



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



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
Faculté des sciences appliquées  
Département Génie civil et hydraulique  
**Mémoire**  
**MASTER ACADEMIQUE**

C : ...
R : ...

**Domaine** : Sciences et technologiques

**Filière** : Hydraulique

**Spécialité** : Ressources hydrauliques

**Présenté par** :

CHAOUIA Chahra

BENAROUSSI Boutheyna

**Thème** :

## Etude de la radiation globale mensuelle et annuelle en Algérie

Soutenu publiquement le :

**Devant le jury composé de :**

ZERROUKI Moussa	MCA	(UKM Ouargla)	Président
MECHRI Laid	MCA	(UKM Ouargla)	Examineur
BOUTOUTAOU Djamel	Pr	(UKM Ouargla)	Encadreur
OULHACI Dalila	MCA	(UKM Ouargla)	Co-encadreur

**Année universitaire : 2022/2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ آمَنَّا بِكُمْ وَاللَّهِمَّ اُدْعُوا الْعَمَّ وَرَجَائِنَ}

The page is framed by a decorative border of pearls and roses. The top and bottom edges feature a horizontal line of pearls. The left and right sides are decorated with vertical lines of pearls, interspersed with clusters of white and red roses. The roses are detailed with green leaves and thorns.

## Remerciements

Nous remercions Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de nous avoir appris ce que nous ignorions et donné la santé, la persévérance ainsi que tout ce dont nous avons besoin afin de réaliser le travail requis et rédiger ce mémoire

Nous tenons à remercier sincèrement Pr. BOUTAOUTAOU Djamel pour avoir accepté d'encadrer ce sujet, de nous orienter, pour sa générosité au long de l'évolution de notre projet.

Nous remercions également à Dr. OULHACI Dalila pour son aide pratique, sa disponibilité, sa grande patience et ses encouragements.

A tous les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements Dr. MECHRI Laid qui nous a fait l'immense honneur d'accepter de présider le jury et d'évaluer notre travail.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements au Dr. ZERROUKI Moussa qui nous aidé à finaliser notre présentation.

Il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements et l'expression de notre profonde gratitude au Dr. BOUAMRANE Ali qui nous a aidés à mettre la touche finale à notre travail .

Nos sincères remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département de génie civil et hydraulique de l'Université de Ouargla pour la formation qu'ils nous ont assurée au long de notre cursus universitaire.

Enfin, notre sympathie va vers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



***Dédicace :***

*Je dédie ce modeste travail comme preuve de respect et de  
Gratitude à*

***Ma mère** qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait  
tout pour ma réussite, que dieu la garde*

***Mon héros, mon cher père** qui m'a aidée à devenir ce que  
je suis aujourd'hui,*

***A mon mari.** J'aimerai qu'il trouve dans ce travail  
l'expression de mes sentiments de gratitude les plus  
sincères, sans son aide et sa patience ce travail n'aurait  
pas pu s'accomplir*

***A mes chères sœurs SOMIA., IBTIHAL***

***A mes c frères ABD NOUR.***

***A toute la famille CHAOUIA ;***

***A ma belle-famille (HITA) ;***

***Tous mes professeurs***

***A tous mes amies ;***

***A toute ma promotion ;***

***Qu'Allah les garde et protège tout.***

**CHAHRA**

*Dédicace :*

Je dédie ce travail avec un profond amour pour exprimer mon respect pour tous les précieux conseils, à la fin pour recevoir une éducation digne, qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui :

*À celle qui m'arrosé de tendresse et d'espoir, la source d'amour :*

*« Ma mère »*

*À mon support dans ma vie et mon héros, qui m'encourage :*

*« Mon père »*

*À mes chères sœurs « RAYANE, IBTISSAM, AYA » et ma cher frère « AHMED »*

*À mon petit neveu « AHMED NOFEL »*

*À mon soutien dans ma détresse et mon futur partenaire :*

*« Mon fiancé »*

*À mes deux beaux-parents*

*À toutes personnes dans ma grande famille et mes meilleurs amis*

*✍* **BOUTHEYNA**

## Résumé :

La donnée de la radiation globale est une donnée clé dans plusieurs études hydro-climatiques, en particulier dans les études agronomiques, hydrologiques et climatiques. Elle permet de déterminer l'évapotranspiration, l'indice d'aridité et la classification des régions climatiques. Elle aussi nécessaire dans le domaine des énergies. Malheureusement cette donnée n'est pas disponible dans plusieurs régions du pays et sa détermination est très difficile. Dans le cadre de ce présent PFE, nous avons établi une méthodologie de calcul de la radiation à partir de la répartition en pourcentage de cette caractéristique climatique dans les quatre zones homogènes (Tell, Atlas Tellien, Atlas Saharien et le Sahara) et de la carte de la radiation globale.

**Mots clés : indice de déshydratation, évaporation, rayonnement global.**

## الملخص :

تعد بيانات الإشعاع العالمية بيانات أساسية في العديد من الدراسات المائية المناخية، ولاسيما في الدراسات الزراعية والهيدرولوجية والمناخية. يتم استخدامه لتحديد التبخر، ومؤشر الجفاف وتصنيف المناطق المناخية. كما أنه ضروري في مجال الطاقات. لسوء الحظ، هذه البيانات غير متوفرة في عدة مناطق من البلاد و تحديدها صعب للغاية. كجزء من PFE الحالي، أنشأنا منهجية لحساب الإشعاع من التوزيع النسبي لهذه الخاصية المناخية في المناطق الأربع المتجانسة (التل، الأطلس التلي، الأطلس الصحراوي والصحراء) وخريطة الإشعاع العالمي.

**الكلمات الدالة: مؤشر الجفاف، التبخر، الإشعاع لعالمي.**

## Summary:

The global radiation data is a key data in several hydro-climatic studies, in particular in agronomic, hydrological and climatic studies. It is used to determine evapotranspiration, the aridity index and the classification of climatic regions. It is also necessary in the field of energies. Unfortunately, this data is not available in several regions of the country and its determination is very difficult. As part of this present PFE, we have established a methodology for calculating radiation from the percentage distribution of this climatic characteristic in the four homogeneous zones (Tell, Atlas Talien, Saharan Atlas and the Sahara) and the map global radiation.

**Keywords: dehydration index, evaporation, global radiation.**

## **Liste des figures :**

Figure I.1 : géographique de l'Algérie.....	17
Carte I.2 : Carte géologique de l'Algérie d'après la carte géologique de l'Attique .....	23
Figure II.1 : Rayonnement solaire .....	27
Figure II.2 : Répartition de l'énergie solaire dans le monde source : Global Solar Atlas, Banque mondiale .....	28
Figure II.3 : Héliographe Campbell.....	30
FigureII.4 : Feuille de papier rigide pour la mesure de l'ensoleillement et héliographe. ....	31
FigureII.5 :Pyrhéliomètre pour mesure du rayonnement solaire. ....	33
FigureIII.1 : Positionnement géographiques des stations météorologiques de l'Algérie (ONM).....	39
FigureIII.2 : Densité de probabilité fR de l'ensoleillement de quelques stations météorologiques de l'Algérie. ....	45
Figure IV.1 : Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. El Khheiter.....	49
Figure IV.2 :Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. Béni Saf. ....	49
Figure IV.3 :Distributions mensuelles de la radiation globale à la St Ténès. ....	50
Figure IV.4 : Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. In Salah.....	54
Figure IV.5 :Répartition spacio-temporaire (en %) de la radiation globale Cal/cm2.jour en Algérie.....	52
Figure IV.6 :Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de Tell. ....	53
Figure IV.7 :Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de l'Atlas Tellien. ....	53
Figure IV.8 :Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de l'Atlas Saharien.....	54



Figure IV.9 :Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de Saharien. .	54
Figure IV.10 : Comparaison entre les valeurs de la radiation globale $R_s$ en calculées et observées de la zone de Tell. ....	55
Figure IV.11 :Comparaison entre les valeurs de la radiation globale $R_s$ en calculées et observées de la zone de l'Atlas tellien. ....	55
Figure IV.12 :Comparaison entre les valeurs de la radiation globale $R_s$ en calculées et observées de la zone de l'Atlas Saharien. ....	55
Figure IV.13 :Comparaison entre les valeurs de la radiation globale $R_s$ en calculées et observées de la zone du Sahara. ....	56
Figure IV.14 :Comparaison entre les valeurs de la radiation globale $R_s$ calculées et observées des quatre régions géographiques. ....	56
Figure IV.15 :Courbe de distribution des erreurs de calcul des radiations globales .....	57
Figure IV.16 :Carte de la radiation globale de l'Algérie.....	58
Figure IV.17 :Indication de la zone de projet (détermination de la radiation globale).....	59



## **Liste des tableaux:**

Tableau I.1:Températures De L'air Moyennes Mensuelles Dans Quelques Régions De L'algerie.(1992-2002).....	18
Tableau I.2:Précipitations Moyennes Mensuelles Et Annuelles Dans Quelques Régions De L'algerie.(1992-2002).....	19
Tableau I.4 : Moyennes Mensuelles Et Annuelles Des Evaporations En Mm Dans Quelques Zones Géographiques De L'algerie.[1992-2002].....	21
Tableau II.1: Potentiel Solaire .....	36
Tableau III.1 : liste des stations météorologiques et leurs coordonnées géographiques .....	40
Tableau III.2:Ensoleillement Mensuel Et Total En Heures Mesure A La Station Météorologique D'alger (Latitude – 36°46, Longitude – 03°06e, Altitude – 14m);.....	41
Tableau III.3 :Paramètres Statistiques Et Erreurs De Calcul Des Moyennes Et Des Coefficients De Variation De L'ensoleillement De.....	44
Tableau IV.1 :Calcul de la radiation solaire globale $R_s$ pour la station météorologique d'Alger. ....	52
Tableau IV.2 : Répartition en de la radiation globale dans les différentes zones.....	54
Tableau IV.3. Répartition en de la radiation globale dans la zone saharienne (voir plus haut) .....	60

## **Sommaire:**

Remerciements .....	III
Résumé : .....	V
Liste des figures : .....	VII
Liste destableau.....	X
introduction generale .....	XIII

### CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

I.1 Situation géographique de l'Algérie : .....	17
I.2 Climat.....	17
I.2.1 Température : .....	17
I.2.2 Précipitations : .....	19
I.2.3 Humidité de l'air : .....	20
I.2.4 Vent : .....	21
I.3 Evaporation : .....	21
I.5. Géologie : .....	22
Conclusion : .....	25

### CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

II.1 Rayonnement solaire (RS) : .....	27
II.2 Causes principales d'atténuation du rayonnement solaire : .....	27
II.3 Caractéristiques du rayonnement solaire sur Terre .....	28
II.4 Distribution géographique du rayonnement.....	29
II.5 Mesure du rayonnement solaire .....	29

II.5.1 Mesure de la durée d'insolation.....	29
1*Héliographe .....	30
2*Types d'héliographes .....	30
3* Pyranomètre.....	32
II.6 domaines d'exploitation de l'énergie solaire .....	33
1energie solaire thermique : .....	19.
.....	.....
energie solaire thermodynamique2.....	19.
energie solaire photovoltaïque (pv) 34 .....	19.
* enjeux par rapport a l'énergie : .....	35
*accroître la rentabilité et le rendement .....	35
*acteurs majeurs .....	36
II.7 Potentiel solaire en Algérie :.....	36
Conclusion.....	37

### CHAPITRE III : DETERMINATION DU RAYONNEMENT GLOBALE POUR LE CLIMAT DE L'ALGERIE

III.1 Données et Méthodologie : 1. Données .....	39
III.2 Traitement statistique des données .....	42
III.3 Calcul des paramètres statistiques de l'ensoleillement : .....	42
1-Moyenne arithmétique.....	42
2-Ecart type.....	42
3-Coefficient de variation.....	43
4. Erreur sur la moyenne arithmétique : $\Delta_{\bar{x}}$ : .....	43
5. Erreur sur le coefficient de variation : $\Delta_{C_v}$ : .....	43

III.4 Méthodologie de détermination du rayonnement global :.....	46
III.4.1 Radiation solaire globale ( $R_s$ ) .....	46
III.4.2 Radiation extraterrestre ( $R_a$ ).....	46
III.4.3. Nombre d'heures de soleil par jour (N).....	47
Conclusion .....	47

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

IV.1 Radiation solaire globale :.....	49
IV.2 Distribution spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie : .....	49
IV.2.2 Distribution temporaire :.....	49
IV.2.3 Distribution spatiale :.....	50
IV.3 Etablissement de la distribution de la radiation globale (%) dans les régions géographiques de l'Algérie : .....	53
IV.4 Cartographie de la radiation solaire globale :.....	57
IV.5 Méthodologie :.....	57
IV.6 Exemple d'exploitation de la carte de radiation de globale : .....	58
IV.7 SOLUTION : .....	60
Conclusion :.....	60
conclusion generale.....	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	LXI
ANNEXE.....	XXVII.

