

Université KasdiMerbah - Ouargla
Faculté Des Sciences Appliquées
Département De Génie Mécanique



Mémoire
MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Mécanique Energétique

Présenté par: *ZERGAT Mohamed Hachem*

Thème

Effet de la forme de toiture sur le confort thermique

Le : 09/06/2014

Devant le jury :

Mr. BELAKROUM.R

Me. DAMENE.D

Mr. GUERFI .A

M.A.C.C

M.A.B

M.A.A

Président

Encadreur

Examineur

UKM Ouargla

UKM Ouargla

UKM Ouargla

Année Universitaire 2013/2014

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A ma source de tendresse, l'être la plus chère dans le monde,
ma très chère mère.

Mon idéal, l'être le plus généreux, mon très chère père.

Mes très chères frères et
sœurs :Arslane,Selmane,Miassa,Nassiba,

Mes amis:

Ramy,Miki,Amine,Abdelraouf,Ismail,Yacine,Rachid,
Achraf,Younes,Lamine,Rafik,Salim,.....

“ZERGAT Mohamed Hachem “

Remerciements

Tout d'abord je remercie infiniment le bon dieu puissant de la bonne santé, la volonté et la patience qu'il m'a donnée tout le long de mon étude.

Je présente mon sincère remerciement avec mon profond respect à mon promotrice : madame « **DAMEN Djamila** » pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Un merci spécial va à mademoiselle « **BOUZIANE Khadidja** » pour son aide et conseils

Aussi, nous remercions vivement les membres du jury qui ont accepté de bien vouloir juger notre étude, particulièrement

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Nomenclature.....	vi
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Confort dans l'habitat	
I.1.Définition de confort.....	3
I.2.Le confort thermique.....	3
I.3.Les paramètre du confort thermique.....	4
I.3.1.Les températures.....	4
I.3.2.Humidité relative.....	6
I.3.3.La plage de confort température-humidité.....	6
I.3.4.Mouvement de l'air.....	7
I.4.Stratégies d'évaluation du confort thermique.....	8
I.4.1.Diagramme bioclimatique de Givoni.....	8
I.4.2.Indices de confort thermique.....	9
I.5.Les problèmes de santé liés à l'inconfort thermique.....	10
Chapitre II : Consommation D'énergie	
II.1.Introduction.....	11
II.2.Unité de mesure.....	11
II.3.Clasement des énergies primaires.....	12
II.4.La consommation d'énergie.....	12
II.4.1.L'homme et l'énergie à travers les âges.....	13
II.4.2.Consommation d'énergie par habitant.....	14
II.5.Les caractéristiques de l'habitat et son environnement.....	15
II.6. Maison a basse consommation d'énergie	16
II.6.1. Historique et enjeux	17
II.6.2. Caractéristiques d'une maison à basse consommation d'énergie	18
II.6.2.a. Une conception bioclimatique de l'habitat	18
II.7. La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie.....	19
II.9.1. Consommations dans le secteur ménager en Algérie.....	20
II.9.2. consommation énergétique au niveau de la ville d'Ouargla	21

II.10.Conclusion.....	23
-----------------------	----

Chapitre III : Toitures Et Habitats Traditionnels

III.1. Historique	24
III.2. Formes de toitures existantes.....	25
III.3. Exemples de toitures dans les habitats traditionnels à travers le monde.....	26
III.4. Exemples d’habitats traditionnels locaux.....	30
III.5. Avantages et inconvénients de l’habitat traditionnel.....	31

Chapitre IV : Climat Et Rayonnement

IV.1.Définition du climat	32
IV.2.Les éléments du climat.....	32
IV.2.a. Le rayonnement solaire.....	32
IV.2.b. La température de l’air.....	33
IV.2.c. Humidité Relative.....	33
IV.2.d. Vent.....	33
IV.2.e. Précipitations.....	34
IV.3. Données climatiques.....	34
IV.3.1.Caractéristiques climatiques des zones arides et semi-arides.....	34
IV.4. Caractéristiques climatiques de l’Algérie.....	35
IV.4.1. Données géographiques.....	35
IV.4.2. Zones climatiques en Algérie.....	35
IV.5. Climat de la région d’Ouargla.....	36
IV.6. Rayonnement.....	38
IV.7.Spectre de rayonnement électromagnétique.....	38
IV.8.Mouvement du Globe terrestre.....	39
IV.9.La Sphère céleste.....	40
IV.9.1.Les coordonnées géographiques terrestres (L, I).....	41
IV.10.Position du soleil.....	42
IV.10.1.Coordonnées équatoriales.....	42
IV.10.2. Coordonnées horizontales	43
IV.11.Les temps solaires.....	44
IV.11.1.Le temps solaire vrai(TSV)	44
IV.11.2.Le temps solaire moyen (TSM).....	44
IV.11.3. Le temps universel (TU)	45
IV.11.4.Le temps légal (TL).....	45

TABLE DES MATIERES

IV.12.Estimation horaire de l'ensoleillement.....	46
IV.12.1.La constante solaire.....	46
IV.12.2.Direction des rayons solaire par rapport à un plan.....	47
IV.13.Irradiation solaire.....	47
IV.13.1.Irradiation hors atmosphère.....	47
IV.13.2.Rayonnement solaire au niveau du sol.....	48
IV.13.2.a.Rayonnement direct (D).....	48
IV.13.2.b.Rayonnement diffus (S).....	48
IV.13.2.c.Rayonnement global (G).....	49
IV.14. Rayonnement solaire sur un plan quelconque.....	50
IV.15. Calcule de température surfacique externe.....	50
IV.16. Organigramme du programme utilisé sur matlab.....	51

Chapitre V : Model Mathématique Et Résultats

V.1.Programme utilisé.....	52
V.2.Courbes de rayonnement solaire de la ville d'Ouargla.....	52
V.3.Résultats et Discussion.....	55
Conclusion Générale.....	66
Références Bibliographiques	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1.Pertes thermiques du corps humain et les paramètres dépendant	3
Figure I.2. Interaction thermique entre le corps humain et son environnement	4
Figure I. 3: Exemple de plage de confort sur le diagramme de l'air humide	6
Figure I.4:Température de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen	7
Figure I.5: Zones de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air	8
Figure I.6: Diagramme bioclimatique de Givoni	9
Figure II.1 : Distribution de la consommation d'énergie dans le secteur ménagère	16
Figure II.2: Consommation d'énergie par secteur (période 1980-2000).	20
Figure III.1 : Formes de toitures existantes les plus courantes	25
Figure III.2: Maison en Thaïlande. Habitat à toiture à deux pentes	26
Figure III .3: Les parois aérées permettent une bonne ventilation à hauteur d'homme	26
Figure III.4: Village de Gourn. Louxor, Egypte	28
Figure III.5: Maisons à Gourn, Egypte	28
Figure III.6 : maison scandinave	29
Figure III.7 : hutte Masai	29
Figure III.8 : La ville d'Oued Souf	30
Figure III.9 : Ksour d'Adrar	31
Figure IV.1 : Le mouvement terre soleil	33
Figure IV.2: Classification du climat en Algérie	36

LISTE DES FIGURES

Figure IV.3 : Interprétation des données climatiques de la région d'Ouargla (1997-2009), D'après ONM	37
Figure IV.4: Spectre des ondes électromagnétiques (λ en m)	39
Figure IV.5: Variation saisonnière du rayonnement solaire	40
Figure IV.6: la sphère céleste	40
Figure IV.7: les coordonnées géographiques	41
Figure IV.8: Coordonnées équatoriales	43
Figure IV.9: les coordonnées horizontales	44
Figure IV.10: l'équation de temps	45
Figure IV.11: constante solaire corrigée	46
Figure IV.12: Irradiation hors atmosphère	47
Figure V.1 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de Mars, Avril, Aout, Septembre, Octobre	53
Figure V.2 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de Décembre, Janvier	53
Figure V.3 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de mai, juin et juillet	54
Figure V.4 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de février et novembre	54
Figure V.5 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison et le temps pour une orientation vers le sud 0	55
Figure V.6 : la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté vers le sud	56
Figure V.7 : la variation du rayonnement solaire suivant une orientation de 10° par rapport au sud	57
Figure V.8 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison pour une orientation de 35° par rapport au sud	58

LISTE DES FIGURES

Figure V.9 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison et du temps pour une orientation de 90° par rapport au sud	59
Figure V.10 : la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté de 90° par rapport au sud	60
Figure V.11 : la variation de la température de surface extérieure en fonction du temps et du rayonnement pour une orientation vers sud (0°)	61
Figure V.12 : la variation de la température de surface extérieure en fonction du temps et du rayonnement pour une orientation de 90° par rapport au sud	62
Figure V.13 : température surfacique externe sur une toiture terrasse	63
Figure V.14 : température surfacique externe sur une toiture en pente	64
Figure V.15 : température surfacique externe sur une toiture en voute	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les exigences de confort thermique pour des types de lieux	5
Tableau II.1 : Consommation d'énergie par habitant	14
Tableau II.2 la consommation de l'énergie en Algérie	19
Tableau II.3 : Consommation dans le secteur ménager en Algérie (En milliers de tonne)	21
Tableau II.4: Consommation moyenne annuelle abonné ordinaire	21
Tableau II.5 : Comparaison entre Juillet/janvier	22
Tableau II.6 : Comparaison entre Aout /juillet	22
Tableau III.1 : Avantages et inconvénients de l'habitat traditionnel	31
Tableau IV.1 : coefficients de trouble du ciel	48
Tableau IV.2 : Albédo typique de différents types de surfaces	49

Nomenclature

dB: décibel

PMV: Vote Moyen Prévisible

PPD : Pourcentage Prévisible d'Insatisfaction

tep : tonne équivalent pétrole

Mtep: Million tone equivalent pétrole

KJ: kilo joule

J: joule

N: nord

S: sud

j: jour

h : hauteur du soleil en ($^{\circ}$)

G : rayonnement global

S : Rayonnement diffus

D : rayonnement direct

Symboles Grecs

φ : Latitude en ($^{\circ}$)

L : Longitude en ($^{\circ}$)

δ : Déclinaison du soleil en ($^{\circ}$)

ω : Angle horaire du soleil en ($^{\circ}$)

α : Azimut du soleil en ($^{\circ}$)

β : Angle entre le plan horizontal et le plan considère (inclinaison)

α : angle entre le méridien et le normal au plan

Introduction générale

Introduction Générale

Pour bien disposer une maison, il faut avoir égard au pays et au climat ou on veut bâtir , car elle doit être autrement construite.

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.

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.

Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie. Une grande partie de cette consommation provient des systèmes de chauffage et de climatisation qui assurent une température intérieure selon les conditions de confort.

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.

Ce type d'habitat collectif provoque le problème d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie.

La crise de l'énergie a brutalement mis l'accent sur l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation, en raison de cette consommation qui influe sur la charge d'exploitation des immeubles et également sur l'ensemble de l'économie du pays.

Pour cela, la prise en considération de l'aspect climatique, tient compte du respect des facteurs du site qui peuvent être utile : Orientation, pente du terrain, ensoleillement, protection contre les intempéries, vents dominants.

Dans la zone de 'Ouargla', la climatisation est facteur majeur de la consommation dans les logements. La climatisation n'est pas la solution idéale car elle accroît encore la consommation énergétique et nécessite une maintenance rigoureuse pour assurer la qualité de l'air, alors la meilleure façon de diminuer les besoins énergétiques d'un bâtiment est de optimiser sa conception.

La forme de toiture, comme chaque parois de l'habitat reçoit un flux de chaleur et peut réduire la consommation énergétique si on optimise sa conception, car dans un habitat la plus grande quantité de chaleur vient du rayonnement solaire sur la toiture, cette dernière récupère une quantité importante de rayonnement tout au long de la journée et la forme de la toiture joue un rôle important dans le changement de température intérieur de l'habitat.

L'objectif de notre travail est de réduire la consommation énergétique dans le secteur du bâtiment pour la zone aride 'Ouargla' pendant la période d'été par la forme de toiture idéale aux conditions climatiques de cette zone par comparaison des températures des surfaces externes.

Le mémoire est divisé en cinq chapitres distribués comme suit :

Le premier chapitre concerne le confort et le confort thermique dans l'habitation.

Le deuxième sur la consommation d'énergie dans le monde et dans l'Algérie, et aussi le secteur ménager.

Le troisième est consacré à la forme de toiture existante dans l'habitat traditionnel.

Le quatrième porte sur le climat et le rayonnement, avec toutes les données et équations nécessaires au calcul de rayonnement solaire.

Le cinquième et dernier chapitre porte le modèle mathématique et résultats de notre simulation numérique faite par logiciel MATLAB, et discussion des résultats.

Chapitre I

Confort dans l'habitat

I.1. Définition de confort:

Le confort est une notion globale: chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige.... et autres, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est également, la sensation subjective qui n'existe pas en lui-même. [1]

Type de confort dans l'habitat:

Le confort dans l'habitat a plusieurs types, nous nous intéressons au confort thermique, on cite les autres types :

Le confort respiratoire

Le confort visuel

Le confort acoustique

Le confort thermique

I.2. Le confort thermique

Dans les milieux bâtis, le confort thermique constitue une exigence essentielle, à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. L'environnement thermique, est caractérisé par quatre grandeurs physiques : la température de l'air, l'intensité de rayonnement solaire, l'humidité et la vitesse de l'air.

Ces variables, réagissent avec l'activité et la vêtue du corps humain pour établir son état thermique, et constituent ensemble les six paramètres de base des échanges thermiques entre l'homme et son environnement.



Figure I.1 : Pertes thermiques du corps humain et les paramètres dépendant [3]

La définition du confort thermique est très complexe, en raison de l'interaction de plusieurs variables environnementales et personnelles. Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement, est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort [2]. Les conditions dans lesquelles on obtient cet équilibre, est l'état du corps lorsqu'il atteint l'équilibre avec son environnement, dépendant de la conjugaison de nombreux facteurs. Certains de ces facteurs sont d'ordre personnel (l'activité physique, le niveau d'habillement, etc.) et d'autres sont des facteurs de l'environnement tels que la température de l'air, le rayonnement solaire, l'humidité relative et le mouvement de l'air.

Le confort thermique, a été défini comme l'état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique établi par échange thermique entre le corps et son environnement [3]. Le confort thermique dépend du contexte et des caractéristiques individuelles. Il est conçu comme un processus adaptatif dynamique qui intègre les différents mécanismes physiques, physiologiques et psychologiques.

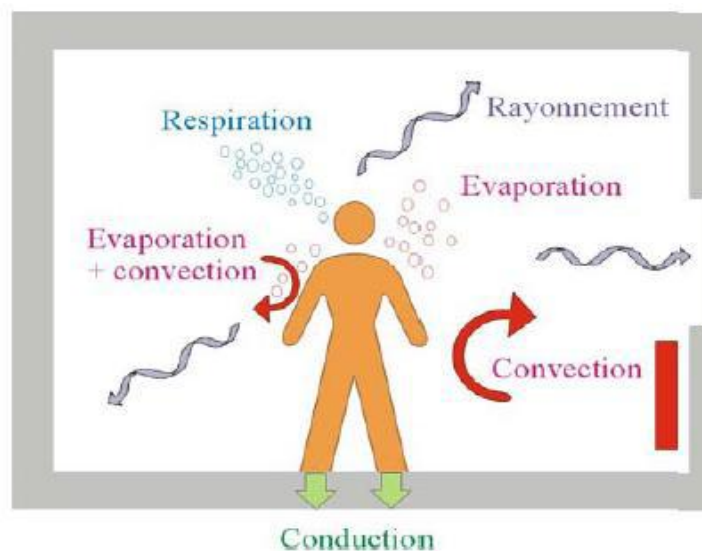


Figure I.2: Interaction thermique entre le corps humain et son environnement.[3]

I.3. Les paramètres du confort thermique:

I.3.1. Les températures:

Compte tenu de son importance dans l'intensité des échanges thermiques, il est naturel de s'intéresser à la température qui caractérise l'environnement ambiant du logement [3]. On distingue:

- **La température de l'air ambiant:** C'est la température de l'air mesurée à l'ombre, comprise généralement entre 19°C en hiver et 26°C en été. L'enveloppe de l'habitat doit être capable de maintenir la température dans cette fourchette malgré les écarts de la température extérieure. Aussi, il faut assurer une certaine homogénéité dans l'espace.
- **La température des parois:** La température des parois influence les échanges thermiques par rayonnement. Elle est égale à la moyenne des températures des parois environnantes pondérées par leur surface.
- **La température ressentie:** C'est la combinaison air/parois. Pour une humidité donnée, en l'absence de courant d'air douillet, on estime que la température effectivement ressentie est la moyenne entre celle de l'air et celle des parois.

Le tableau (I.1) présente les températures du confort selon la saison dans certain lieux, classés en trois catégories.

Tableau I.1 : Les exigences de confort thermique pour des types de lieux [4]

Type de bâtiment /Lieu	Catégorie	Température opérative (°C)		Vitesse moyenne /max de l'air (m/s)
Eté (saison de refroidissement de l'ambiance)	Hiver (saison de réchauffement de l'ambiance)	Eté (saison de refroidissement de l'ambiance)		Hiver (saison de réchauffement de l'ambiance)
Bureau individuel « espace ouvert » A	24.5 ± 1.0	22.0 ± 1.0	0.12	0.10
Salle de conférence auditorium B	24.5 ± 1.5	22.0 ± 2.0	0.19	0.16
Restaurant Salle de classe C	24.5 ± 2.5	22.0 ± 3.0	0.24	0.21
Catégorie	Différence verticale de température (°C)	Plage de température du sol (°C)		Asymétrie de rayonnement de température (°C)
Plafond chaud	Mur froid	Plafond chaud		Mur froid
A	<2	19-29	<5	<10 <23
B	<3	19-29	<5	<10 <23
C	<4	17-31	<5	<13 <35

I.3.2. Humidité relative :

L'air contient de la vapeur d'eau. Le taux d'humidité (qui varie de 0 à 100%), mesure la quantité d'eau. Plus la température augmente, plus l'air peut contenir de la vapeur d'eau : à 15°C, l'air contient 10g de la vapeur d'eau par kg d'air, alors qu'à 20°C, cette quantité passe à 15g. Entre 30 et 70%, l'humidité relative pèse peu sur la sensation de confort thermique. Nous restons dans la zone de confort. Sous 20%, l'air est trop sec et au delà de 80%, trop humide [3].

I.3.3. La plage de confort température-humidité :

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme présenté sur la figure I.3.

1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. et 3: Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique

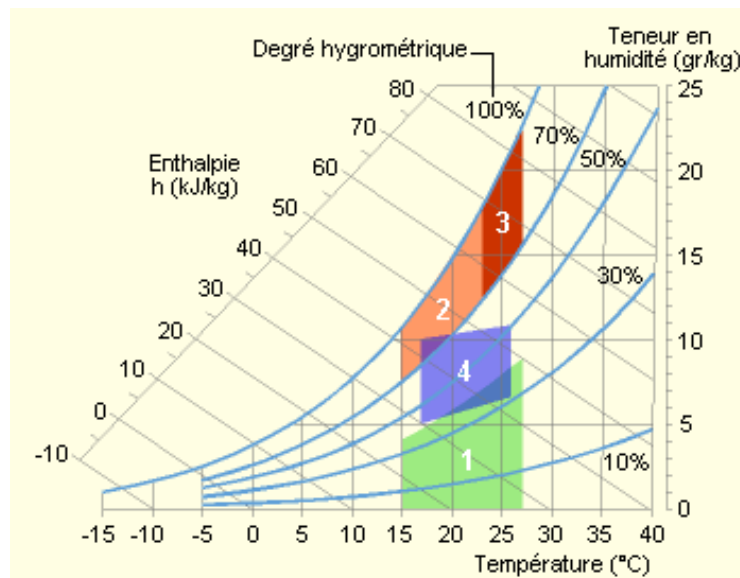


Figure I. 3: Exemple de plage de confort sur le diagramme de l'air humide [6]

I.3.4. Mouvement de l'air :

Le mouvement de l'air est un paramètre très important du confort. Il affecte le corps humain de deux façons différentes. Tout d'abord il détermine l'échange de chaleur convectif du corps [9], et augmente l'évaporation à la surface de la peau. La vitesse de l'air influence le confort dès qu'elle est supérieure à 0.2 m/s [3], [5].

