



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
master en Architecture
Option : Architecture et environnement

L'impact de l'enveloppe architectural sur la
conservation d'énergie
Cas du quartier Doukkane à Tébessa

Elaboré par :
SAOUD Abd Elmouez

Encadre par :
M. GHERBI Mohamed

Année universitaire 2015/2016

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de ma grand-mère qui a toujours voulu vivre ces beaux moments avec moi. que son âme repose en paix.

A Mes chers parents : Vous représentez pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Vous avez fait plus que des parents puissent faire pour que je suis le bon chemin dans ma vie et mes études.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation tout au long de ces années.

A tous mes ami(e)s avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.

Remercîments

Tout d'abord, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

« N'est pas reconnaissant envers Dieu, celui qui n'est pas reconnaissant envers les gens », Dit Prophétique. Je tiens à adresser ma reconnaissance et mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Ce travail n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de M. GHERBI Mohammed. J'exprimer en premier lieu ma reconnaissance à lui, et je le remercie infiniment pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Je le remercie aussi, parce qu'il m'a fait confiance pour m'encadrer dans ce travail et m'a toujours soutenu avec les difficultés que j'ai eu. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je suis tellement reconnaissant à l'honneur que les membres du jury m'ont donnés, d'avoir accepté d'examiner ce travail, et de l'enrichir par leurs propositions

Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles. Et enfin je remercie toutes les personnes qui m'ont aidés et soutenue de près ou de loin principalement à tous l'effectif du service de l'OPGI de Tébessa.

Liste des abréviations

A.D.E.M.E	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
A.F.M.E	Agence française de la Maitrise d'énergie
A.I.E	Agence Internationale de l'Energie.
A.P.R.U.E	L'Agence de la promotion de l'utilisation de l'énergie
A.S.H.R.A.E	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
B.B.C	Bâtiments basse consommation
C.D.E.R	Centre algérien de Développement des Énergies Renouvelables
C.N.E.R.I.B	Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment
C.S.T.B	Centre Scientifique et Technique des Bâtiments
D.G.E	Direction des grandes entreprises
D.U.C.H	Direction de l'Urbanisme, de la Construction et de l'Habitat.
G.E.S	Gaz à effet de serre.
H.Q.E	La haute qualité environnementale
M.H.U.V	Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville
M.T.E.P	Million tonnes équivalent pétrole
N.E.A.L	New Energy Algeria
L.P.L	Logement Public Locatif
O.N.S	office national des statistiques
O.P.G.I	Office de Promotion et de Gestion Immobilières
P.E.B	Performance Énergétique des bâtiments
P.N.U.E	Programme des nations unies pour l'environnement
P.M.E	Petites et moyennes entreprises
P.R.E.B.A.T	Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans le Bâtiment
RT	Réglementation thermique
SIGCLE	Séminaire International sur le Génie Climatique et l'Energétique
T.E.P	Tonne Equivalent Pétrole
UDE	L'utilisation durable de l'énergie
URE	L'utilisation rationnelle de l'énergie

Sommaire

Page

- I- Introduction**
- II- Problématique**
- III- Hypothèses**
- IV- Objectifs de recherche**
- V- Structure de mémoire**

Chapitre 1 :

Quelle énergie à préserver, et quel confort à achever ?

I-L'énergie

1-Problème d'utilisation irrationnel de l'énergie.....	07
2-Évolution de la consommation d'énergie en Algérie.....	07
3-Consommations dans le secteur ménager en Algérie.....	07
4-Consommation du gaz naturel et d'électricité.....	08
5-Notion d'économie d'énergie.....	10
6-Efficacité énergétique dans le bâtiment	10
7-L'utilisation rationnelle de l'énergie et Le confort thermique.....	13

II- Le confort thermique

1-Notion de confort	14
2-Le confort dans l'habitat.....	14
3-Le confort thermique.....	15
4-Différents facteurs agissant sur le confort thermique	16
5-Le rapport entre l'enveloppe et le confort thermique.....	20

Chapitre II

L'enveloppe architecturale et ses paramètres énergétiques

1-Définition de l'enveloppe	22
2-Historique de l'enveloppe.....	23
3-Les performances de l'enveloppe.....	24
4-Les fonctions de l'enveloppe.....	25
5-Le contrôle du climat local par l'enveloppe architecturale.....	26
6- L'enveloppe et l'hygrothermie.....	32
7-La typologie du bâtiment	33
8-L'enveloppe protégée	33
9-L'adéquation entre le mode d'occupation et le bâtiment	34
Conclusion de chapitre.....	36

Chapitre III

Analyse de l'efficacité énergétique de l'enveloppe dans le cas d'étude Doukkane à Tébessa

1-Présentation du cas d'étude	37
2-Etude générale de climat de la ville de Tébessa.....	40
3-L'évaluation de la performance énergétique des bâtiments.....	42
4-Recommandations envisagées d'après les analyses.....	47
5- l'evaluation du cas d'études	53
6- les recommandations (d'après l'évaluation)	57
Conclusion du chapitre.....	58

Conclusion Générale

Bibliographie

Introduction

L'habitat qui habille l'homme ne peut échapper à une évolution parallèle à celle des vêtements, A travers les différents âges de l'humanité l'homme a toujours essayé de créer des conditions favorables pour son confort et ses activités, tout en essayant de contrôler son environnement.

De la hutte primitive à la maison d'aujourd'hui, l'habitation reflète à travers son évolution les différentes solutions trouvées par l'homme pour faire face aux aléas climatiques. Il est souvent admis dans les milieux scientifiques que l'architecture vernaculaire a donné des réponses très judicieuses.

Aujourd'hui, la thématique de l'efficacité énergétique, notamment dans le secteur du bâtiment, dispose d'une réelle opportunité de développement dans le monde. Le bâtiment devient soudainement un enjeu central des deux défis planétaires majeurs : le changement climatique et l'approvisionnement énergétique.

La logique du productivisme qui a dominé le 20ème siècle, se retrouve aussi dans les domaines de la construction, de l'urbanisme et de l'architecture. Ou il y a l'apport du progrès des sciences et des techniques dans l'habitat avec toutes ses conséquences.

Ces techniques rationalisent la construction mais ne prennent pas en considération la qualité, la durabilité, l'adaptation de l'habitat avec son milieu, et elle considère l'occupant comme un consommateur passif.

Au fur et à mesure de son développement, la technique s'est sophistiquée pour répondre aux besoins des utilisateurs. Les installations de chauffage, de ventilation et de climatisation ont longtemps répondu seules aux exigences de confort: les dimensions des installations n'ont cessé de croître sans que l'on se préoccupe du service rendu et des coûts induits. Simultanément on a négligé de s'occuper du rôle et des performances de l'enveloppe des bâtiments.

Ainsi que la question du confort vis à vis la consommation énergétique est très présente en architecture spécialement dans l'habitat. En effet, nous remarquons que les édifices se figent de l'intérieur. C'est-à-dire qu'ils cherchent à avoir leur propre système, aussi bien au niveau de la température.

Partout dans le monde, le secteur résidentiel est un secteur en pleine expansion, mais l'impact de ce secteur n'est pas neutre sur l'économie et surtout sur l'environnement car il a des demandes spécifiques en terme d'énergie. Le chauffage et la climatisation représentent la part

principale, l'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'électricité spécifique (Bureautique, appareils ménagers, éclairage) sont d'autres postes de consommation.

Le secteur du bâtiment en Algérie (le résidentiel et le tertiaire) consomme plus de 41% du total de l'énergie, contre 46% en Europe, et contribue de 19% des rejets de CO2 dans l'atmosphère, contre 25% ailleurs. Ce secteur représente un potentiel énorme d'efficacité énergétique et de réduction des gaz à effet de serres.

Pour ce bâtiment (secteur résidentiel et tertiaire), certes, le concepteur devra continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, mais devra également faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé.

Alors que l'Algérie connaît une crise aiguë en matière d'habitat dont le confort thermique ne semble pas être le souci majeur des concepteurs. En quatre décennies d'indépendance, le paysage urbain et architectural des agglomérations algériennes a connu un changement sans précédent. Aucune ville, aucun village n'a échappé à ce modèle constructif (habitat collectif). Ce phénomène est caractérisé par une forte demande où la quantité a pris le dessus sur la qualité.

Parmi ces villes on compte la ville de Tébessa, une ville avec un climat semi aride, situé dans une zone aux potentialités locales inestimables et à un microclimat spécifique, se caractérise par une grande effervescence dans le secteur de la construction résidentielle, menant à une intensification urbaine qui a causé une augmentation considérable à l'utilisation des énergies.

Problématique

Dans la ville de Tébessa le souci de construire rapidement et en grande quantité a favorisé un type d'habitat collectif qui ne semble pas à prendre de tentative réfléchie pour s'adapter aux conditions climatique de la région, ni celle de prendre en considération les consommations énergétique en terme de matériaux de construction ou adaptation adéquate par une conception basé sur les notions climatiques qui sert à l'utilisation de l'enveloppe (orientation, environnement immédiat, matériaux durable ou à forte inertie).

L'habitat collectif à Tébessa provoque le problème d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie. Ce type d'habitat collectif est caractérisé par :

- La forme dispersée, exposant ses baies aux conditions climatiques alors que ces conditions peuvent être modérées par la création des microclimats agréable qui est malheureusement négligé au profit des voies larges et asphaltées.

- Une orientation arbitraire des bâtiments ou le même prototype peut être soumis à diverses orientations avec des façades percées de larges baies vitrées. Sans prendre en considération les quantités d'énergies à consommer. Le confort thermique à l'intérieur de l'habitat collectif (réchauffement excessif en été, bourdonnement de vents froids qui soufflent sur la paroi en hiver) et cela augmente ses déperditions dont le besoin en chauffage sera plus important. A cause de l'absence du choix d'une bonne orientation ou un bon emplacement.

- Les matériaux de construction conventionnels avec faible inertie thermique (généralement la brique creuse sans isolation thermiques)

- L'éclatement des tissus urbains, qui augmente les surfaces de contacts avec l'extérieur

- ainsi que Les transformations réalisées par les propriétaires augmentent le problème.

On peut noter la différence dans la consommation énergétique dans les zones d'habitats collectifs dans la ville en vérifiant les factures de Sonelgaz de ces habitats (CF. Annexe 01), et on constate que une augmentation de la consommation du gaz en hiver, qui est négligeable en été. Le GES qui est utilisé principalement pour le chauffage dans la période froide de l'année,

D'un autre coté on peut remarquer que la consommation de l'électricité est élevée en été par apport à l'hiver, a cause de l'utilisation des appareils de climatisations pour le refroidissement.

D'après l'enquête faite dans ces logements, avec les habitants, ils ont confirmé que cette énergie consommée n'était pas suffisante pour avoir un confort thermique dans l'habitat, car ils utilisent ces appareils pour atteindre un niveau de confort dans une ou deux pièces maximum, c'est pour cela il est logique que l'enveloppe présente une plus grande opportunité d'avoir un niveau de confort stable à toutes les saisons de l'année.

Parmi les quartiers de l'habitat collectif à Tébessa, l'un des plus récents est le quartier de 960 logements dans la zone D qui fait partie du 2440 logements de l'agglomération de Doukkane, (Cf. Fig10) (en cours de réalisation dans le côté sud de la ville), un quartier des logements publics locatifs qui a été programmé comme les autres quartiers du doukkane par la MHUV et lancé par l'OPGI de Tébessa en juin 2013.

Malgré que ce quartier représente un très grand projet dans la ville, avec un total de 5000 logements (pour l'agglomération – Doukkane –), Mais – comme les autres quartiers de l'habitat collectif à Tébessa- ce quartier n'intègre pas les exigences et les normes en matière de performances énergétiques et environnementales, aux processus de conception et de construction, car ce programme avait pour objectif d'avoir le nombre maximum des habitations avec une concentration sur le côté économique tout en négligeant l'aspect environnemental de ces projets. Et cela est prouvé par le manque des études climatiques et énergétiques lors de sa conception.

Il est à noter aussi que le type des logements dans ce quartier (LPL) obéit aux certaines exigences essentiellement économiques qui sont mises par l'OPGI dans le cahier des charges lors du lancement des concours, ces exigences jouent un rôle important dans la réalisation de l'habitat collectif, parce qu'ils peuvent influencer négativement la liberté des concepteurs par la limitation des matériaux de construction et du coût total des projets...etc,

Et cependant que l'étude géotechnique dans ce projet était insuffisante car elle a été prise à la base d'une étude précédente non spécifique adoptée dans l'inscription initial du projet, on remarque l'absence totale de l'étude climatique et énergétique.

À partir de ces observations des questions se posent:

- De quelle manière l'enveloppe architecturale intervient-elle dans la consommation abusive de l'énergie dans le bâtiment?

- Quelles sont les stratégies de conception à adopter et les dispositifs architecturaux à utiliser pour réduire l'impact négatif de cette enveloppe sur la consommation de l'énergie dans l'habitat collectif de doukkane à Tébessa?

Hypothèse :

- L'enveloppe du bâtiment a une influence sur l'éclairage, le chauffage, et les besoins de refroidissement du bâtiment. D'ailleurs depuis sa conception l'enveloppe architecturale est le responsable principal du taux de consommation énergétique dans le bâtiment, notamment l'effet sur le confort thermique.

Le manque d'une recherche climatique lors de la conception de l'enveloppe va conduire à la mauvaise orientation et le mauvais choix des matériaux de construction et des formes architecturales. Tous cela va mener à une enveloppe non protégée qui ne s'associe pas avec les différents facteurs climatiques de la région, avec l'absence du confort thermique qui va aboutir les habitants à l'utilisation irrationnelle des énergies à travers les différents appareils dédiés au chauffage et à la climatisation.

- Pour avoir une architecture qui prend en considération le rapport entre l'enveloppe architecturale et l'énergie, les concepteurs et les experts doivent penser aux solutions pour avoir un résultat optimal qui peut minimiser la consommation de l'énergie dans le bâtiment sans dégrader le niveau de confort de ses utilisateurs.

Les données climatiques des régions, l'orientation, la forme, et les ouvertures, sont les éléments des enveloppes architecturales qui peuvent être liés à la consommation de l'énergie dans les bâtiments.

- L'arrêt des travaux que l'exemple de cas d'étude a connus ces derniers mois, offre une opportunité d'intervenir, avec une analyse climatique et énergétique pour mettre en valeur l'impact de l'enveloppe architecturale dans cette zone d'habitation sur la consommation de l'énergie, ces analyses seront suffisantes pour réduire une quantité considérable de l'émission de l'énergie. On peut aussi noter que l'intervention dans ce moment est une priorité, car elle propose la solution la plus rentable, parce qu'on va éviter l'intervention sur un bâtiment existant après quelques années quand les mêmes problèmes des autres habitations collectives à Tébessa vont apparaître, cette intervention va être plus difficile, plus cher, et moins efficace.

- Objectifs de recherche : L'objectif de ce thème et de

-chercher les stratégies de conception à adopter, les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer un niveau de confort thermique acceptable en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur les ambiances intérieures.

-intégrer le concept bioclimatique afin d'apporter des solutions à l'efficacité énergétique, et de réduire les besoins des énergies pour le chauffage et le rafraîchissement.

- Structure de mémoire :

Introduction, problématique, les hypothèses et les objectifs de recherche

- On s'intéresse dans **le premier chapitre** à l'énergie et l'efficacité énergétique dans les bâtiments et le contexte énergétique en Algérie surtout dans le secteur résidentiel, pour définir les points les plus intéressants en matière de la préservation de l'énergie.

Et puis on va analyser les éléments du confort thermiques et son relation d'un côté avec la consommation de l'énergie et l'enveloppe architectural d'un autre côté.

Dans **Le deuxième chapitre** on va analyser les informations existantes en matière de l'enveloppe architecturale, ses différentes échelles et ses éléments, en expliquant son rôle en finissant par la compréhension des différents concepts et notions clés liés au thème de recherche, il découle d'une recherche sur la relation entre l'enveloppe architecturale et la consommation de l'énergie,

Pour le troisième chapitre :, intègre deux parties, dont la première consiste en une phase d'analyse de mon cas d'étude, présentations des données venants des recherches ou bien des enquêtes. Et la deuxième partie est une interprétation et comparaison des résultats dont le but est d'évaluer les performances énergétiques de l'habitat dans mon cas d'étude. Pour atteindre à la fin les points forts et les points faibles du cas d'étude en matière de l'efficacité énergétique de l'enveloppe architecturale, qui va nous permettre d'avoir les recommandation pour améliorer cette enveloppe.

- La conclusion générale : expose les conclusions et les synthèses tirées de travail, des recommandations architecturales et techniques pour l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'habitat collectif du quartier de Doukkane, et du Tébessa en général.

Chapitre I

Quelle énergie à préserver, et
quel confort à achever ?

I- L'énergie :**1-problème d'utilisation irrationnel de l'énergie**

En ce début du 21ème siècle, le contexte énergétique rappelle sous certains aspects celui des années 1980, au cours desquelles la problématique de l'énergie, conséquence du second choc pétrolier, s'est révélée comme une préoccupation planétaire de premier plan.

Cette crise énergétique allait brutalement mettre au-devant de la scène l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation des bâtiments et ses répercussions sur les économies nationales en termes de coûts d'exploitation et d'impact écologique et environnemental.

2-Évolution de la consommation d'énergie en Algérie :

La croissance de la consommation de l'électricité en Algérie a atteint son niveau le plus élevé dans les années soixante-dix, avec un taux de croissance annuelle moyen de 13 % enregistré de 1970 à 1980. Durant la dernière décennie, cette croissance a été pratiquement stable autour d'un taux annuel moyen de 5,6%, dont le taux d'équipement des ménages est de 70%. Avec un parc logement qui tourne autour de 5.745.645 millions de logements dont 60% urbain, en 2007, le parc logement est arrivé à 7 millions et par conséquent sa consommation a augmenté aussi. Arrivé à 52% de la consommation finale en 2009¹, (Cf. Graph 01) répartie entre gaz naturel et électricité avec un total de 16,1 MTEP (million tonnes équivalent pétrole).

3-Consommations dans le secteur ménager en Algérie :

La consommation globale d'énergie en Algérie, a été probablement multipliée par quatre entre les années 1980 et 2000². L'électricité, le gaz naturel (en conduites ou en bouteilles), fuel, charbon, bois et même piles électriques sont les vecteurs d'énergie du secteur domestique. Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages³

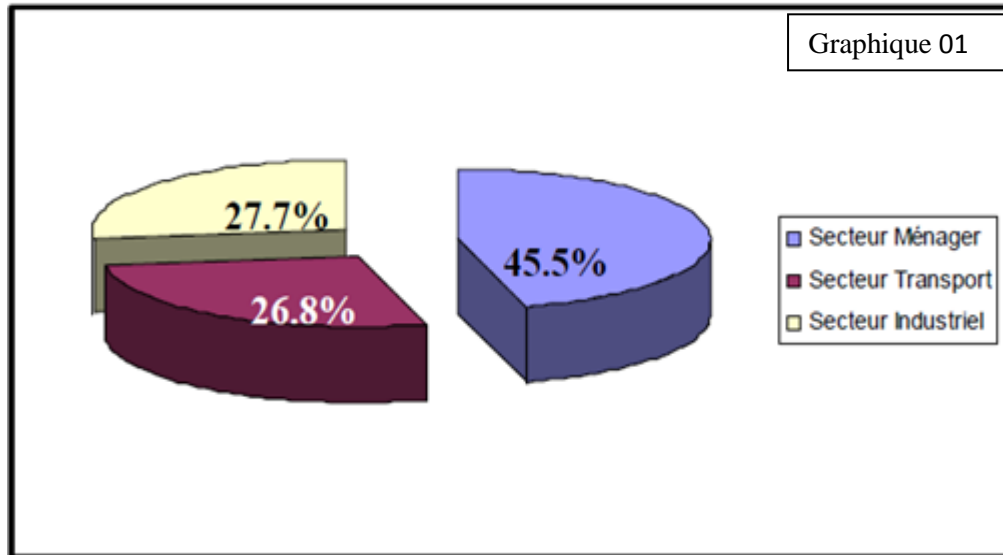
- Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique ;
- L'éclairage, l'électroménager, l'audiovisuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie.
- L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%.

¹ MINISTERE DE L'ENERGIE : « Bilan énergétique national de l'année 1999 »/ DGE, 2000. EPE novembre,2000.

² Idem

³ CHITOUR.C.H.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p. 41.

-La cuisson représente près de 5%. Sachant que, la consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 TEP en 1990, son évolution passera de 0.71 TEP⁴ en 2000 à 1.35 TEP en 2010 et 1.88 TEP en 2020⁵ D'ailleurs, la lecture du graphe ci-dessous (Cf. Graph02) fait ressortir que la consommation du gaz et de l'électricité pour le chauffage et pour l'éclairage représente le taux le plus élevé par rapport à d'autres consommations ménagères, ce qui explique la forte demande pour le secteur habitat dont le premier besoin est le chauffage en hiver et la climatisation en été.



Consommation d'énergie par secteur en Algérie l'année 2014 (DGE 2014)

4-Consommation du gaz naturel et d'électricité:

La consommation intérieure du gaz naturel a démarré en 1961 au rythme de 156 millions de m³, et elle atteint 1.4 milliards de m³ en l'an 2000.

D'après les données statistiques relevées auprès des services SONEGAS (Cf. Tableau 01), on enregistre une évolution de la consommation de gaz où le recours à l'utilisation du gaz naturel a multiplié par 30 en l'an 2000 avec un rythme annuel de 4.6% d'évolution prévisible de la consommation.

Quant à la consommation et à la production d'électricité, elles enregistrent une augmentation de 41,5% et 61,5% durant la période de 1980 à 1990. Selon la DGE⁶, la

⁴ TEP : l'énergie contenue dans une tonne de pétrole.

⁵ CHITOUR.CH.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p.91.

⁶ DGE : « Missions économiques : Fiche de synthèse « le secteur de l'électricité en Algérie » actualisation au 9 août 2006.

consommation d'électricité en Algérie a augmenté durant les dernières années de 4% par an et la demande d'électricité devrait à long terme croître de 7% par année.