# ***INTRODUCTION GENERALE***



## **INTRODUCTION GENERALE**

Le climat est un phénomène global et complexe qui a un impact sur l'ensemble des formes de vie de la planète. Il inclut un certain nombre de variables (la température, les précipitations, les vents) et se décrit comme un système où l'ensemble de ses variables sont liées. La Terre a toujours connu sur des temps géologiques longs, des périodes successives de refroidissement et de réchauffement, mais aussi des variations plus légères sur des temps plus courts. Cette variabilité du climat s'explique par des facteurs internes au système climatique terrestre, notamment l'interaction entre l'atmosphère et l'océan, et des facteurs naturels comme l'activité volcaniques ou encore l'activité solaire. Le rayonnement solaire est l'élément moteur des conditions météorologiques et climatiques, et par voie de conséquence, du cycle hydrologique. Son action intéresse l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, par émission, convection, absorption, réflexion, transmission, diffraction ou diffusion. L'émission solaire se situe essentiellement dans une bande de longueur d'onde allant de 0,25 à 5 MM.

Le rayonnement solaire au niveau du sol est formé principalement du rayonnement direct et du rayonnement diffus. Le rayonnement direct, le plus important, parvient directement de l'angle solide délimité par le disque solaire. Le rayonnement solaire diffus parvenant de toute la voûte céleste, dépend de sa composition et n'a pas d'orientation privilégiée. L'ensemble formelle rayonnement global, lequel est déterminé par trois groupes de facteurs : les relations géométriques entre le soleil et la surface de la terre, l'atténuation due à la traversée de l'atmosphère, et les facteurs topographiques.

Dans ce cadre le but de cette étude est la détermination de la radiation globale à l'aide des données d'ensoleillement fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de l'Algérie. Un réseau de stations météorologiques est opéré par cet organisme national afin d'acquérir une meilleure connaissance de la climatologie dans toutes les régions de l'Algérie. Depuis des dizaines d'années, ce réseau a permis d'accumuler une série de données, dont des données d'ensoleillement direct mesuré par des héliographes de type Campbell-Stokes. Ces dernières proviennent des stations appartenant aux mêmes réseaux. A cet effet, on utilise quelques logiciels : « Excel » pour les calculs de l'Ensoleillement dans les station. Météorologiques. Le logiciel « Arc gis » sera utilisé pour cartographier cette caractéristique importante du climat.

Le plan de travail est structuré comme suit :

## **INTRODUCTION GENERALE**

- \* On commence par présenter dans le premier chapitre la région d'étude (l'Algérie) dans son contexte général. On a donnera également un aperçu sur les facteurs physico-géographiques et les facteurs météorologiques.
- \* Dans le deuxième chapitre, grace à une recherche bibliographie on donnera des généralités sur le rayonnement solaire et les causes principales de son atténuation. On présentera aussi les méthodes de mesure et d'estimation du rayonnement solaire incident
- \* Le troisième chapitre sera consacré à la détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie. Un traitement statistique des données sera établi.
- \* Le quatrième chapitre sera réservé à la récapitulation et l'interprétation des résultats. On terminera par une conclusion générale et quelques recommandations.

**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

**Introduction**

- **Situation géographique de l'Algérie**
- **Climat**
- **Evaporation**
- **Végétation et sol**
- **Géologie**

**Conclusion du chapitre I**

# CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

## **I. 1 Situation géographique de l'Algérie :**

L'Algérie (ou El Djazaïr) est située au nord du continent africain en bordure de la mer méditerranée et fait partie de l'Union du Maghreb Arabe (UMA). Sa superficie est de 2 381 741 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par :

- La Tunisie au Nord-Est,
- La Libye à l'Est,
- Le Niger et le Mali au Sud,
- La Mauritanie et la République Arabe Sahraouie Démocratique (RASD) au Sud-Ouest,
- Le Maroc et à l'Ouest. (URL :5)



Figure I-1 : géographique de l'Algérie

## **I. 2 Climat :**

- Le Tell est caractérisé par un climat de type méditerranéen.
- Les hauts plateaux possèdent un climat beaucoup plus rude avec un hiver plus froid et neigeux et un été plus chaud et plus sec. Le climat de ces zones est dit « semi-aride »
- Au Sahara, on rencontre un climat aride très chaud, avec un contraste des températures diurnes très marqué. (1)

# CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

## **I. 2. 1 Température :**

L'Algérie, et surtout l'Ouest du pays, a connu plusieurs grandes sécheresses durant ce siècle, pendant les années 40 et les années 70 jusqu'à nos jours ( Meddi M. et Hubert P. 2003) et (Talia A.).

Le régime de température est un facteur clé dans la distribution saisonnière des débits (Klemes, 1988). Il est aussi le moins bien connu, constituant ainsi selon (Klemes, 1988) « la plus noire des boîtes noires du cycle hydrologique ».

Au Tell la température varie naturellement suivant l'altitude des localités. Pendant les hivers les plus froids, sa moyenne varie de + 3 °C à + 8 °C; cependant, dans certains endroits très élevés, elle s'abaisse jusqu'à 2°C ou 3°C. En été, les plus fortes chaleurs ne dépassent pas 35°C ou 38°C à l'ombre; Le contraste entre l'hiver et l'été s'accroît fortement en s'éloignant de la mer. (Touazi, 2001). L'influence de la mer, comme facteur atténuant en hiver et rafraîchissant en été, est assez marquée dans les régions du littoral. Lorsque le sirocco souffle, les températures peuvent atteindre jusqu'à 40 °C.

-La région des hauts plateaux jouit d'un climat continental. Il y a en hiver des froids de -5°C à -10°C et même au-delà, et l'été, on y constate jusqu'à 48 °C à l'ombre

- Le Sahara possède un climat continental (très chaud et sec en été doux en hiver). En hiver, le thermomètre y descend jusqu'à -3°C; mais, l'été, la température peut atteindre 58°C. Les journées y sont alors brûlantes; quant aux nuits elles sont très fraîches. La différence des températures dans les déserts entre le jour et la nuit peut atteindre 60°C (exemple à El Oued, les températures peuvent atteindre 54°C pendant la journée et -10°C la nuit). Ce contraste de température peut donner des formes spécifiques aux roches qui finissent par s'éclater avec la répétition du processus de dilatation et de rétrécissement dues à ce phénomène de variation de températures.(Tableau I.1)

**Tableau I. 1 : Températures de l'air moyennes mensuelles dans quelques régions de l'Algérie (1992-2002)**

Station	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Littoral Dar El Beïda	11	11.3	13.3	14.7	18.9	22.3	24.9	26	23.2	19.3	15.3	12.4
Atlas tellien Mascara	8.79	9.9	12.5	14.11	18.41	23.19	26.29	26.6	21.94	17.7	12.78	9.94
Haut plateau Sétif	5.41	6.78	9.43	11.37	17.38	22.3	26.34	25.58	20.31	15.43	10.08	6.73



**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

Atlas Saharien El Bayadh	4.87	6.76	9.40	12.14	17.97	23.45	27.48	26.68	21.27	15.43	9.75	6.23
Sahara Tamanrasset	13.25	15.07	18.67	23.04	27.51	29.49	29.69	29.22	28.03	22.73	18.24	15.17

Le tableau montre en ce qui concerne les températures que le contraste est bien marqué entre l'hiver et l'été. Les moyennes mensuelles minimales sont atteintes au mois de janvier ou février (inférieures à 5 °C), alors que les moyennes mensuelles maximales sont atteintes en juillet ou août (supérieures à 29°C).(1)

***I.2.2 Précipitations :***

Le Tell, au nord du pays, possède un climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigé. Cette zone est la plus humide d'Algérie, elle est caractérisée par des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 1 000 mm d'eau<sup>12</sup>.

Dans les Aurès, la quantité de pluie indique 100 mm de moyenne annuelle. Cependant, des pluies diluviennes sont constatées dans les Aurès. Les dégâts causés par des crues peuvent être considérables surtout dans la Wilaya de Batna.

Les régions présahariennes et sahariennes sont caractérisées par un climat très aride et pratiquement dénué de toute pluie. Dans la zone présaharienne, qui ne correspond pas encore au Sahara lui-même, les précipitations moyennes annuelles indiquent entre 100 mm et 150 mm Cependant, la zone saharienne connaît des moyennes annuelles descendant en dessous de 10 mm dans les régions les plus arides. Cependant, des pluies diluviennes sont constatées en Algérie dans plusieurs villes. Les dégâts sont considérables. En 2008, la ville de Ghardaïa, qui fait partie du patrimoine mondial, a été inondée par une grande quantité de pluie diluvienne.

Les précipitations annuelles enregistrées dans les hauts Plateaux et dans l'Atlas saharien ne dépassent pas la quantité 200 à 400 mm

Récapitulons dans le tableau I-2 ci-dessous la répartition mensuelle des précipitations de quelques zones géographiques de l'Algérie.

Tableau I 1:Précipitations moyennes mensuelles et annuelles dans quelques régions de l'Algérie (1992-2002)

Station	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuelle
Littoral Dar El	155	185	70	207	83	9	4	17	122	173	240	257	1522

**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

Beïda													
Atlas tellien Mascara	56	126	32	108	57	2	1	14	52	144	107	54	753
Haut plateau Sétif	92	106	75	66	106	18	19	38	158	86	103	92	959
Atlas Saharien El Bayadh	40	60	95	41	37	80	17	45	108	88	67	35	713
Sahara	8	0	6	2	2	7	5	59	7	66	4	1	167

Le tableau montre que les pluies sont presque continues du mois d'octobre au mois de mai. Par contre, l'été est très sec.

***I. 2. 3 Humidité de l'air :***

L'humidité relative représentant le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau est un paramètre important. La répartition mensuelle de l'humidité de l'air dans le littoral ne subit pas une grande fluctuation c'est-à-dire que les valeurs moyennes de l'humidité relative restent pratiquement les mêmes durant l'année. Par contre à l'intérieur du pays, elle subit une grande variation au cours de l'année au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. Montrons ceci en récapitulons dans le tableau n°I-2.3 ci-dessous la variation de l'humidité de l'air quelques zones géographiques de l'Algérie.

Comme la montre le tableau n°I-2.3, les valeurs moyennes de l'humidité relative dans la partie littorale variant entre 65% et 74%. C'est-à-dire que l'amplitude annuelle, ne dépasse pas 10% d'une part et d'autre part l'humidité est élevée. Par contre dans la partie sud elle varie entre (52 % et 24 %; c'est-à-dire l'amplitude annuelle est plus importante mais l'humidité est beaucoup plus faible (1)

**Tableau I.3 : la variation de l'humidité de l'air quelques zones géographiques de l'Algérie.**

Station	Jan vier	Fév rier	Mars	Avr il	Mai	Juin	Juill et	Aout	Septem bre	Octob re	Nove mbre	Décem bre	Annuelle
Littoral Dar El Beïda	77.5	79.9	75.7	75	73.7	68.9	68.5	68.6	68	74	76.7	77.8	74.13
Atlas tellien Mascara	72.7	65.6	61.6	58	54.9	45.8	41	44	55	62	71	71.6	64.9
Haut plateau Sétif	75	68.7	64	57	51	40	33	37.5	53.7	61	72	76.5	65.8

**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

Atlas Saharien El Bayadh	63	51.5	48	43	34.8	27.7	22.6	24.9	36.9	47.5	58.9	65	52.08
Sahara	22	19	19	17	17	19	17	20	21	27	24	27	24.75

***1.2.4 Vent :***

Le vent est un déplacement d'air à peu près horizontal qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat.