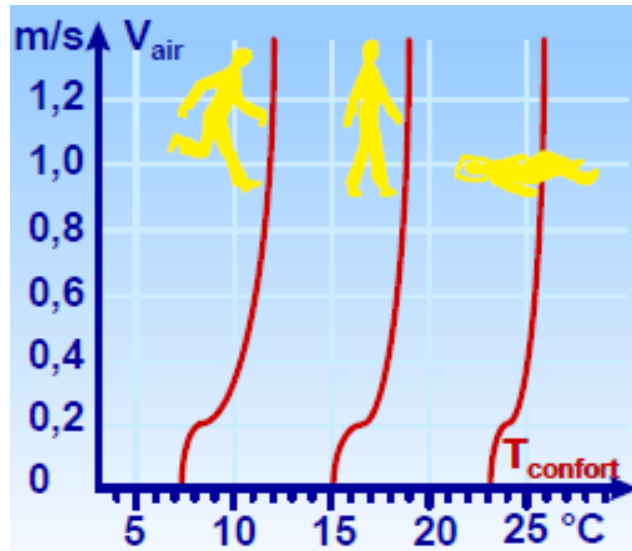


Figure I.4 : Température de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un

La figure I.4 met en relation la vitesse de l'air et la sensation de confort. Les courbes représentent les températures de confort déterminées statiquement pour différents niveaux d'activité, une tenue d'intérieur d'hiver et une humidité relative de 50%. Les températures de confort varient d'environ 3°C autour des vitesses de l'air comprises entre 0.1 et 0.3 m/s, c'est-à-dire autour du seuil de perception des courants d'air, alors qu'elle est réduite tant pour les vitesses inférieures à 0.1 m/s qu'au-delà de 0.5 m/s. La figure I.5 illustre donc particulièrement bien la sensibilité du corps aux courants d'air.

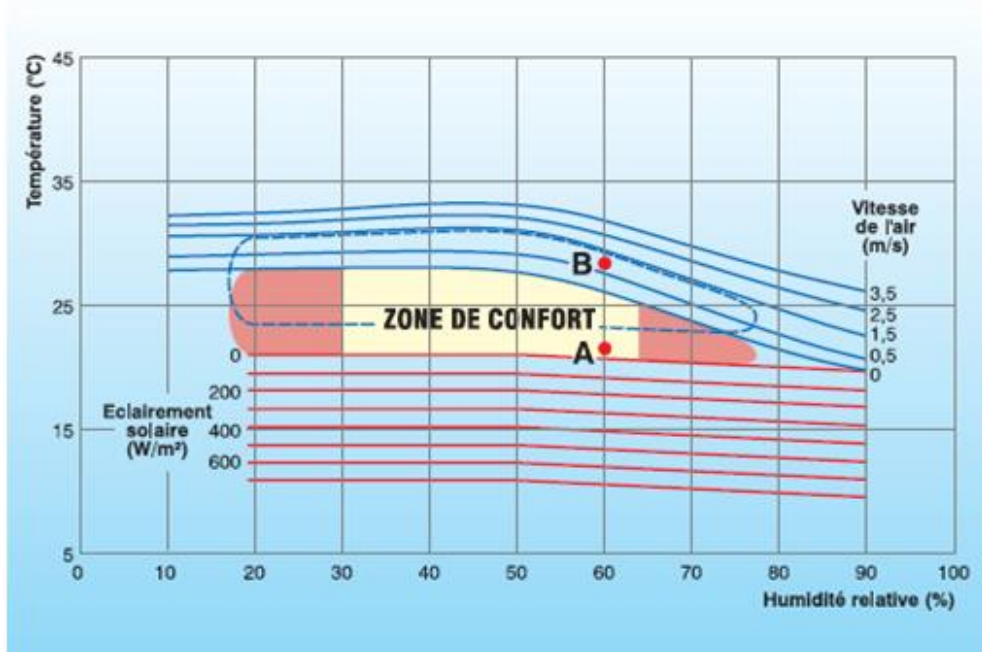


Figure I.5: Zones de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air [2]

Le schéma présente la température de confort en fonction de l'humidité relative et de la vitesse de l'air. Ce schéma indique qu'en climat sec, une température plus élevée qu'en climat humide est acceptable. L'évaporation par sudation de la peau est plus efficace lorsque l'humidité relative est moindre. En augmentant la vitesse de l'air dans une certaine limite, la zone de confort se déplace vers le haut.

I.4. Stratégies d'évaluation du confort thermique :

Il existe en littérature des méthodes d'évaluation du confort thermique, basées sur des expérimentations menées par différents chercheurs et mettant en œuvre différents paramètres de détermination du confort thermique. Plusieurs méthodes de combinaison ont été développées par les chercheurs pour la manipulation simultanée des variables du confort.

Parmi ces méthodes, on peut citer quelques unes: Température effective, Indice de confort équatorial, Indice de contrainte thermique, Diagrammes bioclimatiques (Givoni, Olgyay, Etc.), Température opérative, PMV, PPD.

I.4.1. Diagramme bioclimatique de Givoni:

La méthode d'Olgyay est recommandée pour assurer le confort en climat chaud et humide, figure I.5. En 1978 B. Givoni a élaboré une méthode expérimentale où il représente les limites des ambiances confortables sur un diagramme psychrométrique, figure I.6.

La zone de confort est positionnée au centre, entre les températures 20 et 26°C. L'aire extérieure à cette zone est subdivisée en zones secondaires, où il propose des procédures permettant de réintégrer les conditions de confort [7].

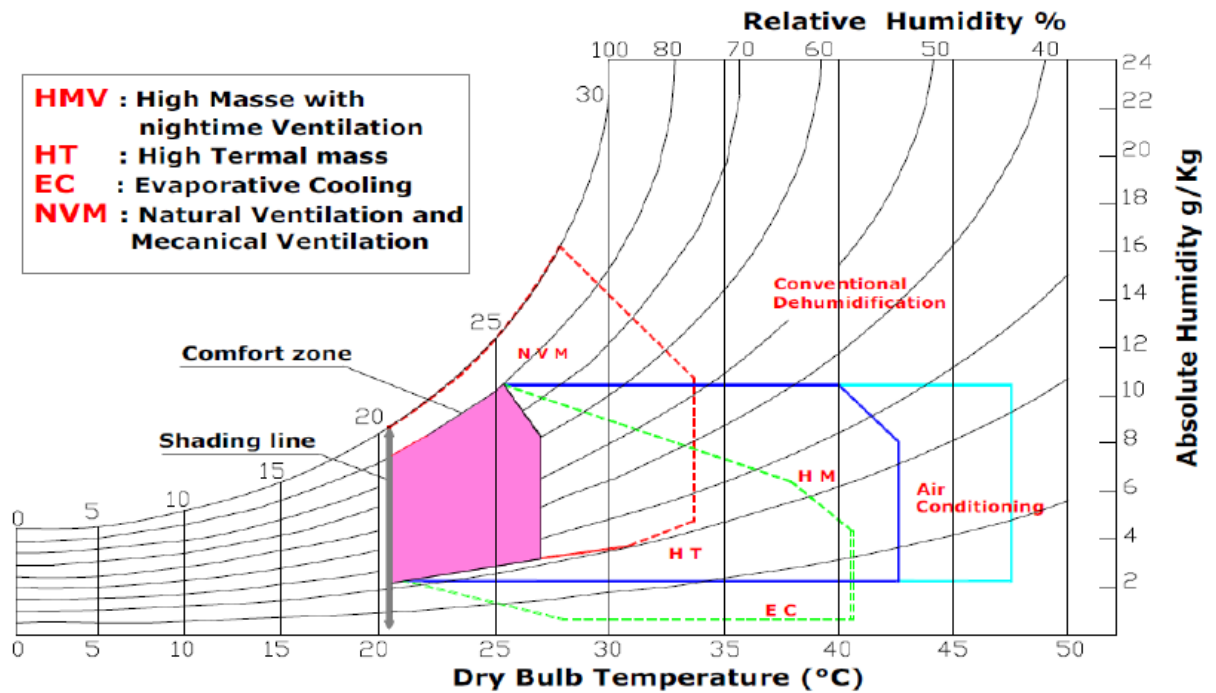


Figure I.6: Diagramme bioclimatique de Givoni.

I.4.2. Indices de confort thermique:

Le Vote Moyen Prévisible (PMV) et le Pourcentage Prévisible d'Insatisfaction (PPD) sont des indices qui permettent de vérifier si un environnement thermique donné amène au confort par un grand nombre de gens situés dans le même environnement.

La norme ISO-7730 propose les indices PMV et PPD comme moyen d'évaluer l'environnement thermique pour divers combinaisons de l'habillement et de l'activité, avec quatre variables d'ambiance (température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité relative) [4].

I.5. Les problèmes de santé liés à l'inconfort thermique :

Les conséquences sur la santé dues à un environnement ambiant chaud, varient d'une personne à l'autre. L'âge (particulièrement les personnes de 45 ans et plus), un piètre état de santé et une mauvaise forme physique rendent les gens plus vulnérables aux effets néfastes des températures extrêmement chaudes. Les différentes pathologies consécutives à une exposition à la chaleur sont :

- L'œdème de chaleur est un gonflement des tissus qui survient généralement chez les sujets non acclimatés à la chaleur. Il se manifeste surtout au niveau des chevilles. L'œdème disparaît après un ou deux jours dans une ambiance thermique confortable.
- Les crampes de chaleur sont des douleurs musculaires aiguës qui peuvent se manifester seules ou en association avec d'autres troubles dus à la chaleur.

Elles sont attribuées à une perte excessive en sodium et surviennent le plus souvent lorsque le sujet boit abondamment pour compenser une perte hydrique, mais sans compenser les pertes minérales (électrolytes).

- L'épuisement dû à la chaleur est attribué à une perte d'eau des tissus et de sels minéraux, consécutive à une sudation trop abondante. Les signes et les symptômes de l'épuisement sont nombreux : sudation abondante, sensation de faiblesse, d'étourdissement ou de soif intense, troubles de la vue, nausées, maux de tête, vomissements, crampes musculaires, difficulté respiratoire, palpitations, picotements et sensation d'engourdissement dans les mains et les pieds.
- La syncope due à la chaleur se manifeste par une sensation de vertige et une perte de conscience, attribuables à une diminution temporaire du débit sanguin cérébral alors que le sujet est debout.

Ce malaise est causé par la perte de liquides organiques à la suite d'une sudation abondante et par une chute de tension artérielle attribuable à un afflux de sang dans les membres inférieurs. La syncope de chaleur survient surtout chez les sujets non acclimatés. Les symptômes disparaissent rapidement lorsque la victime est sous-traitée aux conditions éprouvantes et mise au repos dans une ambiance confortable.[8]

Chapitre II

Consommation d'énergie

II.1. Introduction :

En 2013, environ 28 % de l'énergie mondiale finale est consommée par l'industrie, 27 % par les transports, et 36 % par le résidentiel, le tertiaire et l'agriculture. Les 9 % restants correspondent essentiellement au pétrole utilisé pour produire du plastique et au charbon utilisé pour produire de la fonte. [9]

II.2. Unités de mesure :

L'unité officielle, dérivée du système international (SI), pour l'énergie est le joule qui correspond au travail effectué par une force d'un Newton sur un mètre. Mais, par la force de l'habitude, la plupart des statisticiens continuent à utiliser la tonne d'équivalent pétrole (tep) et plus souvent son multiple, le million de tonne d'équivalent pétrole (Mtep), le pétrole étant la source d'énergie la plus utilisée dans le monde. Cependant certains (surtout dans les pays d'Europe du Nord) prennent l'habitude d'utiliser des multiples de l'unité officielle et il n'est pas rare de trouver des péta voire des yotta - qui sont des préfixes du système international d'unités - joules si l'on veut traiter des productions à l'échelle du monde.

1 tonne d'équivalent pétrole (tep) = 41,855 KJ, certaines organisations utilisant la valeur arrondie (par convention) à 42 KJ

- 1 tonne équivalent charbon (tec) = 29,307 KJ
- 1 kilowatt-heure (kWh) = 3,6 MJ
- 1 British thermal unit (btu) = 1 054 à 1060 J
- 1 calorie (cal) = 4,1855 J
- 1 tonne d'équivalent pétrole (tep) = 11 628 kWh
- 1 tonne d'équivalent pétrole (tep) = 1,4286 tec
- 1 tonne d'équivalent pétrole (tep) = 1 000 m³ de gaz (équivalence conventionnelle du point de vue énergétique)
- 1 tonne d'équivalent pétrole (tep) = 7,33 barils de pétrole (équivalence conventionnelle du point de vue énergétique)
- 1 Mégawatt-heure (MWh) = 0,086 tep. [9]

II.3. Classement des énergies primaires : [9]

Au niveau de la production et de la consommation, les différentes formes d'énergie primaire peuvent se classer de la façon suivante :

- Énergies fossiles
 - Pétrole
 - Gaz naturel
 - Charbon
- Énergie nucléaire
 - Uranium
- Énergies renouvelables
 - Énergies Renouvelables dites de Haute enthalpie (haut potentiel énergétique)
 - hydro-électricité
 - Énergie éolienne
 - Énergie solaire photovoltaïque
 - Énergies Renouvelables Thermiques
 - Biomasse
 - Bois de chauffage, résidus de bois et de récoltes
 - Biogaz
 - Biocarburants
 - Déchets (peuvent contenir de la biomasse)
 - Géothermie
 - Énergie solaire thermique

II.4. La consommation d'énergie :

La consommation d'énergie dans le secteur domestique correspond au tiers de la consommation finale énergétique totale.

Elle a donc des incidences majeures sur l'environnement : émissions de polluants dans l'air, émissions de gaz à effet de serre et autres impacts liés aux modes de production de l'énergie.

En 2008, en France la consommation d'énergie finale du secteur résidentiel s'élève à 45 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep). Sur la période 1985-2008, elle a progressé de

19 %, sous l'effet conjugué de l'accroissement du parc de logement et du taux d'équipement des ménages en appareils électriques.

Depuis le premier choc pétrolier de 1973, on assiste à une baisse continue de l'utilisation du charbon et du fioul (respectivement 1% et 16% en 2008 contre 10 % et 60 % en 1973,) au profit de l'électricité et du gaz naturel (respectivement 29% et 36 % en 2008, contre moins de 10% en 1973). Le bois représente 14 % des consommations et reste stable depuis 1973.

Le chauffage est l'usage énergétique dominant des logements, avec 70% de la consommation totale en 2008. Depuis 2000, on constate une légère baisse de la consommation d'énergie pour le chauffage. Cette baisse est attribuable au renforcement de la réglementation thermique dans la construction neuve et aux travaux réalisés dans les logements existants, notamment grâce aux déductions fiscales mises en place.

L'électricité spécifique, c'est-à-dire hors chauffage, eau chaude et cuisson, est le second poste de consommation d'énergie dans l'habitat, en valeur absolue, et celui dont la croissance est la plus forte. La consommation d'électricité pour les usages spécifiques a été multipliée par 2 entre 1985 et 2008, en raison de la progression de l'équipement électrodomestique : électroménager, téléviseurs, bureautique, multimédia, climatisation... On observe un effet rebond de la consommation : la multiplication des appareils dans les habitations a plus que compensé l'amélioration de la performance énergétique de nombreux appareils électroménagers.[10]

II.4.1. L'homme et l'énergie à travers les âges :

La seule source dont disposait l'homme primitif était sa nourriture où il consommait environ 200 Kcal/jour, soit environ 66Kg de pétrole par an ou 100Kg de charbon.

Il y a environ 10 000 ans, l'homme après la maîtrise du feu, avait plus d'aliments et brûlait du bois pour se chauffer et cuisiner ; il consommait environ 5000 Kcal/jour.

Par contre au moyen âge, l'homme utilisait déjà le charbon pour se chauffer, l'énergie hydraulique, éolienne et l'énergie animale pour le transport ; sa consommation d'énergie était double de la précédente soit 24 000 Kcal/jour.

Avec la révolution industrielle, l'homme consommait en moyenne

70 000 Kcal/jour. Dont environ 10% pour sa nourriture, 10% pour le transport, 50% pour le domestique et le tertiaire (chauffage...) et 30% pour l'industrie et l'agriculture.







La société technique se représente vers les années 70, l'énergie était disponible à l'échelle de l'unité individuelle. Le taux de croissance de la consommation d'énergie par habitant aux Etats-Unis par exemple avait atteint 230 000Kcal /jour /habitant.






Donc la plus grande partie de cette énergie était consommée sous forme d'électricité. [10]

II.4.2. Consommation d'énergie par habitant :

La liste ci-dessous, tirée des statistiques de l'AIE, ne prend en compte que les pays de plus de 50 millions d'habitants ainsi que les pays européens de plus de 10 millions d'habitants ; les statistiques de l'AIE englobent la quasi-totalité des pays du monde.[9]

Tableau II.1 : Consommation d'énergie par habitant[9]

Pays ou région	Population (millions)	Consommation par hab. (tep/hab.)	Élec. cons./hab. (kWh/hab.)
Monde	6958	1,88	2933
 Afrique du Sud	51	2,79	4694
 Allemagne	82	3,81	7083
 Brésil	197	1,37	2441
 Chine	1344	2,03	3298
 Corée du Sud	50	5,23	10162
 Égypte	83	0,94	1677

Pays ou région	Population (millions)	Consommation par hab. (tep/hab.)	Élec. cons./hab. (kWh/hab.)
 Espagne	46	2,72	5604
 États-Unis	312	7,02	13227
 France	65	3,88	7318
 Inde	1241	0,60	673
 Turquie	74	1,52	2677

II.5. Les caractéristiques de l'habitat et son environnement :

Le premier déterminant de la consommation d'énergie dans les logements, résulte de la structure de l'habitation. Trois facteurs nécessitent d'être pris en compte : le type d'habitation, maison individuelle ou appartement en immeuble collectif, l'année de construction et la surface habitable. L'analyse des déterminants de la consommation d'énergie nécessite de distinguer quatre types d'habitation. Les maisons individuelles de type pavillon se caractérisent par leur séparation avec les autres habitations environnantes (on les qualifie ici de « maison isolée »).

Elles comportent quatre façades donnant sur l'extérieur ce qui maximise leur exposition aux variations climatiques. Les maisons dites « mitoyennes » ont un côté, ou plusieurs, commun avec d'autres habitations ce qui réduit la surface de façade avec l'extérieur.

On distingue également deux types de logement en immeuble collectif, selon que les immeubles ont trois étages au maximum « immeubles bas » ou plus de trois étages « immeubles hauts ».

Cette distinction ajustée sur des normes de construction (immeubles avec ascenseur ou non, en particulier), recoupe le critère de localisation des habitations, en milieu urbain dense périurbain ou rural.

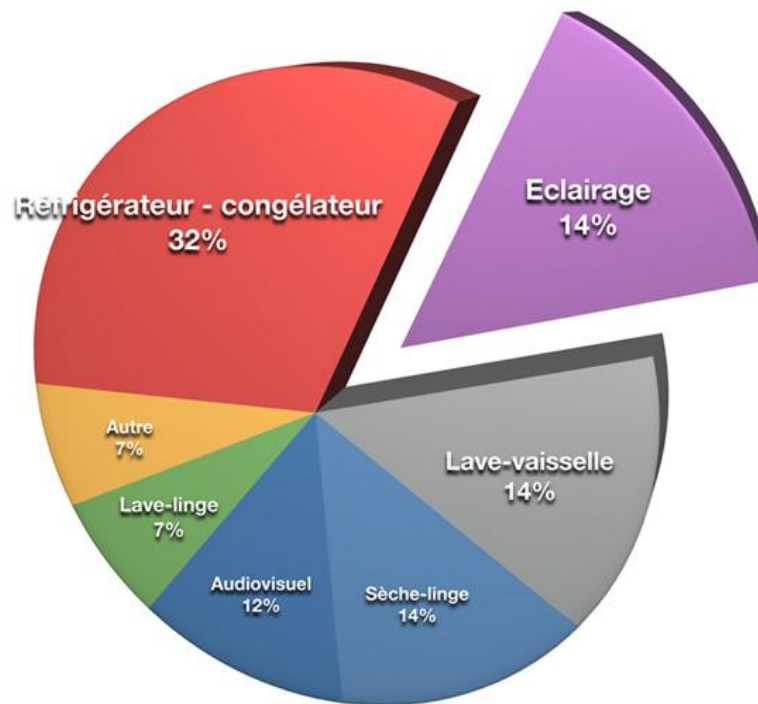


Figure II.1 : Distribution de la consommation d'énergie dans le secteur ménagère [8]

II.6. Maison a basse consommation d'énergie :

Une maison à basse consommation d'énergie est une maison dont les choix de construction (orientation du bâtiment, matériaux et types d'énergies utilisés) permettent de limiter la consommation énergétique.

Ce type de maison est devenu la norme en France pour toutes les constructions neuves, depuis le Grenelle de l'environnement et la réglementation thermique qui en a découlé. L'objectif fixé à partir du 1^{er} janvier 2013, pour les constructions neuves, est de ne pas dépasser une consommation en énergie primaire de 50 kilowatts-heure par mètre carré et par an (50 kWh/m²·/an) pour le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude

sanitaire, la ventilation et l'éclairage, en attendant des exigences plus élevées à l'horizon 2020, avec le bâtiment à énergie positive.