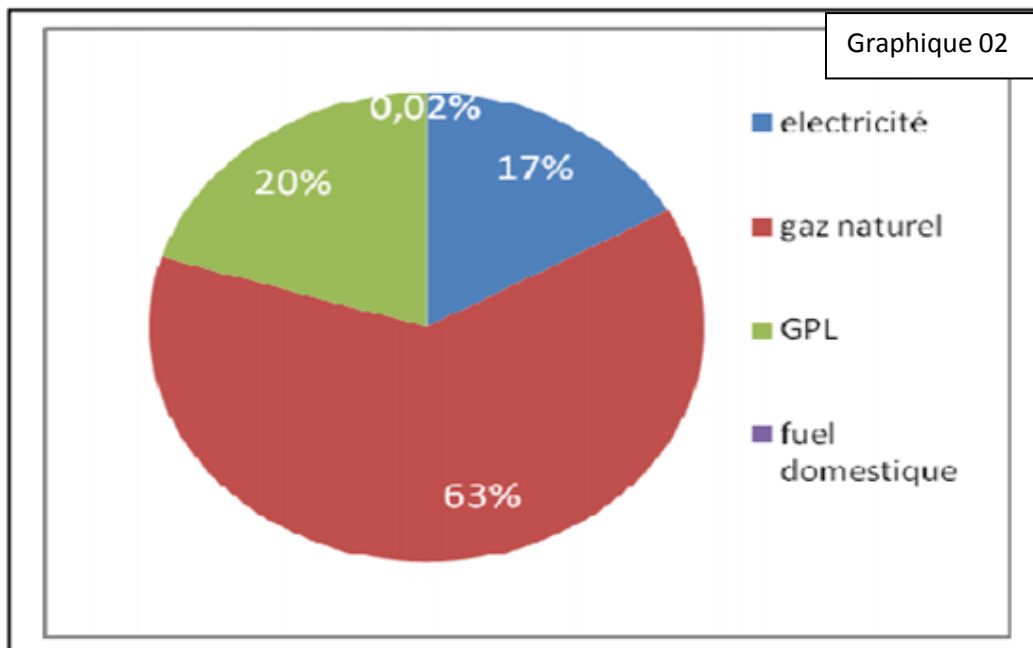
En outre, la distribution du Gaz et l'électricité connaît depuis quelques années de fortes perturbations du fait d'une augmentation croissante de la demande intérieure due essentiellement à l'usage multiplié du chauffage et des climatiseurs surtout dans le secteur d'habitat et tertiaire. Ceci conduit l'entreprise Sonelgaz à opérer des délestages pour rééquilibrer un appel de consommation devenu trop important.

Tableau 1: evolution de consommation d'energie

Secteurs/Produits 2012	Unité : Tep						Total
	Electricité	Gaz Naturel	GPL	Carburants	Gasoil	Charbon/Coke	
AGRICULTURE	59865	36360	0	0	380412	0	476637
BTP	17742	2970	0	0	178121	0	198833
HYDRAULIQUE	468786	4230	0	0	628510	0	1101526
MINES ET CARRIERES	27365	27630	0	0	132317	0	187312
INDUSTRIE MANUFACTURIERE	661555	3454380	72891	0	0	50250	4239076
INDUSTRIE GAZ_PETROLE	273239	21249	0	0	0	0	294488
RESIDENTIEL	1413960	5350950	1704642	1349	0	0	8470901
TERTIAIRE	776735	712440	47833	0	312980	15400	1865388
TRANSPORT	11670	6300	336165	4679424	8217219	0	13250778
Total	3710917	9616509	2161531	4680773	9849560	65650	30084940

Source : (DGE)

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 1414 KTEP. Elle représente 40% de la consommation totale d'électricité. Il a atteint 7056 KTEP en produits gazeux soit 60% de la consommation totale des produits gazeux, Il représente, de ce fait, le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique et du Gaz naturel au niveau national.



Répartition de consommation dans le secteur résidentiel par type d'énergie 2014 (DGE)

5-Notion d'économie d'énergie :

Dans les pays en développement, l'énergie est un des facteurs déterminants pour la survie des populations : elle est nécessaire à toute activité humaine et indispensable à la satisfaction des besoins quotidiens (eau, nourriture, santé,...) mais également pour assurer un minimum de développement économique et social.

La crise de l'énergie, à un certain temps, a fait passer au premier plan la réduction des coûts énergétiques. Mais de nos jours, l'assurance du confort visuel, olfactif, acoustique et hygrothermique est devenue l'instinct prépondérant pour tous les décideurs de la conception de l'habitat.

Une exigence de confort d'été plus stricte peut impliquer le recours à la climatisation, et donc induire une augmentation de la consommation d'énergie et des impacts qui en découlent.

Selon Peuportier.B, 2003⁷, la gravité des problèmes environnementaux est maintenant patente et il n'est plus raisonnable d'ignorer les conséquences environnementales des décisions que nous prenons. Le secteur du bâtiment contribue de manière importante à ces problèmes. Il est donc nécessaire de recourir, autant que possible, aux outils d'aide à la décision et aux technologies qui permettent de réduire les impacts environnementaux des bâtiments.

6-Efficacité énergétique dans le bâtiment :

L'efficacité énergétique se réfère à la réduction de la consommation d'énergie sans toutefois provoquer une diminution du niveau de confort ou de qualité de service dans les bâtiments. Selon Thierry Salomon⁸, elle correspond à réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mit, mieux utiliser l'énergie à qualité de vie constante

Le rapport final de la « comparaison internationale bâtiment et énergie » initié par PREBAT⁹ note qu'en construction neuve ou en réhabilitation, un bâtiment efficace énergétiquement est avant tout un concept d'ensemble saisissant dans un même processus l'architecture, le chînas, l'enveloppe et les équipements

⁷ PEUPORTIER. Bruno : « Eco-conception des bâtiments. Bâtir en préservant l'environnement » Sciences de la terre et de l'environnement. Les presses de l'école des mines. Paris 2003. p57

⁸ Salomon, T. et Bedel, S « La maison des [méga, watts, Le guide malin de l'énergie chez soi.Edition. Terre vivante.2004. p. 11.

⁹ PREBAT : Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans le Bâtiment

6.1. Classification des bâtiments a efficacités énergétiques

La conception des bâtiments à faible consommation d'énergie est un processus complexe qui nécessite une approche particulière. En effet, les choix techniques et architecturaux retenus pour ce genre de conception influent de manière très importante sur le comportement énergétique du bâtiment. Ainsi, la forme du bâtiment, sa compacité, son orientation, ont des conséquences significatives sur sa performance énergétique, de mauvais choix peuvent entraîner des défaillances difficilement prévisibles dont l'impact sur la consommation énergétique du bâtiment n'est souvent découvert que lors de son exploitation.

Suivant leurs niveaux de performances énergétiques, les bâtiments sont classés en trois familles¹⁰ : bâtiments performants, bâtiments très performants et bâtiments zéro énergie ou a énergie positive.

Il existe une multitude d'opérations (programmes de recherche, labels, réalisations), pour chaque famille, ces opérations sont fréquemment basées sur la définition de concepts de bâtiments qui définissent à la fois un niveau de performance a atteindre et des exemples de solutions permettant d'atteindre ce niveau. Elles partent d'une même analyse du bilan énergétique orientée par la triade : réduire les besoins énergétiques, utiliser des énergies renouvelables et produire le complément d'énergie de façon efficace.

6.2. Bâtiments performants « basse énergie »

Les bâtiments performants, souvent appelés bâtiments basse énergie (à basse consommation), existent à plusieurs milliers d'exemplaires. Ils se caractérisent principalement par une conception architecturale bioclimatique, une bonne isolation thermique, des fenêtres performantes, un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait, parfois associé à un puit climatique, un système de génération performant (pompe a chaleur, chaudière bois, chaudière à condensation...) et une attention particulière est portée a la perméabilité à l'air et aux ponts thermiques.

Ce premier niveau de performance peut être atteint par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'accroissement des apports passifs.

¹⁰ Chlela.F Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments a basse consommation d'énergie, thèse de doctorat. Université de la rochelle. 2008. p3

Ce concept ne comprend a priori aucun moyen de production local d'énergie, sans toutefois l'exclure. Les opérations les plus connues de ce type de bâtiments sont les labels Suisse MINERGIE et MINERGIE-ECO.¹¹

6.3. Bâtiments très performants « très basse énergie »

Ce bâtiment très faiblement consommateur d'énergie ne nécessite pas de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement actifs : les apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation suffisent à maintenir une ambiance intérieure confortable toute l'année. Il s'agit en général de bâtiments passifs dont le concept a été défini par le Dr. Wolfgang Feist de l'institut de recherche allemand Passivhaus. Ils sont définis comme étant des bâtiments dans lesquels l'ambiance intérieure est confortable tant en hiver qu'en été, sans devoir faire appel à aucun conventionnel de régulation de température, ni de chauffage, ni de refroidissement. Cet objectif peut être atteint grâce à une forte isolation thermique, une forte réduction des ponts thermiques, et une très bonne étanchéité à l'air. De plus les déperditions par ventilation sont réduites à travers un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait.

6.4. Bâtiments à énergie positive « zéro énergie »

Il est défini comme étant un bâtiment qui produit autant ou plus d'énergie qu'il n'en consomme, Il est doté de moyens de production d'énergie locaux, ce bâtiment est raccordé à un réseau de distribution d'électricité vers lequel il peut exporter le surplus de sa production électrique¹². Ces bâtiments sont la combinaison de bâtiments basse énergie ou passifs avec des systèmes d'énergies renouvelables tels que les toits solaires photovoltaïques. Ce type de bâtiment est particulièrement adapté aux sites isolés ou insulaires car il évite les coûts de raccordement aux divers réseaux.¹³

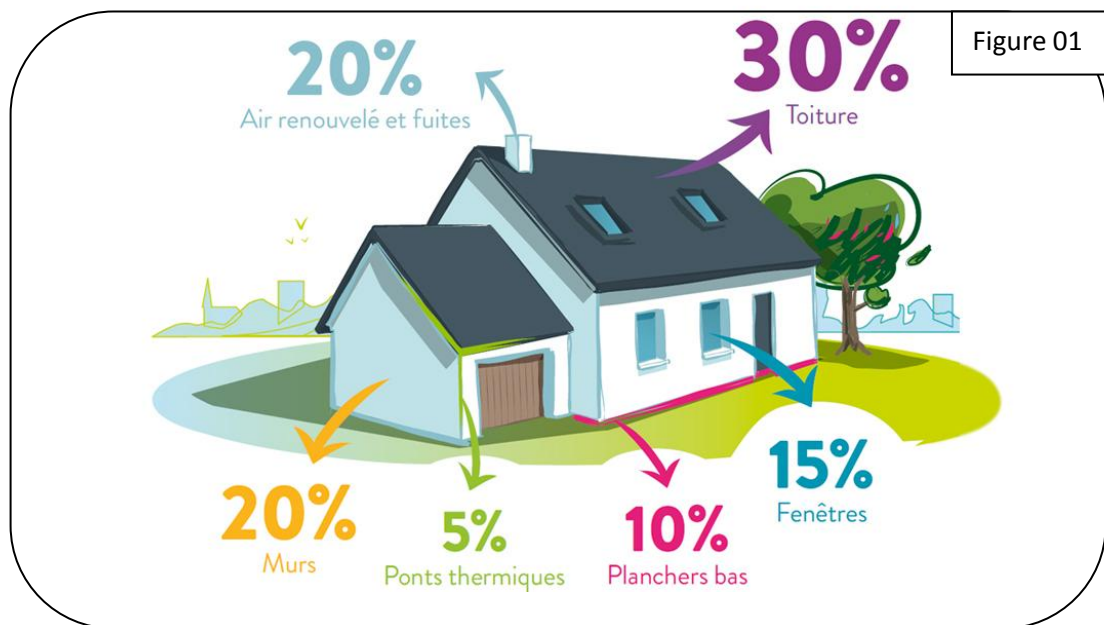
¹¹ Thiers.S *bilan energetiques et environnementaux de batiments a energie positive*, ecoles nationales superieure des mines de paris 2008 p12

¹² Maugard, A.Millet; J.-R. Quenard, D. " *vers des bâtiment à énergie positive* " présentation du CSTB 2000

¹³ Op.cit: Thiers.S *bilan énergétiques* ...p13

7-L'utilisation rationnelle de l'énergie et Le confort thermique

L'utilisation rationnelle des énergies regroupe toutes les actions qui permettent d'obtenir le confort nécessaire à l'habitat et en utilisant au mieux les ressources énergétiques, en les paramétrant climatiques de la région lors de la conception des bâtiments qui réalisés de nos jours ne prennent généralement pas en considération le facteur climatique. Ce sont des bâtiments standards qu'on réalise à n'importe quel endroit et sous des climats différents, ce qui entraîne l'installation de systèmes de climatisation ou de chauffage pour les rendre vivables pour les occupants¹⁴. L'ajout du système de climatisation ou de chauffage (inutile si l'ensoleillement avait été pris en compte) ne répondra vraisemblablement plus aux objectifs du développement durable. En effet, Un bâtiment comprend un ensemble complexe de composants, consommateurs d'énergie tels que, l'éclairage, le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude sanitaire. En plus, un bâtiment mal isolé entraîne des déperditions importantes (Cf.Figure 01) qui impliquent des consommations d'énergies considérables.



Les déperditions de chaleurs dans un habitat (Guidebook to Sustainable design 2009)

¹⁴ Gonzalo, R., & Habermann, K. J. (2008). *Architecture et Efficacité Énergétique*, p23

II-le confort thermique

1-Notion de confort :

Etymologiquement, le terme confort, tiré du mot anglais « comfort », est défini comme « un sentiment de bien-être et de satisfaction » ou comme un ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être »¹⁵. Ce qui donne à ce concept difficilement mesurable, un caractère subjectif dépendant des appréciations personnelles de chaque individu.

En effet, la compréhension et l'évaluation du confort dans l'environnement de l'homme sont nécessaires, car ce dernier représente un élément majeur dans le développement et la conception des bâtiments. La zone de confort reste très personnelle puisqu'elle dépend des individus, de leur accoutumance et de leur état physiologique.

Cependant l'influence des facteurs Age, sexe et appartenance à un groupe ethnique sur la sensation de confort reste faible¹⁶.

Il existe plusieurs types de confort à savoir: le confort visuel, le confort acoustique, le confort olfactif et le confort hygrothermique, ce dernier est l'un des facteurs intervenant dans notre recherche.

2-Le confort dans l'habitat :

La recherche du confort dans les logements était dès lors considérée comme superflue, les exigences se focalisant en toute logique sur la rapidité d'exécution et l'accès à des installations sanitaires de base pour l'ensemble de la population. Le plaisir et le confort étaient alors recherchés dans des activités connexes dites de « loisir ».

Les attentes liées au « logement » dépassent donc aujourd'hui très largement les frontières sémantiques usuelles : « habiter » c'est beaucoup plus que se « loger ». Ce déplacement des exigences allié à la recherche d'économies d'énergie amène les concepteurs à penser différemment l'habitat pour plus de bien-être et moins de gaspillage.

L'inconfort lié à une chaleur excessive peut même mener à des situations dramatiques. Concevoir des bâtiments respectueux du confort et du bien-être de chacun tout en diminuant sérieusement l'énergie utilisée est le défi lancé à tous les acteurs de la filière construction. L'un des rôles de l'habitat est de minimiser ces échanges, c'est-à-dire de protéger le corps humain contre les agressions du climat.

¹⁵ Microsoft® Encarta® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.

¹⁶ PENICAUD, 1978 In LEHTIHET MOHAMED CHERIF : « Modification des microclimats urbains par la couverture végétale avec référence à la ville de Jijel » Mémoire de Magister, université de Jijel, 2007.

3-Le confort thermique :

Le confort thermique est abordé par sa propre définition et par celle des différents paramètres qui interviennent dans son évaluation à savoir les facteurs liés à l'individu et ceux liés à son environnement. Bien que la notion de confort thermique présente incontestablement un aspect physique, elle relève aussi de la psychologie et la sociologie. Il est en effet le trait d'union entre le monde physique et l'individu, parce que ses lois traduisent les sensations du biologique (le corps) par rapport au non biologique (l'ambiance thermique)¹⁷

Le confort thermique est souvent défini par la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique. L'homme étant homéotherme¹⁸, il doit assurer en continu son équilibre thermique. Pour cela, il dispose d'un système de thermorégulation qui lui permet de régler les échanges de chaleur avec son environnement, en exerçant des réactions conscientes (adaptation comportementale) et inconscientes (vasomotricité, frisson et sudation).

A.S.H.R.A.E¹⁹ en 1992 définit le confort thermique comme étant « l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique ». Ce dernier est conditionné par plusieurs paramètres à savoir : la température de l'air, l'humidité de l'air, les précipitations, la pression atmosphérique et la nébulosité.

La combinaison de ces paramètres climatiques influe sur le confort thermique de l'individu et donc sur l'usage de l'espace. En outre, le confort thermique a été le sujet de nombreux travaux de recherche, qui ne concernent pas uniquement les bâtiments, mais aussi les moyens de transport ou les lieux de travail, etc.

En ce qui concerne les bâtiments, le domaine de recherche sur le confort thermique est partagé entre deux approches. La première étudie le confort thermique d'une façon analytique. Elle n'est pas restreinte aux bâtiments. La deuxième approche, basée sur l'incapacité de l'approche analytique à représenter la réalité du confort thermique dans les bâtiments, est l'approche adaptative.

¹⁷ DEPECKER.P : « Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique dans le champs de l'architecture : le cas de la thermique » Thèse de doctorat, INSA, Lyon, 1985

¹⁸ Homéotherme : dont la température centrale est constante et reste indépendante de celle du milieu extérieur.

¹⁹ A.S.H.R.A.E : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers

4-Différents facteurs agissant sur le confort thermique :

4.1. L'orientation

B. Givoni, place le concept de l'orientation au centre des éléments influant sur les ambiances intérieures d'un bâtiment. Il définit, l'orientation d'un bâtiment par la direction vers laquelle sont tournées ces façades²⁰.

Ce facteur est soumis à de nombreuses considérations, telles que la vue, les déperditions possibles, l'aération et la nature du climat. En effet, l'orientation des bâtiments détecte la qualité de l'habitat en affectant son ambiance intérieure de deux manières et ce par la régulation de deux facteurs climatiques distinctes

-Le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les murs et pièces orientées selon différentes directions.

-La ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction.

Ainsi, les différentes orientations des façades d'un bâtiment se présentent comme suit:

- L'orientation sud est généralement génératrice de chaleur et de lumière, les espaces orientés vers cette direction seront les pièces de vie consacrées aux activités de jour, comme le salon, salle à manger, cuisine et bureau. Ces pièces doivent posséder de grandes ouvertures vitrées pour mieux capter le rayonnement solaire. Toutefois une attention particulière devra être portée quant aux apports solaires. Ainsi, l'intégration de protection solaire est indispensable.

- Les pièces peu utilisées et à faible température sont à placer de préférence côté Nord de l'habitat, il s'agit de zones tampons. Elles sont moins utilisées, mais jouent un rôle protecteur vis-à-vis du froid. La mise en place de ces zones permet de réduire jusqu'à 30 % la déperdition thermique totale. La salle de bain, le garage, la buanderie, les escaliers, le cellier, les couloirs, etc. constituent des zones tampons idéales.

- A l'est et au sud-est, les chambres profitent du soleil levant, source d'éblouissement lumineux.

- A l'ouest et au sud-ouest, ces pièces bénéficient du soleil couchant, mais elles subissent des surchauffements difficiles à contrôler en fin de journée.

²⁰ **Givoni, B.** (1978). *L'Homme, l'Architecture et le Climat*, Le Moniteur, Paris, p45.

Dans la réhabilitation thermique, lorsque cela est possible, un réaménagement ou redistribution des activités et espaces intérieurs de manière à ce qu'ils correspondent au mieux à une stratégie d'architecture qui tient compte du lieu d'implantation ; ainsi, les espaces intérieurs seront réorganisés en fonction de l'usage, de manière à ce que l'ambiance thermique corresponde aux activités et aux heures d'utilisation.

4.2. La ventilation naturelle :

La gestion du confort d'été passe par la possibilité de ventiler avec de l'air frais une habitation. La capacité de rafraîchissement est disponible comme de jour ou de nuit. En hiver, cette option n'est valable que si un jour fait bon pour aérer la maison. L'air mobile est très favorable à des déperditions de chaleur. Par conséquent, l'impact de la ventilation sur un bâtiment n'est pas négliger, car elle augmente les pertes par convection.²¹

4.3. Dimension des ouvertures :

Les parois transparentes (vitrages) de l'enveloppe d'une habitation participent activement dans les échanges thermiques entre les environnements intérieurs et extérieurs des bâtiments (apports et déperditions thermiques). Toutefois, une attention particulière quant aux dimensions de ces ouvertures est recommandée selon l'orientation et la conception. En effet :

- Les vitres verticales orientées au sud présentent le double avantage d'être très bien exposées au soleil d'hiver, et faciles à protéger du soleil d'été.

- Pour les vitres orientées à l'Est ou à l'Ouest, il n'est pas souhaitable de leur donner de grandes dimensions au seul plan d'énergie solaire, car elles reçoivent très peu d'énergie solaire en hiver. Il faut aussi éviter de surdimensionner les fenêtres orientés ouest pour risque de surchauffe. On ne dimensionne les ouvertures Est et ouest qu'en fonction de la vue et de l'éclairage. En été, elles sont, par contre, largement exposées (le matin pour les fenêtres Est, l'après-midi pour les fenêtres ouest). La température extérieure étant plus élevée l'après-midi, les ouvertures ouest produisent des surchauffes plus difficiles à éliminer.

- Les ouvertures vitrées orientées au nord, sont celles qui reçoivent le moins d'énergie solaire, car, c'est souvent du nord que viennent les vents les plus froids, donc ses ouvertures doivent être réduites. Mais à cause du problème de surconsommation en éclairage artificiel il faut éviter de trop réduire ces ouvertures.

²¹ Idem

4.4. La forme et compacité :

Une habitation confortable ne peut être que de forme simple et compacte. Toutefois, la forme du bâtiment influe sur :

- Le bilan global de l'éclairage énergétique du soleil;
- Le taux de déperditions thermiques;
- L'écoulement des flux aux abords des bâtiments. Ainsi, selon (V. Olygay (1963) [15]), 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. Précise que
 - La forme allongée dans la direction est-ouest, donne de meilleurs résultats pour tous les climats.
 - Par contre le carré, n'est pas optimale quelle que soit la localisation de la construction.
 - Et toutes les formes allongées dans la direction nord-sud sont encore moins efficaces que la forme carrée.

4.5. La couleur

Du point de vue thermique, la teinte des couleurs influence fréquemment le comportement thermique des murs extérieurs par conséquent, sur le rendement énergétique de l'habitat. Des essais poussés ont montré que les températures superficielles dues à l'action directe des rayons du soleil varient fortement en fonction de la couleur. Par conséquent, il faut un choix judicieux des matériaux et de leur couleur au moment de la construction ou de la réhabilitation thermique. Des couleurs différentes absorbent des quantités variables de lumière naturelle. Ainsi, dans le (Tableau 02), il sera donné les coefficients d'absorption selon leurs catégories.²²

Tableau 02 :Facteur d'absorption en fonction de la couleur

Catégorie	Claire	moyenne	sombre	noire
Absorptivité	$\alpha < 0.5$	$0.5 < \alpha < 0.7$	$0.7 < \alpha < 0.9$	$\alpha > 0.9$
Couleurs	Blanc, Crème, Orange, Rouge clair	Rouge sombre, Vert clair, Bleu clair	Brun, Vert sombre, Bleu vif, Bleu sombre	Noir, Brun sombre

(J.L. Izard, 1993)

4.6. Protection solaire et vent dominant :

Les dispositifs de protections solaires ont pour but de minimiser la surchauffe et de contrôler l'éblouissement lumineux. Ils peuvent, soit s'intégrer structurellement à l'architecture

²² Idem

par des (porches, vérandas, brise-soleil, débord de toiture), ou s'appliquer à l'enveloppe (stores, peirciennes, volets). Ils peuvent également être fixes ou mobiles, intérieures ou extérieures, verticales ou horizontales. Les protections solaires peuvent être aussi, liées à l'environnement, autant naturel ou construit, comme la végétation, le relief ou même des masques provoqués par des bâtiments voisins.