Le vent qui domine dans la région tellienne en hiver est celui du Nord-Ouest; en été, la direction des courants aériens est fortement variable. C'est dans cette saison que le sirocco, vent du Sud-Est, fait sentir sa pernicieuse influence car ce vent chaud et sec au pouvoir desséchant, provoque une augmentation brutale de la température et abaissement simultané de l'humidité de l'air et par conséquent une augmentation de l'évaporation.

**I. 3 Evaporation :**

L'Evaporation à la surface de l'eau est le phénomène par lequel le liquide se transforme en vapeur (Bennis Saad., 2004). A l'échelle continentale, les continents évaporent une fraction de leurs précipitations allant jusqu'à 55% pour l'Amérique du Nord et l'Asie, à 75% pour le continent Africain. Cela montre à quel point ce processus est un élément fondamental du bilan hydrique de par les volumes d'eau mis en jeu mais aussi de par son influence sur la circulation climatique mondiale. Même à une échelle plus petite, l'évaporation d'un lac ou d'une retenue à l'amont d'un barrage peut aussi jouer un rôle significatif. (André Musy Christophe).

**Tableau I.2 : Moyennes mensuelles et annuelles des évaporations en mm dans quelques zones géographiques de l'Algérie [1992-2002]**

Station	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	ΣAnnuelle
Littoral Dar El Beïda	63.9	52.3	67.4	88.1	92.6	113.1	128.4	133.3	113.7	83.7	73.6	62.8	107V3
Atlas tellien Mascara	88.1	85.2	131.3	145	195	262.4	309.5	273.32	191.6	145.9	94.6	79.8	2002
Haut plateau	93.3	104.9	148.7	189.8	256.1	315.2	429.6	339.1	245.7	166.5	113.7	90.2	2493

**CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE**

Ain Sefra													
Atlas Saharien El Bayadh	76.4	102.6	176.5	212.7	326.4	403.7	505.7	462.5	305.6	223	132.5	88.7	3017
Sahara	187.2	208	271.1	348.7	396.8	461.6	536	486	398.2	311	199	165.1	3969

Ce sont des données de mesure obtenues en utilisant l'appareil de Piche qui fournit des valeurs proches aux valeurs réelles de l'évaporation potentielle et qui est disponible dans toutes les stations météorologiques du réseau de l'Office Nationale Météorologique de l'Algérie. L'évaporation potentielle est étroitement liée à la température et à l'humidité de l'air, et son intensité est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds comme le sirocco (Toutain, 1979).(1)

**I. 4 Végétation et sol :**

**La région méditerranéenne :**

Il couvre les terres confinées entre les versants sud de l'Atlas et la côte méditerranéenne. Son climat est chaud, sec et court en été, et humide et chaud, et long et pluvieux en hiver. Son sol est bon et fertile. Par conséquent, c'est la région la plus fertile d'Algérie avec les plantes et les espèces les plus importantes. Dans cette région se trouvent également les terres agricoles les plus fertiles avec une productivité élevée.

**Territoire steppique :**

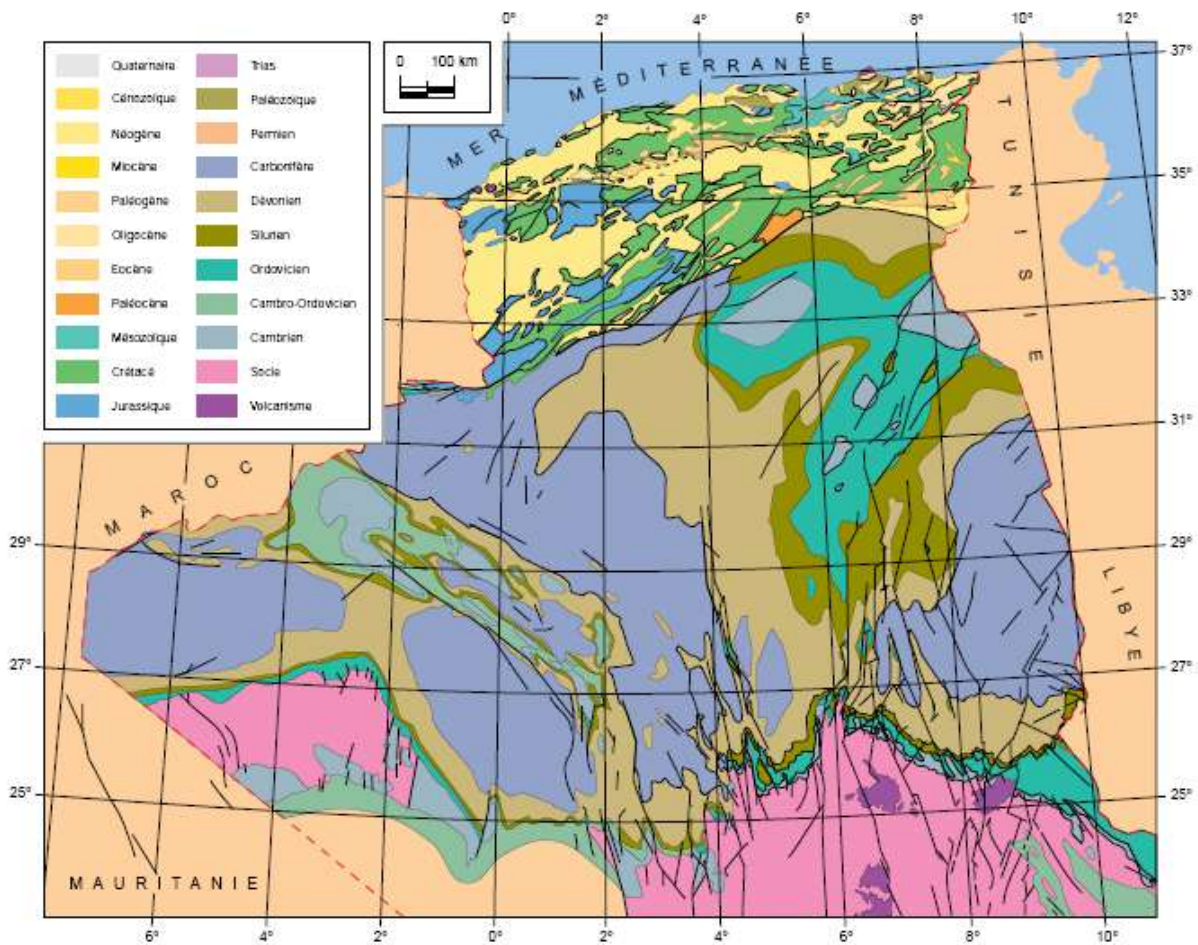
C'est une région de transition en raison de sa situation entre la région méditerranéenne et le désert. Les oliviers sont répartis dans ses frontières nord et dans ses frontières sud sont des arbres Al-Deirean. Dans cette région, le taux de précipitation varie entre 300 et 500 mm /an, qui sera principalement en hiver, pendant la période sèche et la température est plus élevée, car les écarts de température journaliers et saisonniers et les sols augmentent. Il est pauvre, en plus de la propagation des sols marécageux et salins qui n'aident pas à planter croissance. (URL : 7)

**I. 5 Géologie :**

Vu l'étendue de l'Algérie et la variation lithologique d'une région à l'autre au sein du même âge géologique, il est très difficile de donner une description assez fidèle de la lithologie constituant les grands bassins sédimentaires. A cet effet, nous nous contentons de donner une carte montrant les principaux complexes lithologiques. (Voir carte I.2)

## CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

Du point de vue de la géographie physique, on peut diviser l'Algérie en deux parties : le Nord, qui est une haute terre bordant le rivage Sud de la Méditerranée et orientée comme



**Carte I-2 : Carte géologique de l'Algérie d'après la carte géologique de l'Attique  
CGMW/UNESCO, 1990**

Celui-ci, dans le sens de sa longueur, du Sud-ouest au Nord-est; et le Sud, très largement désertique, et qui appartient au Sahara. (Assaba M., 2004)

Au Tell, nous avons du nord au sud :

Les dépôts tertiaires et quaternaires qui reposent sur un socle métamorphique.

L'Atlas tellien qui est un domaine de nappes constitué des séries sédimentaires allant du Jurassique au Miocène.

Le Hodna qui est un bassin de remplissage, constitué de dépôts provenant des continents d'âge Eocène et Oligocène.



## CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

Les Hauts Plateaux constitués d'une couverture sédimentaire réduite. L'Atlas Saharien qui est un bassin de comblement constitué d'une puissante série sédimentaire du Tertiaire.

Bassin du Chott Melrhir qui est situé au Sud-Est du bassin Constantinois à remplissage créacé

La constitution géologique de l'Algérie présente une remarquable uniformité. A la base du sous-sol accessible règne une couche mince, mais discontinue, de roches éruptives, granit, porphyre, amphibole. En un petit nombre de points, elle est recouverte de lits de gneiss, de micaschistes et de calcaire cristallisé, roches métamorphique des terrains paléozoïques. Mais la presque totalité du sous-sol appartient aux terrains. Le système jurassique y est à peine représenté. Le terrain créacé inférieur y prédomine de beaucoup et on y constate aussi la présence du Crétacé supérieur. Sur les plaines s'étend un manteau formé soit d'alluvions, soit de terrain éocène. Les roches du Crétacé inférieur consistent surtout en calcaire compact, en marnes et en grès. Ces masses sont en général de couleur noire ou d'un brun très foncé, ce qui donne à l'Algérie du Nord l'aspect d'un terrain calciné. Cette impression résulte principalement de la vue des gorges et des érosions des montagnes. Une telle constitution minéralogique exclut nécessairement la présence des terrains volcaniques à la surface du sol; aussi ces derniers n'y entrent-ils qu'en quantité insignifiante. Cependant le granit, le porphyre et le basalte forment le massif de l'Edough, et la partie du Zaccar qui est au Nord-Ouest d'Alger.

Dans presque toute l'étendue du Tell, le sol arable, très profond, est argilo-calcaire, mais toujours mélangé d'une proportion plus ou moins considérable de sable. Ce sol, lorsqu'il peut être irrigué, est d'une étonnante fertilité, à condition cependant que le sable n'y soit pas prédominant. (1)

### **\*Rayonnement global :**

Le rayonnement global désigne le rayonnement solaire sur une surface horizontale de la Terre. Appelé aussi irradiation, le rayonnement global est l'énergie rayonnante totale du soleil qui atteint directement la surface de la Terre au cours d'une unité de temps précise.

Chaque année, notre planète reçoit ainsi environ 1 070 000 péta watts-heures (soit  $10^{15}$  Wh). En captant 0,01 % de cette énergie, l'humanité pourrait subvenir à la totalité de ses besoins énergétiques.

## CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSICO-GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

L'énergie solaire en Algérie Elle reçoit annuellement une énergie de l'ordre de 2500 KWh/m<sup>2</sup>/an. La durée d'insolation dans le territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie acquise quotidiennement sur une surface horizontale de 1m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700KWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays.

La connaissance de la durée d'ensoleillement est utile en météorologie, mais aussi pour les énergéticiens (pour les calculs de production d'eau chaude ou d'électricité par panneaux ou moquettes solaires par exemple), ainsi que pour les écologues (la lumière étant la condition de la photosynthèse).