II.6.1. Historique et enjeux :

Les principes de base de la maison à basse consommation d'énergie remontent à l'Antiquité mais ils bénéficient de savoirs et de matériaux nouveaux. Depuis les temps les plus reculés, et particulièrement dans les zones très froides ou très chaudes, l'homme a privilégié des types d'habitat à murs épais et ouvertures limitées, pouvant préserver la chaleur en hiver et la fraîcheur en été. À partir des années 1970 apparaissent des bâtiments économes en énergie, d'abord dans les pays d'Europe du Nord, qui développent des normes et contribuent à l'idée d'habitat performant (exemple : Passivhaus en Allemagne).

Il faut savoir que le secteur du bâtiment et de l'habitat représente 43 % de l'énergie consommée en France (contre 31 % pour le transport et 26 % pour l'énergie), qu'il dépend à plus de 50 % des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon) et qu'il est responsable de 23 % des émissions de gaz à effet de serre enregistrées en France.

Le protocole de Kyoto, traité international adopté en 1997 et entré en vigueur en 2005, s'est fixé comme objectif la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il est relayé au niveau européen par le programme Paquet Énergie-Climat ou "3 X 20" (2008), qui vise, à l'horizon 2020, une diminution de 20% des émissions de CO₂, une augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique, et une couverture des besoins d'énergie finale par les énergies renouvelables, à hauteur de 20%.

✓ Coût :

Le surcoût d'une maison individuelle respectant la Réglementation Thermique 2012 est en général de 10 à 15 %. Cela est principalement dû aux prix des matériaux nécessaires et indispensables pour atteindre les objectifs fixés.

✓ Retour sur investissement :

Il faut savoir que la facture annuelle de chauffage représente 900 euros en moyenne par ménage, avec de grandes disparités (250 euros pour une maison "BBC" jusqu'à plus de 1800 pour une maison mal isolée).

Les économies réalisées sur la consommation d'énergie, qui est trois à quatre fois plus faible qu'une maison classique permet un bon retour sur investissement (environ 4 ans). On estime l'économie réelle à 15.000 euros sur 20 ans, pour une maison individuelle. [11]

II.6.2. Caractéristiques d'une maison à basse consommation d'énergie :

II.6.2.a. Une conception bioclimatique de l'habitat :

- **L'orientation de la maison**

L'objectif est de récupérer au maximum la chaleur et la lumière du soleil en hiver et de réduire ces mêmes contributions en été. L'exposition Est-Ouest n'est pas recommandée. A l'Ouest, le bâtiment accumule la chaleur en raison de l'exposition directe du soleil l'après-midi et engendre des surchauffes en été.

- **La forme du bâtiment**

L'architecture d'une maison a un impact très fort sur la consommation d'énergie. Le rôle de l'architecte est très important. Plus un bâtiment est compact, moins il consomme de l'énergie. C'est pour cela que pour une bonne habitation, le rapport des surfaces, des parois en contact avec l'extérieur sur la surface habitable doit être faible. La forme sphérique est la forme qui possède le rapport surface sur volume le plus petit. Elle est donc parfaite pour réduire les pertes thermiques de l'enveloppe du bâtiment.

Une forte isolation thermique :

Que le système constructif soit d'ossature de bois, de parpaings ou de briques, il faut isoler toutes les parois. L'isolation sera thermique, mais aussi acoustique.

- **Des ouvertures performantes :**

Il est recommandé de prévoir des ouvrants sur les 4 faces de la maison pour pouvoir bénéficier de ventilation traversant l'été, et de ne pas dépasser 25% de la surface habitable en surface vitrée.

La répartition des surfaces de fenêtres peut être envisagée de la manière suivante : 50 % au Sud, 20% à l'Est, 20 % à l'Ouest et de 10 % au Nord.

- **Une parfaite étanchéité :**

Ces fuites d'air dans une maison représentent une part importante des pertes d'énergies. Dans les maisons, les fuites d'air peuvent avoir lieu aux liaisons entre les éléments (la jonction d'une huisserie à un mur par exemple) ou aux encadrements de baies vitrées coulissantes, ou encore aux prises de courant (l'air peut passer par les gaines électriques). Les travaux d'isolation doivent être complétés par des mesures visant à parfaire l'étanchéité. [11]

II.7. La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie :

L'importance de l'énergie dans la vie socio-économique a multiplié les travaux sur les questions énergétiques. Il est connu que pour notre pays, les produits pétroliers et surtout le gaz, ont déjà affiné leur primauté comme matière première pour la pétrochimie et la thermoélectricité, comme source d'énergie essentielle pour le transport, l'industrie et les besoins ménagers.

« Cela est justifié par la décision du 24 février 1971, l'Algérie prend la décision de nationaliser le secteur pétrolier et recouvre ainsi la maîtrise et le contrôle de ses ressources pétrolières et gazières. »

La consommation globale d'énergie en Algérie, aurait été probablement multipliée par quatre entre les années 1980 et 2000. Cette évolution est indiquée sur le (Tableau II.2) et cela pour les différents types d'énergie utilisés par différents secteurs. [8]

Tableau II.2 la consommation de l'énergie en Algérie
(En milliers de tonne). Source : DGE, 2000

	1980	1983	1985	1990	1993	1995	1997	1999
Secteur « industrie et BTP »	2609	3577	4270	3874	4077	4167	3802	4218
Secteur « transports »	2598	3373	3688	4384	4583	4262	4148	4324
Secteur « ménages et autres »	3286	4148	5285	5942	6990	7317	7226	8658
Consommation finale	8493	11098	13243	14200	15650	15746	15226	17200

Concernant la consommation de l'énergie en Algérie (tableau II.2), c'est le secteur résidentiel et tertiaire qui domine, de l'ordre de 45.7%, suivi du secteur des transports de 27.8% et en dernier du secteur industriel BTP de 26.8%.

La consommation d'énergie finale par habitant était de 0.48 TEP en 1990 son évolution passera de 0.71 TEP en 2000 à 1.35 TEP en 2010 et serait de 1.88 TEP en 2020.

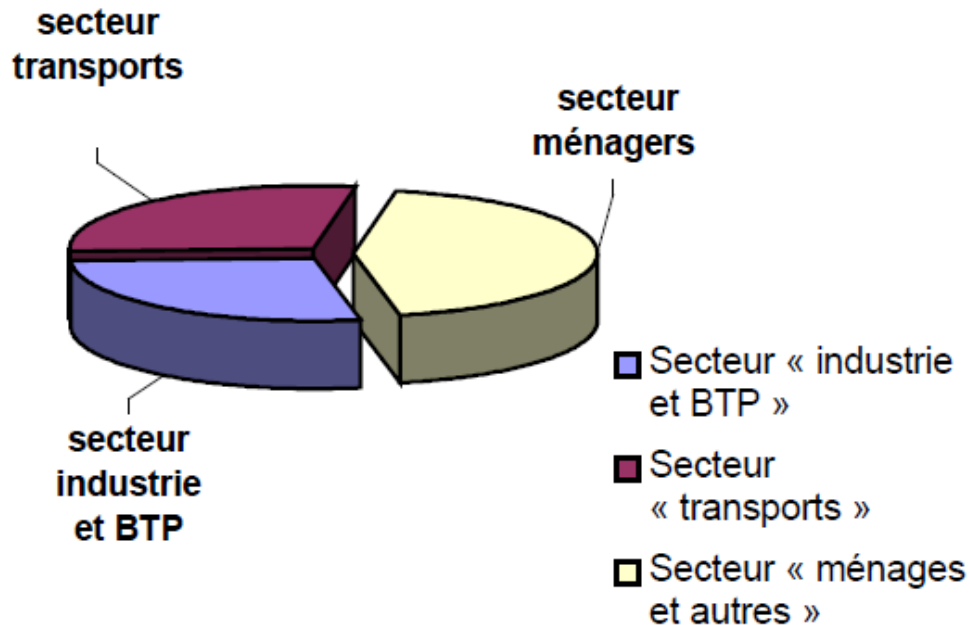


Figure II.2 : Consommation d'énergie par secteur (période 1980-2000)
Source : D.G.E, 2000

Pour cette raison le besoin d'énergie de chauffage ou de climatisation dans un logement résulte du maintien d'une certaine température à l'intérieur. Et ce maintien dépend des caractéristiques physiques du logement et du contexte climatique dans lequel il se trouve.

La caractéristique du logement intervient sur le besoin énergétique ; où la relation du volume de l'habitation, du degré d'isolation et de son exposition au soleil et au vent demeure essentielle.

II.7.1. Consommations dans le secteur ménager en Algérie :

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 usages :

.Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique.

.L'éclairage, l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie.

.L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%.

. La cuisson représente près de 5%.

La lecture du (tableau II.3) fait ressortir que la consommation du gaz et l'électricité pour le chauffage et pour l'éclairage présente 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.

Tableau II.3 : Consommation dans le secteur ménager en Algérie
(En milliers de tonne). Source : DGE, 2000

	1980	1983	1985	1990	1993	1995	1997	1999
Combustible solide	10	23	15	15	54	54	54	77
Produits pétroliers	1167	1378	1862	1410	1486	1463	1355	1573
Gaz naturel	432	685	952	1177	1724	1878	1918	2211
Autre gaz	851	1020	1210	1552	1723	1541	1524	1662
Electricité	826	1042	1246	1788	2003	2381	2424	3134

II.7.2. consommation énergétique au niveau de la ville d'Ouargla :

Dans les régions du sud algérien le thermomètre affiche parfois des températures à l'ombre de 45 à 47 ° C.

L'impact direct est l'appel de charge très important entre 13h et 18 h ou souvent le pic est enregistré entre 14 h et 16h.

La climatisation pendant cette plage horaire est la cause non seulement de l'appel de charge demandée mais aussi au déclenchement des départs d'alimentation suite au surchauffe des conducteurs provoquant ainsi des incidents de coupures de courant.

Tableau II.4: Consommation moyenne annuelle abonné ordinaire. Source DGE Sonelgaz Ouargla

Année	2008	2009
Consommation en (KW/h)	3741	3889
Montant (DA)	14915	15900

Tableau II.5 : Comparaison entre Juillet/janvier. Source DGE Sonelgaz Ouargla

Trimestre	Troisième	Premier
Mois	Juillet	Janvier
Consommation total (KW/h)	35.029.428	20.240.107
Nombre d'abonnés	60571	58937
Ration Cons/abonné	578 KWh / abonné	343 KWh/abonné

(1 Consommation Juillet = 1.68 Consommation Janvier)

Tableau II.6 : Comparaison entre Aout /juillet. Source DGE Sonelgaz Ouargla

Trimestre	Troisième	Premier
Mois	Août	Février
Consommation total (KW/h)	38.563.714	18.720.120
Nombre d'abonnés	60712	59168
Ration Cons/abonné	635 KWh / abonné	316 KWh/abonné

(1 Consommation Aout = 2 Consommation Février)

II.8. Conclusion :

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique. Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres, lui permettent de rester serein pour quelques temps encore.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ces ressources , pour les besoins du développement du pays, le choix d'une véritable politique énergétique à long terme, et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique, couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques.

Chapitre III

Toitures Et Habitats Traditionnels

L'habitat traditionnel, compose la plus grande partie de l'environnement bâti de l'homme.

L'analyse de la conception, de la construction, de l'utilisation de cet habitat, en font apparaitre pleinement toutes les richesses. La connaissance profonde du milieu, des matériaux, des besoins tant pratiques que sociaux, des bâtisseurs, elles se trouvent ainsi dévoilées.

La somme extraordinaire de connaissances techniques (particulièrement en termes d'économie d'énergie et de matériaux), de possibilités d'adaptation contenues dans l'habitat traditionnel, font partie du patrimoine humain.

La société traditionnelle, telle qu'elle s'insère dans cette exposition, se définit par une faible spécialisation de ses membres (chacun est capable de pratiquer toutes les activités nécessaires à la vie), par la solidarité et la cohésion qu'entraînent des relations inter-individus, obéissant à un ordre moral et technique, par des croyances et des rituels impliquant (et traduisant) des buts communs, en bref par une conception du monde commune.

Aujourd'hui pratiquement un homme sur deux vit dans une société de ce type, et donc, dans un habitat conforme à ces règles.

En bâtissant son habitat, l'habitant y intègre ses besoins et ses valeurs.

III.1. Historique :

Les êtres humains n'ont eu que peu de solutions pour s'abriter dans les premiers temps de leur arrivée sur Terre. Les alternatives qui s'offraient à eux étaient les arbres, les collines, et les grottes.

Dès que les habitants de ces grottes se sont déplacés, ils ont dû créer de nouveaux types d'habitats, démontables, puis fixes et de plus en plus complexes, pour arriver à des « maisons ». Ces habitats ont été construits avec les matériaux disponibles sur place et de manière rudimentaire (bâtons, branches, feuilles, paille, puis cuirs et peaux de bêtes). Puis, de façons évoluées avec des matériaux comme le fer, les «composites » ou les « alliages ».

III.2. Formes de toitures existantes :

La toiture est élément important dans une maison. En pente ou arrondie, elle a plusieurs fonctions qui garantissent le confort et le bien-être de ses habitants.

La première utilité d'une toiture est de protéger votre habitation des éléments extérieurs tels que la pluie, la neige, le vent ; elle est la première protection de la maison.

De la même manière, elle isole du froid et de la chaleur extérieure.

D'autre part, elle évacue l'eau et l'empêche de pénétrer à l'intérieur et ainsi d'endommager la structure du bâtiment. Enfin, elle possède aussi un fort atout esthétique.

Les formes de toitures sont nombreuses selon chaque culture et conditions locales, on expose plus courantes dans la figure (III.1)

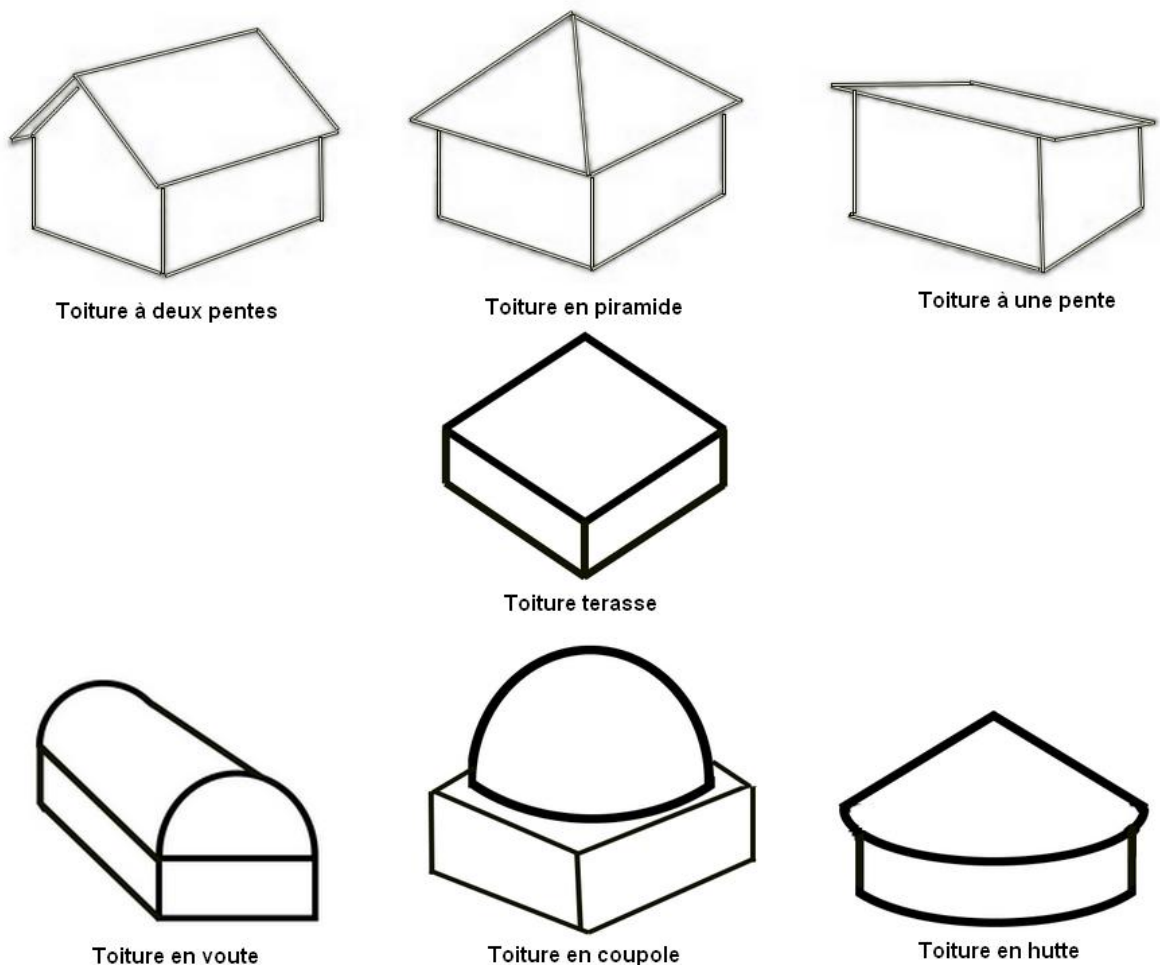


Figure III.1 : Formes de toitures existantes les plus courantes

III.3. Exemples de toitures dans l'habitats traditionnels à travers le monde :

Bâtir une maison, c'est aussi transformer un environnement extérieur hostile en un microclimat intérieur agréable.

Il y'a dans le monde un nombre vaste d'exemple d'habitat traditionnel. En voici quelques exemples.

- **Thaïlande**



Figure III.2 : Maison en Thaïlande. Habitat à toiture à deux pentes.

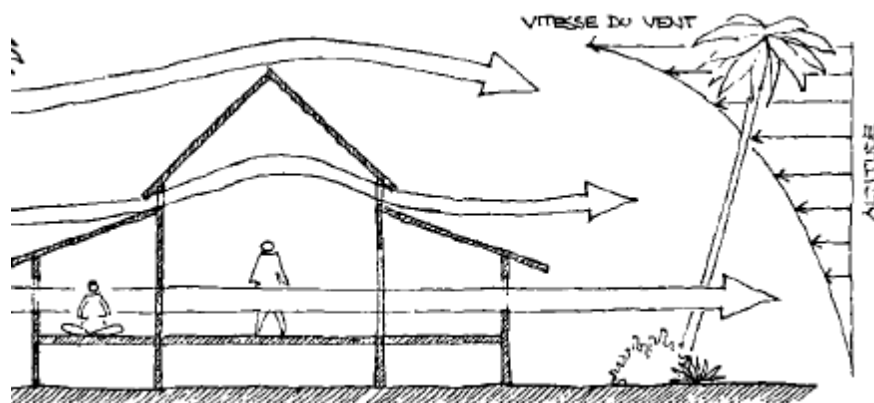
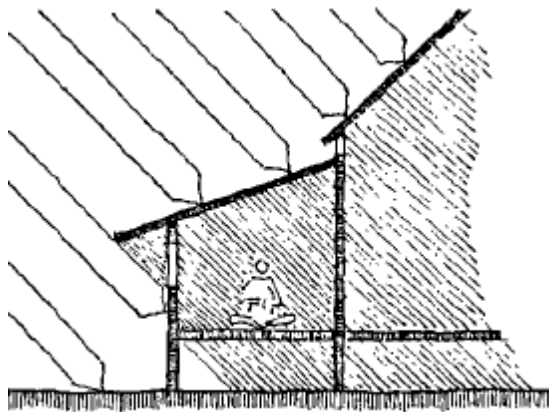
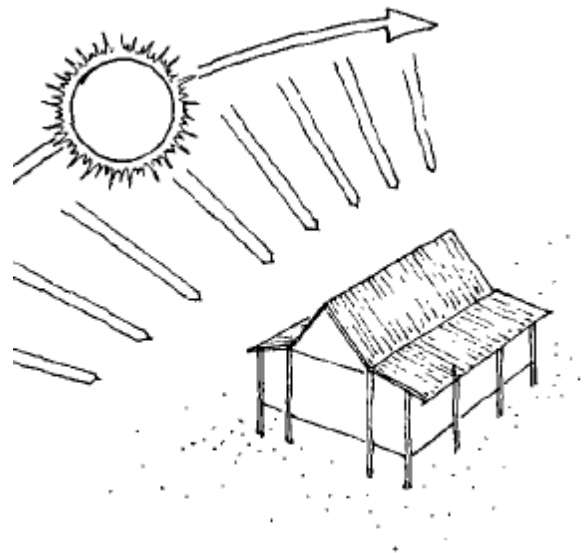


Figure III.3 : Les parois aérées permettent une bonne ventilation à hauteur d'homme.



Les larges avant-toits et les vérandas protègent du rayonnement solaire.