Izard J-L, signale aussi 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 protégées, alors que celles exposées aux vents doux peuvent être modérément ouvertes afin d'utiliser l'évaporation comme moyen de rafraîchissement.²³

Toutefois, les façades Est et ouest sont celles qui devant être plus protégées, car selon (P. Fernandez) l'inclinaison des rayons solaires est important sur ces façades ce qui accroît leur facilité de traverser les ouvertures vitrées et réchauffe ainsi les façades. Notant que ces façades bénéficient du soleil levant et couchant en toute saison.²⁴

-La façade sud est celle qui capte plus de rayon solaire dans l'année. Cette façade perçoit le rayonnement solaire lorsque le soleil est le plus haut dans le ciel. Une protection contre le soleil est toutefois recommandée.

Seulement et paradoxalement, cette façade n'est pas celle qui capte le plus de rayon en été, car les rayons étant moins inclinés, l'absorption est donc moindre que sur les façades Est et ouest, c'est également cette particularité qui fera de la façade sud la plus aisée à protéger.

-Les façades orientées au nord, sont celles qui reçoivent le moins d'énergie solaire, car, c'est souvent du Nord que viennent les vents les plus froids. Ainsi, pour cette orientation, les protections solaires horizontales sont les plus efficaces, notamment celles intégrées à l'architecture, telles que les auvents, les débords de toiture, les retraits, les pergolas, etc.

Pour avoir un confort thermique, une isolation thermique est plus que nécessaire. En hiver, l'isolation donne une bonne sensation de confort tout en limitant sa note de chauffage.

En été, le confort sera obtenu en associant les atouts de cette isolation à une forte inertie thermique de la maison ainsi la température intérieure sera maintenue stable et la plus fraîche possible sans recours à la climatisation.

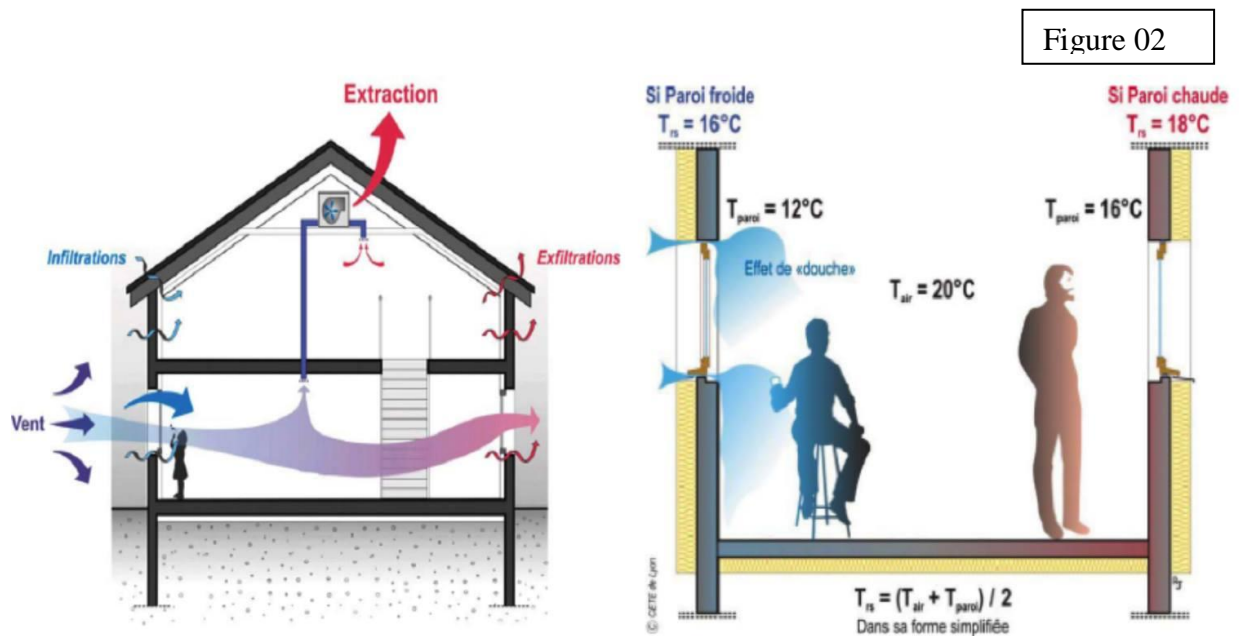
²³ Izard, J. L., & Guyot, A. (1979). *Archi Bio*, Ed. Parenthèses, p52

²⁴ P. Fernandez., (1981). *Genius Loci : paysage, ambiance, architecture*. Edition Pierre Mardaga. Liège, p.5

En effet, d'après (P. de Haut (2007)), une maison chauffée perd continuellement une partie de sa chaleur. Les grosses fuites de chaleur s'effectuent par les surfaces : toiture, murs et vitrages. Ces points sensibles d'une habitation peuvent générer jusqu'à 60% des déperditions en chaleur, les joints entre les parois laissent également fuir la chaleur appelée « ponts thermiques ». Ces derniers peuvent participer de 5 à 25 % à la fuite de chaleur. Les déperditions thermiques peuvent être surfaciques par transmission à travers les parois opaques et vitrages, linéiques à travers tous les angles de l'habitat et ponts thermiques ou encore des déperditions par renouvellement d'air.

5-Le rapport entre l'enveloppe et le confort thermique

Le choix de l'enveloppe du bâtiment a une incidence notable sur la consommation d'énergie. Cependant, un mauvais choix peut coûter très cher au long terme vis-à-vis des dépenses énergétiques pour assurer le confort thermique à l'intérieur des logements (Cf Figure 02). La mesure d'amélioration la plus justifiée économiquement est l'intervention au niveau de l'enveloppe architecturale pour atteindre la performance énergétique.²⁵



La relation entre l'enveloppe et les paramètres du confort thermique

(L'agence international de l'énergie)

²⁵ Khaled IMESSAD, « caractérisation des sensations thermiques et de la réponse physiologique chez l'être humain, contribution à l'étude des indices de confort », Université de Blida 2011,p 25

Chapitre II

L'enveloppe architecturale et
ses paramètres énergétiques

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la consommation énergétique du bâtiment en utilisant différentes méthodes et en étudiant l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe et des matériaux qui la constitue. Donc on a fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés au niveau de l'enveloppe du bâtiment. Des recherches sur l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe, comme le choix de l'orientation, type de vitrages, toit vert, matériaux à changement de phase ont été fait, ils sont énumérés comme suit : L'économie d'énergie est une priorité élevée dans les pays développés.

Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs. Le secteur résidentiel est responsable d'une part importante de la consommation d'énergie dans le monde. La plupart de cette énergie est utilisée pour le chauffage, le refroidissement et les systèmes de ventilation artificielle. En vue de développer l'efficacité énergétique des structures, cet article fournit une vue d'ensemble des critères de conception des constructions qui peuvent réduire la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments résidentiels. Ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, système d'enveloppe, chauffage passif et des mécanismes de refroidissement, l'ombrage, et le vitrage. Une analyse a été faite des études antérieures qui ont évalué l'influence de ces paramètres sur la demande totale d'énergie et propose les meilleures options de conception. Cette étude est utile pour les professionnels qui sont responsables de la prise de décision lors de la phase de conception de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels.

L'enveloppe architecturale

Dans le dictionnaire, le mot bâtiment est défini par : « toute construction destinée à servir d'abri et à isoler ». Un bâtiment serait donc une construction, une installation qui permettrait de se protéger de l'environnement extérieur : température, humidité, sons, lumière, odeurs ... Aujourd'hui, cette question de l'isolation est très présente en architecture. En effet, nous remarquons que les édifices se figent de l'intérieur. C'est-à-dire qu'ils cherchent à avoir leur propre système, aussi bien au niveau de la lumière que de la température. Face à un environnement mobile dans le temps - selon les saisons, selon l'heure de la journée, selon ce qui s'y construit ou ce qui est détruit - l'homme souhaite obtenir un confort maximum et continu. Cela entraîne ainsi un décalage temporel avec l'extérieur. Cependant, tandis que l'intérieur devient de plus en plus hermétique, les nouvelles préoccupations écologiques repensent la fonction de l'enveloppe.

1-Définition de l'enveloppe :

A première vue l'«enveloppe» architecturale d'un édifice désigne la partie visible de tout édifice, que l'on se situe à l'intérieur ou à l'extérieur de l'édifice. En ce sens, l'enveloppe joue un rôle d'interface avec l'extérieur. Mais c'est avant tout une protection, une « matière » permettant de se protéger. Son rôle protecteur peut se vérifier à toutes les échelles, de la molécule, à la membrane, en passant par le vêtement. Autrement dit, l'enveloppe est l'enveloppant de tout habitat désigné comme l'enveloppé. Mais l'enveloppe elle-même peut être constituée d'un enveloppé autrement appelé l'entre deux de l'enveloppant comme la voir Kouici « Enveloppe d'un volume architectural : ensemble des surfaces de séparation des espaces intérieurs du volume et l'espace extérieur (murs /toiture /coupole...).on dit également peau par analogie a la peau d'un corps qui enrobe le squelette et la chair comme l'enveloppe enrobe l'ossature et toute la construction d'un édifice »²⁶.

D'un autre côté l'enveloppe peut être vue entre deux milieux, elle apparaît à la fois à l'extérieur et à l'intérieur d'un édifice. Elle peut être épaisse, fine, opaque, transparente ou translucide, elle peut être composée de plusieurs matériaux. A propos de l'enveloppe, Philippe Rahm²⁷ parle de la « mission climatique de l'architecte ». C'est l'enveloppe qui crée la transition avec l'extérieur. Georges Teyssot²⁸ décrit la présence de sphères, situées dans « l'intermédiarité » : elles jouent le rôle « d'intermédiaire entre l'encerclement et le symbole », donc entre l'environnement et l'édifice. Georges Teyssot pense l'architecture comme membrane ; l'enveloppe fait référence à la peau.

De ce qui précède on peut référer à L'enveloppe du bâtiment comme l'interface entre l'intérieur du bâtiment et de l'environnement extérieur, y compris les murs, le toit, et les fondations. Qui agit comme une barrière thermique, l'enveloppe du bâtiment joue un rôle important dans la régulation de la température intérieure et permet de déterminer la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir le confort thermique.

Une enveloppe de bâtiment c'est tout ce qui fait le tour de l'habitat créé par l'Homme. Ceci veut dire que la dalle de plancher, les fondations, les murs extérieurs, les ouvertures, les toitures, etc. font partie de l'enveloppe de bâtiment et cette capacité d'avoir constamment une vue d'ensemble est primordiale.

²⁶ Article «Sciences de la terre et de l'environnement» Kouici 1999,

²⁷ Article «Architecture météorologique», Philippe Rahm, 2009

²⁸ Article «L'architecture comme membrane», Georges Teyssot, 2008

2-Historique de l'enveloppe

Dans de nombreuses régions du monde, les bâtiments ont longtemps été construits en utilisant des matériaux locaux pour maximiser le confort étant donné le climat local. Ainsi, les toits et les murs très réfléchissants étaient typiques il y a plusieurs siècles dans les climats chauds, tandis que des toits de chaume épais offraient des propriétés dans les climats froids isolant.

L'utilisation de la ventilation naturelle était également très commune. Des enveloppes avec une isolation thermique élevée ont été communes pour un temps très long et sont toujours typiques dans de nombreuses régions, mais leur utilisation a diminué dans certaines régions pour réduire les coûts.

La modernisation a donné lieu à des densités plus élevées dans les zones urbaines, la nécessité de techniques de construction plus rapides, et des approches plus abordables que dans de nombreux cas, se traduisent par des structures moins efficaces que les techniques anciennes. Dans la plupart des pays, la performance énergétique des enveloppes de bâtiment a été considérablement négligée.

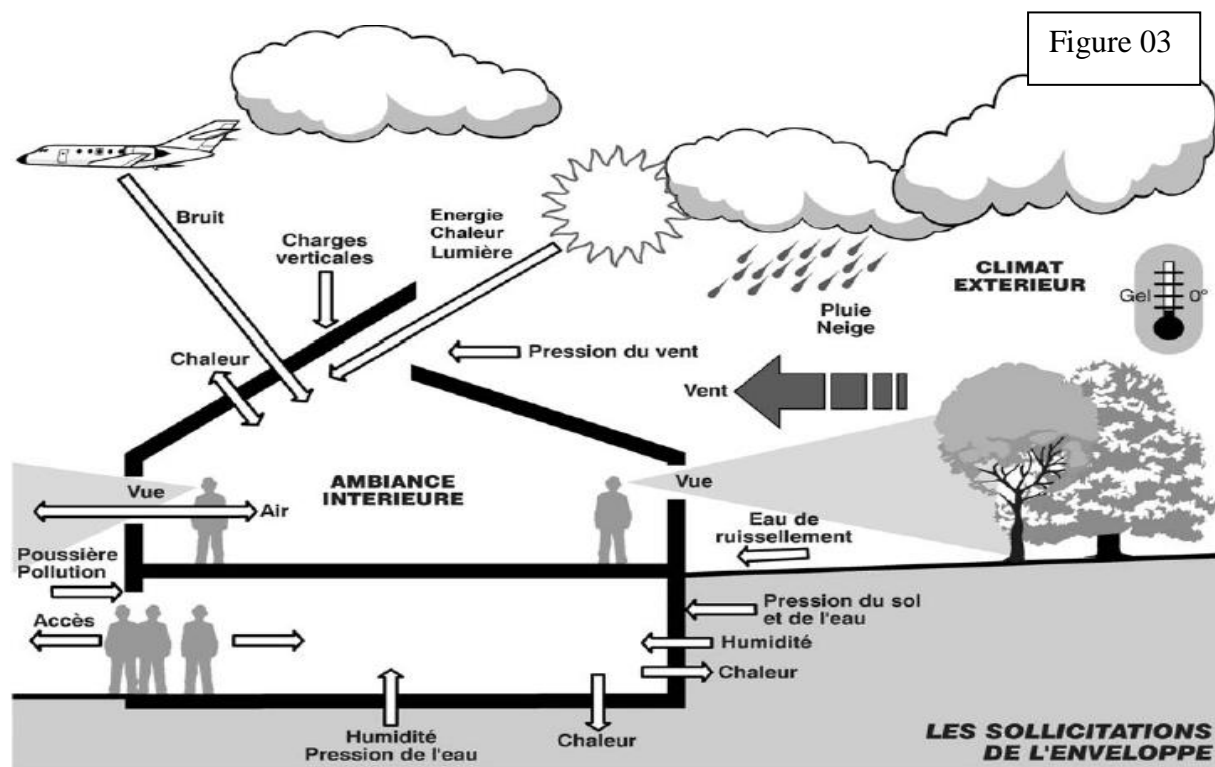
Bien qu'il y ait eu un succès considérable dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des nouveaux appareils de l'éclairage et du chauffage et de refroidissement, de nombreux bâtiments sont encore en cours de construction qui sont pas énergétiquement efficaces, ils ont aucune isolation ou contrôle de l'énergie, avec des fenêtres simple vitrage en verre clair et les toits absorbant du rayons de soleil dans les climats chauds.

Étant donné que le chauffage et la climatisation représentent plus d'un tiers de la consommation mondiale d'énergie dans le secteur des bâtiments, l'optimisation de la conception du bâtiment de l'enveloppe doit être un élément clé de toute stratégie à long terme de réduction d'énergie.²⁹

²⁹ Meda,. (2005). Architecture Traditionnelle Méditerranéenne, disponible: <http://www.meda-corpus.net>, consulté le 15 juin 2005.

3-La performance de l'enveloppe

L'enveloppe extérieure subit de nombreuses agressions du climat local et de l'environnement.



Les sollicitation de l'enveloppe architecturale (AFME)

L'enveloppe extérieure doit pouvoir répondre aux sollicitations climatiques et environnementales précédemment énoncées. (Cf figure 03) Pour ce faire, l'enveloppe, son architecture et tous ses constituants doivent :

- contrôler le climat local, c'est-à-dire :
 - l'eau sous toutes ses formes, l'air et le vent.
 - la chaleur.
 - le rayonnement solaire.
 - les variations de température.
- contrôler l'environnement, c'est-à-dire :
 - les bruits aériens extérieurs.
 - la lumière et les vues en général.
- remplir éventuellement d'autres fonctions telles que :
 - le contrôle des points sensibles tels que les accès ,
 - la maîtrise des agressions diverses, notamment le feu, les effractions,

- la résistance aux charges (fonction structurale) ,³⁰

4-Les fonctions de l'enveloppe :

Après avoir défini l'enveloppe voici donc ces six fonctions :

.Revêtement intérieur

.Structure

.Pare-air

Pare-vapeur

Isolation thermique

Parement extérieur³¹

4-1-Revêtement intérieur :

Cette fonction est réalisée par les matériaux apparents à l'intérieur. Cette fonction sert aux différents besoins de l'environnement intérieur et les matériaux utilisés doivent remplir les exigences désirées.

4- 2-Structure:

Cette fonction est réalisée par les matériaux qui serviront de support aux autres matériaux des différentes fonctions. Les composantes doivent résister aux pressions des vents et des autres éléments et devra les transmettre à charpente de l'édifice.

4-3-Pare-vapeur :

Cette fonction est réalisée par un matériau qui diminue (retarde) le passage de l'humidité au travers l'enveloppe par diffusion. Ce matériau doit pouvoir résister au vieillissement durant toute la vie du bâtiment.

4-4-Pare-air :

Cette fonction est réalisée par un matériau ou un assemblage qui diminuera le passage de l'air au travers de l'enveloppe du bâtiment.

4-5-Isolation thermique :

Cette fonction est réalisée avec un matériau qui diminue le passage de la chaleur vers l'intérieur.

4-6-Parement extérieur :

Cette fonction est réalisée par un matériau qui protégera les autres composantes de la détérioration par les éléments de la nature (soleil, eau, neige, vent, etc.) et autres.

³⁰ Agence française pour la maîtrise de l'énergie, " *Choix climatique et construction.* " A. (2003)., p14

³¹ Idem

5- Le contrôle du climat local par l'enveloppe architecturale

Le climat local peut influencer l'implantation du bâtiment et son architecture. Réciproquement, l'enveloppe doit enclore un espace qu'elle protège des variations du climat extérieur.

Le climat local doit conditionner l'orientation, la typologie et le dimensionnement des ouvertures et des fenêtres, la mise en place de serres accolées, ainsi que l'utilisation éventuelle de protections.

La sévérité du climat local, ainsi que l'isolation thermique des parois de l'enveloppe et le système de ventilation influencent les besoins en énergie pour chauffer et/ou refroidir l'air introduit dans un bâtiment.

De plus, la disposition des locaux et les matériaux intérieurs jouent un rôle considérable dans l'absorption, le stockage et la distribution de l'énergie apportée par l'ensoleillement (flux solaire transmis au travers des vitrages). L'enveloppe agit comme une barrière pour certains éléments et comme un filtre pour d'autres.³²

5-1- L'eau sous toutes ses formes

A- L'eau sous forme liquide

L'eau doit être arrêtée totalement par l'enveloppe, c'est-à dire par tous ses constituants, leurs formes et tous leurs joints, quelle que soit l'action du vent.

B- La neige et la glace

Sous nos latitudes, l'enveloppe des bâtiments est moyennement confrontée aux risques que pourraient présenter la neige et le gel. Ce sont chez nous, les cycles de gel et de dégel qui sont les plus à craindre.

Cependant, en plus de la nécessité de tenir compte d'une surcharge lors du calcul de la structure portante, il faut veiller à prendre certaines précautions, notamment en choisissant des matériaux non gélifs pour constituer les parois en contact avec l'extérieur. En effet l'eau infiltrée dans la paroi pourrait, si elle gèle, occasionner certains dégâts.

C- La vapeur d'eau

En conditions hivernales, la température et l'humidité de l'air sont plus élevées dans le bâtiment qu'à l'extérieur, surtout dans les locaux qualifiés "d'humides", comme la cuisine, la salle de bains, etc.

L'intérieur du bâtiment est un réservoir de chaleur et de vapeur d'eau qui tendent à s'échapper au travers des parois extérieures.

³² **Ould-Henia**, A. (2003). *Choix climatique et construction. Zones arides et semi-arides, maison à cour de Bou-Saada*, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. P32

Il faut donc veiller à ce que le transfert vers l'extérieur de l'excédant d'humidité intérieure se fasse correctement sans que cette vapeur d'eau ne s'accumule soit à la surface intérieure ou au sein d'un matériau de l'enveloppe.

La technique et les détails de construction, complétés par le système de ventilation du bâtiment, doivent donc être pensés dans ce sens. En effet, si la composition de l'enveloppe est telle qu'en un endroit on y rencontre des conditions de basse température et une forte teneur en vapeur d'eau, il y a risque de condensation et donc de dégradation et/ou de développement possible de moisissures, et ce, surtout dans si la condensation est de longue durée.

D- L'humidité relative

Dans des conditions habituelles de confort, le taux courant d'humidité relative de l'air ambiant est préféré autour de 50 %, pour des températures d'air avoisinant 20°C.

Une température élevée de l'air le rend capable de contenir potentiellement plus de vapeur d'eau que d'autres espaces du bâtiment, c'est le cas pour des locaux tels que la salle de bains ou de douche, la cuisine.

Lorsque cette vapeur d'eau rencontre une paroi froide ou un pont thermique, des problèmes d'hygroscopicité peuvent survenir et entraîner l'apparition de moisissures.

En matière d'humidité relative, il faut veiller à évacuer l'humidité produite. En effet, la production de vapeur d'eau doit rester un pic, la ventilation doit permettre le retour rapide à la normale : une légère ventilation permanente reste préférable à une ventilation intense mais de courte durée.

Le tableau ci-contre reprend le classement du climat intérieur du point de vue hygrothermique des bâtiments en fonction de la pression de vapeur de l'air intérieur, en se basant sur la pression annuelle moyenne p_i de la vapeur du climat intérieur (exprimée en pascals Pa).

