgique 1983.
- Office fédéral de l'énergie SuisseEnergie** (2006) « Nouveaux bâtiments à faible consommation d'énergie, guide pratique ». <http://www.minergie.ch/>
- Oke, T.R.** (1988) « Street design and urban canopy layer climate » in International journal Energy and buildings, vol. 11, p 103-113. London.
- Olgay V et Olgay A.** (1957) « Solar control and shading devices », Editions Princeton University Press, U.S.A.
- Olgay, V.** (1963) « Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism », Princeton, University press , U.S.A.
- Oliva, J-P. et Courgey, S.** (2006) « La conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation ». Editions Terre Vivante, France.
- Olive, G.** (1998) « Synthèse d'expérimentation de bâtiment à Haute Qualité Environnementale en vue de recommandations pour la maîtrise d'ouvrage publique » rapport final de l'association HQE.

- Ougouadfel, H.** (1994) « Le sacré comme concept pour la formation et la transformation des cités » in revue d'architecture et d'urbanisme (H.T.M) n°2, Editions Arcco, Alger.
- Ould-Hennia, A.** (2003) « Choix climatiques et construction, zones arides et semi-arides : la maison à cour de Boussaâda ». Thèse soutenue en 2003, à l'école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.
- Outrequin, P.** (2001) « Les enjeux HQE en Ile-de-France à l'horizon 2010 », étude réalisée par l'Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies (ARENE).
- Padridge, G.W et al** (1976) « Relative process in meteorology and climatology » Elsevier, New York.
- Pandolf, K-B.** (1998) « Time course of heat acclimation and its decay », in International journal of medicine n° 157-16, London.
- Parsons, K.** (2003) « Human thermal environment ». 2nd Edition, Taylor & Francis. London.
- Peuportier, B. et Thiers, S.** (2006) « Des éco-techniques à l'éco-conception » actes de journée thématique sur l'efficacité énergétique des bâtiments, tenu à Toulouse le 21 Mars 2006.
- Philippe, C.** (2006), «C'est trop tard pour la terre», Editions JC Lattès, Paris.
- Ploeg, J.** (2002) « L'énergie et le changement climatique », rapport de l'académie canadienne du génie. Canada.
- Projet Européen TAREB** (2004) « Energie, environnement et climat » in Architecture à faible énergie, chapitre 1, London Métropolitain University. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/>
- Projet Européen TAREB** (2004) « Intégration dans le bâtiment » in Architecture à faible énergie, chapitre 2, London Métropolitain University. <http://www.learn.londonmet.ac.uk/>
- Projet Médina**, (Mediterranean by Internet Access) (2005) « Les Ibadites » <http://www.medinaportal.net/algeria/>. Programme financé par l'union européenne.
- Pujol, I.** (*Ingénieur thermicien et enseignant en performance énergétique de l'habitat à Tarbes*) (2008) « Les clés du confort thermique » France. <http://www.futura-science.com/>
- R.A.D.P / M.A.E** (2006) « Le secteur de l'habitat et de l'urbanisme » document du Ministère des affaires étrangères Algérien, mis en ligne http://193.194.78.233/ma_fr/ téléchargé le 23.02.2009.
- R.N.** «Rahmani reçoit la distinction 'le bouclier de l'environnement'» article paru dans le quotidien national d'information 'Liberté' du 11 mars 2008.
- Rappoport, A.** (1972) « Pour une anthropologie de la maison » Editions Bordas, Paris.
- Ravéreau, A.** (1982) « Le M'Zab, une leçon d'architecture » Editions Sindbad, 1^{ère} édition en 1951 par Techniques et Architecture, Paris.
- Ravéreau, A.** (1983) « Apprendre de la tradition » in revue Technique et Architecture 'Architecture et développement' n° 345 de décembre 1982 – Janvier 1983, Editions Jean-Michel Place, Paris.
- Réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie** (2006) « Guide pratique de conception de logements économes en énergie » Agence Nationale pour la Maîtrise de l'énergie, Tunisie.