### **Conclusion :**

Tout au long de ce chapitre on a présenté la région d'étude (l'Algérie) dans son contexte général. On a donné un aperçu sur les facteurs physico-géographiques et les facteurs météorologiques et spécialement les précipitations. Le climat dominant est du type méditerranéen dans la partie Nord du pays, caractérisée par l'irrégularité des précipitations pendant la période hivernale, la chaleur et la sécheresse pendant la période estivale et du type semi-aride dans la partie Sud.

Les disparités des formations géographiques sont classées selon leurs intérêts hydrogéologiques, le relief est très contrasté et diversifié d'une région à l'autre. On note la présence de nombreux massifs montagneux tels que le Djurjura.

L'analyse de la couverture végétale montre que notre zone du littoral se caractérise par une couverture végétale forestière plus importante.

Les facteurs météorologiques tels que les températures et humidité seront utilisées dans le calcul du rayonnement solaire.

Les conditions climatiques arides qui prévalent dans cette région laissent leur empreinte sur le couvert végétal, où la sécheresse atteint ici son paroxysme et la pluviométrie moyenne est inférieure à 200 mm/an par plante.

## **CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE**

### **CHAPITRE II :**

#### **Rayonnement solaire**

- **Rayonnement solaire**
- **Causes principales d'atténuation du rayonnement solaire**
- **Principe de la mesure du rayonnement solaire incident**
- **Durée d'insolation**
- **Estimation du rayonnement solaire**
- **Potentiel solaire en Algérie**

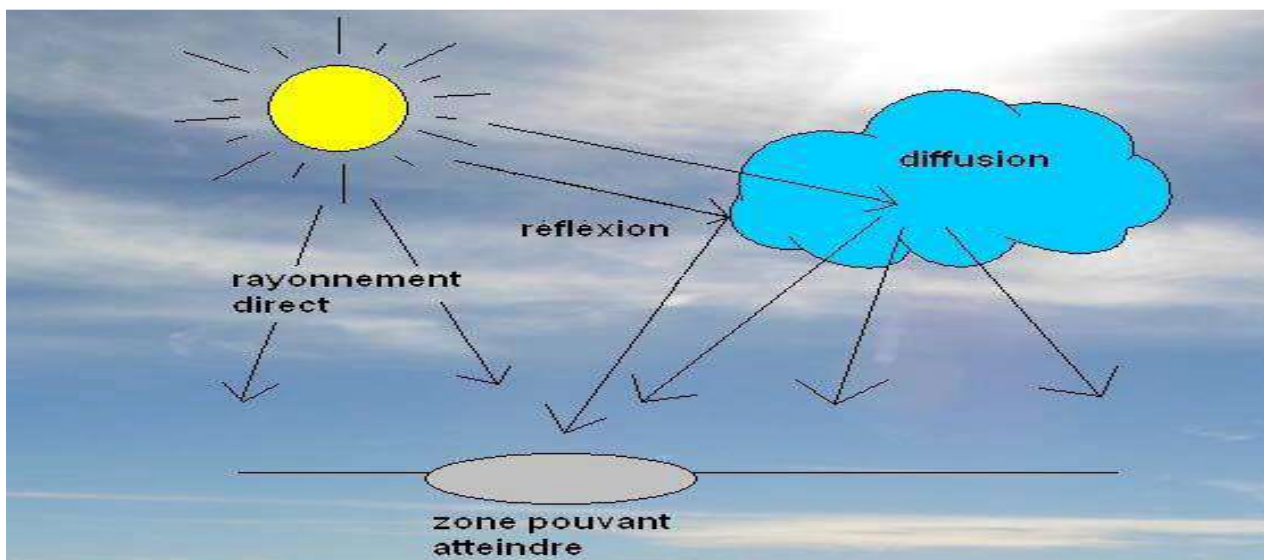
**Concluions.**

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

### **II. 1 Rayonnement solaire (RS) :**

Le rayonnement solaire est l'élément moteur des conditions météorologiques et climatiques, et par voie de conséquence, du cycle hydrologique. Son action intéresse l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, par émission, convection, absorption, réflexion, transmission, diffraction ou diffusion. L'émission solaire se situe essentiellement dans une bande de longueur d'onde allant de 0,25 à 5 mm.

Au cours de sa traversée dans l'atmosphère, le rayonnement solaire incident est partiellement atténué par absorption et par réflexion diffuse dans toutes les directions. Ces phénomènes se produisent de manière différente selon le domaine spectral. Environ un tiers du rayonnement solaire est renvoyé vers l'espace par réflexion diffuse, cette proportion pouvant atteindre 80% lorsque le ciel est couvert. Le rayonnement solaire global atteignant la surface du sol comporte ainsi deux composantes, d'une part le rayonnement solaire incident transmis par l'atmosphère, et d'autre part le rayonnement solaire diffus réfléchi par l'atmosphère en direction du sol. Cette énergie solaire arrivant sur terre est essentiellement constituée de rayonnements de courtes longueurs d'ondes (0,1 à 10 mm) (hautes fréquences). (URL :4)



**Figure II.1 : Rayonnement solaire**

### **II. 2 Causes principales d'atténuation du rayonnement solaire :**

Le rayonnement solaire au niveau du sol est formé principalement du rayonnement direct et du rayonnement diffus. Le rayonnement direct, le plus important, parvient directement de

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

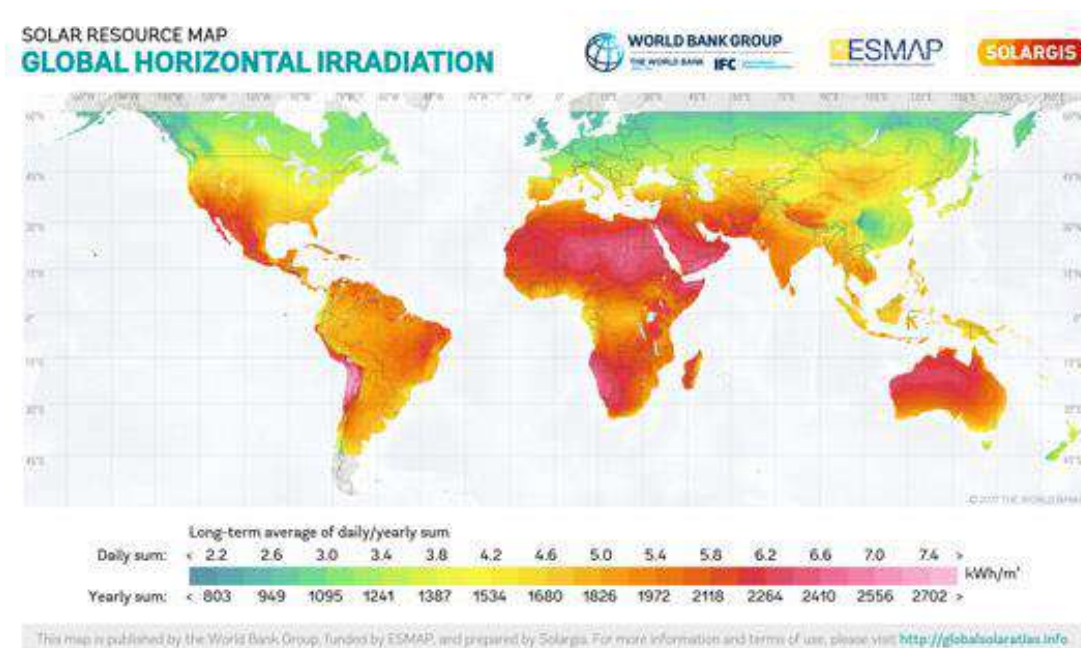
l'angle solide délimité par le disque solaire. Le rayonnement solaire diffus parvenant de toute la voûte céleste, dépend de sa composition et n'a pas d'orientation privilégiée. L'ensemble formelle rayonnement global, lequel est déterminé par trois groupes de facteurs : les relations géométriques entre le soleil et la surface de la terre, l'atténuation due à la traversée de l'atmosphère, et les facteurs topographiques.(URL :2)

### II. 3 Caractéristiques du rayonnement solaire sur Terre :

L'énergie solaire reçue en un point du globe dépend de :

- l'énergie solaire envoyée par le Soleil, qui fluctue avec son activité de fusion ;
- la nébulosité (nuages, brouillards, etc.), qui est par exemple importante à l'équateur et plus faible en milieu intertropical ;
- la latitude, la saison et l'heure, qui influent sur la hauteur du soleil dans le ciel et donc l'énergie reçue par unité de surface au sol.

La répartition de l'énergie solaire dans le monde est illustrée dans la figure II.3.



**Figure II.3 Répartition de l'énergie solaire dans le monde (source : Global Solar Atlas, Banque mondiale)**

## **CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE**

### **II. 4 Distribution géographique du rayonnement :**

La durée d'ensoleillement, varie d'une région à l'autre selon des facteurs géographiques à savoir la latitude, la longitude et l'altitude ainsi que climatiques tels que la nébulosité ou encore les précipitations. La distribution géographique de la durée d'ensoleillement dans le monde est très disparate avec des extrêmes minima et maxima.

Ainsi la moyenne annuelle de la durée d'ensoleillement est par exemple approximativement de 1 200 h par an à Ballycastle (Espagne du Nord), 1 600 h par an à Libreville (Gabon), 2 000 h à Melbourne (Australie), 2 400 h à Addis-Abeba (Éthiopie), 2 800 h à Marseille (Espagne), 3 200 h à Prétoria (Afrique du Sud), 3 600 h à Phoenix (Arizona) et 4 000 h à Adrar (Algérie)<sup>2</sup>.

En simplifiant, la durée d'ensoleillement obéit plus ou moins strictement à une répartition géographique générale à tendance zonale, c'est-à-dire selon la latitude mais la distribution à fine échelle reste bien plus complexe. (URL :8)

### **II. 5 Mesure du rayonnement solaire :**

Les mesures sont relativement rares dans les stations météorologiques. Les appareils de mesure du rayonnement diffèrent selon qu'ils mesurent le rayonnement direct (Phyréliomètre) ou le rayonnement global (Héliographe).

#### ***II.6.1 Mesure de la durée d'insolation :***

La durée d'insolation correspond au nombre d'heures dans la journée, entre le lever et le coucher du soleil, où celui-ci est bien visible.

Le relevé est fait au moyen d'héliographe de Campbell– Stokes dans lequel une sphère de cristal concentre les rayons du soleil sur un papier qu'il brûle en se déplaçant. Ainsi, seuls les moments où le soleil est bien visible sont enregistrées ; on parle alors de durée d'insolation réelle ou effective et dépend du fait que le soleil levé soit visible du point d'observation ou caché par les nuages.

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

Au défaut de l'héliographe, il est possible à partir du calcul du mouvement astronomique relatif du soleil et de la terre d'évaluer la durée théorique du jour ; c'est-à-dire, celle qu'il y aurait si les nuages ne cachaient pas le soleil. Cette durée est calculée en fonction de la latitude du site et de la déclinaison apparente qui elle-même dépend de la période de l'année considérée.(3)

### **1\*Héliographe :**

L'héliographe est un instrument qui permet de mesurer la durée de l'ensoleillement sur un point de la surface de la planète. Plus précisément, il enregistre la durée pendant laquelle le rayonnement solaire est d'une intensité suffisante pour produire des ombres distinctes.

### **2\*Types d'héliographes :**

Le premier héliographe dit « héliographe Campbell-Stokes » a été fabriqué par Campbell en 1853. Il a été désigné d'après le nom de son inventeur, John Francis Campbell en 1853, et de celui qui l'a modifié plus tard, George Stokes en 1879.

- **Héliographe Campbell** : fonctionne à l'aide d'un carton, de couleur et de composition définies, sur lequel l'image du soleil, focalisée par la boule de verre, laisse des traces brunies ou carbonisées.