5-2-L'air

Vis-à-vis de l'air, l'enveloppe agit plus comme un régulateur que comme une barrière. Afin de limiter les déperditions thermiques, l'enveloppe extérieure d'un bâtiment ne doit pas présenter de défauts d'étanchéité à l'air.

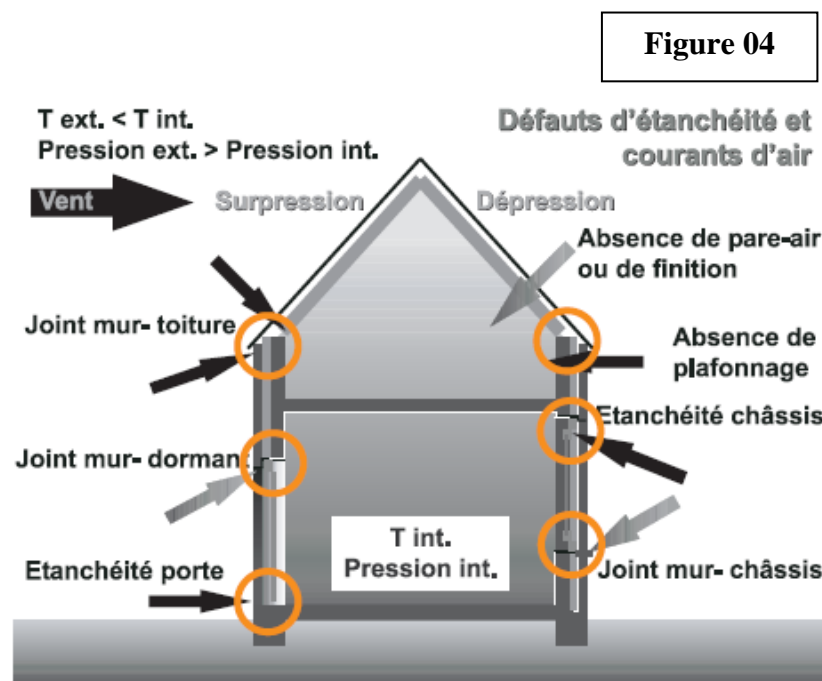
Ces défauts peuvent notamment survenir :

- au niveau des joints entre mur et toiture.
- au niveau des joints entre mur et châssis.
- au niveau des portes.
- par l'absence de pare-air.
- par l'absence de finition ou de plafonnage. • etc.

Le croquis ci-contre illustre les principaux défauts d'étanchéité et de passage d'air que l'on risque de rencontrer dans toute construction. Il est donc important de concevoir une enveloppe la plus étanche possible à l'air mais, pour des raisons d'hygiène et de confort, il est nécessaire de renouveler périodiquement l'air ambiant intérieur.

La ventilation intensive (par ouverture des portes et des fenêtres) ne permet d'évacuer que ponctuellement des odeurs désagréables exceptionnelles et temporaires ou la surchauffe thermique temporaire. Il est important de doter l'enveloppe d'un système de ventilation permanente qui soit efficace.

La ventilation d'un bâtiment peut être gérée par une installation de ventilation naturelle ou mécanique



5-3 la chaleur :

A- Les trois modes de propagation de la chaleur ³³

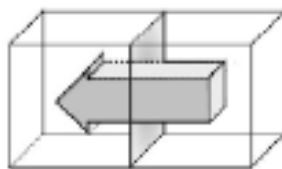
- Conduction

Mode de propagation de la chaleur à travers un corps ou entre deux corps en contact direct. La quantité de chaleur qui va se propager par conduction en un temps donné, est :

- directement proportionnelle à la conductivité thermique des matériaux λ [W/mK] constituant la paroi et à la différence de température entre les deux faces ,
- inversement proportionnelle à l'épaisseur e [m] des lames constituant la paroi. (Cf. Figure05)

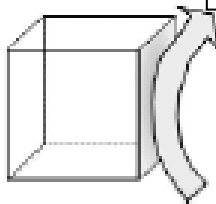
³³ Rapoport, A. (1972). *Pour une anthropologie de la maison*, dubod.p.85

Figure05

**Transfert de chaleur par conduction (AFME)****- Convection**

Transfert de chaleur de la surface d'un corps solide à un milieu gazeux et inversement. L'intensité de l'échange dépend de la différence de température entre la paroi et l'air, de la vitesse de l'air et des caractéristiques géométriques des parois. (Cf. Figure06), Par exemple, un vent froid et violent causera un important refroidissement.³⁴

Figure06

**Transfert de chaleur par convection (AFME)****- Rayonnement ou radiation**

Transfert de chaleur à travers le vide, du gaz ou de l'air. Un corps chaud émet un rayonnement infrarouge qui se propage à travers le vide, un gaz ou un corps transparent aux infrarouges. La composition spectrale de ce rayonnement dépend de la nature et de la température de la surface du corps émetteur. (Cf. Figure07), La quantité de chaleur qu'un corps peut transmettre par radiation est fonction de l'émissivité et de la température de surface du corps récepteur.³⁵

Figure07

**Transfert de chaleur par rayonnement ou radiation (AFME)**

³⁴ Idem³⁵ Idem

B- La position de l'isolation thermique dans la paroi

Du point de vue des strictes performances de résistance thermique, la position de la couche isolante dans la paroi n'a pas d'importance, pour autant que cette couche soit au sec. Mais si l'on veut tenir compte des performances souhaitées en termes d'inertie thermique, d'effusivité thermique des surfaces intérieures des parois extérieures et de la problématique des ponts thermiques, la position de cette couche isolante n'est plus anodine.

Pour un bâtiment, les quatre solutions possibles sont :

- isolation par l'extérieur.
- isolation répartie ou entre deux parois.
- isolation par l'intérieur.
- isolation mixte suivant les parois.³⁶

C- L'inertie thermique

L'inertie thermique d'une paroi ou d'un habitat dans son ensemble a pour effet un déphasage entre l'accumulation de chaleur et sa redistribution en surface des parois et sur la température de l'air intérieur.

Cette propriété est, avec l'isolation thermique, un facteur de confort et d'économie d'énergie.

En effet, un fort volant d'inertie conduit :

- en hiver, à un fonctionnement régulier de l'installation de chauffage. Ce qui permet une puissance installée moindre et des variations de la température intérieure plus lentes et plus réduites, donc plus acceptables.
- en saison d'été, à une température intérieure clémente en soirée et fraîche pendant la journée.
- Le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage

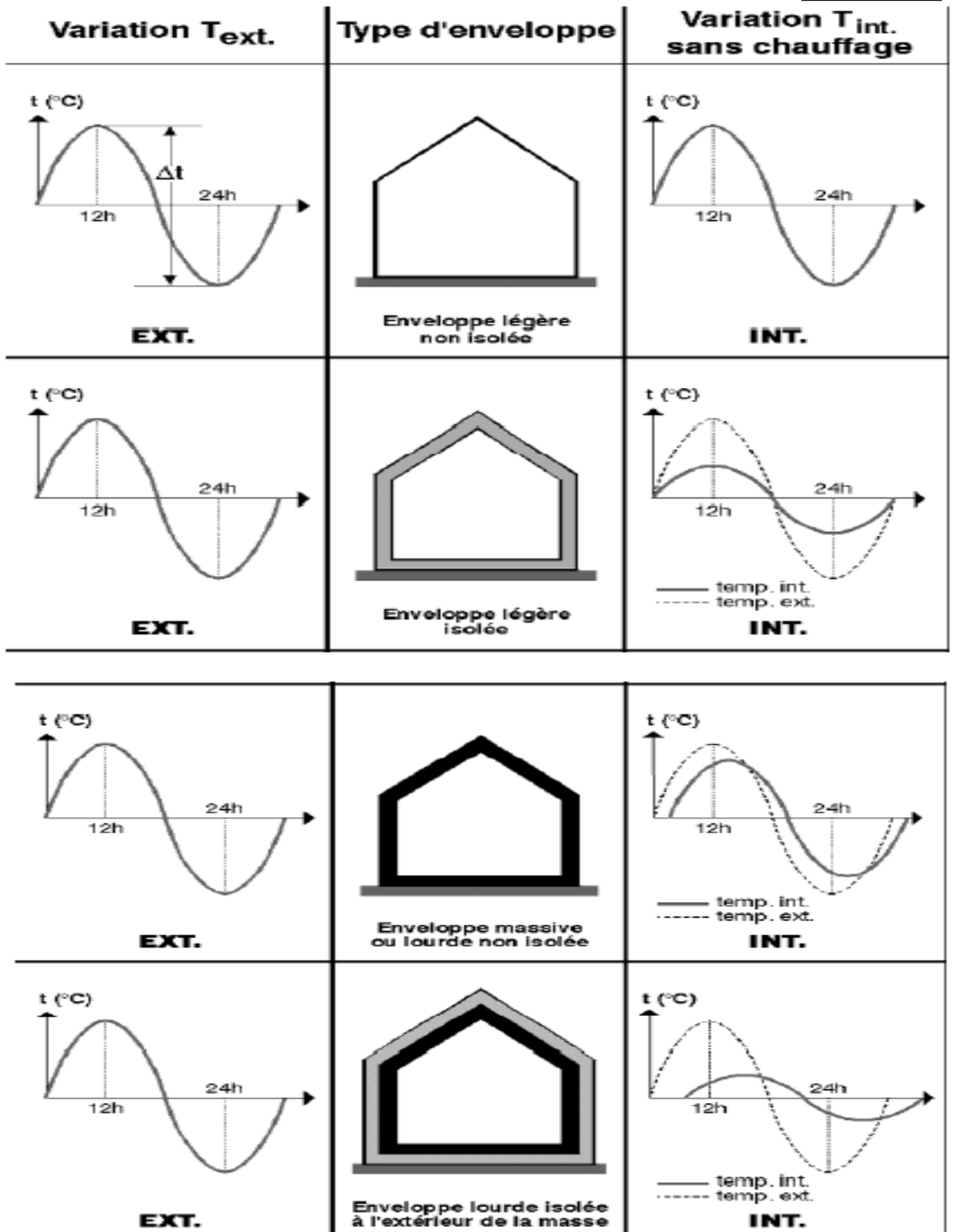
Les graphiques ci-contre donnent successivement le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage (et sans ensoleillement) en fonction de la manière dont le bâtiment est isolé.

On constate dans les cas extrêmes que la température intérieure est directement influencée par les variations de température extérieure.³⁷

Par contre, une enveloppe lourde et isolée par l'extérieur a pour effet un déphasage prononcé et l'ambiance bénéficie d'une très faible variation de température intérieure.

³⁶ Op.cit : **Rapport**, A, *Pour une anthropologie ...*, p.86

³⁷ Idem



Le rapport entre les types d'enveloppes architecturales et l'inertie thermique (CHENG.V)

6- L'enveloppe et l'hygrothermie

*Les principes et outils de conception de l'enveloppe

6-1-La position du soleil³⁸

Elle permet de déterminer les surfaces éclairées suivant les journées et suivant les saisons.

La hauteur α et l'azimut γ déterminent la position du soleil et donc la direction du rayonnement solaire.

6-2-L'éclairement du soleil

Il exprime l'intensité du rayonnement solaire reçu par les surfaces. Cette intensité dépend de la composition de l'atmosphère (poussières, microgouttes d'eau en suspension, molécules d'air et toutes autres particules contenues dans l'atmosphère).

6-3-Les conditions de température

La température extérieure révèle l'ambiance thermique du milieu. Ce critère n'est pas une grandeur physique, cela représente l'état thermique d'un corps.

Dans l'environnement humain, soit dans une couche d'une trentaine de mètres au-dessus du niveau du sol, la température est essentiellement influencée par l'ensoleillement, le vent et la nature du sol. La température varie également suivant la couverture nuageuse ; lorsque les journées sont claires, la température aura tendance à s'élever parce que les radiations reçues à la surface de la terre seront plus importantes. Par contre, lorsque les nuits sont claires, la terre et donc l'atmosphère se refroidit plus à cause des radiations nocturnes.

6-4-Le régime des vents

Les vents ou déplacements d'air sont issus de différences de pression dans l'atmosphère provoquées par des facteurs climatiques complexes.

Vu l'importance des obstacles au sol, le flux d'air est généralement turbulent dans l'environnement humain. Le régime des vents est caractérisé par les directions et les vitesses et permet de prévoir les abris et les surfaces exposées aux échanges thermiques et aux intempéries. Il est important pour le confort des individus de considérer ce facteur climatique lors d'une mission d'architecture car le vent dirige les précipitations³⁹, modifie les échanges par convection sur l'enveloppe ainsi que le niveau d'infiltration dans les bâtiments.

³⁸ M'Sellem, H., & Alkama, D. (2009). Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique: Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol.12, N°3, pp.150

³⁹ Idem

7-La typologie du bâtiment

C'est notamment à travers une "typologie" de bâtiment que l'on peut diminuer cette consommation d'énergie.

En effet, si l'on compare deux bâtiments de volume identique (V), mais de surface totale de déperdition (AT) différente, on constate que les quantités d'isolant et d'énergie nécessaires au confort thermique dépendent de la compacité volumique de l'édifice, c'est à dire du rapport du volume sur la surface totale de déperdition (V/AT)⁴⁰.

Ainsi, pour un même volume V, les quantités d'isolant et d'énergie nécessaires au confort thermique d'une villa quatre façades sont largement inférieures aux quantités d'énergie nécessaires pour obtenir le même confort pour une maison plus découpée et moins compacte. Générée dès la première esquisse, la compacité volumique d'un édifice se révèle donc être un facteur signifiant tant dans la conception architecturale que dans l'utilisation durable de l'énergie (UDE).⁴¹

Plus le rapport de compacité volumique est grand, moins les espaces intérieurs seront en contact avec l'extérieur, les déperditions de chaleur seront donc moindres par unité de volume d'espaces intérieurs.

8-L'enveloppe protégée :

Les surfaces en contact avec les milieux extérieurs devront présenter des performances correspondant aux critères du développement durable.

Ces performances sont liées non seulement aux matériaux utilisés mais aussi aux détails architectoniques que l'auteur de projet met en place.

Le volume protégé V est calculé à partir des dimensions extérieures des ouvrages. Les parois qui séparent le volume protégé de l'ambiance extérieure, du sol ou des espaces voisins ne faisant pas partie du volume protégé, forment l'enveloppe du bâtiment.

La superficie de déperdition thermique AT est définie comme étant la superficie de l'enveloppe du bâtiment. Il s'agit de l'ensemble des parois par lesquelles le volume protégé V de la maison peut perdre de la chaleur.

Les surfaces en contact avec les milieux extérieurs devront présenter des performances correspondant aux critères du développement durable. Ces performances sont liées non seulement aux matériaux utilisés mais aussi aux détails architectoniques que l'auteur de projet met en place.

⁴⁰ Iazard, J.L. (1993). *Architecture d'été : construire pour le confort d'été*, Edisud, Aix-en-Provence.

⁴¹ Idem

9-L'adéquation entre le mode d'occupation et le bâtiment

A- Les apports en énergie

Ils se composent de tous les apports de chaleur dus à l'occupation, l'utilisation et l'équipement des locaux (ce sont les apports internes) et de tous les apports de chaleur dus à l'ensoleillement (ce sont les gains extérieurs).

• Les apports internes

Ce sont tous les apports de chaleur fournis par le système de chauffage lui-même, par les équipements mais aussi les apports de chaleur dégagés par une personne en fonction de son activité.

• Les apports extérieurs

Le rayonnement solaire (direct et diffus) réchauffe les parties opaques de l'enveloppe qui, par conduction, diffusent cette chaleur à l'intérieur du bâtiment.

C'est par effet de serre au travers des parois vitrées et translucides que les gains sont les plus importants.

B- Principe de gains solaires

Le principe consiste à stocker, dans les parois lourdes, les apports solaires directs qui passent à travers les vitrages des fenêtres pendant les périodes de chauffe.

- Périodes de chauffe : les apports solaires directs à travers les vitres se stockeront principalement dans les parois lourdes frappées directement par les rayons. La diffusion à travers l'espace est aussi possible mais moins efficace.

- Périodes d'été : il est important de prévoir un ombrage des surfaces vitrées au sud (SE et SO) :

- soit par la végétation.

- soit par la forme du bâtiment.

- soit par une occultation idéalement extérieure.

C- Les pertes d'énergie : Elles sont constituées des pertes par transmission au travers des parois et des pertes par ventilation.

- **Les pertes par transmission :** Ce sont toutes les pertes de chaleur au travers des parois. La quantité de pertes est liée à la qualité de l'isolation thermique et à la compacité du bâtiment.

- **Les pertes par ventilation**

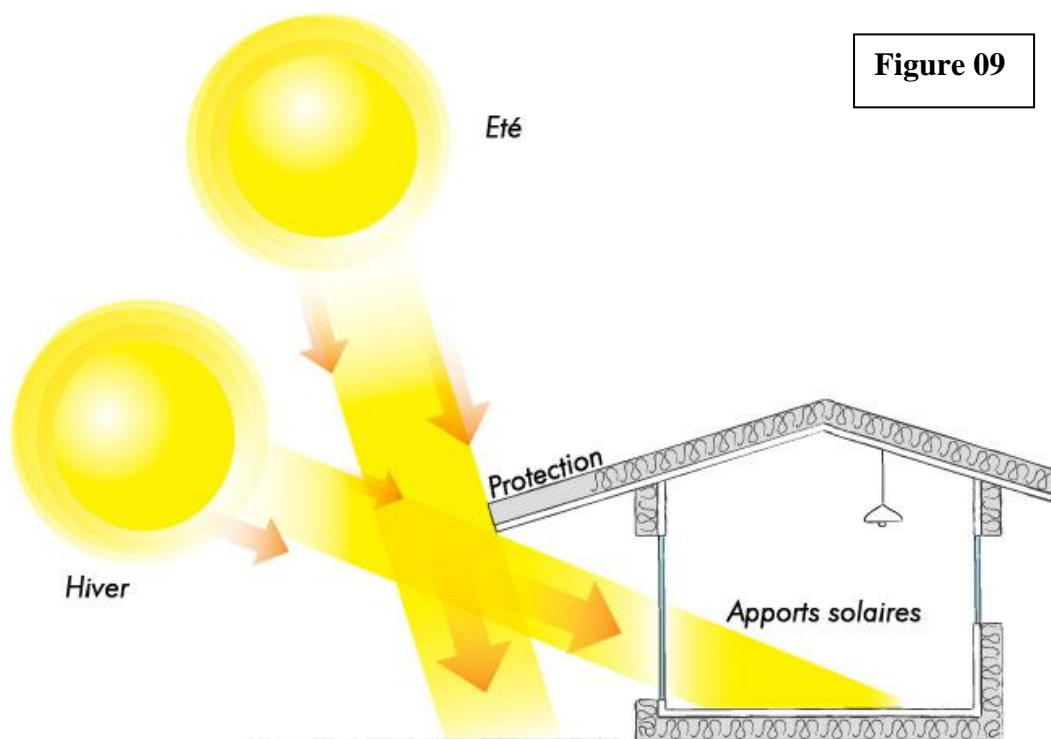
Ce sont toutes les pertes par infiltration ou aération qui sont dues à la ventilation intensive (par ouverture des fenêtres et des portes) et qui proviennent également de l'inétanchéité de l'enveloppe chauffée et du système de ventilation (qu'il soit naturel ou mécanique).

D- Le contrôle des apports en énergie :**• Le contrôle des apports solaires**

Le contrôle des apports solaires est indispensable, car le rayonnement solaire peut produire des surchauffes qu'une régulation usuelle maîtrise mal.

Pour économiser de l'énergie, il est conseillé de rechercher l'effet de serre aux périodes froides de l'année.

Par contre, dans certains cas, cet effet de serre peut engendrer une hausse des coûts liés aux systèmes de conditionnement d'air, notamment lorsque le taux d'occupation est élevé et que de nombreux appareils électriques (ordinateurs, éclairage artificiel, appareils électroménagers, etc...) sont utilisés.



Les apports solaires dans un bâtiment (Mazria, Le guide de la maison solaire 2005)

E- Le mode d'occupation et les occupants

La gestion de l'énergie et la notion de confort reposent également par la relation première entre l'homme et son environnement. Le concepteur devra donc introduire la notion d'occupation et du rythme de vie :

- L'occupation ponctuelle du bâtiment

Il faudra privilégier des matériaux qui pourront se réchauffer rapidement et qui seront "chauds au toucher" comme le bois, le tapis (voir, dans l'annexe 3, la notion d'effusivité thermique).

- L'occupation permanente du bâtiment

Il faudra privilégier la gestion du solaire passif et une construction à forte inertie, c'est-à-dire dont les parois seront capables d'accumuler de la chaleur en période de chauffe et de la retransmettre avec un certain déphasage.

Conclusion de chapitre :

Le bâtiment est considéré comme un secteur économique clé, fortement consommateur d'énergie et émetteur de gaz à effet de serre. On constate que la climatisation et le chauffage consomment une portion non négligeable en matière d'énergie. Pour une meilleure efficacité énergétique des bâtiments, l'exploitation rationnelle et le remplacement progressif des sources d'énergie traditionnelles par des énergies renouvelables, doivent figurer parmi les objectifs de toute politique énergétique viable.

Ainsi, la prise en compte du facteur thermique lors de la conception de bâtiments est à l'heure actuelle un défi qu'il est indispensable de mener afin de trouver le juste compromis entre le confort thermique et les dépenses énergétiques. Un bâtiment performant sur le plan thermique permettra d'atteindre trois objectifs : la protection de l'environnement extérieur, des économies d'énergie, ainsi que l'amélioration du confort thermique.