- Rey, A et al** (1928) « La science des plans de villes » Editions Dunod, Paris.
- Richard, Y.** (2008) « La ville : climat, pollution et politique », Centre de recherche de climatologie U.M.R 5210 CNRS, université de Bourgogne, France.
- Roaf S., Crichton D. et Fergus N.** (2004) « Adapting buildings and cities for climate change, a 21st century survival guide architectural » Editions Architectural press. London.
- Robles, L., Malvido, L.** (2005) dans actes du séminaire intitulé « Les architectures et le climat » tenu à Paris, France.
- Roche, M.** (2003) « Le M'Zab, cités millénaire du Sahara » Editions Etudes et Communication, France.
- Rogers, R.** (2000) « Des villes durables pour une petite planète », Editions Le Moniteur, Paris.
- Rolin, D. et al** (2008) « Le confort d'été en Provence Alpes Côte d'azur » document de l'ARENE (Agence Régionale de l'Energie). <http://www.arena.fr>
- Rosnay, J.** (1977) « La macroscopie » Editions du Seuil.
- Rossi, A.** (1978) « L'architecture de la ville » Editions L'équerre, Paris.
- Roulet, C-A.** (1987) « Energétique du bâtiment ; prestations du bilan énergétique global » Editions Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.
- Rouxel F. et Rist D.** (2000) «Le développement durable: Approche méthodologique dans les diagnostics territoriaux», Editions TEC □ □ DOCFrance.
- Sachs, I.** (1997) «L'éco développement» Editions La découverte, Paris.
- Sadler, B. et Jacobs, P.** (1990) «A key to tomorrow: On the relationship of environmental assessment, perspectives on planning for a common future» Ottawa, Canadian Environment Assessment Research Council.
- Saidoun, N.** « Une conférence Africaine sur les changements climatiques » article paru dans le quotidien national d'information "Liberté" du 19 Novembre 2008.
- Salomon, T. et Aubert, C.** (2005) « Fraîcheur sans clim » Editions Terre vivante, France.
- Secrétariat Général d'Alger, (1959) « Le sous-développement en Algérie », Editions. SSA, Alger.
- Semmar, A.** (2007) « Ghardaïa, la cité des milles et une passion » in Le mague journal, document téléchargé du site <http://www.lemague.net/> le 02.02.2009.
- Semmoud, B.** (1988) « Changements politiques et économiques et croissance urbaine en Algérie. Essai de périodisation. Processus d'urbanisation en Afrique » Tome 2, Editions L'HARMATAN. France.
- Série monographique** (1955) « Sahara, le M'Zab », revue *Documents Algériens* en ligne sur le site : http://www.algerroi.net/Alger/documents_algeriens/monographies/pages/16_mzab.htm consulté le 28.12.2008.
- Shearer, W.** (1986) « Natural energy and vernacular architecture principles and examples with reference to hot arid climats » Editions the university of Chicago press.