L'orientation, souvent est-ouest, minimise les surfaces exposées au soleil.



Les avant-toits et les pilotis mettent le plancher habitable à l'abri des pluies.

- **Egypte :**

L'Egypte, pays au climat aride et chaud, est en grande partie désertique. Les maisons traditionnelles, dans toute l'Egypte sont construites en terre, ou plus exactement en brique de terre crue, que l'on appelle ‘’adobe ou atobe’’. Faite à partir d'un mélange de terre, d'eau et de paille. Le coût de fabrication est très faible et les qualités d'isolation avec la terre, sont remarquables.



Figure III.4 : Village de Gurna. Louxor, Egypte.

Maisons à Gurna (figure III.8), construites sur des ruines pharaoniques. La toiture est de forme plane, construite en bois et avec de la boue.



Figure III.5 : Maisons à Gurna, Egypte

- **La Suède : (maison scandinave)**

La Suède recouvre différentes zones climatiques (mais toujours polaire), Les températures peuvent descendre jusqu'à - 40°C.

En raison de son climat rude, la Suède a connu d'importantes modifications dans son habitat traditionnel. En effet, pour se protéger de ces températures extrêmes, l'habitat doit être d'une efficacité redoutable et offrir à ses occupants le meilleur confort possible.



Figure III.6 : maison scandinave

Voici "La maison Scandinave»(figureIII.9), avec une base carrée ou rectangulaire, de deux niveaux, construite en bois, peint en rouge (pour capter l'énergie des rayons solaires) et aux contours de fenêtres en blanc.

- **Le Kenya : (hutte Masai)**

Le Kenya se trouve en région équatoriale, pas étonnant donc que son climat soit tropical. Le pays est relativement montagneux ce qui rajoute le froid aux exigences climatiques dans certaines régions du pays.

L'architecture kenyane est de manière générale très simple. Comme la maison masai, faite de terre, de bois et d'excréments animaliers.



Figure III.7 : hutte Masai

La maison à base circulaire, avec un toit en chaume constitue le principal type d'architecture du pays.

Les Masaïs étaient autrefois nomades. Leurs constructions étaient donc temporaires. De ce fait, elles sont petites, pas très confortables et doivent être partiellement reconstruites à chaque pluie.

III.4. Exemples d'habitats traditionnels locaux :

L'Algérie regorge d'architecture traditionnelle propre à chaque région et chacune propre à son style, selon le climat, la matière première et la culture. On prend quelques exemples.

- **El oued (la maison du Souf):**

El oued (Oued Souf) est une ville du Sahara algérien, située au sud est du pays, son climat est saharien, sec et chaud.

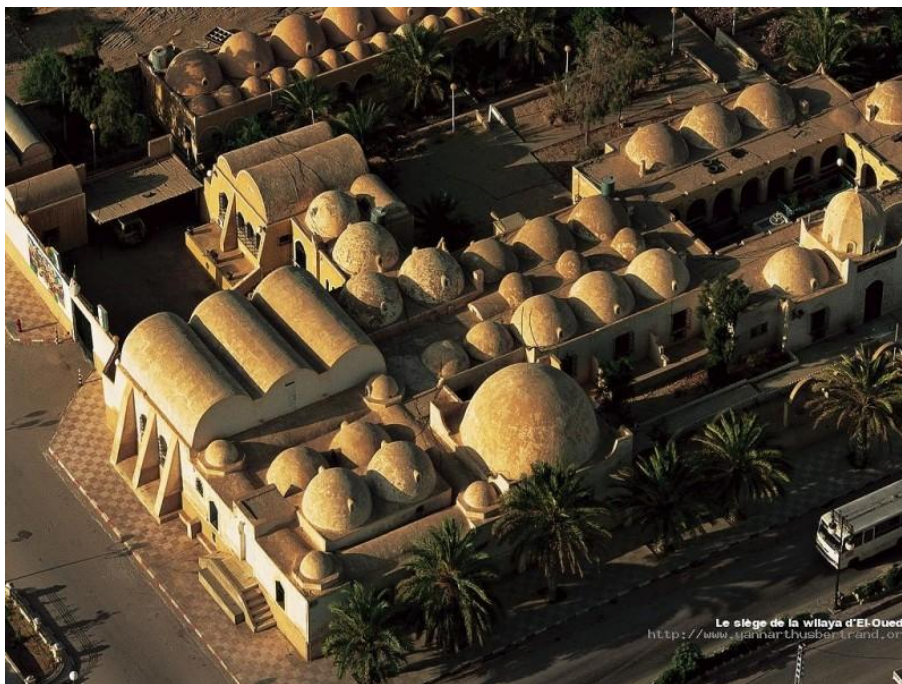


Figure III.8 : La ville d'Oued Souf

La maison du Souf, s'organise autour d'une cour fermée avec des chambres qui donnent sur cette dernière. Le plafond est en forme de voûte.

• **Adrar (Ksour) :**

La wilaya d’Adrar se situe au sud ouest algérien, avec un climat saharien compte près de 294 localités dont la plupart sont très anciennes et qui sont appelées communément «ksour».

Ces ksour se caractérisent par un habitat typique dont l’histoire les lie à la disponibilité de l’eau, des matériaux de construction, des conditions climatiques et aussi à l’environnement géomorphologique.

Construit avec de la boue et le bois de palmier avec une architecture de forteresse et une toiture plane.



Figure III.9 : Ksour d’Adrar

III.5. Avantages et inconvénients de l’habitat traditionnel :

Tableau III.1 : Avantages et inconvénients de l’habitat traditionnel.

Avantages	Inconvénients
-Matériaux largement disponibles	-Peu résistant face au séisme
-Facilité de construction	-Longue durée pour la préparation des matériaux fragile devant les intempéries
-Démontage facile et transportable (cas des maisons Masai)	-Entretien difficile
-Résiste à la chaleur et au froid	-Faible Isolation thermique
-Conçue par l’habitant selon ces besoins	

Chapitre IV

Climat et rayonnement

IV.1.Définition du climat :

Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes architecturaux et urbains (DUPLAY, 1982).

Le climat est défini comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et durant toute l'année. (KENDREW, 1957).

Le climat, comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combinent entre eux.

A cet effet, il est reconnu qu'une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, de leurs variables, ainsi que leur utilisation de manière judicieuse, pourraient être d'un grand apport aux conditions de confort en générale, et particulièrement le confort des espaces intérieurs.

Le climat est l'ensemble des circonstances atmosphériques propres à une région du globe. Il exprime les conditions régnantes, et se détermine par différents éléments, avec leurs combinaisons et leurs interactions.

IV.2.Les éléments du climat :

Si l'on considère le confort humain et l'habitat, les éléments climatiques principaux sont le rayonnement solaire, la température, l'humidité, les précipitations et le vent.

IV.2.a. Le rayonnement solaire :

Il peut être direct ou indirect (diffusé ou réfléchi). Il peut être diffusé par le ciel à travers les nuages, réfléchi par le terrain environnant, sable, etc.

Il affecte le bâtiment, soit directement, en pénétrant à l'intérieur par les ouvertures et réchauffant les pièces, soit indirectement, en étant absorbé par les parois extérieures du bâtiment qui diffusent une partie de la chaleur à l'intérieur.

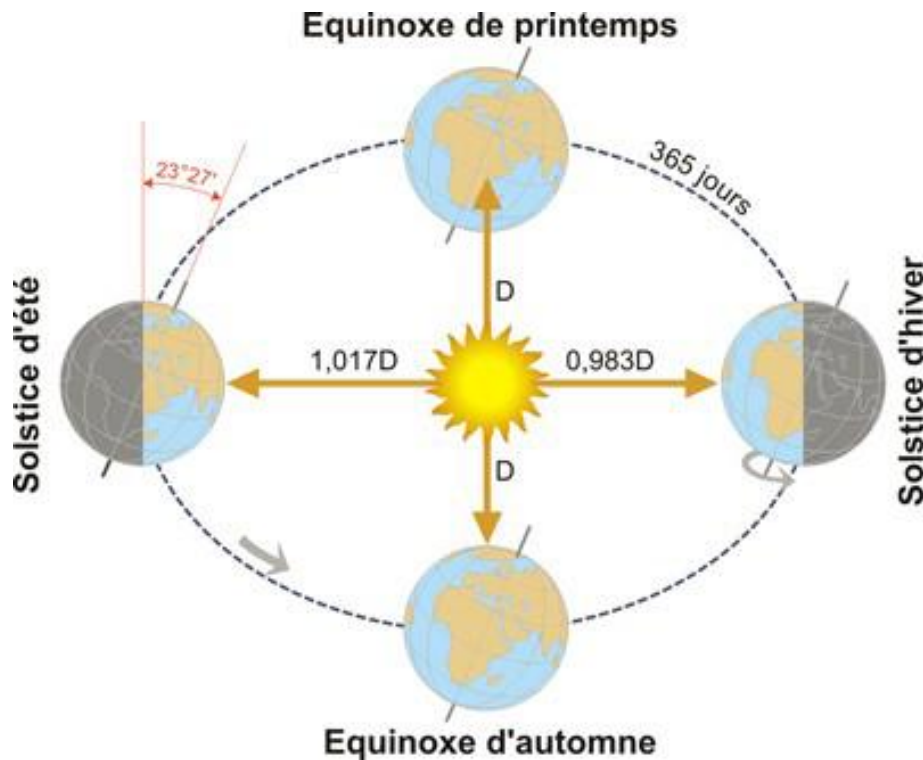


Figure IV.1 : Le mouvement terre soleil

IV.2.b. La température de l'air :

C'est une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre. Elle est définie : comme étant « l'état atmosphérique de l'air du point de vue de son action sur nos organes : degré de froid ou de chaleur » (Larousse, 1986)

De ce fait, les régimes diurnes et nocturnes de la température de l'air dépendent des variations de la température de surface. (A savoir que les mêmes surfaces continentales et maritimes ne se comportent pas de la même manière, sous les mêmes conditions de rayonnement solaire, les masses d'eau chauffent plus lentement que les masses de la terre)

La température de l'air est aussi modifiée avec le changement d'altitude.

IV.2.c. Humidité Relative :

Indique une évaluation directe du pouvoir évaporant de l'air. Elle est l'expression en pourcentage du degré hygrométrique ce qui représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans l'air que l'air peut contenir pour la même température. GIVONI, 1978).

IV.2.d. Vent :

Cet élément est défini par deux paramètres : Sa vitesse moyenne et Sa direction.

IV.2.e. Précipitations :

Les précipitations sont produites par le phénomène de condensation de l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère, sous forme de nuages contenant des gouttelettes d'eau, l'air s'élevant de plus en plus haut, le poids des gouttelettes augmente, provoquant ainsi la chute de pluies ou de neige. (GIVONI, 1978)

Les précipitations sont influencées notamment par les mouvements des vents et les changements des régimes de températures. Elles sont considérées comme un élément déterminant dans la classification des climats.

IV.3. Données climatiques:

Le climat est l'ensemble des circonstances atmosphériques propres à une région du globe, il exprime les conditions dominantes, et se détermine par différents éléments, leurs combinaisons et leurs interactions. Lorsqu'on considère le confort humain et l'habitat, les éléments climatiques principaux sont: Le rayonnement solaire, la température, l'humidité, les précipitations et le vent [12].

IV.3.1. Caractéristiques climatiques des zones arides et semi-arides:**✓ Climat aride :**

On retrouve ce type de climat dans les versants ouest des continents entre l'altitude suivante 20- 25° N et S (extrêmes 15- 30° N et S). Deux saisons caractérisent ce type de climat : une saison chaude et une saison très fraîche.

✓ Climat semi-aride :

Steppes aux latitudes basses, qu'on retrouve dans les zones équatoriales du désert. La végétation est également éparse, mais un peu plus abondante que dans le premier type. Le climat ressemble au type aride, avec une période sèche assez longue et une courte période de pluie durant l'été. Les précipitations sont périodiques (quantité annuelle variable, mais toujours inférieur à 500 mm). Comme les précipitations sont périodiques et à leur maximum, elles ne sont pas très efficaces pour la végétation [9].

IV.4. Caractéristiques climatiques de l'Algérie :

IV.4.1. Données géographiques :

D'une superficie de 2.381.741 Km², l'Algérie présente une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en trois catégories :

- a) Le Tell : climat tempéré humide de type méditerranéen.
- b) Les Hautes plaines : climat de type continental.
- c) Le Sahara : climat aride et sec.

Elle est comprise entre les latitudes 18° et 38° Nord, et entre 9° de longitude Ouest, et 12° de longitude Est, le méridien international 0° Greenwich passant près de Mostaganem. Les distances entre le nord et le sud, l'est et l'ouest varient de 1500 à 2000 Km [9].

IV.4.2. Zones climatiques en Algérie :

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (voir figure VI-2) :

Zone A : Littoral marin ;

Zone B : Arrière littoral montagne,

Zone C : Hauts plateaux ;

Zone D : Présaharien et saharien.

Le littoral marin jouit d'un climat particulièrement tempéré, dû à l'action modératrice de la mer. Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et humides avec de faibles amplitudes.

Le climat de l'arrière littoral montagne est plus froid en hiver, où l'altitude et l'éloignement de la mer entraînent une baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles. Les étés sont chauds et moins humides.

Le climat des hauts plateaux est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs.

Le climat Présaharien ou saharien est caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une forte amplitude de température. La période froide est plus courte avec des jours modérés et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, les températures atteignent les 45°C à l'ombre avec les vents.

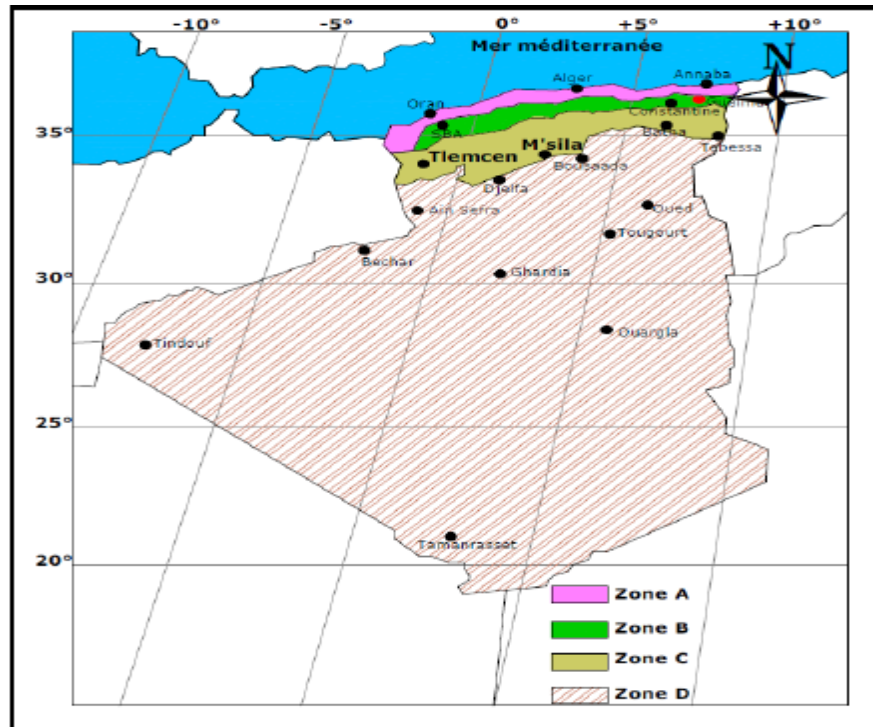


Figure IV.2: Classification du climat en Algérie

IV.5. Climat de la région d'Ouargla :

La wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème.

Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 35.1°C. Alors que celles du mois le plus froid (Janvier) sont de 11.7°C.

Les précipitations sont rares et irrégulières et varient entre 0.3 mm et 14.4 mm par ans exceptionnelle. Les précipitations moyennes annuelles sont de 77 mm/an à Touggourt et de 48.8 mm/an à Ouargla.

Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé durant toute l'année, avec une vitesse pouvant atteindre 4.2 m/s.

L'humidité relative enregistre des taux tournant de 25 à 61 %. Alors que l'évaporation est très importante pouvant aller jusqu'à 484 mm. [13]

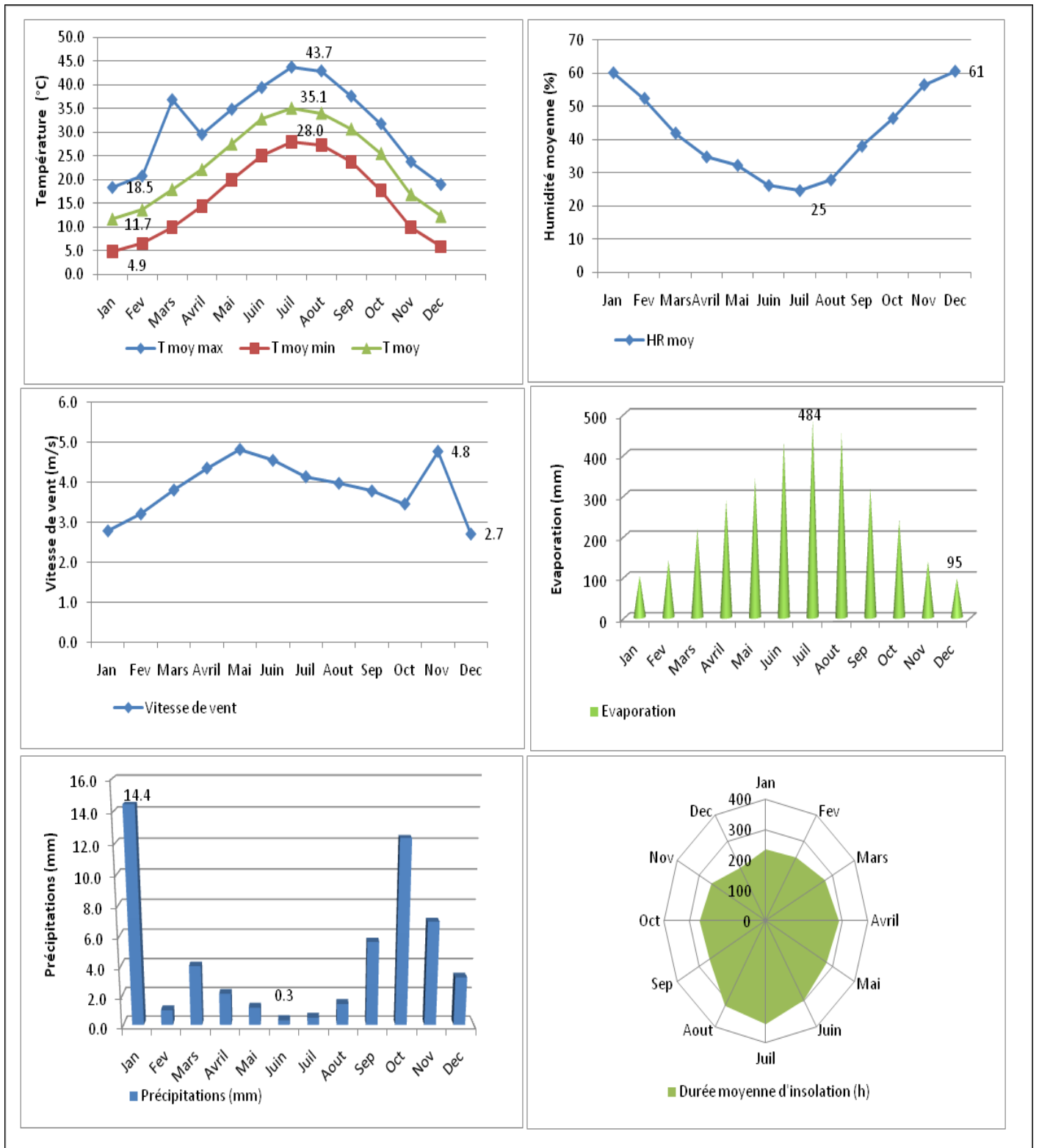


Figure IV.3 : Interprétation des données climatiques de la région d’Ouargla (1997-2009), D’après Office national des météos.

IV.6. Rayonnement :

La ressource de base la plus importante pour tous les potentiels énergétiques renouvelables est l'énergie solaire. La terre reçoit une importante quantité d'énergie solaire au cours de l'année. Le rayonnement est atténué lors de la traversée de l'atmosphère par absorption et diffusion, suivant les conditions météorologiques [14].

Pour exploiter cette ressource énergétique, il est nécessaire de connaître la quantité de flux disponible à une région spécifique. Pour cela nous présentons dans ce chapitre une notion générale sur les coordonnées géographiques, ainsi que l'énergie captée sur une surface donnée et les différentes relations entre les valeurs horaires.