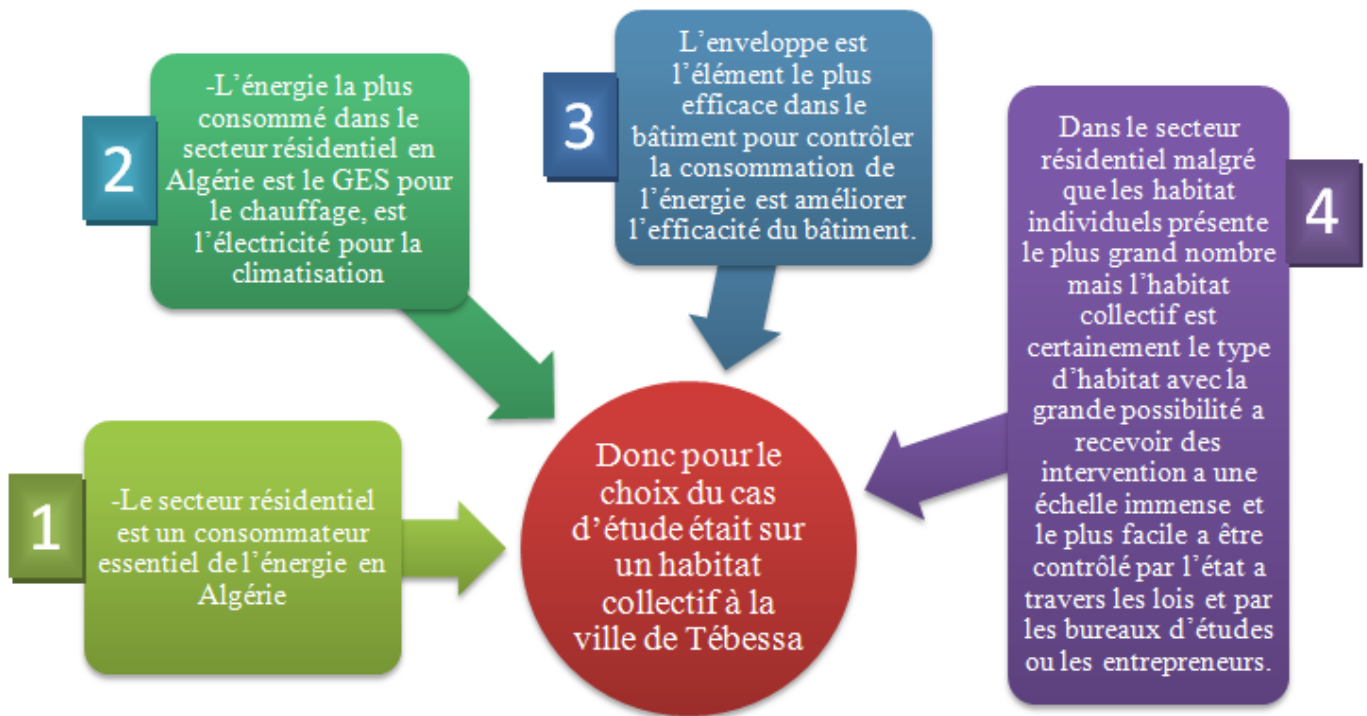
Afin d'assurer le confort thermique et de réduire les besoins énergétiques dans le l'habitat en Algérie, on peut intervenir sur plusieurs paramètres dans le bâtiment lui-même par l'intégration du concept bioclimatique qui vise à utiliser les ressources naturelles renouvelable, ainsi que l'emploi des certains paramètres de conception au niveau de l'enveloppe architecturale du bâtiments pour réduire les dépenses d'énergies consacrées au chauffage et à la climatisation des bâtiments en vue de réaliser un meilleur confort thermique.

Ces éléments et leur relations avec la consommation énergétique seront traités à travers le cas d'étude dans le chapitre suivant

Chapitre III

Analyse de l'efficacité
énergétique de l'enveloppe
dans le cas d'étude Doukkane
(Tébessa)

D'après les synthèses obtenues des chapitres précédents, il est à noter que :



Ce chapitre est consacré à l'évaluation d'un exemple pour obtenir les solutions des problèmes liés au thème de recherche dans le but de cerner les principaux rapports entre l'enveloppe architecturale et la consommation de l'énergie dans le bâtiment, Le choix du cas d'étude est devenu nécessaire pour mieux connaître la méthode pour avoir l'enveloppe architecturale favorable pour l'habitat collectif de la ville de Tébessa, Accompagné de l'analyse de l'enveloppe architecturale pour comprendre son impact à l'efficacité énergétique des bâtiments,

1- Présentation de cas d'étude ⁴²

<p>Quartier : 960 logts à Doukkane</p> <p>Ville : Tébessa</p> <p>Programmé par : la MHUV</p> <p>Lancé par : l'OPGI</p> <p>Année du lancement du projet : 2013</p> <p>Délai : 27 mois</p>	<p>En cours de réalisation</p> <p>Taux total d'avancement : 5%</p> <p>Type de logements : habitat collectif LPL, F3</p> <p>Ce quartier présente le projet de l'habitat collectif le plus récent à Tébessa.</p>
--	--

⁴² OPGI Tébessa, 2013

1-1-Situation :

Le quartier est la partie D du cité 2440 logs, dans la zone 3 de l'extension du Doukkane (4 km du centre ville), situé dans Le P.O.S. n°28 au sud de la ville de Tébessa en continuité avec le tissu existant du côté d'el Djorf. Qui est limité par :

- Au nord : les P.O.S. 24
- A l'est : P.O.S. 19 et 29
- Au sud et à l'ouest : la forêt

1-2 Accessibilité :

Le terrain du P.O.S. est limitrophe au tissu existant, en conséquence il bénéficie d'une accessibilité très facile et variée à partir du réseau de voirie existant. Mais reste le C.W. 08 l'accès principale du côté nord.

Le quartier de 960 logs est limitrophe par les autres parties (A,B,C) du quartier 2440 logs et par 2 oueds dans les deux cotés

1-3-Morphologie du terrain du quartier :

Le site est un terrain accidenté traversé par un réseau hydrographique important composé de grands oueds qui traversent la ville et causes des dégâts considérables dans les zones basses au nord.

La présence de ces oueds a décomposé le site en plusieurs entités morphologiques sous formes de collines ce qui rends difficile la liaison de ces entités. (CF photo01 ;02)



Photo01



Photo02

(Fiche technique du Pos 28, DUC de tebessa 2012)

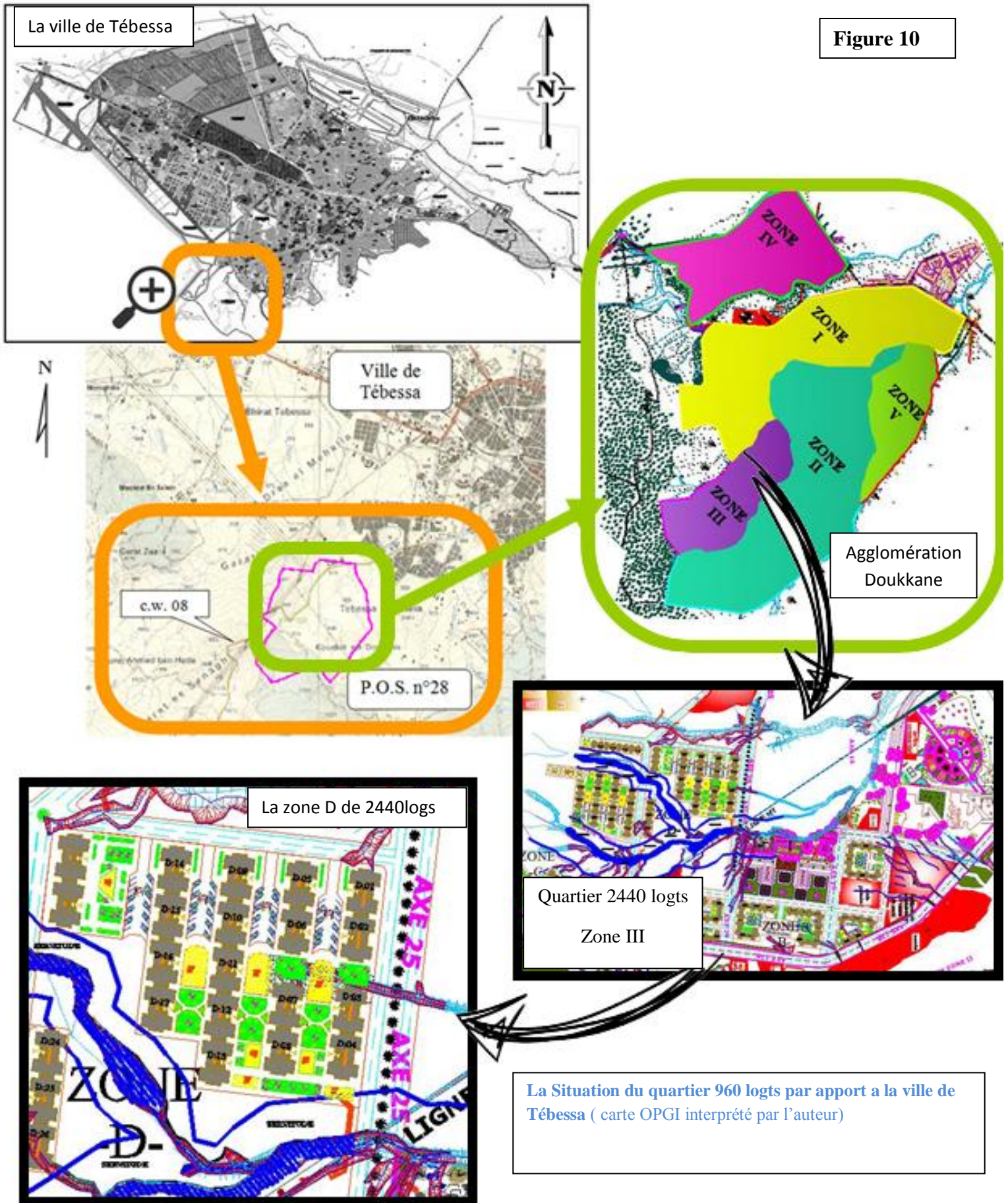


Figure 10

La Situation du quartier 960 logts par apport a la ville de Tébessa (carte OPGI interprété par l'auteur)

2-Etude générale de climat de la ville de Tébessa

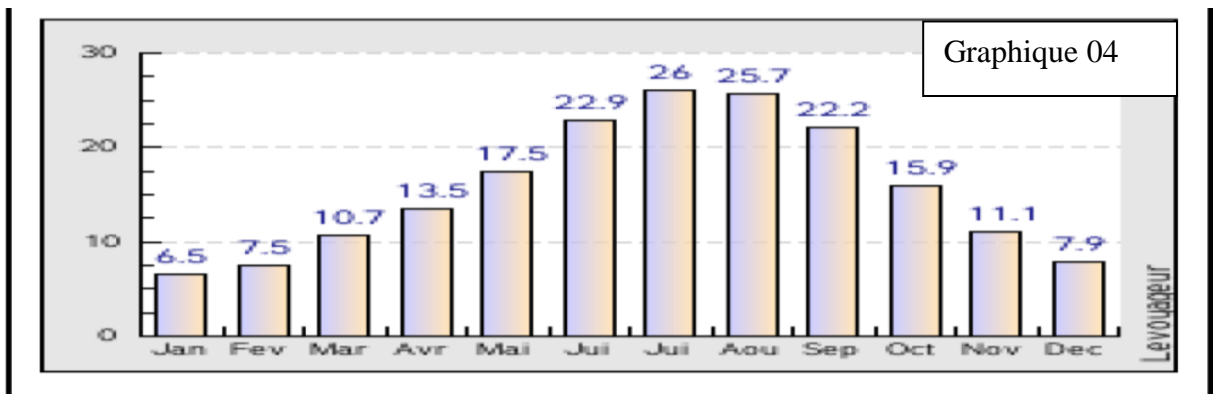
La démarche de ce travail consiste en une évaluations des recommandations retenue a travers les tables de Mahoney, afin d' avoir des recommandation il faut passer par une présentation de la climatologie dans la ville de Tébessa

2-1-La température :



Les températures minimum et maximum de la ville de Tébessa 2014 (InfoClimat)

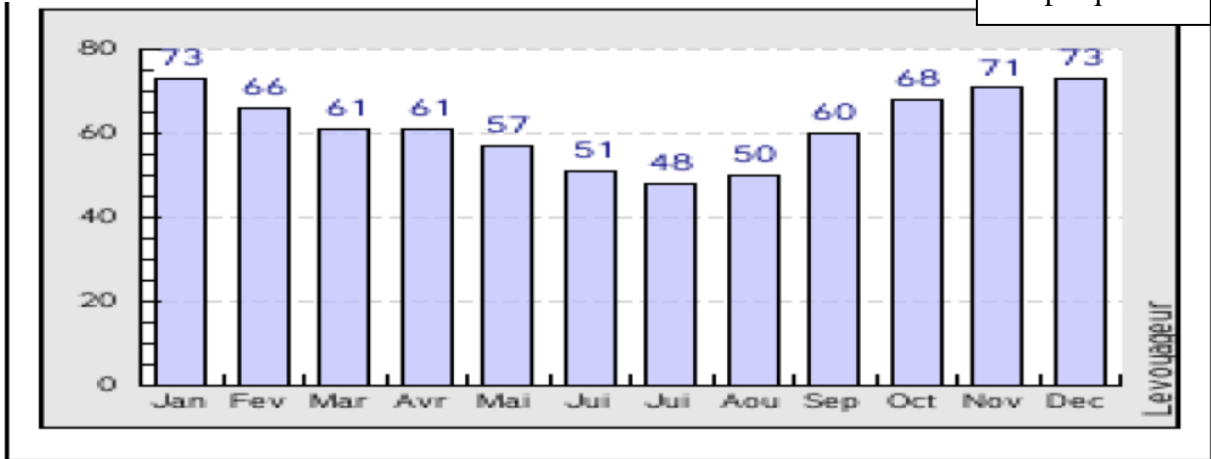
- La température moyenne annuelle est de 15,9°c.
- la température moyenne des maximale à 29,9°c.
- la température moyenne de minimale 9,8°



Les températures moyennes de la ville de Tébessa 2014 (InfoClimat)

2-2-L'humidité :

Graphique 05

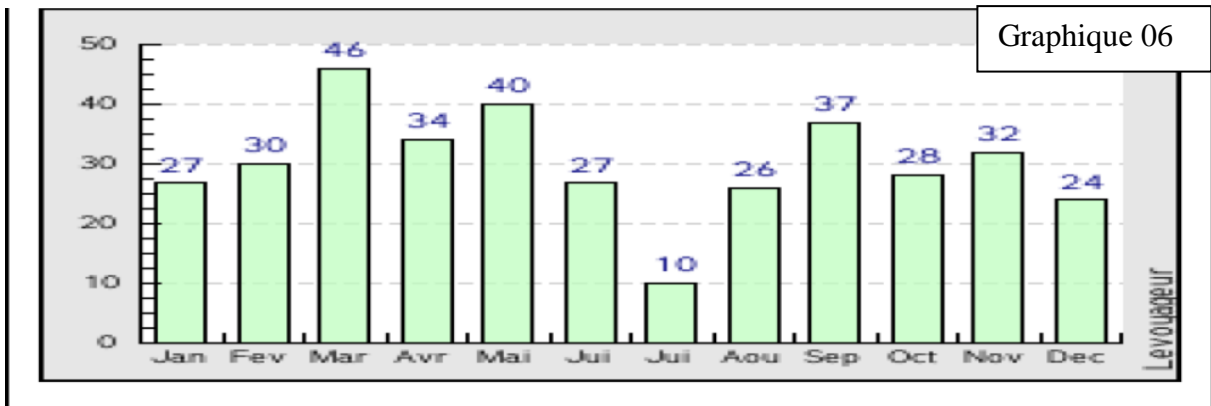


L'humidité relative dans la ville de Tébessa, 2014 (InfoClimat)

- l'humidité relative de l'air est faible estimé a une moyenne de 47,4%.
- la plus élevées est enregistrée au mois de décembre (73%).
- la plus faible au mois de juillet et de août est entre 43% .

2-3-Précipitation :

Graphique 06

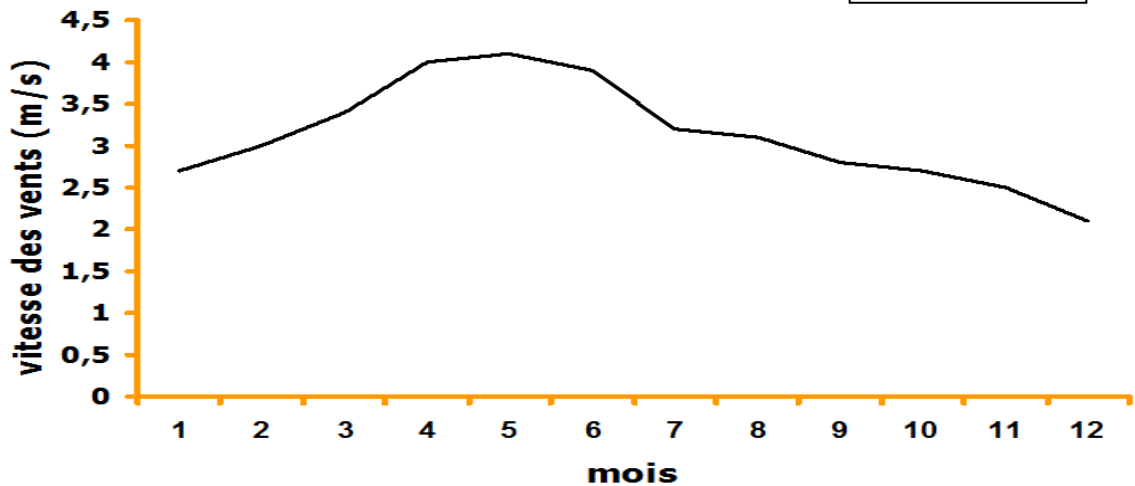


Précipitation en mm dans la ville de Tébessa 2014 (InfoClimat)

- quantité de précipitation annuelle 361mm
- En général, on enregistre quatre averses par ans, une en mars - mai
- Une en novembre, une en décembre et une autre en janvier

2-4-Les vents :

Graphique 07



La vitesse des vents dans la ville de Tébessa, 2014 (InfoClimat)

Les vents sont fréquents et violents surtout durant la période s'étalant de mars à juillet.

3-L'évaluation de la performance énergétique des bâtiments

Pour bien évaluer la performance énergétique de l'enveloppe du cas d'étude on peut utiliser des plusieurs méthodes,

L'une de ces méthodes est l'évaluation a travers les diagrammes bioclimatiques

3-1-Les diagrammes bioclimatiques :

Les diagrammes bioclimatiques sont des indices effectués pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de ramener les conditions intérieures dans la zone de confort ou le plus proche possible de cette zone.

Parmi les outils les plus connus dans ce domaine on peut citer le diagramme bioclimatique d'Olgay, celui de Givoni, les tables de Mahoney, la méthode de Szokolay ainsi que celle de Novell.

Dans cette recherche on va choisir les tables de mahoney pour évaluer l'impact de l'enveloppe

3-2-Les tables de Mahoney

Il s'agit d'une forme d'outil d'évaluation de confort hygrothermique développé par le département des études tropicales de l'association architecturale à Londres qui relève d'une méthodologie pour la conception de bâtiments conformément au climat [Sayigh et al., 1998].

Cette méthodologie est décomposée en trois étapes :

- études des projets au stade du croquis.
- élaboration du projet.
- détails d'exécution des ouvrages.

La première et la troisième phase font intervenir les tableaux et la deuxième présente une série de système de plans types (individuel, semi collectif, collectif) pour différents climats [Celaire et Huet, 1986].

L'interprétation des données climatiques à l'aide d'une série de tableaux permet de déboucher assez rapidement sur des recommandations concernant les éléments architecturaux d'un projet. Cette méthode fait intervenir en plus de la température et l'humidité, la notion de confort diurne et nocturne.(Cf. Annexe 03)

3-2-1-Application tableaux de Mahoney

Tableau des températures

													Tableau 03	
	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	La + haute	TAM
Tmax	20	20.5	25.5	29.5	30.5	35	37	36.5	32.5	27.5	21.5	18.5	37	17.12
Tmin	-2.75	-2	2	1.5	5.5	9.5	13	13	9.5	9	1	-2.5	La + basse	EAT
EDT	22.75	22.5	23.5	28	25	25.5	24	23.5	23	18.5	20.5	21	-	39.75
													2.75	

(Auteur)

Tableau d'Humidité, pluie et vents

													Tableau 04	
	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc.	Groupe Hygrométrique GH	
Hmax	76	73	67	62	61	50	45	47	61	66	70	78	<=30%	1
Hmin	61	56	51	48	44	39	35	38	47	53	58	60	30-50%	2
Hmoy	68.5	64.5	59	55	52.5	44.5	40	42.5	54	59.5	64	69	50-70%	3
GH	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	>=70%	4
Pluie	27	30	46	34	40	27	10	26	37	28	32	24	Totale Annuel Pluie	
Vent direction	340/30	300/26	20/26	140/25	26/37	230/21	80/30	20/26	20/24	300/26	140/25	300/23	361 mm	
	3.4	3.6	3.5	4.4	3.3	3.3	3.4	2.7	3	2.9	3	3.4		

(Auteur)

Tableau de Confort

Tableau 05

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc.
GH	50-70	50-70	50-70	50-70	50-70	30-50	30-50	30-50	50-70	50-70	50-70	50-70

(Auteur)

Tableau des Températures min/max

Tableau 06

		Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc.
Tmax		20	20.5	25.5	29.5	30.5	35	37	36.5	32.5	27.5	21.5	18.5
Confort diurne	Max	28	28	28	28	28	30	30	30	28	28	28	28
	Min	21	21	21	21	21	22	22	22	21	21	21	21
Tmin		-2.75	-2	2	1.5	5.5	9.5	13	13	9.5	9	1	-2.5
Confort nocturne	Max	21	21	21	21	21	22	22	22	21	21	21	21
	Min	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

(Auteur)

Tableau des sensations Thermiques

Tableau 07

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc.	
Jour	F	F	/	C	C	C	C	C	C	/	/	F	C : Chaud
Nuit	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	/: Confort
													F : Froid

(Auteur)

Tableau des limites de confort

Tableau 08

GH	TAM >= 20		15 <= TAM <= 20		TAM <= 15	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	26 - 34	17 - 25	23 - 32	14 - 23	21 - 30	12 - 21
2	25 - 31	17 - 24	22 - 30	14 - 22	20 - 27	12 - 20
3	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	12 - 19
4	22 - 27	17 - 21	20 - 25	14 - 20	18 - 24	12 - 18

(Auteur)

Tableau des Indicateurs

Tableau 09

	Stress thermique	GH	EDT	Pluie
H1	C. Diurne & C. Nocturne	2 ou 3 ou 4	< 10°	
H2	/ Diurne	4		
H3				>200 mm
A1		1 ou 2 ou 3	>10°	
A2	C. Nocturne	1 ou 2		
	C. Diurne & /.Nocturne	1 ou 2	>10°	
A3	F. Diurne & F. Nocturne			
H1, H2 & H3 : indicateur d'humidité				
A1, A2 & A3 : indicateur d'aridité				

(Auteur)

Tableau des indicateurs obtenus

Tableau 10

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc.	Totale
H1 : Ventilation essentielle													00
H2 : Ventilation désirable													00
H3 : Protection pluie	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	12
A1 : Inertie thermique	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	12
A2 : Dormir dehors													00
A3 : Protection saison froide	×	×										×	03

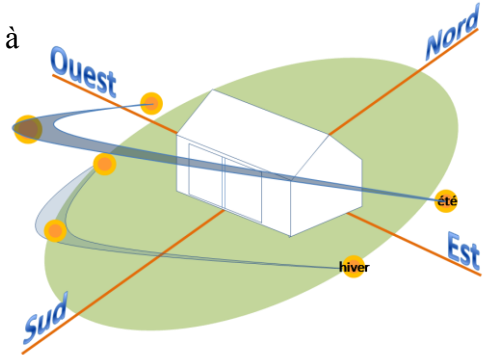
(Auteur)

Totaux indicateurs						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Tableau des recommandations </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Tableau 11 </div>
Humide			Aride				
H1	H2	H3	A1	A2	A3		
00	00	12	12	00	03		
Plan de Masse						bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil	
			0-10				
			11 ou 12			→	Plan compacts avec cours intérieure
Circulation d'air						bâtiments à simple orientation, dispositions permettant une circulation d'air permanente	
3-12							
1 ou 2	2-12		0-5				
			5-12			→	Bâtiments à double orientations permettant une circulation d'air intermittente
0	0 ou 1						Circulation d'air inutile
Dimensions des ouvertures						Grandes 40-80 % des façades nord et sud	
			0 ou 1		0		
					1-12		Moyenne 25-40 % de la surface des murs
			2-5				Petites 15-25 % de la surface des murs
			6-10				
			11 ou 12		0-3	→	Très petites 10-20 % de la surface des murs
					4-12		Moyenne 25-40 % de la surface des murs
protection des ouvertures						exclure le rayonnement direct	
					0-2		
		0-12				→	assurer la protection des ouvertures
Murs						matériaux léger, avec capacité thermique faible	
			0-2				
			3-12			→	matériaux lourd, avec un décalage de température de plus de 8 heures
Toitures						matériaux léger, avec une surface réfléchive, (corps creux)	
10-12			0-2				
			3-12				matériaux léger, avec une bonne isolation
0-9			0-5				
			6-12			→	matériaux lourd, avec un décalage de température de plus de 8 heures

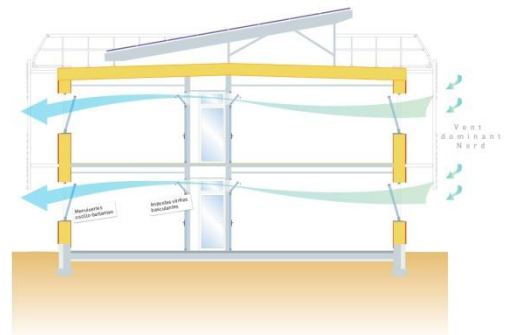
4-Recommandations envisagées

D'après la recherche faite dans le chapitre précédents et les resultat obtenus par l'application des tables de MAHONEY au climat de la ville de Tébessa on peut déduire les recommandations suivantes :

4-1-Orientation : Sud et Nord (Long axe de l'Est à l'Ouest). Pour un ensoleillement optimal



-Bâtiments à double orientations permettant une circulation d'air intermittente donc prévoir le maximum de ventilation naturelle



4-2- Le Plan de masse : Il doit être compact avec cour a l'intérieure et le bâtiment doit être allongé le long de l'axe Est-ouest pour profiter d'une large façade d'ensoleillement donnant sur le sud.