- Sidi Boumediene, R. et Veirier, L.** (2003) « Le Sahara des cultures et des peuples » étude réalisée à la demande de l'UNESCO, Avril 2003, Paris.
- Siret, D et Harzallah, A.** (2006) « Architecture et contrôle de l'ensoleillement » in actes du séminaire organisé par l'ISBPISA (International Building Performance Simulation Association) les 02 et 03 novembre 2006 en Ile de la réunion.
- Siret, D.** (2002) « Ensoleillement et conception assistée par ordinateur » in actes de la conférence I.B.S.A. France.
- Solution Béton** (2000) « Inertie thermique et confort d'été » in revue construction moderne n° 103, France.
- Supic P.** (1994) « L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire » in revue *architecture & comportement*, Vol. 10, n° 1, école polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.
- Susini, J.F.** (2004) « Les architectes et le développement durable » in conclusion de l'étude engagée par l'ordre des architectes avec l'appui de Eco durable, France.
- Szokolay, S.** (1980) « Environment science handbook » Editions Pitman Press, Grande-Bretagne.
- Talbi, N.** (2007) « Aperçu sur le climat de la région de Ghardaïa » in actes du séminaire portant "Journées météorologiques mondiale" tenu à Ghardaïa, 21 – 23 mars 2007.
- Testard-Vaillant, P.** (2007) « Les leçons du passé... », in la revue *Science & vie* n°241 de décembre 2007 sous le titre "La maison du XXI^{ème} siècle". Paris.
- Thellier, F.** (1989) « Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort », étude réalisée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.
- Thellier, F.** (1999) « L'homme et son environnement thermique » étude menée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.
- Tixier, N.** (2007) « De la notion de confort à la notion d'ambiance » in revue du laboratoire cresson de l'école d'architecture de Grenoble et CNRS Ambiances architecturales et urbaines, France.
- Touboul, S.** (2004) « Bedzed, une cité jardin », agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération Lyonnaise. <http://www.millenaire3.com/bedzed/>
- UNCHS** (1973) « Climate and house design _ Design of low-cost housing » United Nations Publication, New-York.
- UNEP / FAO** (1992) « World atlas of desertification » Editions, Edward Arnold, London.
- UNESCO** « La vallée du M'Zab », document en ligne sur le site <http://www.unesco.org/fr/list/188/>
- UNESCO** (1982) « Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage » Rapport de la sixième session de world heritage committee, tenue à Paris du 13 au 17 Décembre 1982. Document téléchargeable en ligne, <http://whc.unesco.org/archive/repcom82.htm#188>.
- UNESCO**, (2003) « Les zones arides dans le monde », extrait de la conférence internationale "Hydrologie des régions méditerranéennes et semi aride" tenue à Montpellier du 1 au 4 avril 2003.

- Valin, M.** (2007) « La maison met le cap au sud » article paru dans la revue science □ vie “ La maison du XXI^e siècle” n° 241, décembre 2007.
- Veyret, Y.** (2007) « Ville, architecture et développement durable » in actes du séminaire du 31 janvier 2007 à Bordeaux, France.
- Vitruve**, « Les dix livres d’architecture » traduction de Perrault C. (1673) revue par Delmas A. Editions A. Balland, Paris 1965.
- Vrain, P.** (2003) « Ville durable : automobile, environnement et comportements individuels » in cahiers d’économie de l’innovation n° 18, février 2003, France.
- Wallez, P.** (2006) « Développement durable et logement social » in revue “ Pensée plurielle” n° 12, éditions De Boeck, Belgique.
- Wilaya de Ghardaïa** (*Direction de la Planification et de l’Aménagement du Territoire*) 2005 « Atlas 2004) CD-ROM réalisé par C.E.S.A.M (Centre d’expositions des séminaires et des affaires du M’Zab) en collaboration avec les agences d’informatique *El Alamia* et *SOFTART* d’Alger.
- Wright, D.** (2006) « Manuel d’architecture naturelle », traduction française et adaptation, Bazan, P. Editions Parenthèses.
- WWF & BioRegional Development Group** (2004) « Bedzed: un exemple d’urbanisme durable ».
- Yacef, A.** (1996) « Eléments pour une politique énergétique nationale » in actes du 1^{er} symposium du comité Algérien d’énergie, Alger, 25-26 Novembre 1996.
- Zid, S.** (2003) « Ville nouvelle en zone aride », mémoire de fin d’études de graduation en architecture à l’école polytechnique de Lausanne, Suisse.
- Zune, A.** (1994) « Les Ksour » in revue d’architecture et d’urbanisme Habitat Tradition Modernité (H.T.M.) n°2, Editions Arcco. Alger.

ANNEXES

Formulaire destiné aux habitants du « *Ksar Tafilelt* » de Beni-Isguen (Ghardaïa)

Cadre: Préparation du mémoire de magistère en architecture et développement durable

Etudiant : CHABI Mohammed, université Mouloud MAMMERI Tizi Ouzou.

Le présent formulaire est structuré en trois (03) parties (sociale, économique et écologique) ce qui permet d'être en adéquation avec les piliers du développement durable.

- Typologie de l'habitation : F03, F04, F05, autres.....
- Superficie de la maisonm², de la cour..... m²
- Composition de la famille :.....
- Situation de la maison dans le ksar : Centre périphérie Autre.....
- Gabarit de la construction :.....