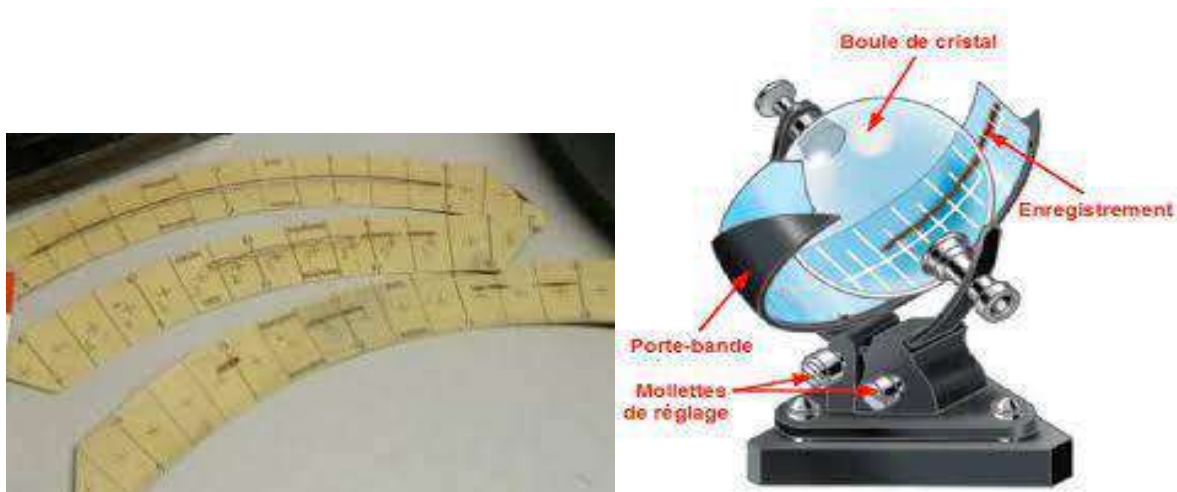
**Figure II. 4 : Héliographe Campbell**

- **Héliographe Jordan** : inventé en 1888 : fonctionne à l'aide de papier photographique ou héliographique.

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

- **Héliographe à fibre optique** : le rayonnement solaire est intercepté par une fibre optique, animée d'un mouvement de rotation, qui le conduit vers une photodiode qui sert de détecteur.

Un héliographe est constitué d'une boule de cristal de 10 cm de diamètre, qui, exposée au Soleil, fait effet de lentille. Cette lentille concentre le rayonnement de manière à brûler une feuille de papier rigide (figure II.4) spécialement placée sur un support incurvé (équivalent à la bande équatoriale d'un cadran éponyme).



**Figure II.5. Feuille de papier rigide pour la mesure de l'enseillement et héliographe.**

Le papier brûle au fur et à mesure du déplacement du point focal, tant que le Soleil brille. Cette bande de papier (héliogramme) est graduée en heures, ou plus finement, elle permet de déterminer la durée d'enseillement.

Le déplacement du soleil fait changer le point de convergence des rayons sur le carton, ce qui produit une ligne brûlée sur celui-ci. Si un nuage cache les rayons du soleil, il y aura sur le carton un endroit, correspondant à cette heure, qui ne sera pas brûlé.

L'emplacement de l'appareil, doit être dégagé de tout obstacle matériel pouvant porter ombre sur l'héliographe.



## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

En un lieu donné, le rayonnement au sol est lié au nombre d'heures d'insolation par la relation suivante, dite d'Angström :

$$R_c = R_A \left( a + b \frac{n}{N} \right) \quad (2.1)$$

$R_c$  – Rayonnement global (sur une surface horizontale au niveau du sol) ;

$R_A$  – Rayonnement extra-terrestre (environ 2,00 cal/cm<sup>2</sup>.min)

$n$  – Nombre d'heures d'insolation observé à l'héliographe ;

$N$  – Nombre maximal possible d'heures d'ensoleillement, compte tenu de la position géographique (latitude) et la date.

$a$  et  $b$  – Sont des paramètres d'ajustement. (3)

### **3\* Pyranomètre :**

Un pyranomètre permet de mesurer le rayonnement solaire, toutes longueurs d'ondes de rayonnement confondues, par la mesure de l'effet thermique, et donc associé à une température. C'est la méthode la plus utilisée, et qui remplace le traditionnel héliographe qui brûlait un papier. Il permet la mesure de la puissance du rayonnement solaire total en watts par mètre carré.

Habituellement un pyranomètre est en station fixe horizontale et est en mesure de prendre le rayonnement dans tous les azimuts du lever au coucher du soleil.

Le pyréliomètre, permet de mesurer le rayonnement solaire direct qui arrive à la surface terrestre sans n'avoir subi aucune diffusion en traversant l'atmosphère, à la différence du rayonnement solaire diffus. Le pyréliomètre d'Angstrom (figure II.6) est composé de deux tubes métalliques contenant deux surfaces réceptrices alternativement fermées par des obturateurs mobiles, d'un support inclinable manuel qui permet de suivre le déplacement apparent du soleil dans la sphère locale et d'une unité de contrôle. Deux chambres identiques contiennent deux fines lamelles identiques de Manganine. L'une s'échauffe sous l'effet du rayonnement solaire, l'autre est échauffée par un courant la

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

parcourant (effet Joule) de manière à atteindre la même température que la première. La puissance solaire reçue est alors égale à la puissance électrique déduite du courant dissipé dans la deuxième lamelle à l'équilibre. Pointés en permanence vers le Soleil, les pyrhéliomètres peuvent servir à l'étalonnage d'autres appareils de mesure du rayonnement solaire. Cet appareil sert en Météorologie à des mesures ponctuelles de rayonnement solaire direct destinées à l'étalonnage de pyranomètre par la méthode du cache-soleil. Ce type d'appareil a servi pendant 80 ans d'étalon pour la mesure de la constante solaire.(4)

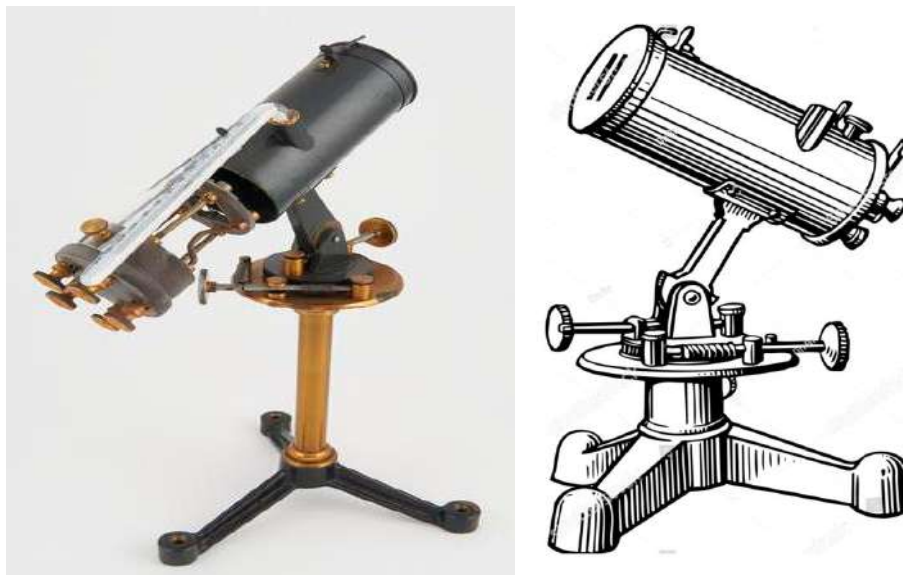


Figure II.6 Pyrhéliomètre pour mesure du rayonnement solaire.

### **II. 6 Domaines d'exploitation de l'énergie solaire :**

Les procédés de transformation de l'énergie solaire sont les suivants :

#### **1. Energie solaire thermique :**

L'énergie solaire thermique consiste à utiliser la chaleur du rayonnement solaire :

- en usage direct de la chaleur : chauffe-eau et chauffages solaires, cuisinières et sécheuses solaires ;

## **CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE**

- en usage indirect, la chaleur servant pour un autre usage : rafraîchissement solaire, dessalement, etc.

De fait, elle est utilisée principalement pour le chauffage de l'eau ou des locaux. On utilise pour cela des capteurs thermiques. Il en existe plusieurs catégories mais le principe est toujours le même : le capteur thermique absorbe les photons solaires et les transforme en chaleur. Celle-ci est ensuite transmise à un liquide ou à un gaz (dit « caloporteur ») qui la transporte vers un réservoir de stockage de chaleur. (URL: 8)

### **2. Energie solaire thermodynamique :**

L'énergie thermique du soleil permet également de produire de l'électricité par voie thermodynamique. Le principe est identique à celui d'une centrale électrique classique : la production de vapeur ou de gaz à haute pression est turbinée pour être ensuite transformée en électricité. Ce processus nécessite des températures importantes (de 250°C à plus de 1 000°C) que l'on atteint en concentrant la lumière solaire avec des miroirs vers un fluide caloporteur.

Parmi les technologies de concentration majeures peuvent être citées :

- les centrales solaires cylindro-paraboliques avec concentration linéaire, équipées d'auges paraboliques ;
- les centrales solaires à miroirs de Fresnel avec concentration linéaire, équipées de lames de miroirs légèrement incurvées ;
- les centrales solaires à tour avec héliostats renvoyant le rayonnement sur le concentrateur ;
- les paraboles solaires Dish-Stirling avec une concentration ponctuelle, équipées d'un moteur Stirling (moteur à air chaud). Elles permettent le stockage d'une partie de l'énergie sous forme de chaleur. Ce stockage permet de diminuer les conséquences de l'intermittence de la ressource solaire en permettant, par exemple, de continuer à produire de l'électricité après le coucher du soleil. (URL: 8)

**3. Energie solaire photovoltaïque (PV) :** Le terme « photovoltaïque » peut désigner le phénomène physique (découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839), ou la

## **CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE**

technique associée. L'intérêt de cette technique est de convertir l'énergie du soleil directement en électricité.

L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire dans une cellule photovoltaïque. Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs, comme le silicium, produits à partir d'une matière première de très grande pureté.

Bien que comptant encore pour une très faible part de la production mondiale d'électricité (environ 2% en 2017 selon l'AIE, le solaire photovoltaïque se voit promettre un grand avenir grâce aux progrès attendus, à la baisse des coûts, à sa simplicité et à sa polyvalence. Pouvant fonctionner avec ou sans raccordement à un réseau, elle peut répondre aux besoins en énergie électrique d'une maison (capteurs sur le toit) ou d'une industrie.

La première application est apparue dans le domaine spatial pour les satellites. D'autres secteurs ont ensuite utilisé la technologie photovoltaïque, notamment les télécommunications, le balisage maritime et aérien, l'éclairage domestique et le pompage de l'eau. Mais comme le soleil n'est pas visible en un point de la Terre 24 heures sur 24, cette application nécessite l'utilisation de batteries ou autres systèmes qui assurent le stockage de l'électricité en vue d'une consommation hors période d'ensoleillement.

### **\*Enjeux par rapport à l'énergie :**

L'énergie solaire est souvent considérée comme l'énergie de l'avenir : elle est renouvelable et potentiellement inépuisable à l'échelle humaine. L'enjeu est de taille dans le contexte de dérèglement climatique et de fortes variations des cours des ressources fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole). Ce fort potentiel couplé à la nécessité de réduire les gaz à effet de serre font de l'énergie solaire un axe de développement privilégié aujourd'hui.

### **\*Accroître la rentabilité et le rendement :**

L'investissement initial dans une centrale solaire est toujours important mais, une fois l'installation amortie, ses frais de fonctionnement sont faibles. De nombreux pays ont mis en place des systèmes d'incitation financière (sous forme de détaxation, de subventions, ou de

## **CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE**

tarifs avantageux pour le rachat de l'énergie produite) afin d'encourager l'innovation et les premières installations.