IV.7. Spectre de rayonnement électromagnétique :

Un spectre électromagnétique est la décomposition d'un rayonnement électromagnétique en fonction de sa longueur d'onde,

- les ondes radio et les ondes radar sont produites par des courants électriques de haute fréquence ;
- les ondes infrarouges, la lumière visible et le rayonnement ultraviolet sont produits par des transitions électroniques dans les atomes, concernant les électrons périphériques, ainsi que par le rayonnement thermique ;
- Les ondes ultraviolettes ont des effets sur la peau (bronzage, coups de soleil, cancer de la peau) ;
- les rayons X peuvent être également produits lors des transitions électroniques de haute énergie. Ils sont par exemple générés par radioactivité (photons de fluorescence émis lors de la réorganisation du cortège électronique d'un atome). Leur génération contrôlée est le plus souvent effectuée par freinage d'électrons (tube à rayons X) ou par rayonnement synchrotron (déviation de faisceau d'électrons relativistes). Du fait de leur longueur d'onde sub-nanométrique, ils permettent l'étude des cristaux et molécules par diffraction ; les rayons X *durs* correspondent à des photons de plus haute énergie, et les rayons X *mous* à des photons de plus faible énergie ;

• le rayonnement γ est produit par la radioactivité lors de la désexcitation d'un noyau. Ils sont donc en particulier émis par les matériaux radioactifs et les réacteurs nucléaires. Leur énergie est donc en moyenne supérieure aux photons X.

On notera que 98% du rayonnement solaire est émis dans des longueurs d'onde inférieure à $4\mu\text{m}$. en première approximation, le rayonnement solaire peut être assimilé au rayonnement d'un corps noir à une température de 5777°K . Cependant des différences apparaissent dans le domaine des rayons d'ultra-violet et de l'infrarouge comme nous pouvons le lire sur le spectre suivant :

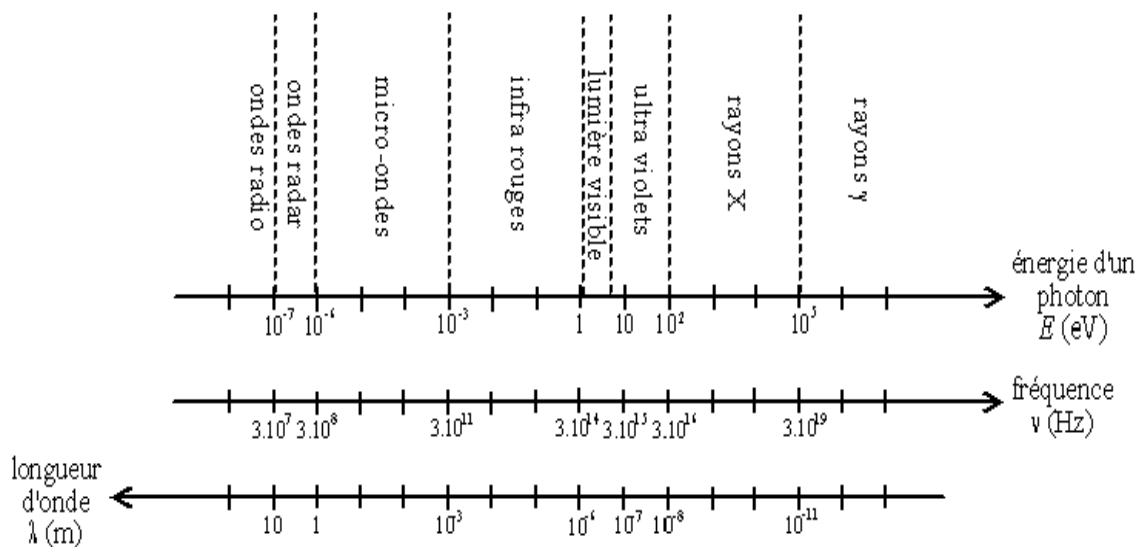


Figure IV.4: Spectre des ondes électromagnétiques (λ en m)

IV.8.Mouvement du Globe terrestre

La terre décrit autour du soleil une orbite elliptique quasi circulaire avec une période de 365,25 jours. Le plan de cette orbite est appelé plan de l'écliptique. C'est au solstice d'hiver (21décembre) que la terre est la plus proche du soleil, et au solstice d'été (22juin) qu'elle en est la plus éloignée [15].

La terre tourne sur elle-même avec une période de 24h. Son axe de rotation (l'axe des pôles) a une orientation fixe dans l'espace. Il fait un angle $d = 23^\circ 27'$ avec la normale au plan de l'écliptique.

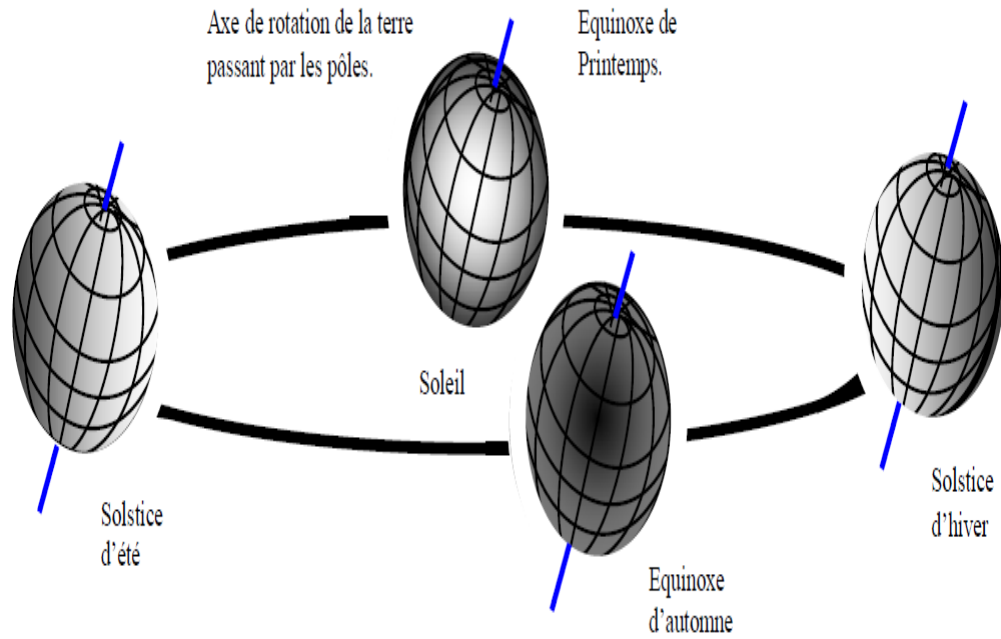


Figure IV.5: Variation saisonnière du rayonnement solaire

IV.9.La Sphère céleste :

La sphère céleste est une sphère imaginaire de rayon indéfini, établie dans les cieux et ayant comme centre l'œil d'un observateur terrestre. La sphère est la base du système de coordonnées employé pour déterminer les positions des astres. Elle est également utilisée pour désigner les intervalles de temps [15].

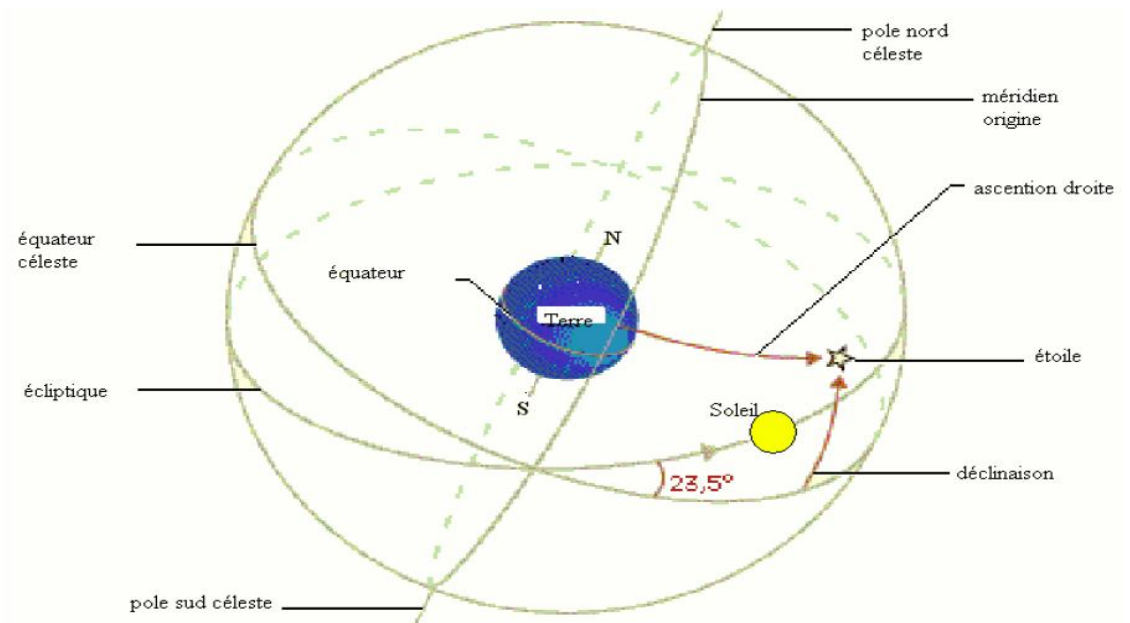


Figure IV.6: la sphère céleste

IV.9.1. Les coordonnées géographiques terrestres (L , φ) :

L'axe du monde traverse la terre au pôle Nord et Sud, l'équateur céleste coupe la terre suivant l'équateur terrestre. Le demi-cercle limite à l'axe des pôles et passant par A est le méridien terrestre de A on définit deux coordonnées :

- **La latitude (φ) :**

La latitude d'un lieu φ correspond à l'angle avec le plan équatorial, que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égale à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et le pôle sud par la latitude -90° . Cette convention de signe affecte le signe (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et le signe (-) à tous les lieux de l'hémisphère sud [16], [15].

- **La longitude (L) :**

La longitude d'un lieu l correspond à l'angle que fait le plan méridien passant par ce lieu avec un plan méridien retenu comme origine. On a choisi pour méridien (origine 0°) le plan passant par l'observatoire de Greenwich.

Par convention on affecte du signe (+) les méridiens situés à l'est de ce méridien, et du signe (-) les méridiens situés à l'ouest [14].

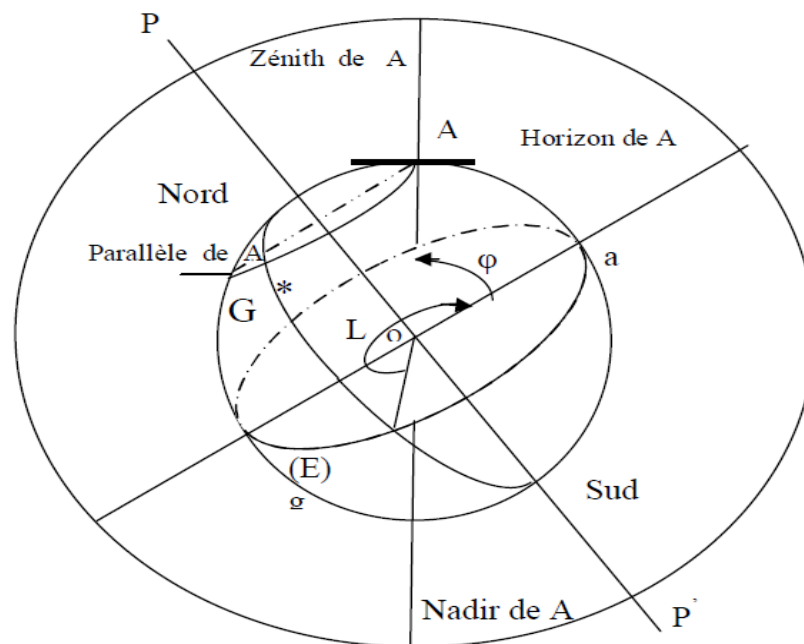


Figure IV.7: les coordonnées géographiques

IV.10.Position du soleil

Le soleil apportait, grâce à l'étude de son rayonnement comme une sphère incandescente de plasma dont la température d'émission serait de 5.800 k.

Son diamètre angulaire est de l'ordre d'un demi-degré ce qui fixe le rayon du soleil à 700.000 Km en prenant comme distance moyenne terre-soleil 150 millions de Km (8 minute lumière),

La position du soleil est repérée à chaque instant de la journée et de l'année par deux systèmes de coordonnées différents :

IV.10.1.Coordonnées équatoriales :

Le mouvement du soleil est repérée par rapport au plan équatorial de la terre par deux angles (δ, ω) :

- **Déclinaison du soleil δ :**

L'angle que fait le plan de l'équateur terrestre avec la direction terre-soleil est appelé déclinaison δ , cet angle varie tout au long de l'année de façon symétrique de $-23^{\circ}26'$ à $+23^{\circ}26'$ sa valeur peut être calculée par la formule [16], [17] :

$$\delta = 23.45 \cdot \sin[10.980(j + 284)] \quad (IV-1)$$

Ou j est le nombre du jour de l'année à partir de premier janvier.

- **L'angle horaire du soleil ω :**

C'est l'angle compris entre le Meridian origine passant par le Sud et la projection du soleil sur le plan équatorial, il mesure la course du soleil dans le ciel.

$$\omega = 15(TSV - 12) \quad (IV-2)$$

TSV : est le temps solaire vrai en heures et chaque heure est égale à 15° de longitude [19,22]

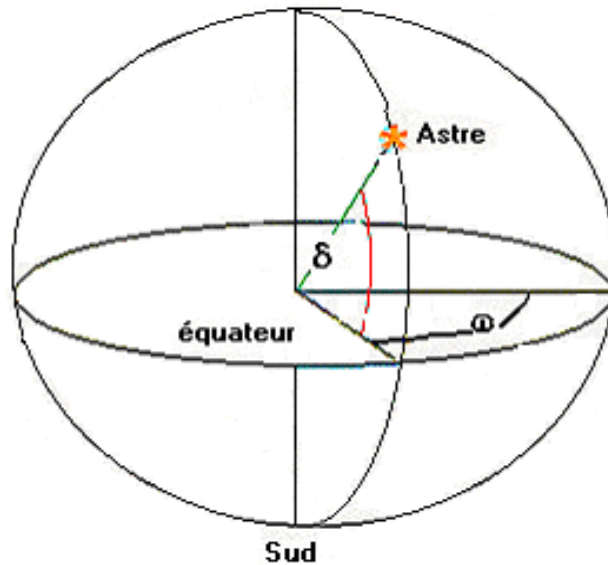


Figure IV.8: Coordonnées équatoriales.

IV.10.2. Coordonnées horizontales :

Le repère horizontal est formé par le plan de l'horizon astronomique et la verticale du lieu. Dans ce repère, les coordonnées sont la hauteur h et l'azimut a .

- **Hauteur du soleil (h) :**

C'est l'angle formé par la direction du soleil et sa projection sur le plan horizontale, il est particulièrement égal à :

0° au lever et coucher astronomique du soleil,

90° à midi temps solaire vrai

$$\sin(h) = \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(\omega) \quad (IV-3)$$

- **Azimut du soleil (a):**

C'est l'angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontale et la direction du Sud

$$\sin(a) = \frac{\cos(\delta)\sin(\omega)}{\cos(h)} \quad (IV-4)$$

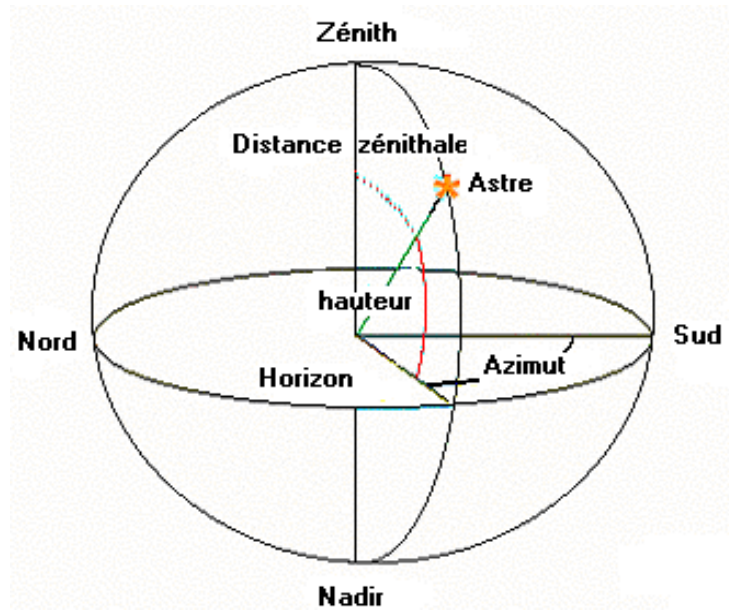


Figure IV.9: les coordonnées horizontales

IV.11. Les temps solaires :

Pour les applications de l'énergie solaire, il faut faire intervenir le temps solaire vrai, qui est calculé en tenant compte de l'écart entre le temps solaire moyen et le temps local [19].

IV.11.1. Le temps solaire vrai (TSV) :

Il est donné par relation [24] :

$$TSV = 12 + \omega/15 \quad (IV-5)$$

$TSV = 12h$ Si $\omega = 0^\circ$

ω : est compté positivement l'après midi.

IV.11.2. Le temps solaire moyen (TSM) :

Le temps solaire moyen diffère peu du temps solaire vrai, cette différence est définie par l'équation du temps E_t

$$E_t = TSV - TSM \quad (IV-6)$$

E_t : étant la correction du TSV par rapport au TSM ; est exprimé en minutes et fraction décimales de minutes.

$$E_t = 9.87 \sin 2 \cdot \frac{360}{365} (j - 81) - 7.53 \cos \frac{360}{365} (j - 81) - 1.5 \sin \frac{360}{365} (j - 81) \quad (IV-7)$$

Ou j est le nombre du jour de l'année à partir de premier janvier,

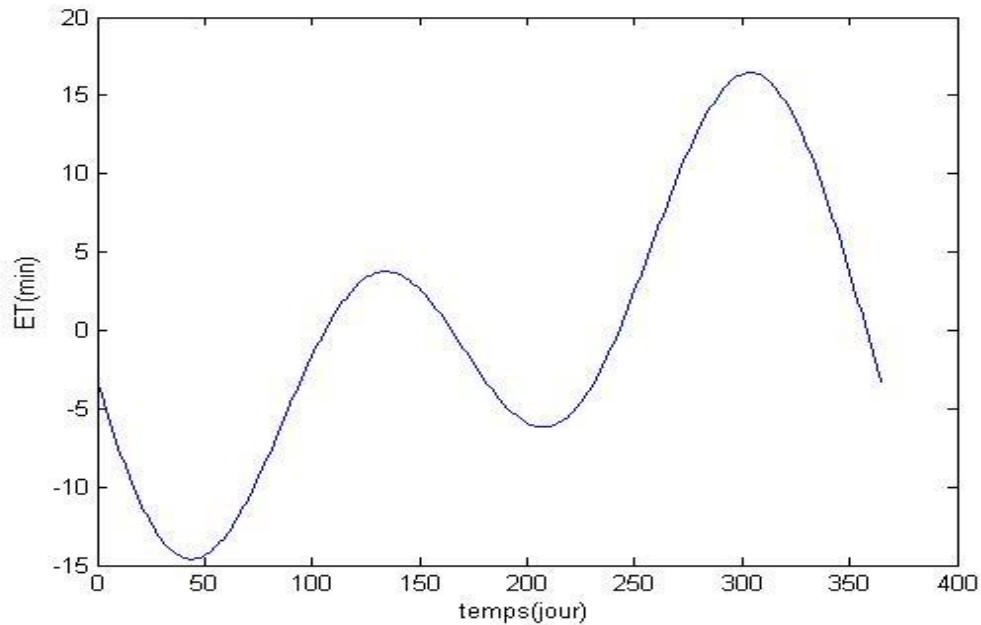


Figure IV.10: l'équation de temps

IV.11.3. Le temps universel (TU) :

En un lieu de longitude donnée, le temps universel est lié au temps solaire moyen (local) par la relation :

$$TU = TSM \pm \frac{L}{15} \quad (IV-8)$$

(+) pour longitudes EST, (-) pour longitude OUEST. Le temps universel se calcule donc par :

$$TU = TSV + E_t \pm \frac{L}{15} \quad (IV-9)$$

IV.11.4. Le temps légal (TL)

C'est le temps officiel de l'état :

$$TL = TU + \Delta H \quad (IV-10)$$

ΔH : étant le décalage horaire entre le méridien de Greenwich et l'état considéré,

($\Delta H = 1$ heure pour l'Algérie).