Partie 01 (social) :

- Le logement que vous occupez dans le ksar de Tafilelt, vous procure-t-il la même sensation d'intimité que votre ancienne maison : Oui Non
Dans le cas d'une réponse négative, citez les causes principales.....
.....
- Avez-vous modifié votre mode de vie dans votre nouvelle maison par rapport à l'ancienne ? : Oui Non
Dans le cas d'une réponse positive, citez les principaux changements.....
.....
- La situation de votre maison dans le ksar de Tafilelt vous procure-t-elle le même sentiment d'appartenance à la communauté sociale de Beni-Isguen: Oui
 Non
Si c'est non, que souhaiteriez-vous proposer comme réaménagements dans ce ksar ?.....
.....
- La distribution des espaces de votre nouvelle maison est-elle adaptée à votre mode de vie ? :
 - Entrée principale : Oui Non
 - Espace familial (séjour) : Oui Non
 - Cuisine : Oui Non
 - Cour : Oui Non
 - Terrasse : Oui Non

Dans le cas d'une réponse négative, citez les principales causes.....
.....
.....

Partie 02 (économique) :

- Le prix de revient de votre maison vous est-il facilement accessible comparativement à l'achat d'un autre logement de même superficie dans un autre quartier de Ghardaïa ?
 Oui Non
- Aviez-vous bénéficié de l'aide de l'Etat pour la construction de votre logement ?
 Oui Non
- Aviez-vous engagé des dépenses supplémentaires après la prise de possession de votre nouvelle maison : Oui Non
Si c'est oui, quels sont les réaménagements (travaux) concernés ?.....
.....
- Concernant le confort thermique dans votre nouvelle maison :

Hiver

- Utilisez-vous le chauffage en hiver ? Oui Non
- Quels moyens utilisez-vous ? :.....
- Quels sont les mois où vous utilisez le chauffage ?.....
...Décembre.....Janvier.....Février.....Mars.....
- Quelle est approximativement (si possible) la température de confort que vous recherchez ? °C
- Le coût du chauffage est-il supérieur ou inférieur par rapport à celui de votre ancienne maison ? Oui Non
- En utilisant le chauffage, avez vous une bonne sensation de confort ?
 Oui Non
Si c'est non, quelle en est à votre avis la cause (s) ?.....
.....
- Avez-vous des problèmes d'humidité dans votre maison ?
 Oui Non
- Dans le cas de l'inconfort, avez-vous des suggestions à formuler pour son amélioration ?
.....
.....

Eté

- Occupez-vous votre maison dans le ksar de tafilelt pendant l'été ?
 Oui Non
- Si c'est non, où résidiez-vous pendant cette période ?.....
- Quels sont les espaces que vous occupez fréquemment pendant l'été ?
 - Séjour
 - Terrasse
 - Jardin
 - Autres.....
- Votre maison est-elle bien ventilée ? Oui Non
- Utilisez-vous la climatisation mécanique ? Oui Non
- Le coût de la climatisation (dans le cas de son utilisation) est-il supérieur ou inférieur par rapport à celui de votre ancienne maison ?
 Supérieur Inférieur
- Dans le cas de l'inconfort, avez-vous des suggestions à formuler pour son amélioration ?.....
.....

Partie 03 (écologique)

- Pensez-vous que le site de votre ksar est bien choisi par rapport à la préservation et la protection de l'environnement notamment:
 - La palmeraie :
 - L'oued M'Zab ou autre :
- Pensez-vous que le site de votre ksar est bien choisi par rapport:
 - A l'ensoleillement :
 - Aux vents :
- Les espaces communs de votre ksar sont-ils bien orientés par rapport:
 - Au soleil :
 - Aux vents :
- Votre maison est-elle bien orientée par rapport:
 - A l'ensoleillement :
 - Aux vents :
- Les espaces de votre maison reçoivent-ils du soleil :
 - Suffisamment :
 - Moyennement :
 - Peu :
 - Pas du tout:
- Les espaces verts dans votre ksar existent-ils :
 - Suffisamment :
 - Moyennement :
 - Peu :
 - Pas du tout:

*Merci pour l'intérêt accordé au questionnaire.
Mohamed Chabi.*