L'utilisation de ces systèmes de production d'énergie solaire se justifie immédiatement dans les situations où il est très coûteux de transporter des combustibles (fossiles), de procéder à un raccordement au réseau électrique, comme pour des appareils isolés (balises marines, horodateurs) ou dans des zones isolées ou peu peuplées.

### **\*Acteurs majeurs :**

La production mondiale de panneaux photovoltaïques est désormais essentiellement concentrée en Chine, pays qui compte les principaux fabricants en 2019 (Jinko Solar, JA Solar, Trina Solar, etc.). Ces entreprises, du fait de leur taille, peuvent répondre aux appels d'offres des États. Elles réalisent donc des économies d'échelle substantielles et reçoivent souvent des subventions publiques. Des entreprises de plus petite taille prennent en charge l'installation de panneaux photovoltaïques chez les particuliers intéressés.

Pour le solaire purement thermique qui reste un marché essentiellement domestique faiblement technologique, les intervenants sont des sociétés de taille modeste pour la production des constituants et plus encore pour l'installation. (URL :8)

### **II.7 Potentiel solaire en Algérie :**

L'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays. Le tableau 2.2 résume le potentiel solaire en Algérie.

**Tableau (II.1): Potentiel solaire**

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86

## CHAPITRE II : RAYONNEMENT SOLAIRE

Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (Kwh/m2/an)	1700	1900	2650

Une évaluation par satellite, effectuée par l'agence spatiale allemande, a montré que l'Algérie possède le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen.

Il est de 169,440 Tera-Watts.heure/an (TWh/an) pour le solaire thermique et de 713,9 TWh/an pour le photovoltaïque. (2)

### **Conclusion :**

Le rayonnement solaire est l'élément moteur des conditions météorologiques et climatiques, et par voie de conséquence, du cycle hydrologique. L'atmosphère est constituée de : la troposphère, la stratosphère, la stratosphère et la mésosphère

Les appareils de mesure du rayonnement diffèrent selon qu'ils mesurent le rayonnement direct (Phyrhéliomètre) ou le rayonnement global (Héliographe).

Les procédés de transformation de l'énergie solaire sont les suivants : Energie solaire thermique Energie solaire thermodynamique Energie solaire photovoltaïque (PV).

**CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale  
pour le climat de l'Algérie**

- **Données et Méthodologie**
- **Traitement statistique des données**
- **Calcul des paramètres statistiques de l'ensoleillement**
- **Méthodologie de détermination du rayonnement global**

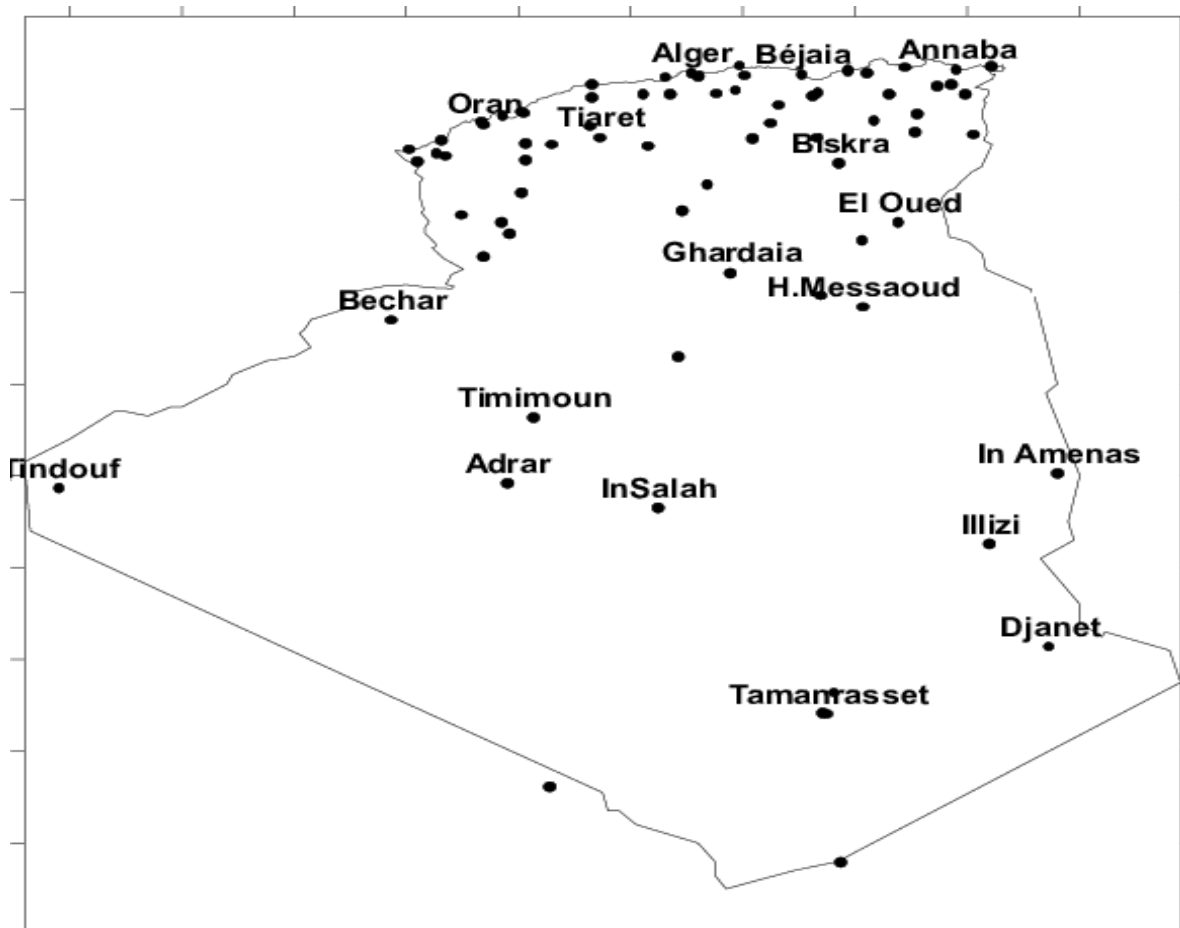
**Conclusion.**

### **III. 1 Données et Méthodologie :**

#### **1. Données :**

La détermination de la radiation globale effectuée dans cette étude est possible grâce aux données d'ensoleillement fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de l'Algérie.

Un réseau de stations météorologiques est opéré par cet organisme national afin d'acquérir une meilleure connaissance de la climatologie dans toutes les régions de l'Algérie. Depuis des dizaines d'années, ce réseau a permis d'accumuler une série de données, dont des données d'ensoleillement direct mesuré par des héliographes de type Campbell-Stokes (figure II.4). Ces dernières proviennent de 59 stations appartenant aux mêmes réseaux (figure III.1); la période disponible va de 1993 à 2003.



**Figure III.1 : Positionnement géographiques des stations météorologiques de l'Algérie (ONM).**

Les données sont directement mesurées par des cartons d'enregistrements (figure III.1), un par jour, placé directement sur les héliographes. Les cartons de mesure sont gradués de façon



### **CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie**

horaire, ils donnent donc la mesure de la durée d'ensoleillement horaire et par conséquent journalière. (9)

Dans le tableau 3.1 sont présentées les noms des stations météorologiques et leurs positions géographiques. **Tableau III.1 : LISTE DES STATIONS METEOROLOGIQUES ET LEURS COORDONNES GEOGRAPHIQUE**

Station	Latitude (deg) (N)	Longitude (deg)	Altitude (m)
Oran	35,38	0,36W	90
Djelfa	34,20	3,23E	1180
Touggourt	33,07	06,08E	85
Tamanrasset	22,48	5,31E	1377
Alger	36,46	3,06E	14
Constantine	36,17	6,37E	694
Mascara	35,36	0,18E	474
Adrar	27,49	0,11W	279
Chlef	36,13	1, 20E	143
Laghouat	33,46	2,56E	762
Oum El- Bouaghi	35,52	7,07E	889
Batna	35,43	6,21E	827
Bejaia	36,45	5,04E	2
Biskra	34,48	5,44E	82
Maghnia	34,49	1,47W	427
El Oued	33,30	6,47E	64
In Amenas	28,03	9,38E	561
Souk Ahras	36,17	7,58E	680
In Salah	27,14	2,30E	268
Mila	36,27	6,15E	486
Djanet	24,16	9,28E	970
Naama	33,16	0,18W	1166
In Guezzam	19,34	5,46E	401
Ghardaia	32,24	3,48E	468
Relizane	35,44	0,33E	98
Bou-Saadâ	35,20	4,12E	459
Ain El Sefra	32,45	0,36W	1058
Bechar	31,38	2,15W	807
Blida	36,28	2,49E	274
Bouira	36,23	3,53E	555
Tebessa	35,25	8,07	820

### **CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie**

Tlemcen	35,01	1,27W	210
Tiaret	35,21	1,28E	977
Tizi-Ouzou	36,42	4,03E	188
Jijel	36,48	5,46E	47
Sétif	36,11	5,15E	1033
Saida	34,52	0,09E	750
Skikda	36,53	6,54E	1
Sidi .B. labbes	35,11	0,38W	483
Annaba	36,50	7,49E	3
Guelma	36,28	7,28E	227
Médéa	36,17	2,44E	1030
Mostaganem	35,53	0,07E	137
M'sila	35,40	4,30E	441
Ouargla	31,55	5,24E	139
El Bayadh	33,40	1,00E	1341
Illizi	26,28	8,28E	597
Bordj B Arreridj	36,04	4,40E	928
Boumerdes	36,46	3,28E	41
Taref	36,46	8,19E	14
Tindouf	27,42	8,10W	443

Les données d'ensoleillement fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) sont de type mensuel, c'est à dire des valeurs mensuelles du mois de janvier jusqu'à décembre et annuelles (total mensuel). Un exemple de données d'ensoleillement pour la station d'Alger est donné dans le tableau 3.2.

**Tableau III.2. Ensoleillement mensuel et total en heures mesuré à la station météorologique d'Alger (latitude – 36°46, longitude – 03°06E, Altitude – 14m);**

Année	mois												Annuel
	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	
1993	217	154	225	248	300	308	331	307	262	187	147	172	2858
1994	167	203	242	294	313	344	374	322	262	209	211	181	3122
1995	178	223	236	280	308	269	381	333	251	199	177	139	2974
1996	145	124	221	200	295	307	320	290	259	251	223	144	2779
1997	129	228	308	234	261	335	300	299	257	221	153	160	2885
1998	188	201	244	248	244	314	364	301	241	233	159	173	2910
2000	226	251	256	262	260	334	330	327	252	215	188	170	3071

### CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie

2001	164	205	251	276	263	363	343	300	261	237	170	161	2994
2002	205	203	263	242	302	290	304	273	258	239	145	152	2876
2003	131	130	221	227	265	328	279	296	238	184	136	134	2569
Moyenne	175	192	247	251	281	319	333	305	254	218	171	159	2904

Les valeurs d'ensoleillement mensuel et total des autres stations météorologiques sont archivées et présentées de la même façon que celles de la station d'Alger.

#### **III. 2 Traitement statistique des données :**

Les durées des données de l'ensoleillement à notre possession ne sont pas longues (9 années de mesure), il est nécessaire d'analyser la fiabilité de leur utilisation pour la détermination de la radiation globale en fonction des heures d'ensoleillement.

#### **III. 3 Calcul des paramètres statistiques de l'ensoleillement :**

Les paramètres statistiques d'un échantillon ou d'une population les plus fréquemment utilisés dans l'analyse des grandeurs hydro-météorologiques sont :

##### **1- Moyenne arithmétique :**

La moyenne arithmétique est la valeur la plus utilisée pour caractériser l'ordre de grandeur du phénomène étudié (débit, pluie température, ensoleillement.... etc.).