4-3-Les parois :

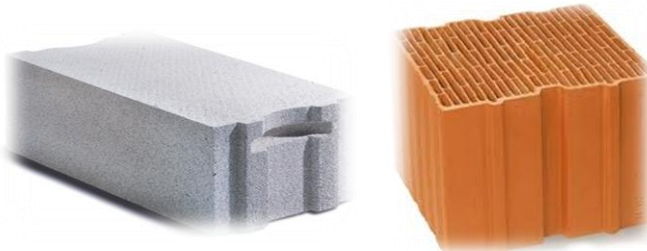
- Murs extérieurs et intérieurs à grande inertie (Matériau ayant une grande masse thermique) permettant un temps de déphasage supérieur à 8 heures.

La conductivité thermique des matériaux utilisés dans les parois

Tableau 12

matériaux de base	épaisseur	masse volumique	chaleur spécifique	conductivité thermique	résistance thermique brute	capacité thermique	diffusivité thermique	temps de transfert
symbole	e	ρ	C	λ	R (=e/ λ)	= $\rho \cdot C$	= $\lambda / (\rho \cdot C)$	
unité	cm	kg/m ³	Wh/kg.K	W/m.K	K/W	Wh/m ³ .K	m ² .h	h
parpaing creux	20	1300	0.18	1.05	0.19	234	4.5E-03	4.1
brique creuse	20	650	0.25	0.45	0.44	163	2.8E-03	5.2
brique à alvéoles	30	850	0.25	0.15	2.00	213	7.1E-04	15.6
brique à alvéoles	37.5	850	0.25	0.15	2.50	213	7.1E-04	19.5
beton cellulaire	30	400	0.28	0.13	2.31	112	1.2E-03	12.2
beton cellulaire	37	400	0.28	0.13	2.85	112	1.2E-03	15.0
bois léger	9	400	0.76	0.12	0.75	302	4.0E-04	6.2
laine minérale compactée	8	90	0.24	0.04	2.00	22	1.9E-03	2.6
polystyrène expansé	8	18	0.38	0.039	2.05	7	5.7E-03	1.5
polystyrène extrudé	8	30	0.33	0.029	2.76	10	2.9E-03	2.0
plâtre	1	900	0.26	0.35	0.03	234	1.5E-03	0.4
plaque de plâtre BA10	1	790	0.22	0.33	0.03	175	1.9E-03	0.3
laine de bois	8	150	0.75	0.041	1.95	113	3.6E-04	5.8

Source :(AFME)



L'isolation dans les parois :

- l'isolation par l'extérieur est favorable, a cause d'éviter les problèmes liées au surfaces intérieurs des pièces , ainsi que l'isolation par l'extérieur assure la continuité de l'isolation, et éviter les problèmes des fuites et les ponts thermiques. l'isolation par l'extérieur est aussi plus compatible a la rénovation des bâtiments existants Cf (photo03 ; Figure 11)



Photo 03

Isolation des murs par l'extérieur

(Les façades idéales, Frantz Lucie)

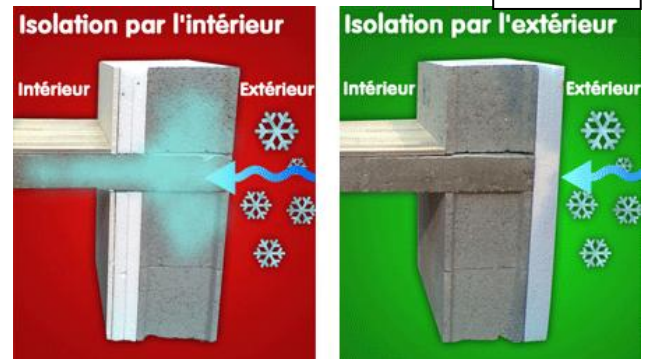


Figure 11

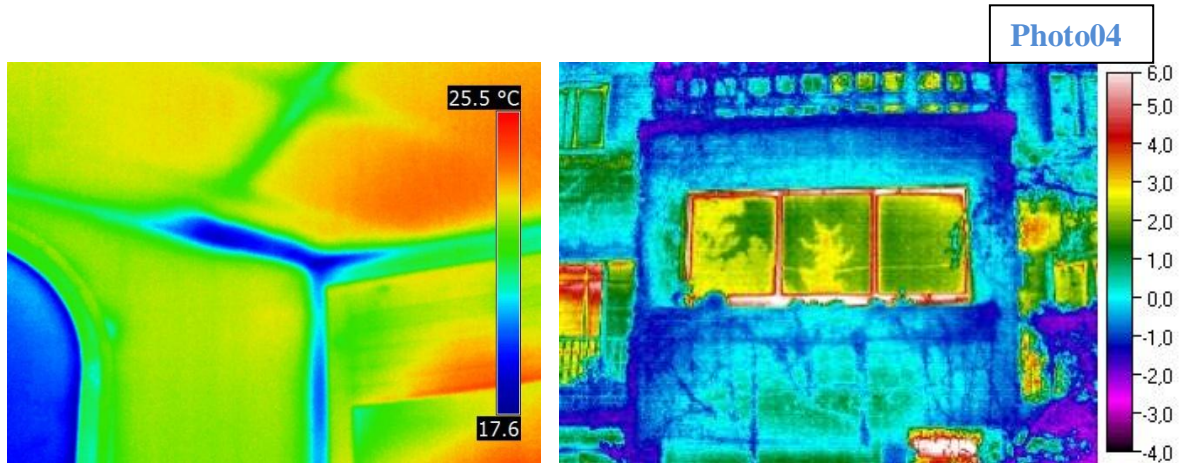
La différence entre l'isolation Int. et Ext.

(Conseil économie écologique)

4-4-La forme de l'enveloppe:

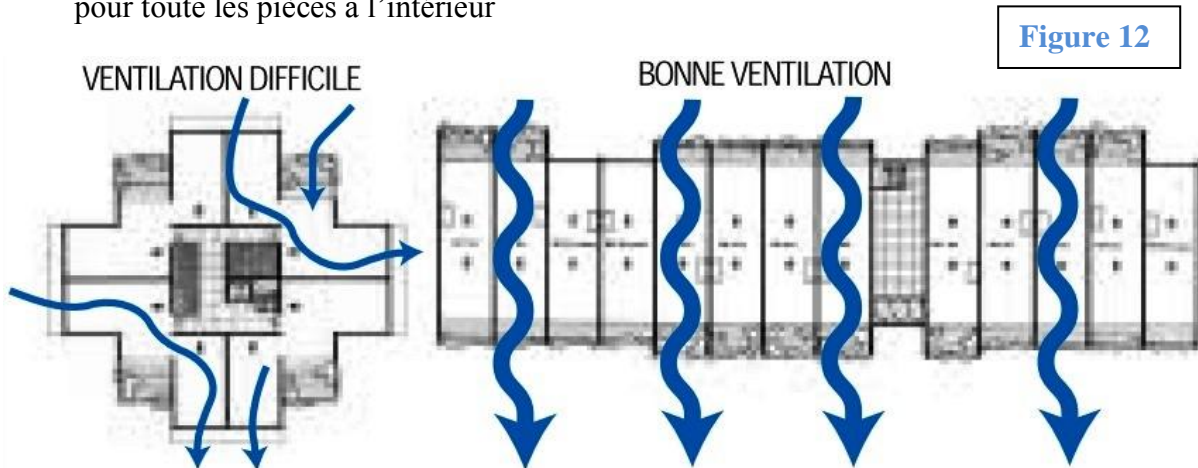
La forme compacte est recommandée dans la ville de Tébessa selon les résultats des tables de mahonne car cette forme aide à :

- diminuer la surface extérieure exposée aux différents facteurs climatiques déjà cités
- la complexité de la forme cause l'augmentation du nombre des décrochements dans le bâtiment, c'est-à-dire que ça va amplifier de la possibilité d'avoir les ponts thermiques



Les ponts thermiques dans un bâtiment (audit et conseil thermique, lorraine)

- le plus la forme est simple le plus elle donne la possibilité pour avoir une bonne ventilation pour toute les pièces a l'intérieur



Le rapport entre la forme du bâtiment et la ventilation (audit et conseil thermique, lorraine)

4-5-Les ouvertures :

Le dimensionnement des ouvertures

-d'après les résultats obtenues par les tables de mahoney, Le climat de la ville de Tébessa implique une taille des ouvertures entre 10-20 % de la surface des murs

Photo05



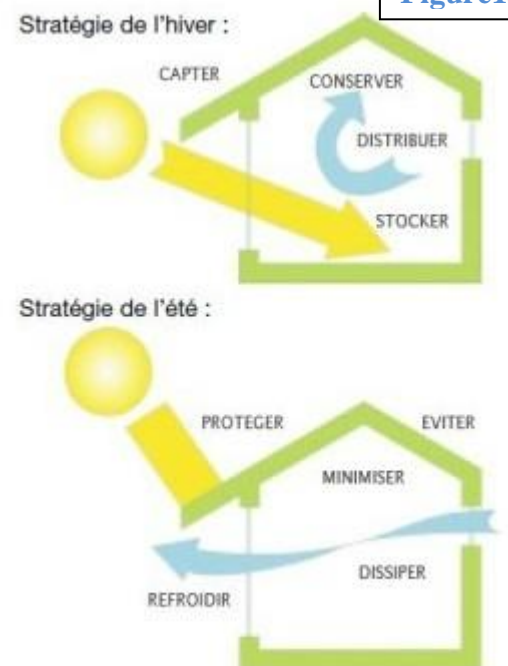
Un habitat collectif avec des ouvertures en petite taille (Avivre magazine)

- orientation des ouvertures

Les vitres verticales orienté vers le sud présentent la meilleur orientation parce que :

- C'est l'orientation privilégié pour capter le maximum d'énergie solaire en hiver
- facile à protéger en été
- petite ouverture dans les coté est-ouest car ils reçoivent le minimum d'énergie solaire en hiver et présente un risque de surchauffe en période d'été surtout pour le coté ouest dans l'après midi

Figure13



L'orientation des ouvertures
(Avivre magazine)

Positionnements des ouvertures

- Prévoir des ouvertures hautes dans les murs intérieurs. (D'après Mahoney)

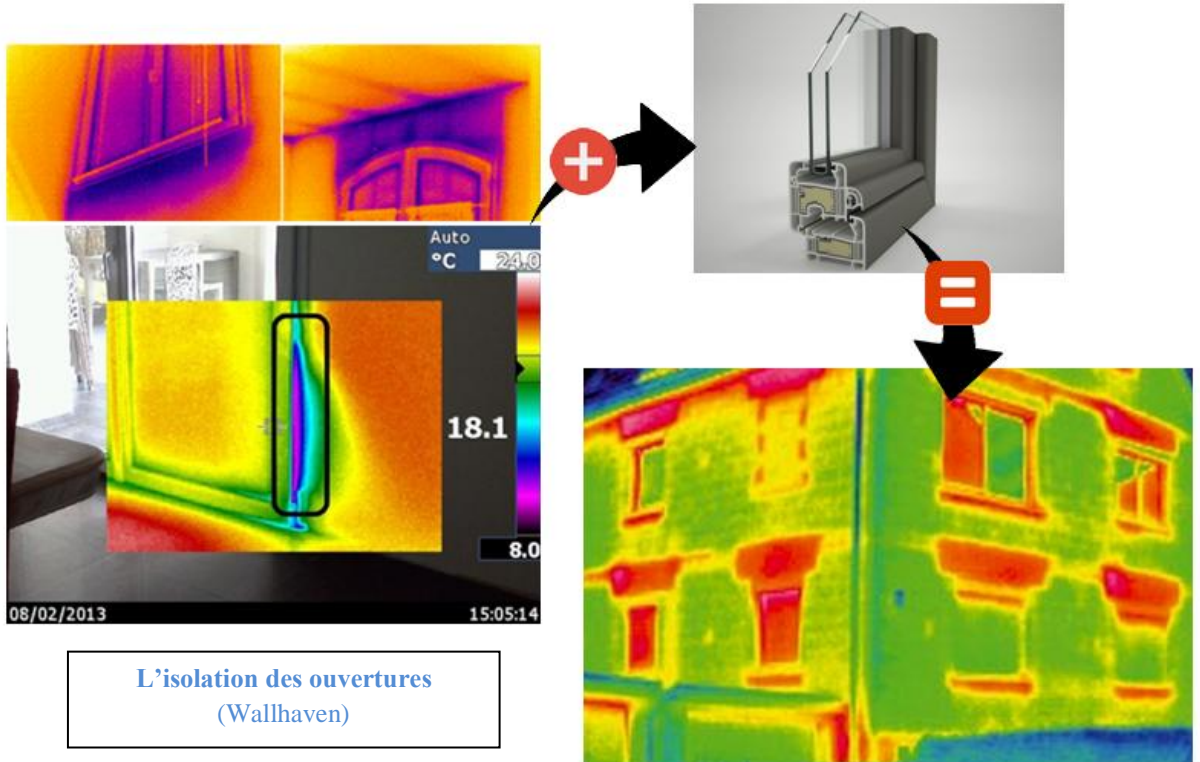
Photo06**Ouverture haute dans les murs (Wallhaven)****Protection des ouvertures :**

A-Protection nécessaire contre le soleil : Mise en place d'un système de protection autour de l'ouverture sur les cotés de rayonnement solaire pour éviter le surchauffement dans la période d'été, à travers la persienne et les brises soleil B-Protection contre les ponts thermiques :25 % des pertes thermiques sont dues aux fenêtres et portes peu étanches. Une bonne isolation thermique des fenêtres est essentielle pour réduire la consommation énergétique dans le bâtiments et pour atteindre le confort thermique.

Photo07**Protection des ouvertures (Wallhaven)****Les paramètres influant sur le rendement d'isolation des ouvertures :**

- le vitrage : le double vitrage est très favorable pour obtenir une bonne isolation, ainsi que le vitrage fumé ou réflecteur pour diminuer la quantité de rayonnement solaire dans la saison chaude
- les joints isolants : autour des ouvertures, et dans les coins de la structure extérieure

- les matériaux et la forme de la structure : le choix des matériaux performants, consiste à des reprises des ponts thermique. Le PVC est le plus favorable

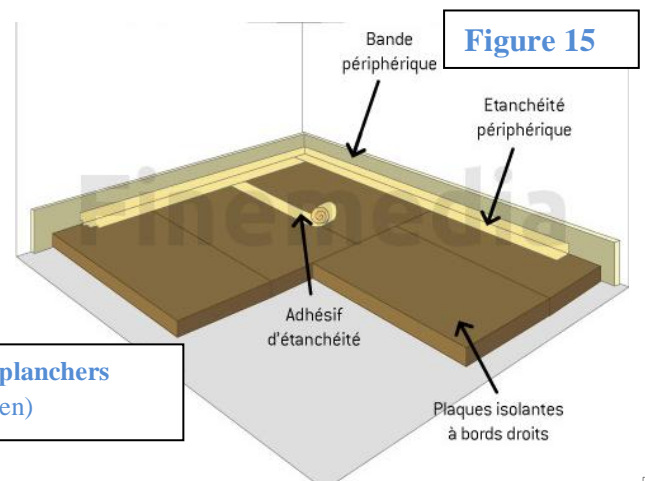
Figure 14

4-6-Le toit :

- d'après la recommandation des tables de mahoney : Les Planchers doivent être massifs (épais et lourd), permettant un temps de Déphasage supérieur à 8 heures.

- il faut assurer une bonne isolation thermique dans les planchers surtout au niveau de la liaison avec la structure du bâtiment, qui contient une déperdition de chaleur considérable

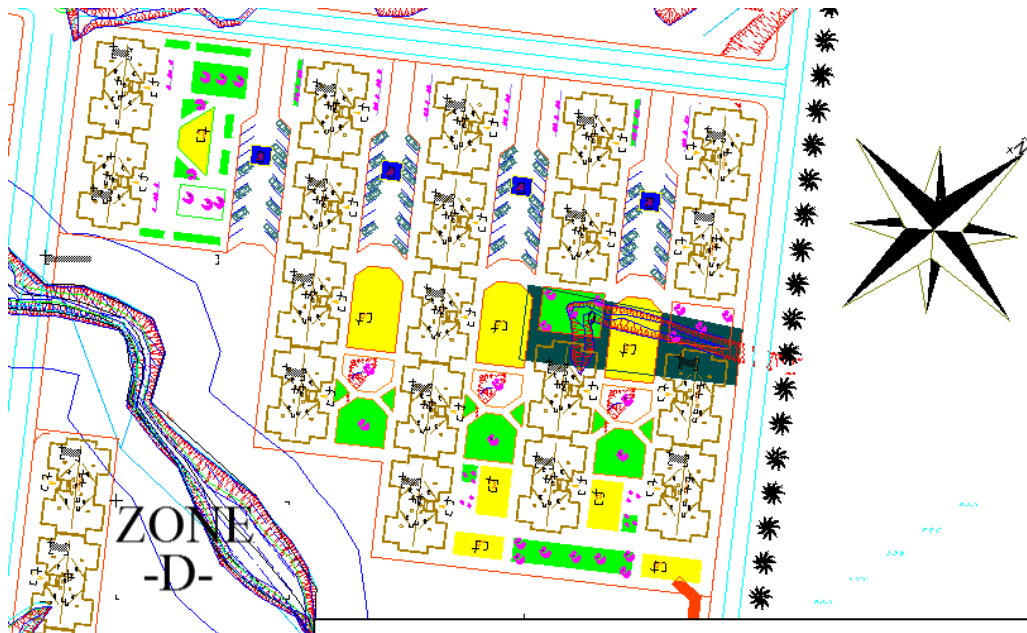
- l'utilisation des matériaux ou des couleurs réfléchissants au sommet des bâtiments pour réduire la quantité de chaleur reçue par le soleil



L'évaluation du cas d'études :

1- Plan de masse

Carte01



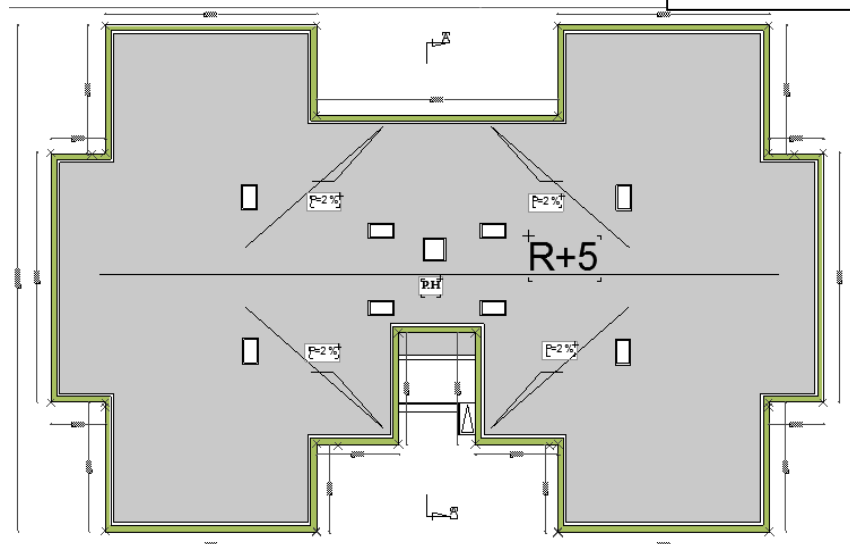
Plan de masse, Quartier 960logts (OPGI 2013)

La zone D, et avec 26 blocs avec la même conception et la même orientation (Nord Ouest/ Sud Est) sur l'axe longitudinale

Mais l'orientation optimale recommandée par les tables de mahoney est (Nord-Sud) (Cf carte01)