IV.12. Estimation horaire de l'ensoleillement :

IV.12.1. La constante solaire

Est définie comme étant l'énergie totale envoyée par le soleil à la limite de l'atmosphère terrestre sur une surface de 1 m^2 placée perpendiculairement à la direction du rayonnement. Elle est indépendante des conditions météorologiques. Par contre elle dépend de la distance terre-soleil [17].

$$I_0 = C = \sigma T_s^4 \left(\frac{R_s}{D} \right)^2 \quad (IV-11)$$

R_s : Rayon soleil (m)

D : Distance terre-soleil

σ : Constante de Stéphane Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ k}^4$

La relation ci-dessous donne la valeur corrigée de la constante solaire:

$$I_c = I_0 [1 + 0.0034 \cos(30(m-1) + N)] \quad (IV-12)$$

Où : $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$.

m : Le numéro du mois dans l'année.

N : Le numéro du jour dans le mois.

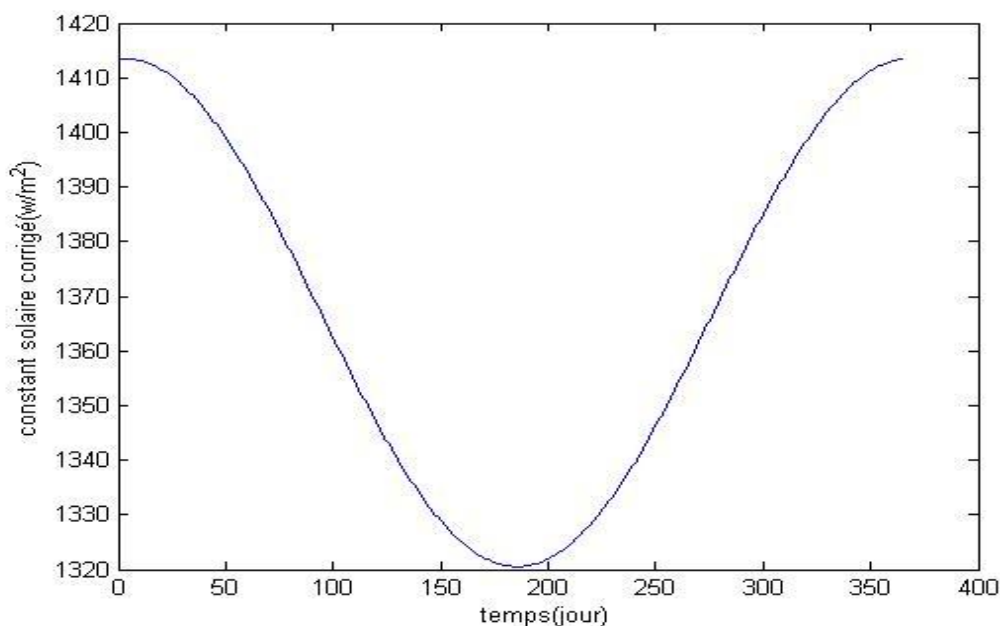


Figure IV.11: constante solaire corrigée

IV.12.2.Direction des rayons solaire par rapport à un plan

Soit un plan quelconque sur la terre à un instant (t). Repérons sa position par les 2 angles α et β tels que [15] :

β : Angle entre le plan horizontal et le plan considère (inclinaison).

α = angle entre le méridien et le normal au plan.

Soit (i) l'angle entre le rayon incident et la normale au plan. On a :

$$\cos i = \cos(\alpha - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\alpha - \beta) \sin \delta \quad (IV-13)$$

IV.13.Irradiation solaire :

On s'intéresse à présent à l'énergie captée sur une surface donnée, les quantités seront, exprimées en kWh/m² de surface réceptrice [17].

IV.13.1.Irradiation hors atmosphère [21-22] :

Considérons un plan horizontal, à la limite de l'atmosphère terrestre situé à une latitude φ

$$H^* = I_0 \sin h \quad (IV-14)$$

Où I_0 : représente la constante solaire que l'on peut considérer constante compte tenu de sa faible variation au cours du temps.

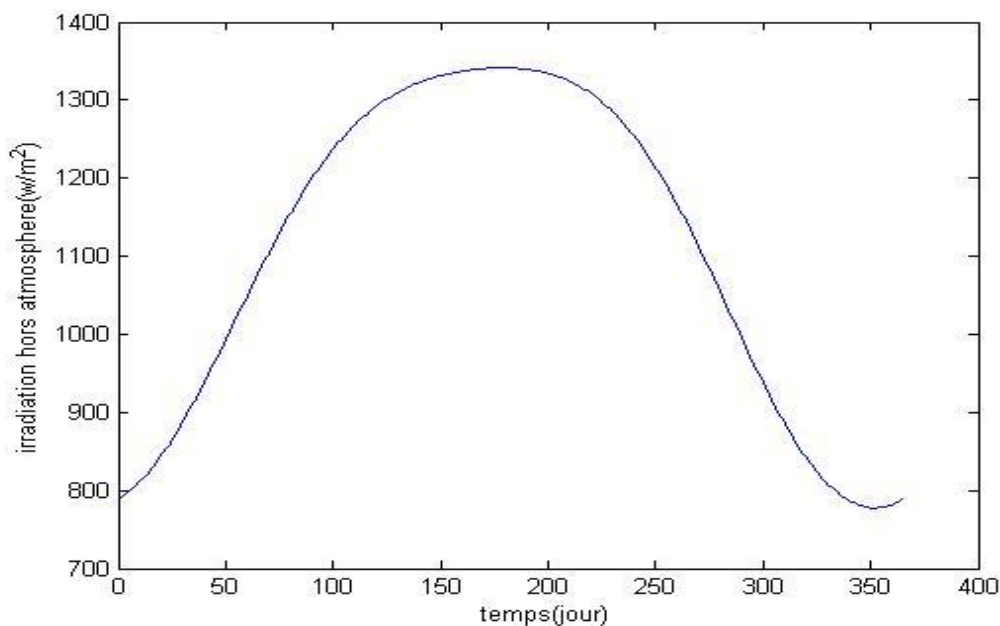


Figure IV.12: Irradiation hors atmosphère

Le rayonnement extraterrestre sur une surface horizontale H_0 peut être calculé pour une journée précise n de l'année, par l'équation suivante [23-24] :

$$H_0 = \frac{86400 \cdot 1367}{\pi} \left(1 + 0.033 \left(\frac{360}{365} n \right) \right) (\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin w_s + w_s \cdot \sin\varphi \cdot \sin\delta) \quad (IV.15)$$

φ : Latitude du lieu

δ : Déclinaison solaire

n : nombre du jour de l'année.

IV.13.2. Rayonnement solaire au niveau du sol

Le rayonnement solaire subit un certain nombre d'altérations et d'atténuation aléatoire en traversant l'atmosphère : réflexion sur les couches atmosphériques, absorption moléculaire, diffusion moléculaire et diffusion par les aérosols.

Au niveau du sol, à cause de la diffusion, une partie du rayonnement est diffuse, c'est à-dire isotrope. L'autre partie, dite directe, est anisotrope. On subdivise le rayonnement solaire parvenant au sol en trois composantes principales qui sont :

IV.13.2.a. Rayonnement direct (D) :

Rayonnement parvenant au sol sous un angle solide limite au seul disque solaire et reçu sur une surface normale à l'axe de cet angle solide [25].

$$D = I_c \cdot a \cdot \cos i \cdot \text{Exp} \left[-\frac{b}{\sin h} \right] \quad (VI-16)$$

Tel que : a et b sont des coefficients de trouble du ciel dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : coefficients de trouble du ciel

	Conditions normales	Ciel dégagé et très pure	Zone industrielle
a	0.88	0.87	0.91
b	0.26	0.17	0.43

IV.13.2.b. Rayonnement diffus (S) :

Rayonnement diffus par les composants de l'atmosphère parvenant de la totalité du ciel à l'exception du disque solaire.

La relation suivante donne l'expression du rayonnement solaire diffus :

$$S = \alpha_0 \frac{1+\cos\beta}{2} + \rho(I_0 \sinh + \alpha_0) \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (IV-17)$$

$$\alpha_0 = I_c \sinh [0.271 - 0.2939 \text{Exp}\left(-\frac{b}{\sinh}\right)] \quad (IV-18)$$

Où :

ρ : Est l'albédo du sol, dont les valeurs sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Albédo typique de différents types de surfaces

Nature de sol	albédo
Neige fraîche	0.50 à 0.70
Sol rocheux	0.15 à 0.25
Sol cultivé	0.07 à 0.14
Foret	0.06 à 0.20
Etendue d'eau	0.05
Neige ancienne	0.8 à 0.9

IV.13.2.c. Rayonnement global (G):

Rayonnement parvenant du soleil et de l'atmosphère à partir d'un angle solide 2π , ouverture reçu sur une surface horizontale.

Le rayonnement global parvenant au sol sur une surface horizontale est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus.

$$G=S+D \quad (IV-19)$$

Avec :

G : rayonnement global

S : Rayonnement diffus

D : rayonnement direct

IV.14. Rayonnement solaire sur un plan quelconque :

Soit une surface plane inclinée d'un angle i par rapport à l'horizontale et orientée vers une direction faisant un angle g avec la direction Sud (g compté positivement vers l'Ouest). Le rayonnement global $G^*(i,g)$ reçu par cette surface est la somme de 3 termes

$$G^*(i, \gamma) = S^*(i, \gamma) + D^*(i, \gamma) + R^*(i, \gamma)$$

Chacun des 3 termes se calculant de la façon suivante :

Eclairement direct :

$$S^*(i, \gamma) = \frac{S_0}{\sin^2(\delta)} [\cos(h) \sin(i) \cos(a - \gamma) + \sin(h) \cos(i)]$$

Eclairement diffus :

$$D^*(i, \gamma) = \frac{D^*}{2} [1 + \cos(i)]$$

Eclairement réfléchi :

$$R^*(i, \gamma) = \frac{G^*}{2} \rho [1 - \cos(i)]$$

Où ρ est le facteur de réflexion du sol vis-à-vis du rayonnement solaire (Albédo).

IV.15. Calcule de température surfacique externe :

Le flux de chaleur de la surface externe est calculé par la relation suivante [26] :

$$Q_{s \text{ ext}} = h_0 A (T_s - T_{s \text{ ext}})$$

h_0 : Coefficient de transfert de chaleur ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A : Surface (m^2)

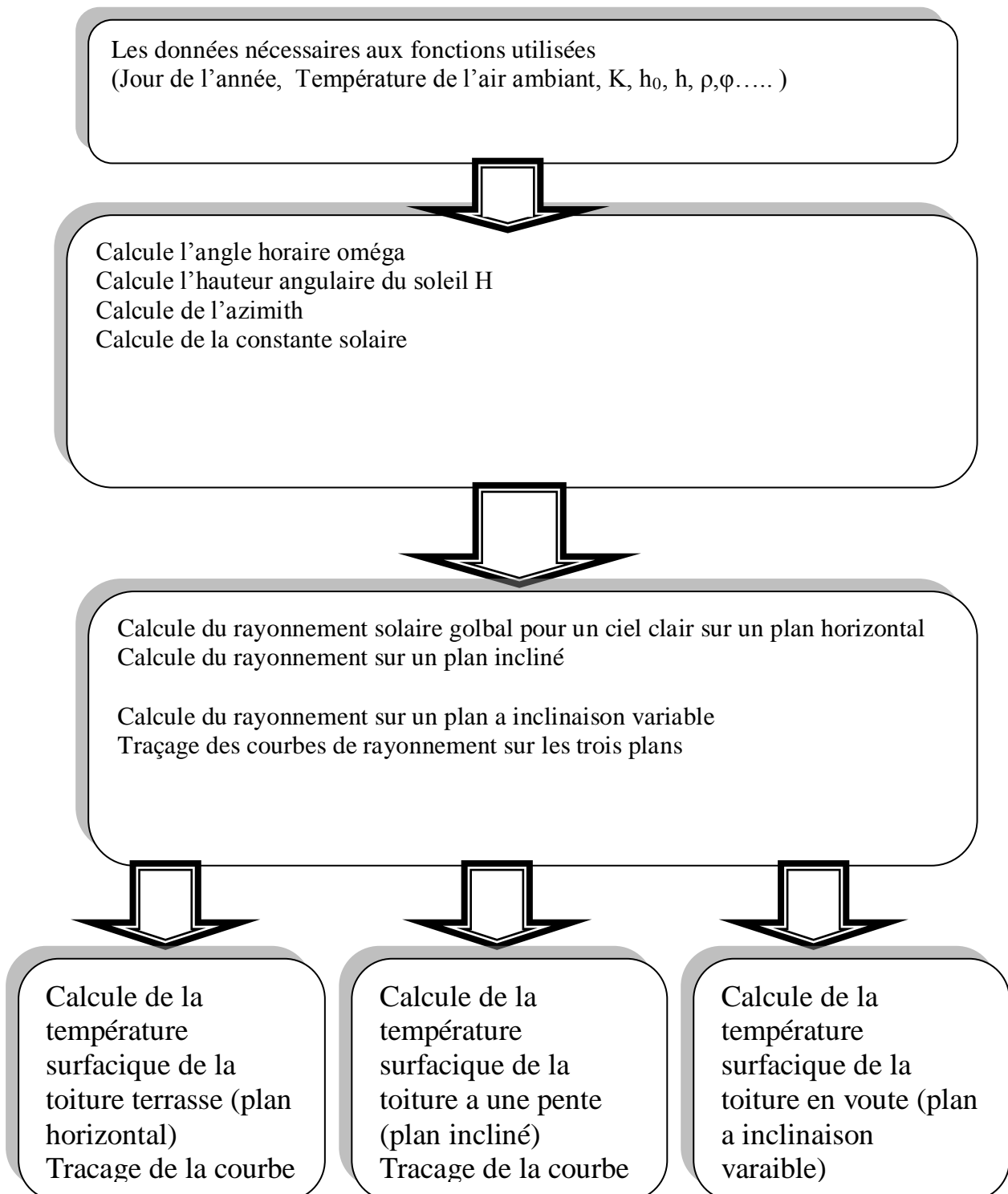
T_s : température de l'air solaire ($^\circ\text{C}$)

$T_{s \text{ ext}}$: température surfacique extérieure ($^\circ\text{C}$)

$$\text{Ou} \quad T_s = T_0 + \frac{\alpha q_s}{h_0}$$

α : absorption

T_0 : température ambiante

IV.16. Organigramme du programme utilisé sur matlab:

Chapitre V

Model Mathématique Et Résultats

V.1.Programme utilisé :

MATLAB (*matrix laboratory*) est un langage de programmation de quatrième génération et un environnement de développement ; il est utilisé à des fins de calcul numérique.

Développé par la société « The Math Works », MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB (environ un million en 2004) sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche.

MATLAB peut s'utiliser seul ou bien avec des toolbox (boîte à outils).

Forme de toiture étudiée :

Nous avons choisie trois forme a étudiée, toiture en terrasse, en une pente et en voute.

V.2.Courbes de rayonnement solaire de la ville d'Ouargla :

A l'aide de MATLAB, on a calculé le rayonnement solaire selon les caractéristiques d'Ouargla et c'est cordonnées le 15ème jour de chaque mois de l'année.

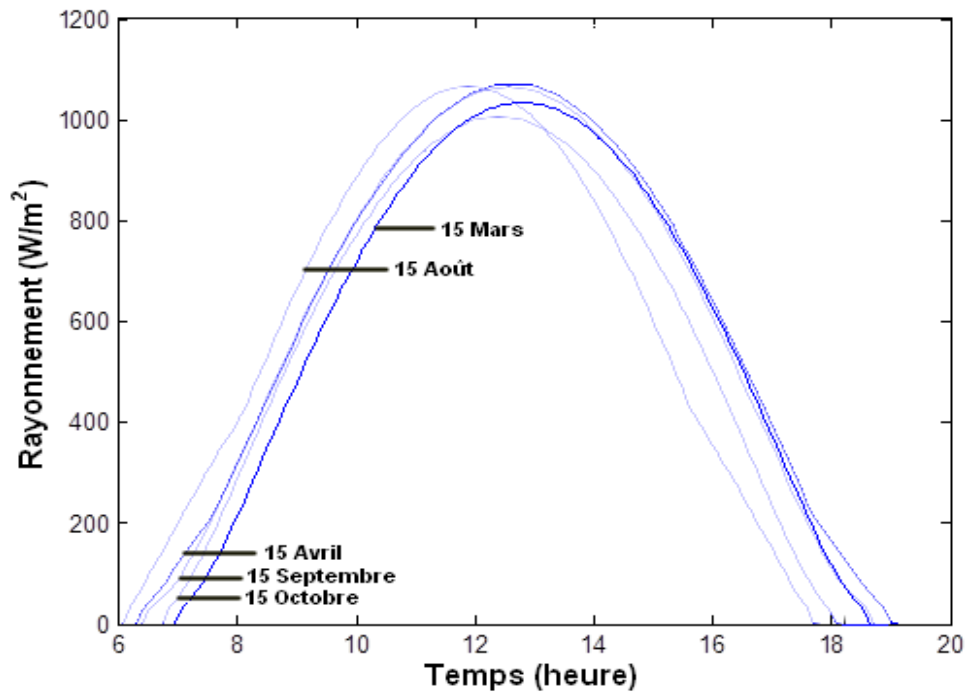


Figure V.1 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de Mars, Avril, Aout, Septembre, Octobre

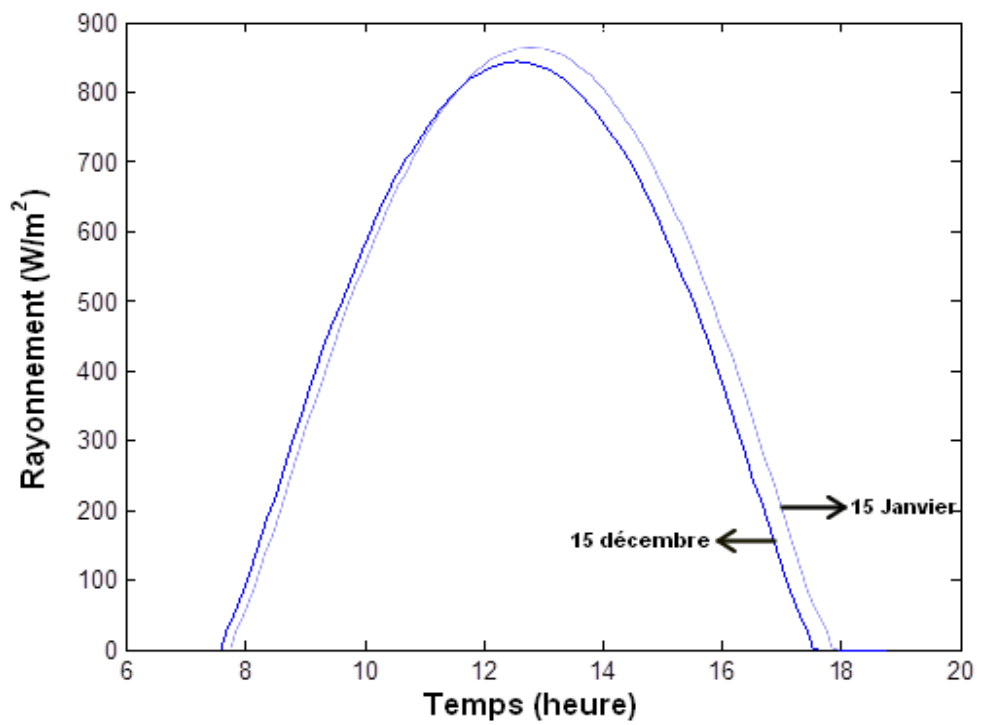


Figure V.2 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de Décembre, Janvier

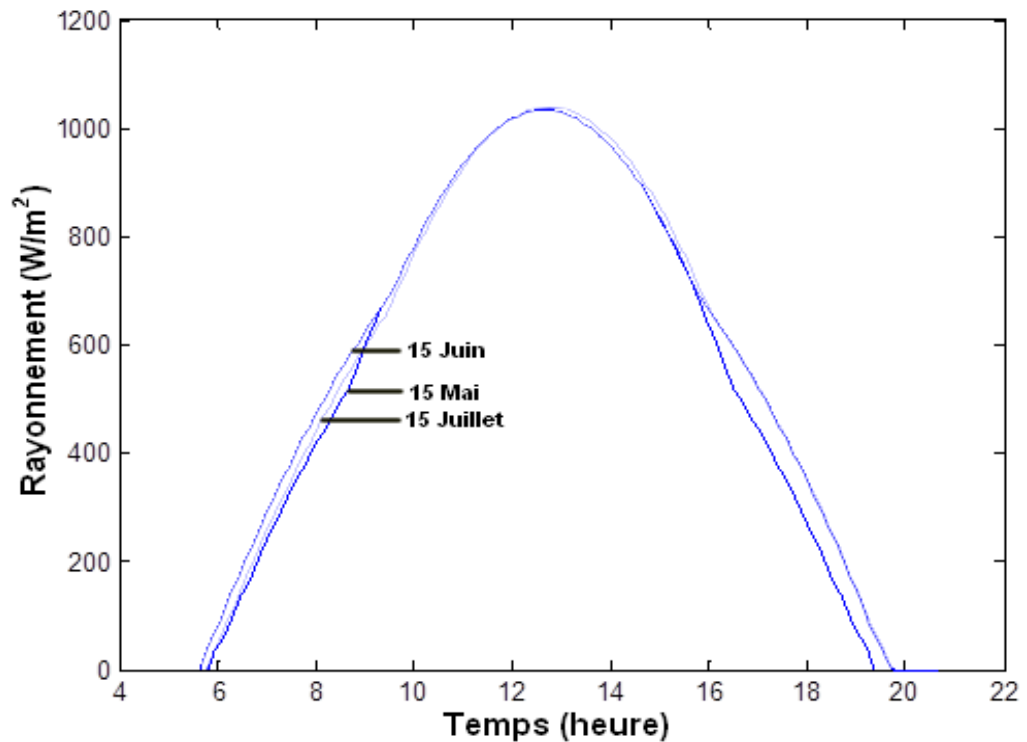


Figure V.3 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de mai, juin et juillet