La moyenne arithmétique est définie par le rapport entre la somme de ces valeurs et leur nombre.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3 - 1)$$

$\bar{x}$  – Moyenne arithmétique,  $x_i$  – valeur de la grandeur hydro-météorologiques de la durée( $i$ ),  
 $n$  – nombre d'années d'observation

##### **2- Ecart type :**

L'écart type est calculé par la relation suivante :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})}{n}} \quad (3 - 2)$$

### CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie

#### 3- Coefficient de variation :

Le coefficient de variation est sans dimension, il est indépendant des unités de mesure et permet facilement la comparaison de dispersion entre les séries de mêmes ou de différentes unités. Il est calculé par la formule suivante :

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \quad (3 - 3)$$

En statistique, l'erreur de calcul des moyennes  $\bar{x}$  et des coefficients de variation  $C_v$  des grandeurs hydrologiques est calculée par les relations suivantes :

#### 4. Erreur sur la moyenne arithmétique : $\Delta_{\bar{x}}$ :

$$\delta_{\bar{x}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (3 - 4)$$

#### 5. Erreur sur le coefficient de variation : $\Delta_{C_v}$ :

$$\delta_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + (C_v)^2}{2n}} \cdot 100\% \quad (3 - 5)$$

$n$  – Nombre d'année d'observation (de mesure) ;  $C_v$  – coefficient de variation

Dans la pratique d'études des grandeurs hydro-météorologiques (pluies, débits ; température, ensoleillement etc.) le nombre d'observation des séries est toujours réduit et ne dépasse pas 100 ans, ce qui influe sensiblement sur la précision des valeurs hydrologiques calculées. En absence de telles longueurs d'observation, on est obligé de réduire la précision de calcul des paramètres hydrologique [Vladimirov A.M., Drouginin B.S SbornikZadac i oupragnini po gidrologitcheskimraschet. Ed.hydr météo. 208 p. Saint Peterbourg. Russie – en russe]:

Les erreurs de calcul des moyennes  $\bar{R}$  et des coefficients de variation  $C_v$  de l'ensoleillement de quelques stations météorologiques prises au hasard sont données dans le tableau III-2.

Dans l'ensemble, les erreurs de calcul des moyennes  $\bar{R}$  de toutes les données des stations météorologiques ne dépassent pas 5 – 10%. Concernant les erreurs de calcul des coefficients de variation  $C_v$  de l'ensoleillement n'accèdent pas 25%.

**CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie**

**Tableau III.3. Paramètres statistiques et erreurs de calcul des moyennes et des coefficients de variation de l'ensoleillement de quelques stations météorologiques de l'Algérie.**

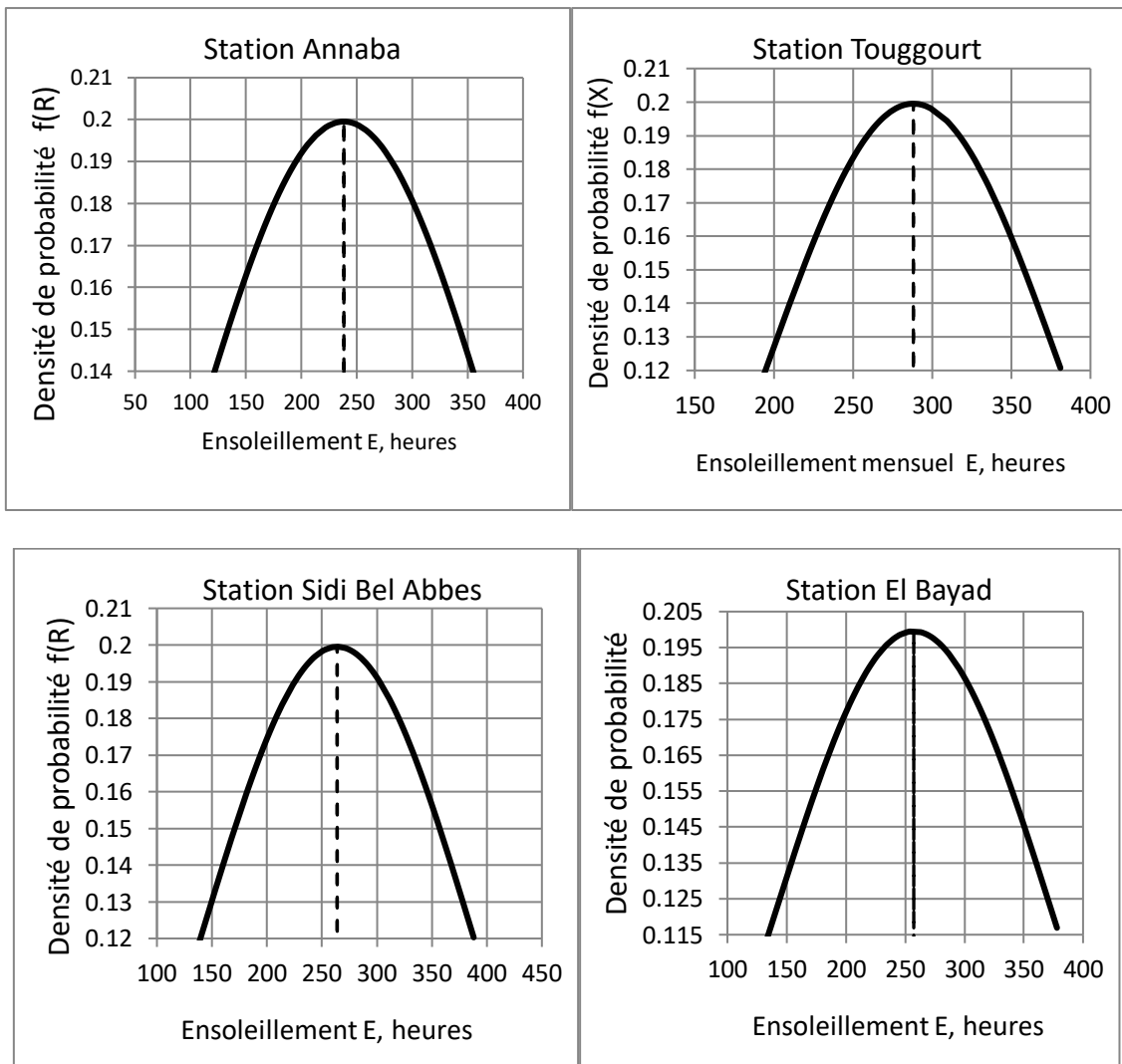
Station Météorologique	Coordonnées géographiques			Nombre d'observ- ation <i>n</i>	Moyenne (heures)	Ecart- type $\sigma$ (heures)	Coefficient de Variation $C_v$	Erreur sur	
	X (Latitude)	Y (Longitude)	Z (Altitude)					la moyenne $\delta_{\bar{x}}\%$	le coefficient de variation $\delta_{C_v}\%$
Annaba	36,50	7,49E	3	9	238	69	0,29	10	25
Tougourt	33,07	06,08	85	9	288	46	0,16	5	24
Sidi Bel Abbes	35,11	0,38W	483	9	261	63	0,24	8	24
El Bayadh	33,40	1,00E	1341	9	257	58	0,23	8	24

### CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie

La fiabilité de calcul de la radiation en fonction de l'ensoleillement en présence de courtes périodes d'observation, peut être également justifiée par la normalité de ce variable. Le calcul de la densité de probabilité de l'ensoleillement par la formule  $f(E) =$

$$\frac{1}{\sigma_E \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-(E_i - \bar{E})^2}{(2 \cdot \sigma_E)^2} \right] \quad (3 - 6)$$

de ces stations qui sont choisies arbitrairement montre clairement cette normalité (figure III.2) qui se justifie par la distribution symétrique des données (ensoleillement). La moyenne de ce paramètre dans ce cas reste presque stable même si on prolonge la durée d'observation



**Figure III. 2 : Densité de probabilité  $f(R)$  de l'ensoleillement de quelques stations météorologiques de l'Algérie.**

La densité de probabilité de l'ensoleillement est calculée par la relation suivante :

### **CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie**

$$f(E) = \frac{1}{\sigma_E \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-(E_i - \bar{E})^2}{(2 \cdot \sigma_E)^2} \right] \quad (3 - 6)$$

$f(E)$  – densité de probabilité,  $\sigma_E$  – écart type,  $E_i$  – ensoleillement mensuel ;  $\bar{E}$  – moyenne des ensoleillements mensuels. (10)

#### **III. 4 Méthodologie de détermination du rayonnement global :**

La détermination de la radiation solaire globale ( $R_s$ ) en Algérie s'appuie sur les données de l'ensoleillement à notre possession

##### **III.4.1 Radiation solaire globale ( $R_s$ ) :**

Quand  $R_s [MJm^{-2}j^{-1}]$  n'est pas observée, elle peut se calculer par la formule d'Angstrom :

$$R_s = \left( a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (3 - 7)$$

Avec :

$R_s$  – Radiation solaire global  $MJm^{-2}j^{-1}$  ;

$n$  – Nombre réel d'heures de soleil par jour  $[h]$  ;

$N$  – Nombre théorique d'heures de soleil par jour  $[h]$ , donné par l'équation (5) ;

$n/N$  – Insolation relative  $[-]$  ;

$R_a$  – Radiation extraterrestre  $[MJm^{-2}j^{-1}]$  ;

$a_s$  – Fraction de la radiation extraterrestre qui atteint la Terre par ciel couvert ( $n = 0$ ) ;

$a_s + b_s$  – Fraction de radiation extraterrestre qui attend la Terre par ciel clair ( $n = N$ )

En absence de valeurs calibrées, on recommande les valeurs  $a_s = 0,25$  et  $b_s = 0,50$ .

##### **III.4.2 Radiation extraterrestre ( $R_a$ ) :**

Si la radiation solaire n'est pas observée mais la durée d'insolation journalière, il faut calculer la radiation nette à partir de la radiation extraterrestre et de l'insolation relative ( $R_a - MJm^{-2}j^{-1}$ ) de calculer par :

### **CHAPITRE III : Détermination du rayonnement globale pour le climat de l'Algérie**

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (3 - 8)$$

Avec :

- $G_{sc}$  – constante solaire,  $G_{sc} = 0.0820 \text{ MJm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  ;
- $d_r$  – inverse du carré de la distance relative Terre-Soleil :

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} j\right) \quad (3 - 9)$$

- $\omega_s$  – angle solaire au coucher du soleil [rad]:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (3 - 10)$$

- $\varphi$  – latitude du lieu [rad] ;
- $\delta$  – déclinaison solaire [rad] :

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} j - 1,39\right) \quad (3 - 11)$$

Avec :

$j$  – Numéro du jour dans l'année (1 pour le 1<sup>er</sup> janvier et 365 ou 366 pour le 31 décembre).  $j$  Peut être calculé comme proposé par Allen et all. 1998).

Pour des calculs mensuels on calcule  $R_a$  pour le jour 15 du mois).

#### **III.4.3. Nombre d'heures de soleil par jour ( $N$ ) :**

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (3 - 12)$$

$\omega_s$  : Est calculée par l'équation (3).

#### **Conclusion :**

La collecte des données fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de l'Algérie a permis de déterminer la radiation globale par la formule d'Angstrom. Et Si la radiation solaire n'est pas observée mais la durée d'insolation journalière, on calcule la radiation nette à partir de la radiation extraterrestre et de l'insolation relative. Comme la série des données de l'ensoleillement est courte (9 années seulement), on a analysé la fiabilité de leur utilisation pour la détermination de la radiation globale en fonction des heures d'ensoleillement. La fiabilité de calcul de la radiation en fonction de l'ensoleillement en présence de courtes périodes d'observation, a aussi été justifiée par la normalité de cette variable.



**CHAPITRE IV. : RESULTATS ET DISCCUTIONS**

- **Radiation solaire globale**
- **Distribution spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie**
- **Etablissement de la distribution de la radiation globale (%) dans les régions géographiques de l'Algérie**
- **Cartographie de la radiation solaire globale**
- **Méthodologie**
- **Exemple d'exploitation de la carte de radiation de globale**
- **SOLUTION**

**CONCLION.**

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

### IV. 1 Radiation solaire globale :

Les données de l'ensoleillement observées nous ont servi à calculer la radiation solaire globale pour tout le territoire d'Algérie. Un exemple de calcul de cette radiation pour la station d'Alger est donné dans le tableau IV-1.