2- La forme

Figure 16



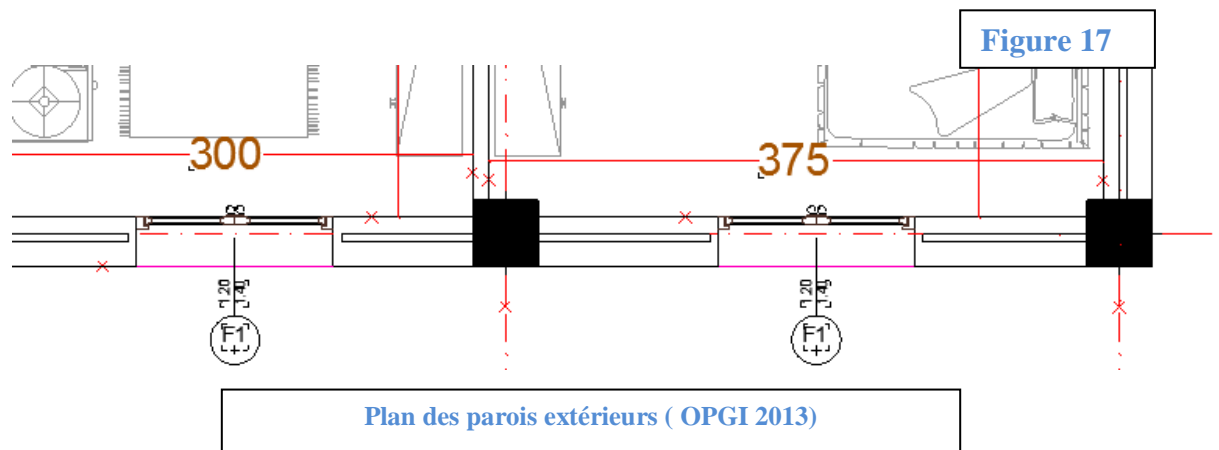
La Forme des Blocs, Quartier 960logts (OPGI 2013)

La forme des blocs barres est compacte en double orientation, avec 28 angles de décrochement (Cf. Fig16)

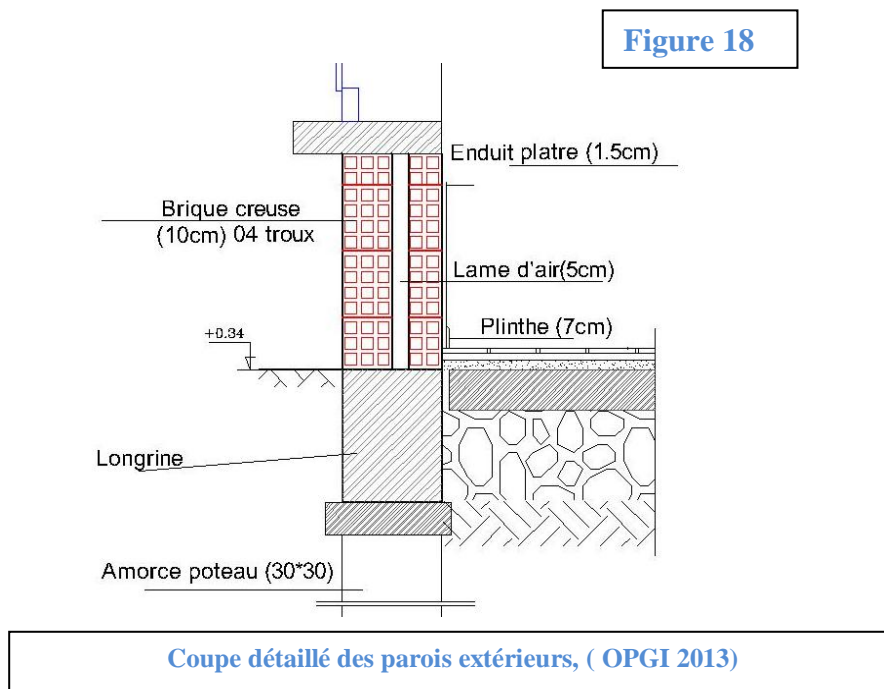
Selon les recommandations c'est mieux d'avoir une forme simple avec un nombre réduit des joints entre les différents matériaux de construction

3- Les parois

Les murs extérieurs de l'enveloppe est en double cloison de briques de 10 cm/15cm séparées par une lame d'air de 5cm. Le revêtement extérieur est en enduit de ciment (Cf Fig 17)

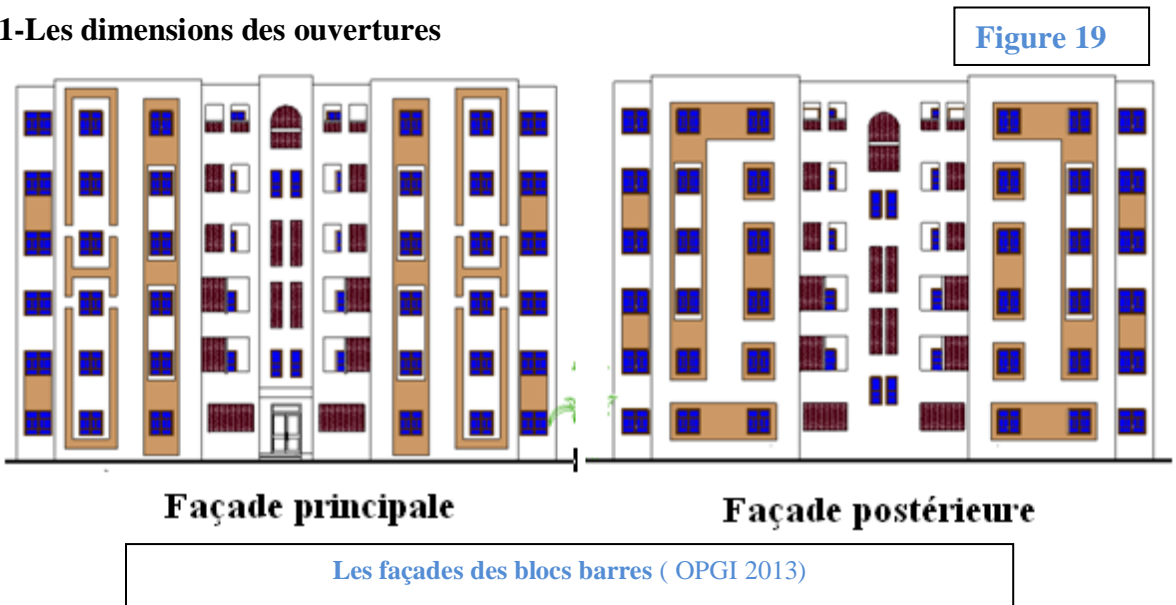


On remarque l'absence de l'isolation intérieure et extérieure dans les parois Et l'utilisation des matériaux a faible inertie thermique (Cf.Fig 18)



4- Les ouvertures

4-1- Les dimensions des ouvertures



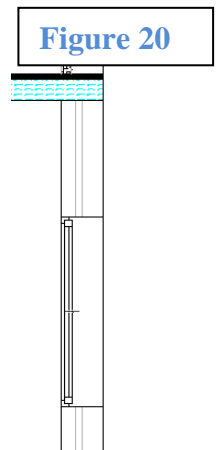
Ouvertures entre 22 % et 24% , Mais d'après les recommandations de Mahoney, Il faut prévoir des Ouvertures très petites 10-20% de la surface des murs (Cf.fig19)

4-2- Position des ouvertures

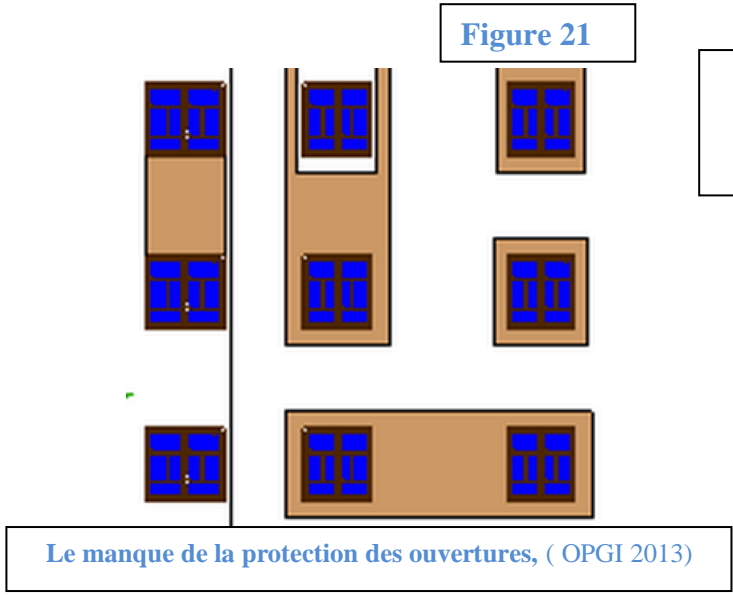
Les ouvertures sont a 1 mètres d'hauteur, alors ils ne sont pas haute (Cf.Figure 20)

4-3- Protection des ouvertures

On remarque l'absence du protection contre le soleil au niveau des ouvertures dans tous les façades (Cf Figure 21)

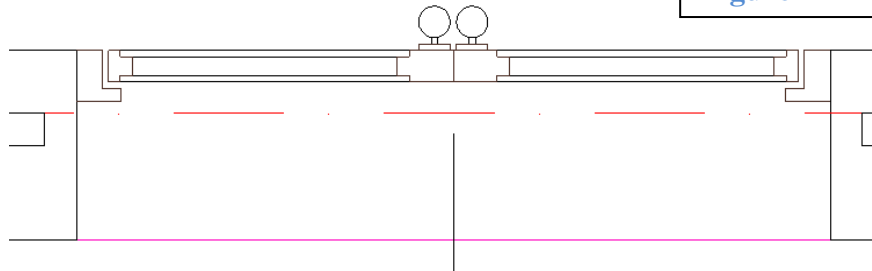


Position des ouvertures dans les parois extérieurs, (OPGI 2013)



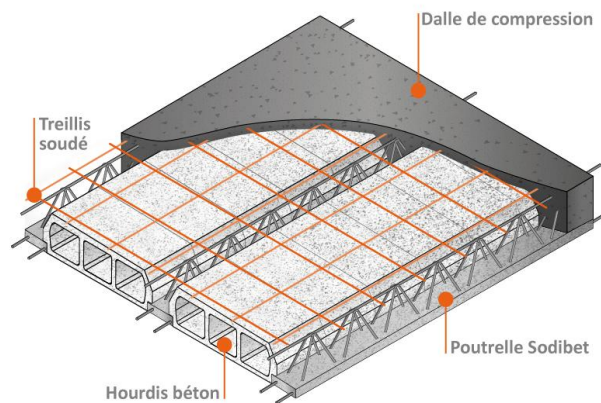
4-4L'isolation des ouvertures

L'absence de l'isolation dans les ouvertures et l'utilisation des matériaux a faible inerties, et un vitrage simple (Cf. Fig22)

Figure 22**Le manque de l'isolation dans les ouvertures, (OPGI 2013)**

Les planchers:

Sont réalisés en poutrelles et hourdis avec dalles de répartition coulées. (Cf. Fig23)

Figure 23**Coupe détaillée du plancher, (OPGI 2013)**

D'après les recommandations de Mahoney et Givoni , les Planchers doivent être massifs (épais et lourd), permettant un temps de Déphasage supérieur à 8 heures.

5- Les points Forts et les points faibles d'après l'analyse

Les recommandations	D'après l'analyse		
	Oui	Non	insuffisant
Orientation : Sud et Nord (Long axe de l'Est à l'Ouest).		✓	
Plan compacts avec cours intérieure			✓
Bâtiments à double orientations	✓		
Ouvertures Très petites 10-20 % de la surface des murs			✓
Protection nécessaire contre le soleil		✓	
Forte inertie : utilisation matériaux lourds comme la pierre, la brique creuse et le béton armé dans Murs extérieurs et les planchers)		✓	
L'isolation dans les ouvertures		✓	
L'isolation dans les murs a l'extérieur		✓	
L'isolation dans les murs a l'intérieur		✓	
L'utilisation des matériaux/ couleur réflecteurs dans les vitrages et la toiture		✓	
Isolation dans les planchers		✓	
Des ouvertures hautes dans les murs		✓	

Les recommandations (d'après l'évaluation)

- L'orientation (Nord-Sud) par l'axe longitudinale
- La forme compacte avec moins de décrochement pour assurer une bonne ventilation et éviter les ponts thermiques
- L'utilisation des matériaux a forte inertie thermiques dans les parois et la toitures ;
- L'orientation des ouvertures vers le sud

- L'utilisation des isolants dans l'enveloppe par l'extérieur
- revoir les dimensions des ouvertures dans les façades, et le rapport plein-vidé avec les pourcentages recommandés par les tables de mahoney
- plan de masse compacte ou avec des petites distances entre blocs pour assurer l'ombrage et réduire les surfaces exposés au vents et soleil
- L'utilisation des ouvertures principalement pour l'éclairage avec des paramètres de l'isolation et la réflexion

Conclusion du chapitre :

Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment. Cette conception, revient à bien choisir l'orientation, la compacité du bâtiment, la position et le type de vitrages ainsi que les matériaux de l'enveloppe.

L'intervention sur l'enveloppe de l'habitat doit avoir une démarche énergétique qui passe par une prise de conscience des éléments essentiels à une bonne conception du projet architectural. Elle se base sur une coordination et une prise de connaissance de tous les concepteurs, architectes et ingénieurs pour constituer un groupe de travail dès les prémisses du projet afin de pouvoir profiter des synergies de tous les intervenants. C'est parce que cette démarche a pour but d'avoir une responsabilité énergétique dès la naissance du projet.

Mais dans le cas où on va intervenir sur un habitat collectif existant, d'après les analyses qu'on a fait, c'est évident que sous cette condition les efforts pour respecter les obligations de consommation et de respect de l'environnement deviennent énormes et dénaturent les caractéristiques voulues par le créateur tel que les matériaux de construction les ouvertures ..etc, ainsi que cette intervention va être gênée par des autres obstacles, car le changement est impossible quand on a par exemple une orientation de l'enveloppe qui influe négativement la consommation énergétique dans l'habitat.

Conclusion Générale

“ L'énergie la plus respectueuse de l'environnement, c'est l'énergie qui n'est pas dépensée ”

Cette recherche a été basée sur ce principe simple et elle s'attache à répondre aux objectifs ambitieux avec des solutions fiables pérennes à l'enveloppe architecturale de l'habitat collectif de l'agglomération de Doukkane selon le climat de la ville de Tébessa et en suivant une démarche bioclimatique.

L'enveloppe est l'élément le plus efficace dans le bâtiment pour contrôler la consommation de l'énergie est améliorer l'efficacité du bâtiment car il agit comme une barrière pour certains éléments et comme un filtre pour d'autres, car elle enclore un espace qu'elle protège des variations du climat extérieur. L'utilisation d'une enveloppe énergétiquement efficace va permettre de réduire les besoins énergétiques des habitants, et cela propose une meilleure solution écologique par rapport aux autres solutions qui cherchent toujours l'alternative dans les énergies renouvelables.

Il est très important à prendre en considération l'impacte de l'enveloppe architecturale sur la consommation de l'énergie lors de la conception ou la rénovation des bâtiments afin de réduire leur consommation d'énergie de la manière la plus rentable. Par exemple, avec un nouveau bâtiment, il est mieux de choisir un design avec une enveloppe de bâtiment à haute performance et plus coûteuse mais qui réduit considérablement le besoin de chauffage et de refroidissement avec un système de CVC plus petit et moins coûteux. Pour les bâtiments existants, il peut être mieux d'ajouter de l'isolant à un bâtiment que d'installer un système de chauffage plus efficace.

Et comme il est le cas dans l'exemple de cas d'étude, maintenant c'est le très bon moment pour intervenir sur le projet et mettre une étude énergétique de l'enveloppe de ces habitats, pour ne pas prendre le même chemin que les autres habitations à Tébessa qu'on a vu leurs problèmes au niveau du confort thermiques et de la consommation irrationnelle de l'énergie

Dans cette recherche, le but était de réduire l'énergie consommé par un bâtiment d'habitat collectif à Tébessa, mais pour des recherches futures il faut prendre en considération que les bâtiments de demain seront inévitablement à « énergie positive ». Le bâtiment à énergie positive n'est pas autonome du point de vue énergétique, mais seulement

surproducteur. La problématique n'est plus de savoir de combien on réduit les consommations mais bien de comptabiliser l'énergie excédentaire sur le site du projet. Le bâtiment est obligatoirement raccordé à un ou plusieurs réseaux énergétiques. Il est aussi raccordé au « climat », aux ressources locales, en bas au sous sol, en haut au soleil, voire au vent, à l'eau, etc.

Bibliographie

Ouvrages :

1. «*Consommation énergétique finale de l'Algérie*», Ministère de l'énergie et des mines, **APRUE** : L'Agence de la promotion de l'utilisation de l'énergie,(2015) 90p.
2. «*Confort thermique et construction en climat chaud.* », **MAZOUZ Said**,. Ed. Pirsas, (2010), 80p.
3. « *La maison des [méga, watts, Le guide malin de l'énergie chez soi* », **Salomon, T.** et **Bedels**,.Ed. Terre vivante.(2004). 320p.
4. « *Architecture et Efficacité Énergétique* » **GONZALO.K**, Ed Habermann, (2008),. 170p
5. « *l'Homme, l'Architecture et le Climat* » **Givoni, B.** Ed.Le Moniteur, Paris, (1978). 220p
6. «*Archi Bio*», **Izard, J. L., & Guyot**, Ed. Parenthèses, (1979). 178p
7. «*Paysage, ambiance, architecture*» **Fernandez,P.**.. Edition Pierre Mardaga. (1981).145p.
8. «*Choix climatique et construction*» **AFME**, Agence française pour la maîtrise de l'énergie,. (2003), 70p.
9. «*Pour une anthropologie de la maison*» **Rapoport,R**, Ed,dubod , (1972)..,119p.
10. «*Architecture d'été : construire pour le confort d'été* » **Izard, J.L.** Ed, isud (1993),. 102p.

Articles de presse :

1. «*L'énergie et la crise économique.* », **auteur : S.S**, journal Liberté, Algérie, publié le 12 avril 2013
2. « *L'énergie : Les enjeux de l'an 2000* » **CHITOUR.CHE** : Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p. 41.
3. «*Sciences de la terre et de l'environnement*» par : **Kouici**, magazine ; 'l'architecture autrement'', publié le 15 mai 1999.
4. «*Architecture météorologique*», Article par **Philippe Rahm**, magazine ;l'architecture d'aujourd'hui, publié le 22 février 2009
5. «*L'architecture comme membrane*», Article par **Georges Teyssot**, magazine ;l'architecture d'aujourd'hui, publié le 22 février 2009

Conférences, rencontres scientifiques :

1. «Vers des bâtiment à énergie positive», **Maugard, A.Millet; J.-R. Quenard, D.** présentation du CSTB 2000
2. «L'éco-construction en Algérie. », Le premier Séminaire International sur le Génie climatique et l'énergétique, SIGCLE'2010, Le Laboratoire de Génie Climatique de Constantine, Algérie: 06-07 décembre 2010.
3. « Missions économiques: Fiche de synthèse « *le secteur de l'électricité en Algérie* »»**DGE** : conférence le 9 août 2006.

Mémoires et thèses :

1. «Choix climatique et construction. Zones arides et semi-arides, maison à cour de Bou-Saada » **Ould-Henia, A.** (2003)., Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. 312p
2. «Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires», **Kabouche Azouz**,thèse de Magister , Université de Tlemcen Juin 2012, 214p
3. « Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments a basse consommation d'énergie », **Chlela.F**, thèse de doctorat. Université de la rochelle. 2008. 295p
4. « Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique dans le champs de l'architecture : le cas de la thermique » **DEPECKER.P** : Thèse de doctorat, INSA, Lyon, 1985. 309p
5. « Caractérisation des sensations thermiques et de la reponse physiologique chez l'être humain, contribution a l'étude des indices de confort », **IMESSAD.K**, Université de Blida 2011,220p
6. « Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique: Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec » **M'Sellem, H., & Alkama, D.** Université de Tlemcen (2009), 210p

Sites WEB :

1. **Meda**, (2005). Architecture Méditerranéenne, disponible: <http://www.meda-corpus.net>, consulté le 17 mars 2016.
2. **Avivre magazine** (2016) disponible : <http://www.avivremagazine.fr>, consulté le 13 avril 2016

Table des matières

page

I- Introduction	
II- Problématique	
III- Hypothèses	
IV- Objectifs de recherche	
V- Structure de mémoire	

Chapitre 1 : Quelle énergie à préserver, et quel confort à achever ?