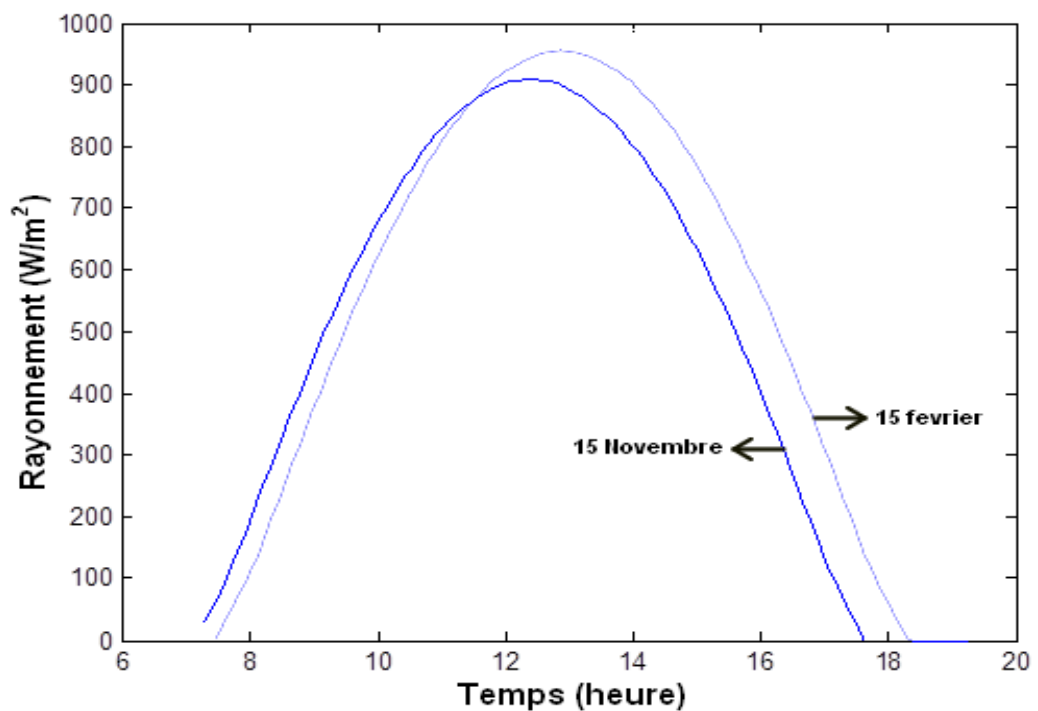


Figure V.4 : le rayonnement solaire en fonction du temps des mois de février et novembre

On enregistre la plus importante valeur de rayonnement solaire lors du trimestre (mai, juin, juillet). La ou la durée de jour et la plus lente.

V.3.Résultats et Discussion

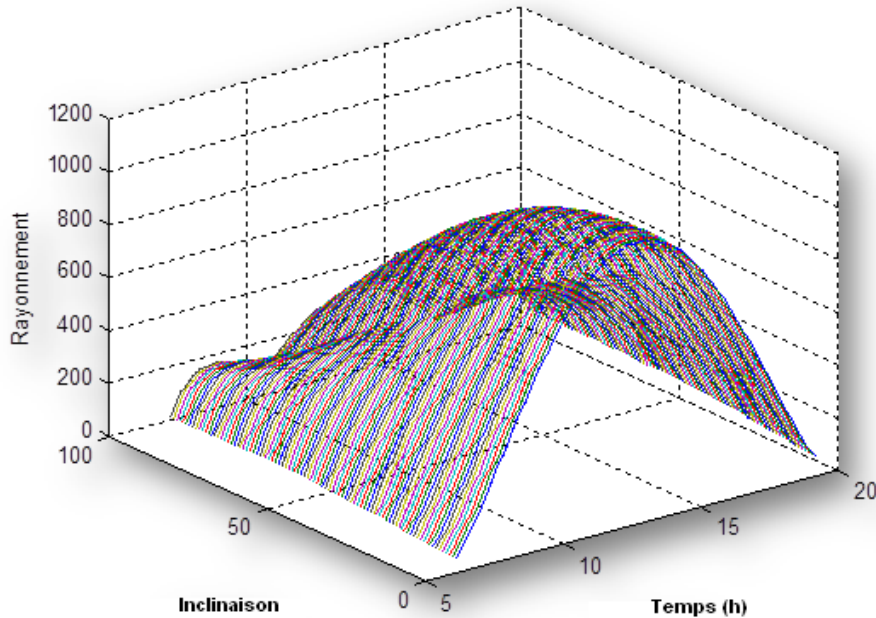


Figure V.5 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison et le temps pour une orientation vers le sud 0°

La figure V.5 représente la variation de rayonnement suivant l'angle d'inclinaison pour orientation vers le sud (0°) en fonction d'inclinaison (0 à 90°) et du temps. Nous remarquons sur cette figure que l'évolution du rayonnement atteint sa valeur maximale de 1082 W/m^2 pour le plan horizontal (inclinaison 0°).

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est 12.33 de midi.

Après 12.33 il commence à décroître vers le 0 W/m^2 à 19:00, à 90° d'inclinaison le rayonnement est à sa valeur la plus faible.

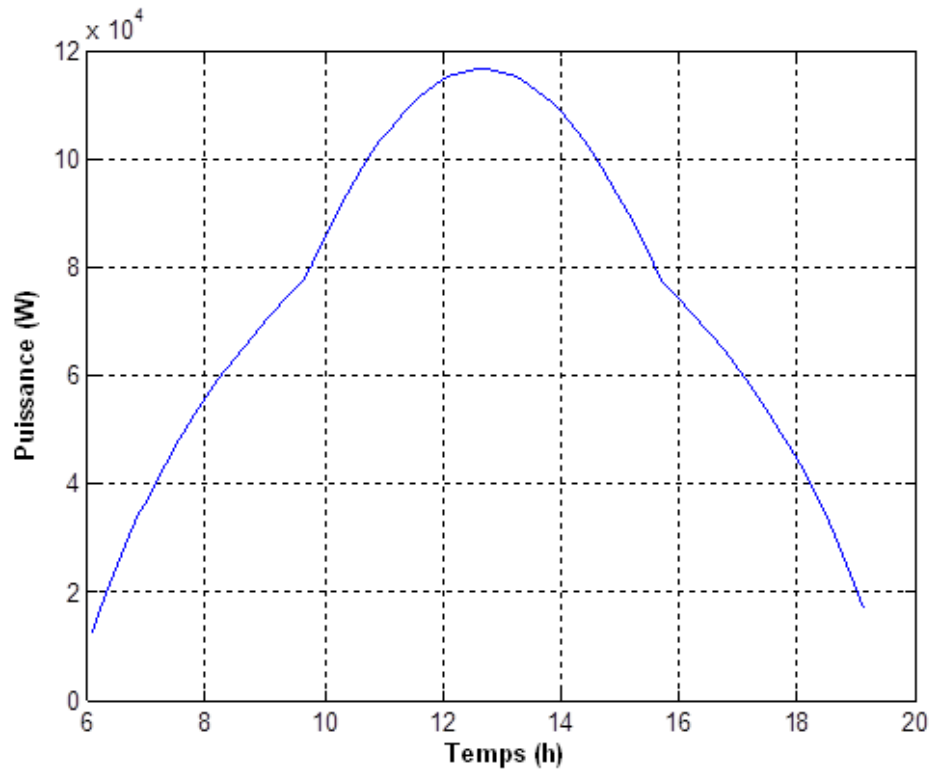


Figure V.6 : la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté vers le sud

La figure V.6 présente la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté vers le sud (0°), nous observons sur cette figure que la puissance commence sa variation croissante de 6 :00 et atteint sa valeur maximale a 12.33 après il décroît avec le couché du soleil.

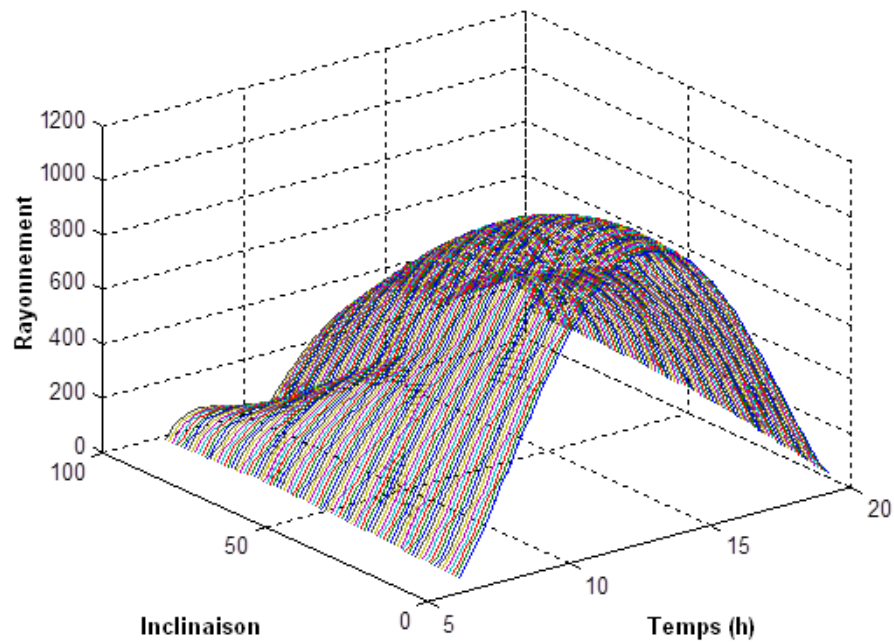


Figure V.7 : la variation du rayonnement solaire suivant une orientation de 10° par apport au sud

La figure V.7 représente la variation du rayonnement solaire suivant une orientation de 10° par apport au sud en fonction d'inclinaison (0 à 90°) et du temps. Nous remarquons sur cette figure que l'évolution du rayonnement atteint sa valeur maximale de 1050 W/m^2 pour le plan horizontal (inclinaison 0°).

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est 12.33 de midi.

Après 12.33 il commence à décroître vers le 0 W/m^2 à 19 :00, à 90° d'inclinaison le rayonnement est à sa valeur la plus faible.

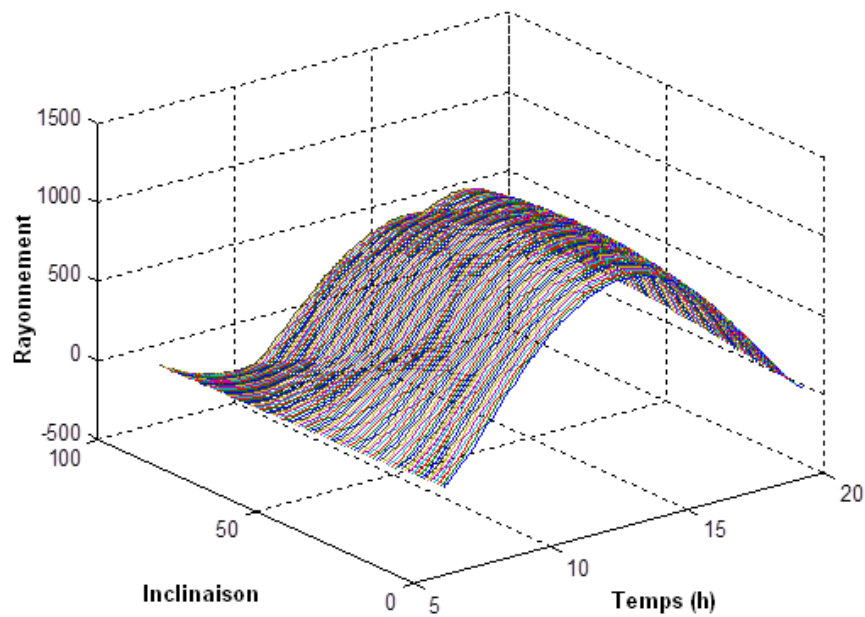


Figure V.8 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison pour une orientation de 35° par rapport au sud

La figure V.8 représente la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison pour une orientation de 35° par rapport au sud en fonction d'inclinaison (0 à 90°) et du temps. Nous remarquons sur cette figure que l'évolution du rayonnement atteint sa valeur maximale de 1045 W/m^2 pour le plan horizontal (inclinaison 0°).

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est 12.33 de midi.

Après 12.33 il commence à décroître vers le 0 W/m^2 à 19 :00, à 90° d'inclinaison le rayonnement est à sa valeur la plus faible.

Le rayonnement décroît avec la variation de l'inclinaison mais a une tendance plus faible que sur l'orientation vers le sud à 0°.

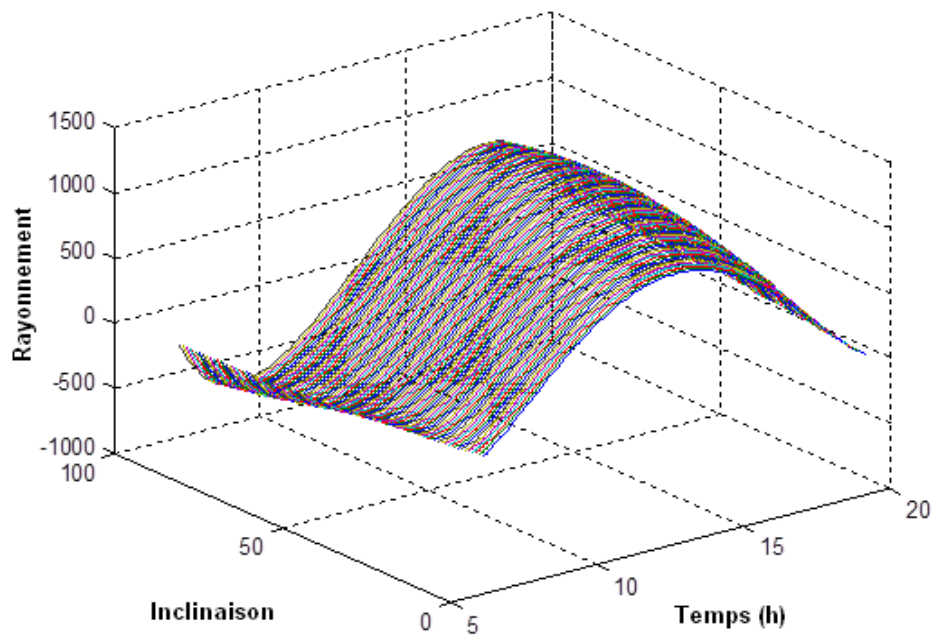


Figure V.9 : la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison et du temps pour une orientation de 90° par rapport au sud

La figure V.9 représente la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison pour une orientation de 90° par rapport au sud en fonction d'inclinaison (0 à 90°) et du temps. Nous remarquons sur cette figure que l'évolution du rayonnement atteint sa valeur maximale de 1066W/m^2 pour le plan horizontal (inclinaison 0°).

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est $15 :00$ d'après midi.

Après 15.00 il commence à décroître vers le 0 W/m^2 à $19 :00$.

Le rayonnement décroît avec la variation de l'inclinaison mais a une tendance encore plus faible que sur les autres orientations vers le sud à 0° .

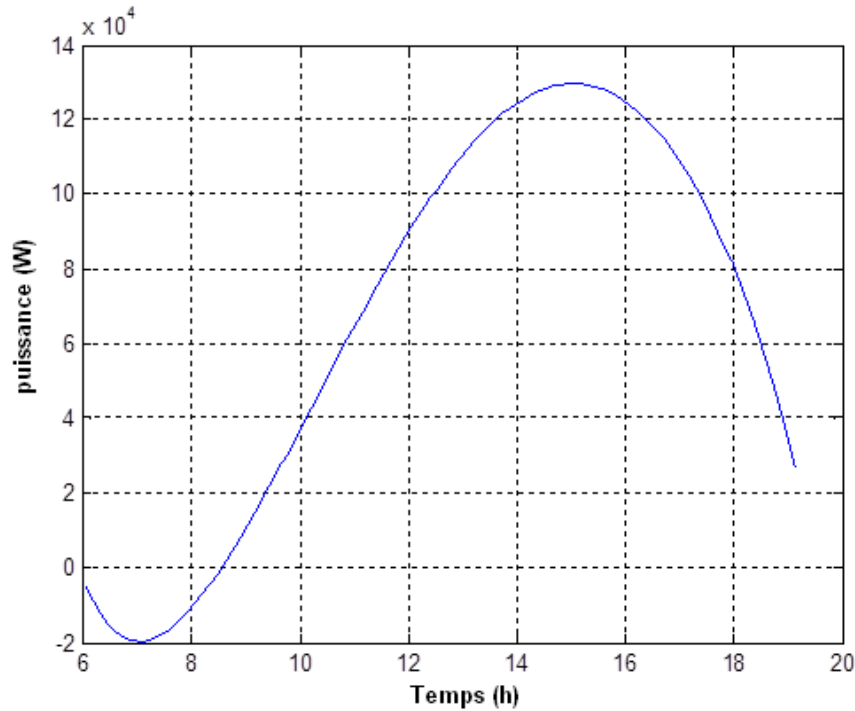


Figure V.10 : la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté de 90° par rapport au sud

La figure V.10 présente la variation de la puissance en fonction du temps pour un plan orienté de (90°) par rapport au sud, nous observons sur cette figure que la puissance commence sa variation croissante de 6 :00 et atteint sa valeur maximale a 15 :00 après il décroît avec le couché du soleil.

On remarque au début de la courbe une diminution de la puissance et puis le commencement de la remonté entre 6h et 8h, a cause du transfert de chaleur du plan vers l'extérieur a ce temps a cause de la température surfacique initiale qui est plus grande que celle du milieu externe initial qui sont toute les deux supposé, qui fait que la puissance a une valeur négative a cette période après avec la température externe qui s'élève a cause du rayonnement et qui devient plus grande que celle de la surface externe du plan, la puissance devient positive.

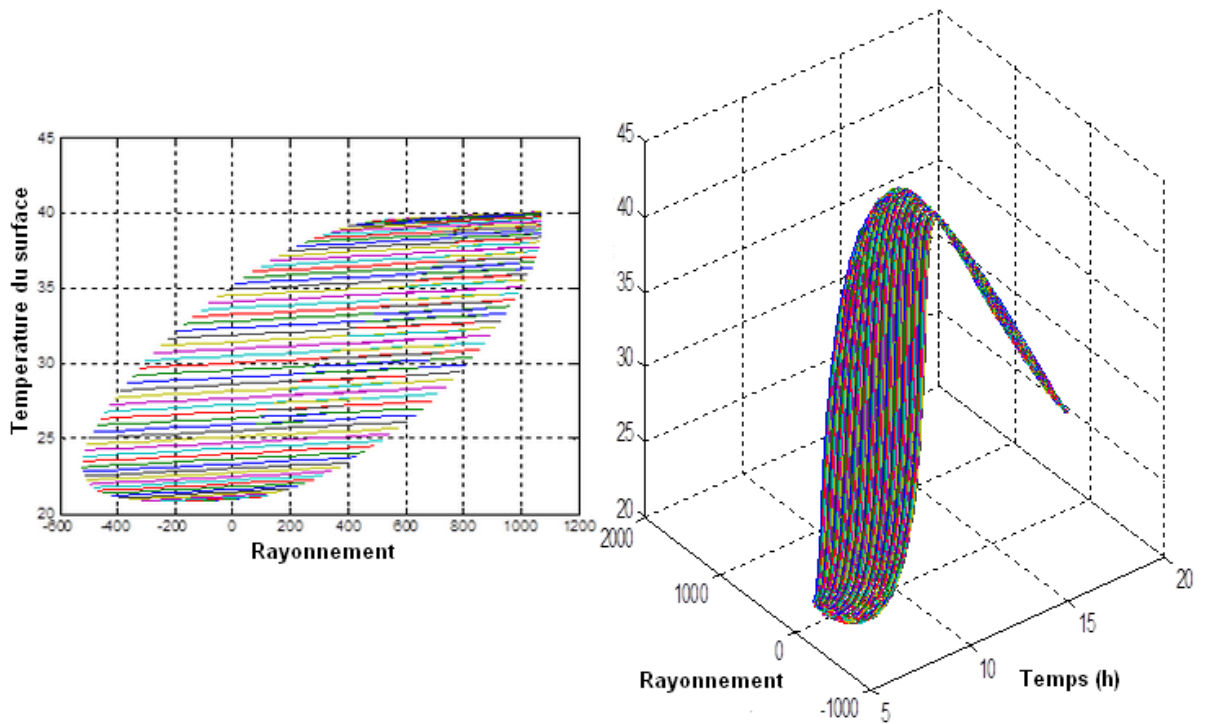


Figure V.11 : la variation de la température de surface extérieure en fonction du temps et du rayonnement pour une orientation vers sud (0°).