I-L'énergie	
1-Problème d'utilisation irrationnel de l'énergie.....	07
2-Évolution de la consommation d'énergie en Algérie.....	07
3-Consommations dans le secteur ménager en Algérie.....	07
4-Consommation du gaz naturel et d'électricité.....	08
5-Notion d'économie d'énergie.....	10
6-Efficacité énergétique dans le bâtiment.....	10
6.1. Classification des bâtiments a efficacités énergétiques.....	11
6.2. Bâtiments performants « basse énergie ».....	11
6.3. Bâtiments très performants « très basse énergie ».....	12
6.4. Bâtiments à énergie positive « zéro énergie ».....	12
7-L'utilisation rationnelle de l'énergie et Le confort thermique.....	13
II- Le confort thermique	
1-Notion de confort.....	14
2-Le confort dans l'habitat.....	14
3-Le confort thermique.....	15
4-Différents facteurs agissant sur le confort thermique.....	16
4.1. L'orientation.....	16
4.2. La ventilation naturelle.....	17
4.3. Dimension des ouvertures.....	17
4.4. La forme et compacité.....	18
4.5. La couleur.....	18
4.6. Protection solaire et vent dominant.....	18
5-Le rapport entre l'enveloppe et le confort thermique.....	20

Chapitre II L'enveloppe architecturale et ses paramètres énergétiques

L'enveloppe architecturale	
1-Définition de l'enveloppe.....	22
2-Historique de l'enveloppe.....	23
3-Les performances de l'enveloppe.....	24
4-Les fonctions de l'enveloppe.....	25
5-Le contrôle du climat local par l'enveloppe architecturale.....	26
5-1- L'eau sous toutes ses formes.....	26
5-2-L'air.....	27

5-3 la chaleur	28
6- L'enveloppe et l'hygrothermie.....	32
6-1-La position du soleil.....	32
6-2-L'éclairage du soleil.....	32
6-3-Les conditions de température.....	32
6-4-Le régime des vents.....	32
7-La typologie du bâtiment	33
8-L'enveloppe protégée	33
9-L'adéquation entre le mode d'occupation et le bâtiment	34
Conclusion de chapitre.....	36

Chapitre III

Analyse de l'efficacité énergétique de l'enveloppe dans le cas d'étude Doukkane à Tébessa

1-Présentation du cas d'étude	37
1-1-Situation	38
1-2 Accessibilité.....	38
1-3-Morphologie du terrain du quartier.....	38
2-Etude générale de climat de la ville de Tébessa.....	40
2-1-La température.....	40
2-2-L'humidité.....	41
2-3-Précipitation.....	41
2-4-Les vents.....	42
3-L'évaluation de la performance énergétique des bâtiments.....	42
3-1-Les tables de Mahoney.....	42
3-1-1-Application tableaux de Mahoney.....	43
4-Recommandations envisagées d'après les analyses.....	47
4-1-Orientation	47
4-2- Le Plan de masse.....	47
4-3-Les parois.....	48
4-4-La forme de l'enveloppe.....	49
4-5-Les ouvertures.....	50
4-6-Le toit.....	52
5- l'evaluation du cas d'études	53
6- les recommandations (d'après l'évaluation)	57
Conclusion du chapitre.....	58

Conclusion Générale

Bibliographie

-Liste des figures :

Figure	Titre	Page
Figure01	Les déperditions de chaleurs dans un habitat	13
Figure02	La relation entre l'enveloppe et les paramètres du confort thermique	20
Figure03	Les sollicitations de l'enveloppe architecturale	24
Figure04	Défauts d'étanchéité à l'air des bâtiments et sources de courants	28
Figure05	Transfert de chaleur par conduction	29
Figure06	Transfert de chaleur par convection	29
Figure07	Transfert de chaleur par rayonnement ou radiation	30
Figure08	Le rapport entre les types d'enveloppes architecturales et l'inertie thermique	31
Figure09	Les apports solaires dans un bâtiment	35
Figure10	La Situation du quartier 960 logts par rapport à la ville de Tébessa	39
Figure11	La différence entre l'isolation Int. et Ext	48
Figure12	Le rapport entre la forme du bâtiment et la ventilation	49
Figure13	L'orientation des ouvertures	50
Figure14	L'isolation des ouvertures	52
Figure15	L'isolation des planchers	52
Figure16	La Forme des Blocs, Quartier 960logts	53
Figure17	Plan des parois extérieurs	54
Figure18	Coupe détaillé des parois extérieurs	54
Figure19	Les façades des blocs barres	55
Figure20	Position des ouvertures dans les parois extérieurs	55
Figure21	Le manque de la protection des ouvertures	55
Figure22	Le manque de l'isolation dans les ouvertures62	56
Figure23	Coupe détaillée du plancher62	56

-Liste des photos

Photo	Titre	Page
Photo01	Un oued Dans le terrain de Doukkane	38
Photo02	Un oued Dans le terrain de Doukkane	38
Photo03	Isolation des murs par l'extérieur	48
Photo04	Les ponts thermiques dans un bâtiment	49
Photo05	Un habitat collectif avec des ouvertures en petite taille	50
Photo06	Un habitat collectif avec des ouvertures en petite taille	51
Photo07	Ouverture haute dans les murs	51

-Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau01	Evolution de consommation d'energie	09
Tableau02	Facteur d'absorption en fonction de la couleur	18
Tableau03	Tableau des températures	43
Tableau04	Tableau d'Humidité, pluie et vents	43
Tableau05	Tableau de Confort	44
Tableau06	Tableau des Températures min/max	44
Tableau07	Tableau des sensations Thermiques	44
Tableau08	Tableau des limites de confort	44
Tableau09	Tableau des Indicateurs	45
Tableau10	Tableau des indicateurs obtenus	45
Tableau11	Tableau des recommandations	46
Tableau12	La conductivité thermique des matériaux utilisés dans les parois	48

-Listes des graphiques :

Graphique	Titre	Page
Graphique01	Consommation d'énergie par secteur en Algérie l'année 2014	08
Graphique02	Répartition de consommation dans le secteur résidentiel par type	09
Graphique03	Les températures minimum et maximum de la ville de Tébessa	40
Graphique04	Les températures moyennes de la ville de Tébessa 2014	40
Graphique05	L'humidité relative dans la ville de Tébessa, 2014	41
Graphique06	Précipitation en mm dans la ville de Tébessa, 2014	41
Graphique07	La vitesse des vents dans la ville de Tébessa, 2014	42

-Liste des cartes :

Carte	Titre	Page
Carte01	Plan de masse, Quartier 960logts	53

Les annexes


Annexe 01 : Les factures de Sonelgaz de 2 habitats collectif a Tébessa dans les différents saisons (chaud et froid)

Annexe 02 : Quelques recherches antérieures dans la thématique de l'impact de l'enveloppe architectural sur la consommation de l'énergie

Annexe 03 : L'exemplaire des tables de Mahoney

Annexe 01 : Les factures de Sonelgaz de 2 habitats collectif a Tébessa dans les différents saisons (chaud et froid)

1- L'habitat de M. Ali Ferrah, Cité 430 logs Tébessa 1-1- Facture de la saison chaude


شركة توزيع الكهرباء والغاز للشرق
 Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz de l'Est

Fourniture d'énergie Electricité et Gaz
 BASSE TENSION / BASSE PRESSION

FACTURE N° 249150804640 **Stabilité** 20.08.15

Capital Social de 24000000000 de DA

Direction Distribution: **TEBESSA**

N° RC: 010630066723 N° IS: 000625019001848
 N° RIP: 00799999000038062141 N° RIB: 00100491030030002235
 Agence Commerciale: TEBESSA 2

Dépannage Electricité: 037591824
 Dépannage Gaz: 037506007
 Tel: 037506007
 Fax: 037506007

CLIENT: CITE 500 LGTS AADL

Référence: N° RC: 12801-26-45445-122
 Nom et Prénom: **FERRAH ALI**

N° IS: N° IS: N° IS:
 Tel.: Fax:

Nom & adresse du Destinataire de facture: CITE 430 LOG BT 14 N 05/T

Nous vous prions de bien vouloir régler cette facture par l'un des moyens indiqués au verso **periode: 3eme Trimestre 2015**

CONSOUMATIONS	TYPE	NUMERO EQUPEUR	RELEVÉ DU COMPTEUR			DIFFEREN 990 90	COTE 1.00 8.90	CONSOUMATIONS (KWH/THERM)
			Index Actuelle	Index Ancien	R			
PMD= 6 KW	E01	003425	55411	54421	R		990	
DMO= 5 m3h	G83	004913	26643	26553	R		801	

R: Releve
 E: Estime
 M: Releve Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		PREMIERES (DA)
	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
ELEC. E01	125.0	1.779	865.0	4.179			131.10
GAZ G83	801	0.168					85.50


CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION	MONTANT HORS TVA (DA)		TVA		Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour : 51.74 DA / jour Cle EBP: 059	MONTANT TOUTES TAXES (DA)
	TVA %	MONTANT (DA)	TVA %	MONTANT (DA)		
ELEC E01	3968.30	07	277.78		4246.08	
GAZ G83	220.06	07	15.40			
DROIT FIXE	100.00					
TAXE HABITATION	75.00					
Contribution aux coûts permanents du système	7.99 DA				235.46	
	4363.36		293.18		100.00	
					75.00	
					47.00	
					4703.54	

Contribution aux coûts permanents du système: 7.99 DA

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement): 4556.54
 Droit de timbre: 47.00
 Montant total à payer en espèces: 4703.54

La présente facture est arrêtée à la somme:
 à régler avant le: quatre mille six cent cinquante six dinars algériens ,54 cts
 07.09.15

1-2- Facture de la saison chaude


شركة توزيع الكهرباء والغاز للشرق
 Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz de l'Est

Fourniture d'énergie Electricité et Gaz
 BA de version 7 BASSE PRESSION
 établie le 05.02.15

Capital Social de 24000000000 de DA FACTURE N° 249150204551

Direction Distribution: TEBESSA FAX: 037591824

N° RC: 010680066723 N° IS: 000625019001848 Dépannage Electricité: 037506007
 N° RIP: N° RIB: Dépannage Gaz: 037506007
 Agence Comm: 00789999000038062141 00100491030030002235 Tél: 037506007
 TEBESSA 2 CITE 500 IGTS AADL

Référence : 12801-26-45445-122 N° RC: CLIENT
 Nom et Prénom : FERRAH ALI Tél.: N° IS: Fax:

Nom & adresse du Destinataire de facture : CITE 430 LOG BT 14 N 05/T

Nous vous prions de bien vouloir régler cette facture par l'un des moyens indiqués au verso. periode: 1er Trimestre 2015

TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSUMMATIONS (W/HTHERME)
		Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
E01	003425	53745	R	53099	R	646
G83	004913	26061	R	25454	R	607

R:Releve
 E:Estime
 M:Releve Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
ELEC.E01	125.0	1.779	521.0	4.179			131.10
GAZ G83	1125	0.168	4277	0.324			85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION	MONTANT HORS TVA (DA)	TVA		Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour: 51.77 DA/jour Cle E6P: 986	MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		Taux %	MONTANT (DA)		
ELEC E01	2530.72	07	177.15		2707.87
GAZ G83	1660.24	07	116.21		1776.45
DROIT FIXE	100.00				100.00
TAXE HABITATION	75.00				75.00
Contribution aux coûts permanents du système: 8.63 DA	4365.96		293.36		4659.32
				Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement)	4659.32
				Droit de timbre	47.00
				Montant total à payer en espèces	4706.32

La présente facture est arrêtée à la somme :
 quatre mille six cent cinquante neuf dinars algériens ,32 cts
 à régler avant le : 05.03.15

2- L'habitat de : Mme. Dahouli Yasmina, Cité 500logts Tébéssa

2-1- Facture de la saison chaude :

Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz en l'Est

Service d'énergie Electricité et Gaz

Capital Social de 24000000000 de DA

Direction Distribution: **TEBESSA**

N° RC: 010680066723 N° IS: 000625019001848

N° RIP: 00799999000038062141 N° RIB: 00100491030030002235

Agence Comm: 00799999000038062141 TEBESSA 2

FACTURE N° 249150806547

établie le 25.08.15

FAX: 037591824

Dépannage Electricité: 037506007

Dépannage Gaz: 037506007

Tel: 037506007

CITE 500 LGTS AADL

CLIENT

Référence: N° RC: 12801-30-00590-114

Nom et Prénom: DAHOULI YASMINA

Tel: Fax:

Adresse lieu de consommation: CITE 500 LOG BT A04/40/TEBESSA

Nom & adresse du Destinataire de facture: CITE 500 LOG BT A04/40/TEBESSA

Mais vous prions de bien vouloir régler cette facture par l'un des moyens indiqués au verso.

periode: 3eme Trimestre 2015

CONSOUMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			CDEF	CONSOUMATIONS (kWh/Thème)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
PMD= 6 Kw	E01	001687	80724 R	80002 R	722	1.00	722
GMD= 5 m3h	G83	001205	33213 R	33146 R	67	8.90	596
R:Releve E:Estime N:Releve Speciale							

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
ELEC. E01	125.0	1.779	597.0	4.179			131.10
GAZ G83	596	0.168					85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION	MONTANT HORS TVA (DA)	T.V.A		Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour : 38.01 DA/jour	C/cle ESP: 746	MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		Taux %	MONTANT (DA)			
ELEC E01	2848.33	07	199.38			3047.71
GAZ G83	185.62	07	12.99			198.61
DROIT FIXE	100.00					100.00
TAXE HABITATION	75.00					75.00
Contribution aux coûts permanents du système: 5.83 DA	3208.95		212.37			3421.32
						35.00
						3456.32

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement)

Droit de timbre

Montant total à payer en espèces

La présente facture est arrêtée à la somme :

à régler avant le: trois mille quatre cent vingt et un dinars algériens ,32 cts

12.09.15.

BT / BP

Annexe 02 : Quelques recherches antérieures dans la thématique de l'impact de l'enveloppe architectural sur la consommation de l'énergie

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la consommation énergétique du bâtiment en utilisant différentes méthodes et en étudiant l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe et des matériaux qui la constitue. Donc on a fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés au niveau de l'enveloppe du bâtiment. Des recherches sur l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe, comme le choix de l'orientation, type de vitrages, toit vert, matériaux à changement de phase ont été fait, ils sont énumérés comme suit : L'économie d'énergie est une priorité élevée dans les pays développés.

Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs. Le secteur résidentiel est responsable d'une part importante de la consommation d'énergie dans le monde. La plupart de cette énergie est utilisée pour le chauffage, le refroidissement et les systèmes de ventilation artificielle. En vue de développer l'efficacité énergétique des structures, cet article fournit une vue d'ensemble des critères de conception des constructions qui peuvent réduire la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments résidentiels. Ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, système d'enveloppe, chauffage passif et des mécanismes de refroidissement, l'ombrage, et le vitrage. Une analyse a été faite des études antérieures qui ont évalué l'influence de ces paramètres sur la demande totale d'énergie et propose les meilleures options de conception. Cette étude est utile pour les professionnels qui sont responsables de la prise de décision lors de la phase de conception de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels.

La performance énergétique d'une école maternelle équipée d'un système de toit vert à Athènes, Grèce a été analysée⁴³. Des simulations ont été effectuées dans les deux cas, non isolé et isolé et selon les résultats, l'installation du toit vert contribue de manière significative à l'efficacité énergétique des bâtiments. Ainsi, une économie d'énergie remarquable a été obtenue grâce à la réduction de la charge de refroidissement durant la période estivale, après l'installation du système de toit vert. Cela se traduit par une réduction significative de

⁴³ M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias, "Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece", *Energy* 32 (2007) 1781–1788.

climatisation conventionnelle. Au contraire, l'impact du système de toit vert sur la charge de chauffage pendant la période hivernale a été considérée comme sans importance.

La méthode EETP (method on evaluation of energy and thermal performance for residential buildings) est mise en avant par Jinghua Yu et al⁴⁴ afin d'évaluer le rendement énergétique de motifs d'enveloppe et pour calculer la consommation d'énergie de refroidissement et de chauffage. EETP index peut suggérer des façons possibles d'améliorer l'efficacité énergétique pour la conception de bâtiments de nouvelle construction et rénovation de bâtiments existants et de fournir aux gouvernements des informations utiles pour la mise en place de la nouvelle politique sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Il a des significations importantes pour mener à bien la conception de bâtiments durables résidentiels à confort thermique élevé et faible consommation d'énergie.

Dans le but de réduire la consommation énergétique des bâtiments⁴⁵, une solution réside sur une simulation énergétique du bâtiment qui permet d'activer le transfert de la chaleur (et de l'humidité) par l'enveloppe et, par conséquent, est une façon de comprendre la façon d'améliorer la performance du bâtiment. Cet article vise à analyser le niveau de modélisation nécessaire d'évaluer avec succès le transfert de chaleur à travers les fenêtres à haute inertie thermique double ou triple vitrages dans l'ensemble du bâtiment.

Bien qu'il soit possible de vérifier la performance énergétique d'un bâtiment donné au moyen de plusieurs méthodes disponibles⁴⁶, le problème inverse de la détermination de la configuration optimale compte tenu des performances désirées est plus difficile à résoudre.

Dans la région méditerranéenne ce problème est plus complexe à cause des deux raisons suivantes: la charge de climatisation est aussi importante que la charge de chauffage et les besoins énergétiques dépendent d'un grand nombre de paramètres architecturaux qui sont différentes, voire contradictoires, les apports en été et les charges en hiver.

Dans cet article, est présenté un algorithme d'optimisation qui couple les techniques d'optimisation pseudo aléatoires, les algorithmes génétiques (GA), avec un outil simplifié

⁴⁴ Jinghua Yu, Changzhi Yang, Liwei Tian, Dan Liao, « Evaluation on energy and thermal performance for residential envelopes in hot summer and cold winter zone of China », Applied Energy 86 (2009).

⁴⁵ [19] Roberto Zanetti Freire, Walter Mazuroski, Marc Olivier Abadie, Nathan Mendes, "Capacitive effect on the heat transfer through building glazing systems", Applied Energy 88 (2011)

⁴⁶ Essia Znouda, Nadia Ghrab-Morcos, Atidel Hadj-Alouane, Optimization of Mediterranean building design using genetic algorithms, Energy and Buildings 39 (2007)

pour construire une évaluation thermique (CHEOPS) dans le but de minimiser la consommation énergétique des bâtiments méditerranéens.

Depuis l'augmentation du rendement énergétique nécessite généralement l'utilisation de dispositifs spéciaux résultant en un coût de construction élevé, les algorithmes génétiques (GA) sont utilisés dans le but de l'optimisation économique. Une méthodologie simple pour la simulation énergétique des bâtiments ⁴⁷, y compris les éléments avec les matériaux à changement de phase PCM en utilisant l'outil TRNSYS est présenté et validé.

Cette procédure ne vise pas une simulation des processus de transfert réels à l'intérieur des matériaux avec PCM, mais d'évaluer l'influence de murs et de plafond / plancher avec PCM dans le bilan énergétique d'un bâtiment entier. Le paramètre clé dans les simulations est le coefficient de transfert de chaleur équivalent qui doit être déterminé pour chaque matériau. Evaluation expérimentale du coefficient est présentée. La méthodologie est appliquée dans un bâtiment comme une salle de prototype construit avec des panneaux en béton avec PCM.

Un des composants pour simuler le comportement thermique du bâtiment dans TRNSYS est le Type 56 Multi-Zone building. Ce modèle traite les bilans thermiques d'un bâtiment ayant jusqu'à 25 zones thermiques. Le modèle de bâtiment dans le type 56 est un modèle d'équilibre non-géométrique avec un nœud de l'air par zone, ce qui représente la capacité thermique de la zone de volume d'air et les capacités qui sont étroitement liées. Composants de l'équipement distincts peuvent être couplés à des zones que soit gains convectifs internes ou les gains par ventilation.

Pour utiliser le type 56, un programme distinct PREBID de pré-traitement est exécuté. Le programme PREBID lit et traite dans un fichier contenant la description des capacités et génère deux fichiers qui sont utilisés par le composant de type 56 lors d'une simulation TRNSYS. Les entrées et sorties de Type 56 dépendent de la description du bâtiment et des options au sein du programme PREBID.

⁴⁷ Ibanez M, Lazaro A, Zalba B and Cabeza L F, "An approach to the simulation of PCMs in building applications using TRNSYS", Applied Thermal Engineering 25 (2005).

Le site des Sassi de Matera classés par l'Organisation des Nations Unies, la science et la culture (UNESCO) comme patrimoine mondial en 1993, est un exemple exceptionnel de tradition bioclimatique Architecture méditerranéenne⁴⁸.

EnergyPlus a été utilisé pour la simulation dynamique paramétrique pour quantifier le bilan énergétique des structures hypogées au cours d'une année civile. L'évaluation énergétique des surfaces hypogées montre que ces milieux, une fois restaurée et dans un état d'utilisation normale, donne un confort intérieur dans les limites de confort thermo-hygrométrie mis en place par l'indice de confort de vote moyen prédit (PMV) et prédit pourcentage d'insatisfaits (PPD).

Un système de stockage de l'énergie solaire pendant l'été pour une utilisation pendant l'hiver suivant a été simulé⁴⁹. Plus précisément, des capteurs solaires thermiques fixés sur le toit d'une maison unifamiliale ont été utilisés pour recueillir l'énergie thermique solaire en Richmond, Virginie, Etats-Unis. TRNSYS a été utilisé pour modéliser et simuler la charge thermique d'hiver d'une maison typique de Richmond.

⁴⁸ Nicola Cardinale, Gianluca Rospi, Alessandro Stazi, "Energy and microclimatic performance of restored hypogeous buildings in south Italy: The "Sassi" district of Matera", *Building and Environment* 45 (2010)

⁴⁹ Marshall L. Sweet, James T. McLeskey Jr, "Numerical simulation of underground Seasonal Solar Thermal Energy Storage (SSTES) for a single family dwelling using TRNSYS", *Solar Energy* 86 (2012)

Annexe 03 : L'exemplaire des tables de Mahoney

TABLES DE MAHONEY : DIAGNOSTIC

TABLE1 : TEMPERATURES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp.Moy. Max												
Temp. Moy. Min												
E.D.T.												

La + haute	TAM
La + basse	EAT

TABLE 2 : HUMIDITE, PLUIE, VENT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité Rel. Max												
Humidité Rel. Min.												
Humidité Rel. Moy.												
Groupe (G.H.)												
Pluie (mm)												
Vent (directions)	Dominant											
	secondaire											

G.H.	
≤ 30%	1
30-50	2
50-70	3
≥ 70	4

Total annuel pluies

TABLE3 : CONFORT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Groupe Hygro (G.H.)												
Températures												
Moy. Mens. Max.												
Confort diurne	Maxi											
	Mini											
Moy. Mens. Mini												
Confort nocturne	Maxi											
	Mini											
Stress thermique												
Jour												
Nuit												

C : trop chaud
/ : confort
F : trop froid

Limites de confort (à partir de TAM)

Humidité	G.H.	TAM ≥ 20		15 ≤ TAM ≤ 20		TAM ≤ 15		G.H.
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	
0 - 30	1	26 - 34	17 - 25	23 - 32	14 - 23	21 - 30	21 - 30	12 - 21
30 - 50	2	25 - 31	17 - 24	22 - 30	14 - 22	20 - 27	20 - 27	12 - 20
30 - 70	3	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	19 - 26	12 - 19
> 70	4	22 - 27	17 - 21	20 - 25	14 - 20	18 - 24	18 - 24	12 - 18

TABLE 4 : INDICATEURS

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
H1 ventilation essentielle													
H2 Ventilation désirable													
H3 Protection pluie													
A1 Inertie thermique													
A2 Dormir dehors													
A3 Prob. Saison froide													

	Stress Thermique	G.H.	EDT	Pluie
H1	C.diurne	4		
	C.nocturne	2 - 3	-10°	
H2	/, diurne	4		
H3				+200
A1		1-2-3	+10°	
A2	C.nocturne	1-2		
	C.diurne C.nocturne	1-2	+10°	
A3	F.diurne			
	F.nocturne			

Source : Mazouz Said " le confort thermique "

Résumé :

L'habitat collectif contemporain en Algérie ne répond pas aux exigences de confort en général, et thermique en particulier, causant ainsi une augmentation de la consommation de l'énergie électrique et du gaz, cette consommation est en relation directe avec des plusieurs risques économiques et écologiques ;

Ces constats sont renforcés par la non prise en charge dans la conception de départ de plusieurs critères à savoir, une conception architecturale qui s'adapte au climat par l'adoption d'une l'enveloppe architecturale permettant d'atteindre une inertie thermique stabilisatrice de l'ambiance intérieure du bâtiment ;

Cette recherche, vient s'inscrire dans une optique de l'analyse de l'enveloppe architecturale d'une zone d'habitation dans le quartier de Doukkane à la ville de Tébessa, pour l'obtention d'un niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique.

Abstract

The contemporary collective housing in Algeria does not satisfy the requirements of comfort in general, and especially heat comfort, causing an increased consumption of electricity and gas, a consumption that is directly related to many economic and ecological risks;

These facts are reinforced by the ignorance of taking several standards that should be taken in consideration in the initial design, namely, an architectural design that adapts to the climate by adopting an architectural envelope to achieve a stabilizing thermal inertia in the internal environment of the building;

This research is inscribed with a view to analyze the architectural envelope of a residential area in the Doukkane district of the city of Tebessa, to obtain a level of thermal comfort with reduced energy consumption by studying the influence of the building envelope on its energy demand.