La figure V.11 représente la variation de la température de la surface extérieure en fonction du rayonnement et du temps suivant l'angle d'inclinaisons pour une orientation vers le sud de 0° .

Nous remarquons sur cette figure que l'évolution de température atteint sa valeur maximale de 40°C .

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est 13 :00 d'après midi.

La température de surface maximale correspond au rayonnement maximal.

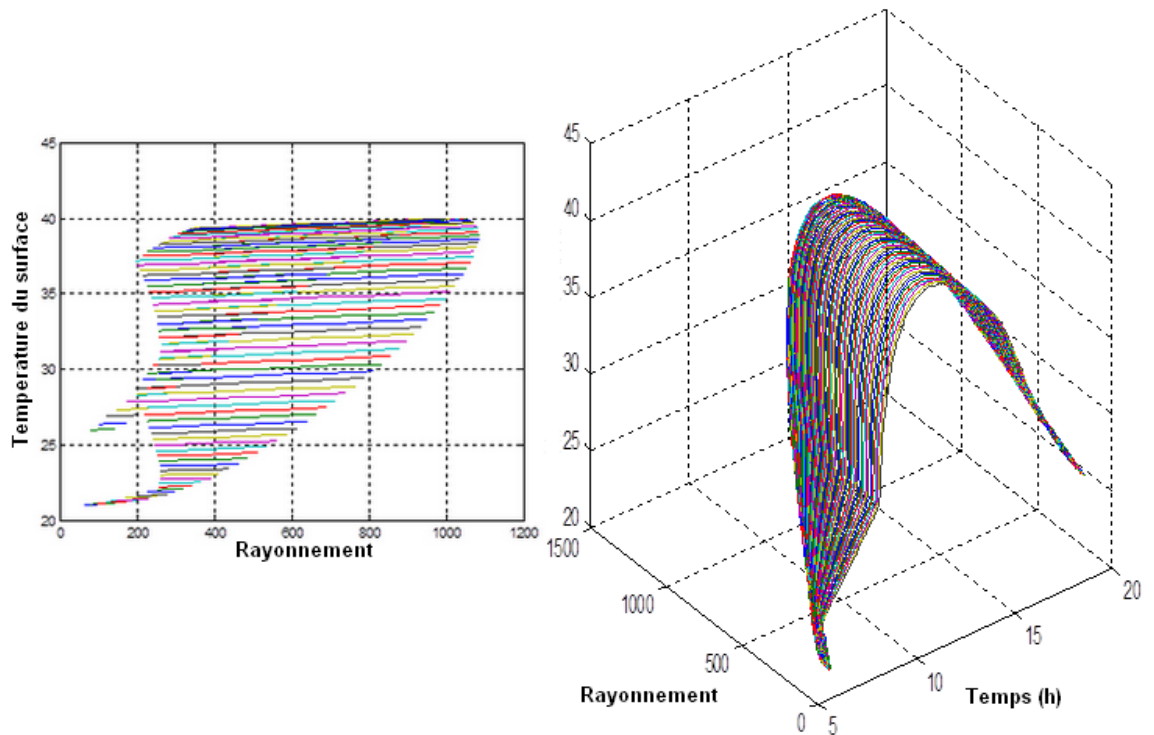


Figure V.12 : la variation de la température de surface extérieure en fonction du temps et du rayonnement pour une orientation de 90° par rapport au sud

La figure V.12 représente la variation de la température de la surface extérieure en fonction du rayonnement et du temps suivant l'angle d'inclinaison pour une orientation de 90° par rapport au sud.

Nous remarquons sur cette figure que l'évolution de température atteint sa valeur maximale de 40°C .

Ainsi on voit que le rayonnement atteint sa valeur maximale dans le point où le temps est 15:00 d'après midi.

La température de surface maximale correspond au rayonnement maximal.

On donne à l'inclinaison trois valeurs pour nous donner les trois formes sur lesquelles se base notre travail :

$\Phi=0^\circ$ pour une toiture terrasse à inclinaison horizontale

$\Phi=30^\circ$ pour une toiture à une pente inclinée d'un angle de 30°

$\Phi= (0^\circ :90^\circ)$ pour une toiture en voûte où l'angle du demi-cylindre varie de 0° à 90°

Et après on applique dans notre programme pour savoir les températures de surface externe de chaque toiture en fonction du temps

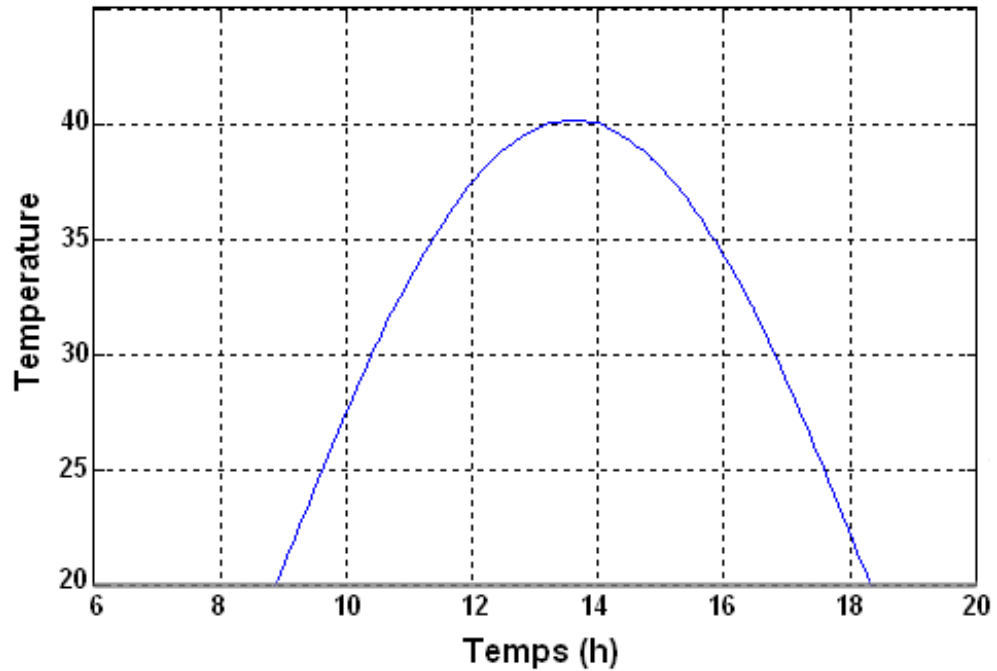


Figure V.13 : température surfacique externe sur une toiture terrasse

La Figure V.14 représente la variation de température surfacique externe sur une toiture terrasse selon le temps.

La température commence sa variation au lever du soleil de 20°C qui représente la température initiale de la surface externe en augmentant jusqu'à 40°C à 13 :00h qui est la température maximale et décroît après vers 20°C à 18 :20h au coucher du soleil.

La toiture reçoit un rayonnement solaire le plus important que celui sur les deux autres toitures à cause de l'inclinaison de la terrasse à 0°, car le rayonnement est perpendiculaire à la normale de surface le plus tôt possible à midi, ou la grandeur du rayonnement solaire est maximale.

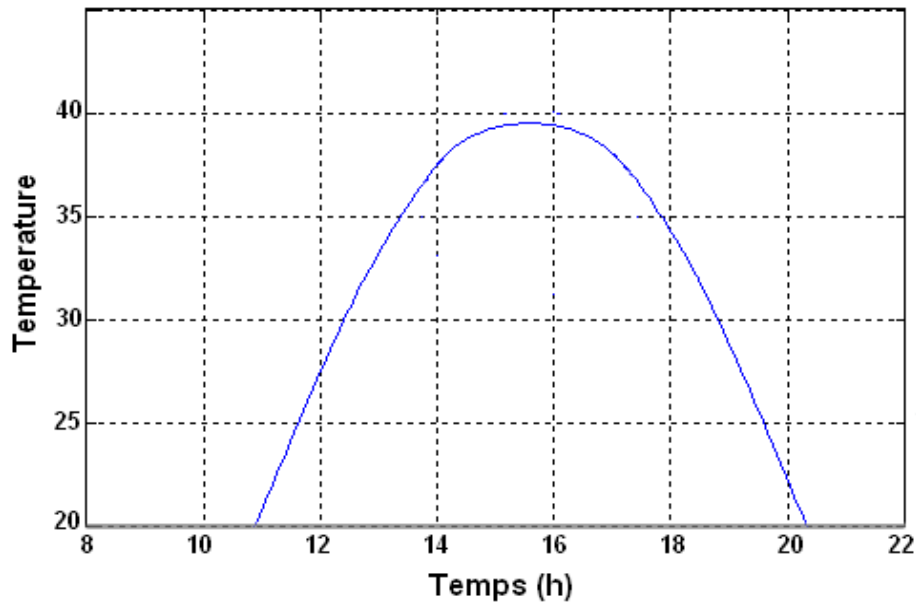


Figure V.14 température surfacique externe sur une toiture en pente

La Figure V.14 représente variation de la température surfacique externe sur une toiture en pente selon le temps.

La température commence sa variation au lever du soleil de 20°C qui représente la température initiale de la surface externe en augmentant jusqu'à 39°C à 15 :00h qui est la température maximale et décroît après vers 20°C à 18 :20h au coucher du soleil.

La toiture reçoit un rayonnement solaire moins important que celui sur une toiture terrasse à cause de l'inclinaison de la pente à 30° ; car le rayonnement tend à être perpendiculaire à la normale de surface.

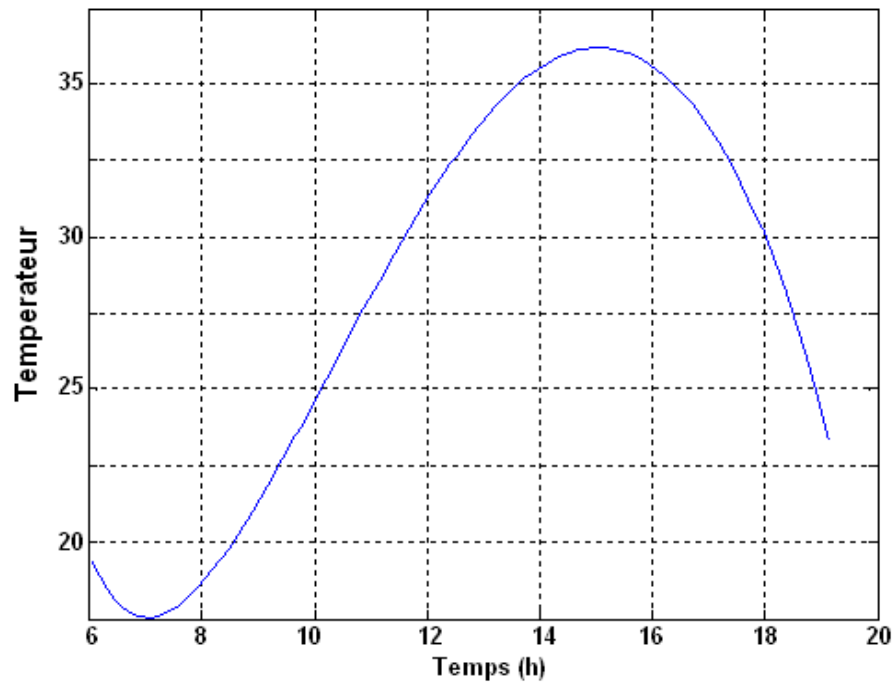


Figure V.15 : température surfacique externe sur une toiture en voute

La Figure V.15 représente température surfacique externe sur une toiture en voute selon le temps.

La température commence sa variation au lever du soleil de 20°C qui représente la température initiale de la surface externe en augmentant jusqu'à $37,5^{\circ}\text{C}$ à $15:00\text{h}$ qui est la température maximale et décroît après vers 20°C à $18:20\text{h}$ au coucher du soleil.

On remarque une baisse de température au début de la variation puis l'augmentation vers la température maximale à cause de la température externe qui peut être inférieure à la température initiale de la surface externe, qui fait chuté la température puis avec le rayonnement solaire elle commence son augmentation.

La toiture reçoit un rayonnement solaire le plus faible que celui sur les deux autres toitures à cause de la forme demi cylindrique de la voute qui contrarie le rayonnement solaire à chaque angle du centre de la voute.

Conclusion générale

Conclusion Générale

La consommation énergétique dans le secteur ménagère a pour but, répondre aux besoins des habitants et Atteindre naturellement le confort, en privilégiant des solutions simples et de bon sens est une nécessité pour réduire les besoins énergétiques du bâtiment. Avec l'adaptation de la construction aux paramètres climatiques, les divers besoins domestiques sont énormément minimisés en jouent sur la conception des foyers, leur formes, matériaux de constructions et orientation.

La toiture c'est la face de l'habitat qui reçoit la plus grande quantité de rayonnement qui augmente la température de l'habitat, alors en améliorant cette face on peut réduire cette augmentation et aussi la consommation énergétique.

Dans ce travail nous avons rédigé un programme en langage Matlab, pour calculé le rayonnement et simuler son effet sur les toitures et l'évolution de la température de la surface externe de trois forme de toiture.

Calcule du rayonnement sur la ville d'Ouargla (15 eme jour de chaque mois)

Calcule la variation du rayonnement suivant l'angle d'inclinaison et le temps pour une orientation de 0° , 10° , 35° et 90° .

La variation de la puissance en fonction du temps.

La variation de la température de surface extérieure en fonction du temps et du rayonnement pour une orientation de 0° et 90° .

Les formes étudiées sont :

Toiture en terrasse, avec une inclinaison de 0°

Toiture en pente, avec une inclinaison de 30°

Toiture en voute.

Les résultats trouvés montrent que les toitures en terrasse récupèrent la plus grande quantité de rayonnement solaire et une température surfacique avoisinant 40°C à 13 :00h à cause de leur inclinaison horizontale qui est perpendiculaire au rayonnement solaire direct qui consiste la plus grande fraction du rayonnement solaire.

La toiture en pente a une température surfacique au moment de rayonnement maximal de 39°C mais à une heure 15 :00h à cause de son inclinaison qui fait que le moment où le rayonnement est maximale arrive après midi et récupère moins de rayonnement par rapport à la toiture terrasse, qui fait qu'elle amoindrit la température surfacique d'environ un degré.

La toiture en voûte atteint une température surfacique de 37.5°C à 15:00h qui fait d'elle la toiture à la quantité de rayonnement la plus basse de notre étude car elle a la température surfacique externe la plus faible, qui revient à la forme de demi-cylindre de la voûte, qui contrarie le rayonnement à chaque angle de la voûte.

En perspective, nous envisageons de compléter ce travail par l'étude d'autres géométries de toitures, en on recommande une étude expérimentale sur ces formes de toitures.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] H. M'Sellem et D. Alkama, 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. 471 – 488 (2009).
- [2] Ahmed Ouameur Fouad, Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics: Etude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec, Mémoire de Maître ès Sciences (M.Sc) Université Laval Québec, (2007)
- [3] Alain Liébard, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, édition Le Moniteur. (2005).
- [4] Bassam Moujalled, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, Thèse de doctorat l'institut des sciences appliquées de Lyon, (2007)
- [5] Corinne Martinet, Jean- pierre Meyer, Travail à la chaleur et confort thermique, NST1 84 (décembre 1999)
- [6] Stéphane Thiers, Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de paris, (2008)
- [7] Amina Ouled-Henia, Choix climatiques et construction. Zones arides et semi arides. Maison à Bou-Saada, Thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, (2003)
- [8] Bellara samira, Impact de l'orientation sur le confort thermique, thèse Magistère, université de Mentouri constantine, 2005
- [9] lien internet : <http://www.wikipedia.com/resourcesetconsommationenergiquemondiales>
- [10] lien internet : <http://www.ministredelécologie.fr/observationetstatistiques/consommationdelenergie>
- [11] lien internet : <http://www.wikipédia.com/maisonabasseconsommationdenergie>
- [12] Alain M. Viaro, Arelette Ziegler, Habitat traditionnel dans le monde : Eléments pour une approche, UNESCO (Aout 1983)
- [13] AKCHICHE Zineb, étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Magistère, université d'Ouargla, 2011.

Références Bibliographiques

- [14] F.G.Acién Fernandez, F.Garcia Camacho, Modeling of Biomass productivity in tubular photobioreactors for microalgal Cultures, Effects of Dilution Rate ,tube diameter and solar irradiation, *Biotechnology and bioengineering*. Vol 58, N: 6 pp605-616 (1998)
- [15] J.M.chassériaux, *Conversion thermique du rayonnement solaire*, bordas Paris.1984
- [16] R.Bernard, G.Menguy, M.Schwartz, *Le rayonnement solaire, conversion thermique et application*. Technique et Documentation, Paris, 1979
- [17] Retscreen, *Photovoltaic Background*, International Renewable energy decision support centre, Resources Canada 2001-2002. www.retsceeren.net.
- [18] A, Asfeir, G. Guarracino, *Ingénierie des systèmes solaire, Application à l'habitat*, Paris (1981)
- [19] M. Capderou, *Atlas solaire de l'Algérie, Modèles théoriques et expérimentaux*, Tome 1
- [20] J. M. Chassériaux, *Conversion thermique du rayonnement solaire*, Bordas, Paris (1984)
- [21] J. Bernard, *Energie solaire calcul et optimisation*, Paris (2004)
- [22] H. Aras, O. Balli, A. Hepbasli , *Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey*, Tuaf, Eskisehir, Turkey (2006)
- [23] H. O. Menges, C. Ertekin, *Evaluation of global solar radiation, Models for Konya, Turkey* (2006)
- [24] J. Biri, B. Meunier, *Évolution des énergies renouvelables*, Paris (1981)
- [25] G. Notton, C. Cristofari, P. Poggi, *Performance evaluation of various hourly slope irradiations models using Mediterranean experimental data of Ajaccio*, Ajaccio, France (2005)
- [26] Esam M. Alawadhi, *Thermal analysis of a building brick containing phase change material*, Kuwait University Kuwait (2007)

RESUME :

La ville d'Ouargla connaît une forte consommation énergétique des habitants à cause de son climat aride très dure avec des températures très élevées et un rayonnement solaire important.

La forme de toiture joue un rôle important dans la consommation d'énergie car elle reçoit la plus grande partie du rayonnement solaire, et par conséquent peut accroître le confort des habitants et réduire leur besoins de climatisation.

Dans notre étude nous avons comparé entre différents forme de toitures par une simulation mathématique selon la température surfacique externe de la toiture.

Nous avons constaté la température la plus basse sur la toiture en voute.

Mots clés : confort thermique, habitat, toiture, rayonnement solaire, consommation d'énergie.

ملخص:

مدينة ورقلة تعرف استهلاك طاقة عالي للسكان بسبب مناخها القاحل الصعب جدا مع ارتفاع درجات الحرارة وأشعة الشمس القوية.

شكل السقف يلعب دورا هاما في استهلاك الطاقة كما يتلقى الجزء الأكبر من الأشعة الشمسية وبالتالي يمكن أن يعزز راحة الركاب وتقليل متطلبات التبريد.

في دراستنا قارنا مختلف اشكال الأسطح بواسطة محاكاة رياضية وفقا لدرجة حرارة السطح الخارجي. وجدنا أدنى درجة حرارة على السقف من شكل نصف اسطوانة.

الكلمات الهامة: الراحة الحرارية، المساكن، السقوف، الإشعاع الشمسي، الطاقة.

ABSTRACT:

The city of Ouargla knows high energy consumption of the inhabitants because of its very hard arid climate with high temperatures and strong sunlight radiation.

The shape of roof plays an important role in energy consumption as it receives the greater part of the solar radiation, and therefore can enhance occupant comfort and reduce cooling requirements.

In our study we compared different shapes of roofs by a mathematical simulation according to the outside surface temperature of the roof.

We found the lowest temperature on the roof vault form.

Keywords: thermal comfort, habitat, roofing, solar radiation, energy