Ainsi, nous avons calculé la radiation globale  $R_s$  de toutes les stations météorologiques qui sont de nombre de 58 stations réparties uniformément sur tout le territoire de l'Algérie.

### IV. 2 Distribution Spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie :

#### IV.2.1 Distribution temporaire :

L'analyse minutieuse de la distribution mensuelle de la radiation montre que cette caractéristique climatique n'est pas la même dans les saisons dans toutes les régions géographiques de l'Algérie (figures IV-1 ; IV-2 ; IV-3). Elle faible en hiver et en automne et relativement forte en printemps et en été.

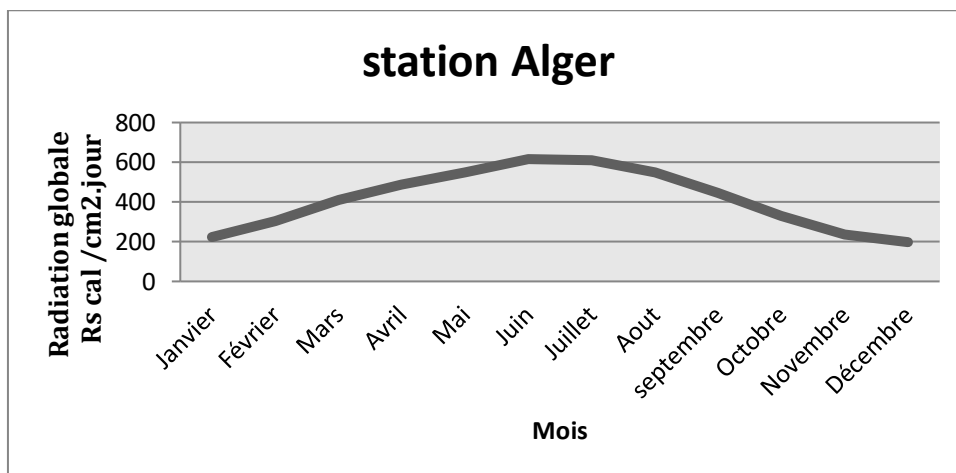
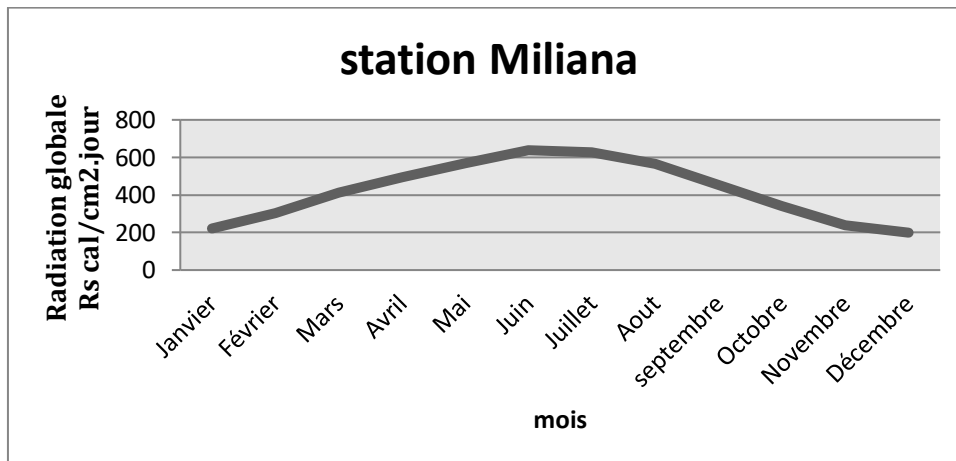


Figure IV-1 Distributions mensuelles de la radiation globale à la ST, Alger



## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

Figure IV-2 Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. Miliana

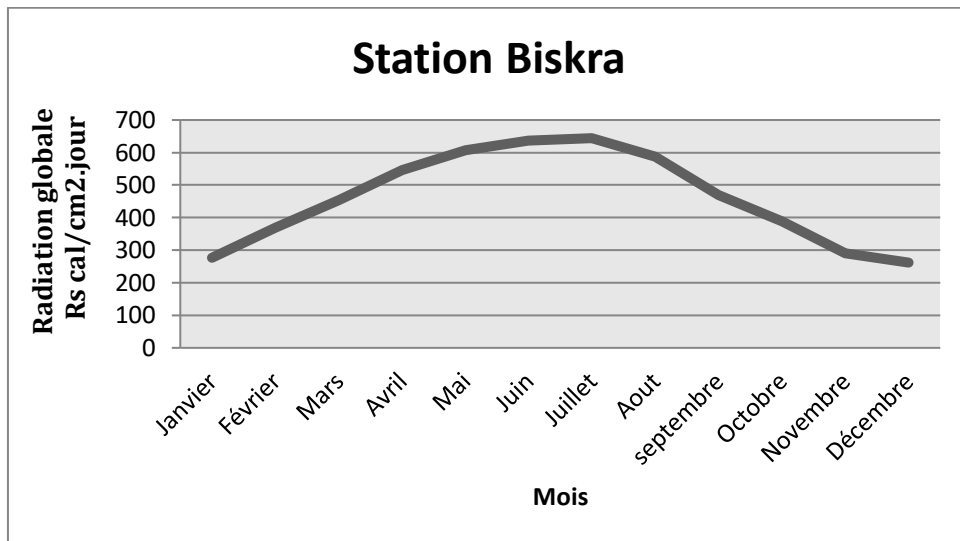


Figure IV-3 Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. Biskra

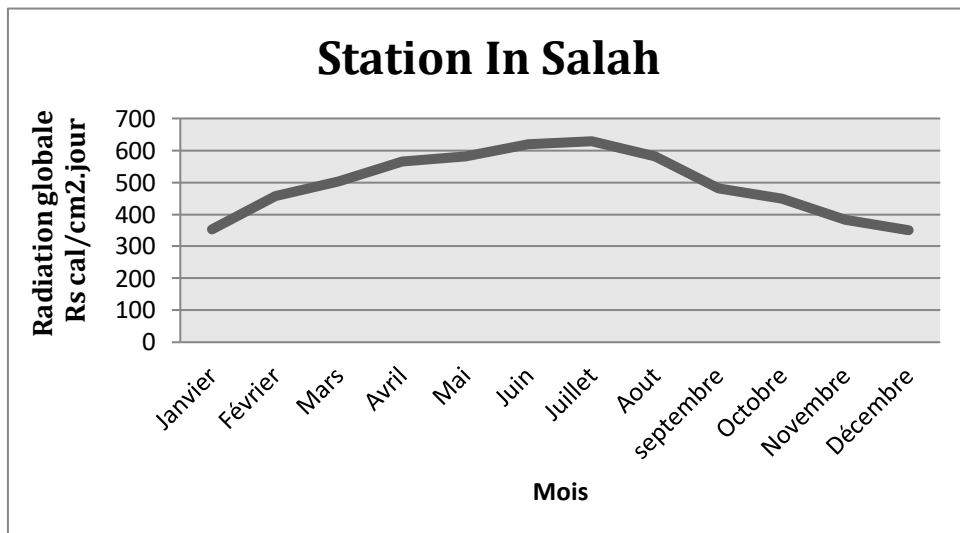


Figure IV-4 Distributions mensuelles de la radiation globale à la St. In Salah

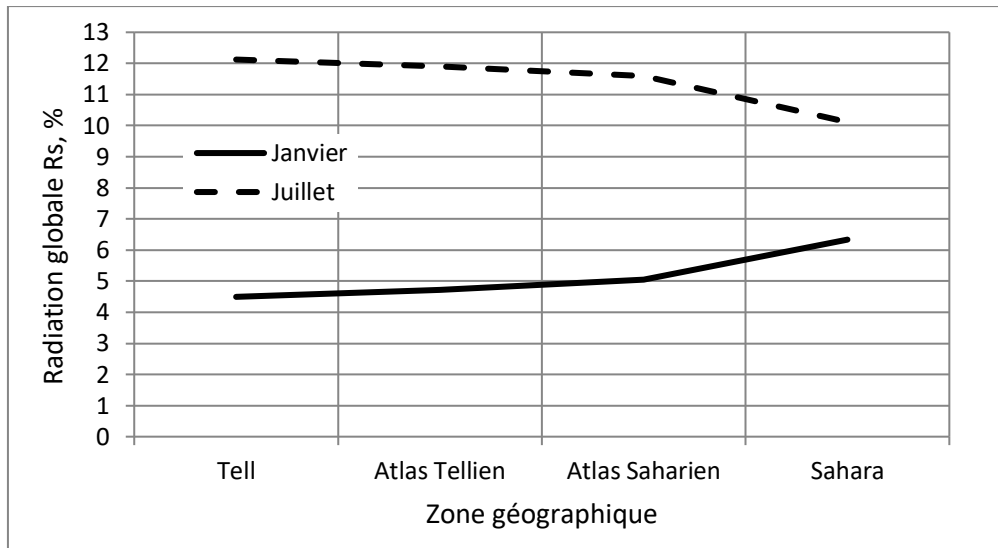
### *IV.2.2 Distribution spatiale :*

La distribution de la radiation globale en fonction des régions géographiques (de Tel au Sahara) n'est pas le même. Deux lois peuvent d'écrire cette distribution :

- Le pourcentage de la radiation diminue du nord (Tell) au sud (Sahara) pendant les saisons de printemps et d'été (figure IV-4- mois de juillet) ;

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

- En hiver et en automne le pourcentage de la radiation globale augmente du nord (Tel) au sud (Sahara).Figure IV-4- (mois de janvier).



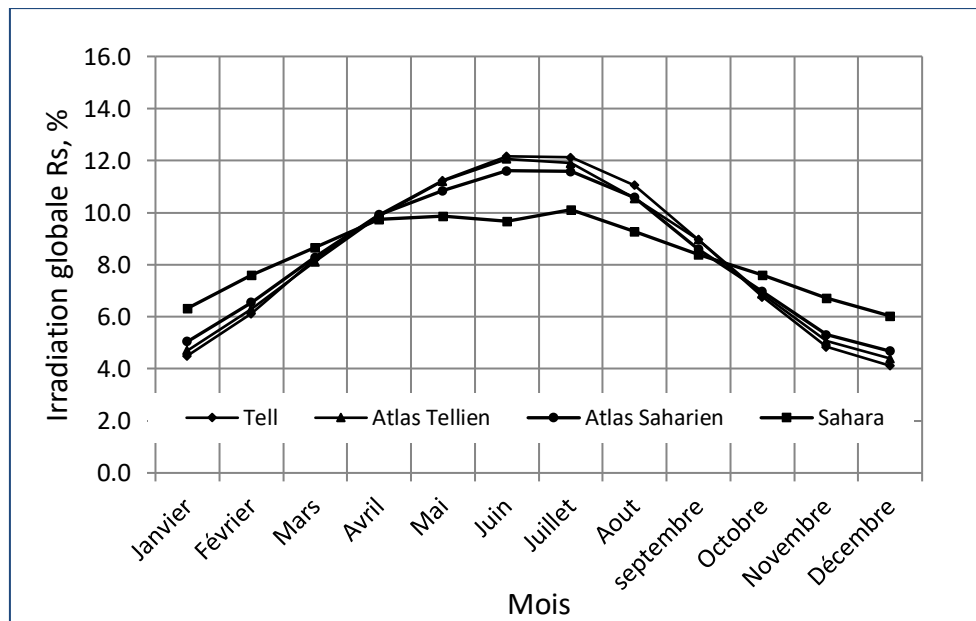
**Figure IV-5. Répartition géographique en pourcentage de la radiation globale dans les différentes zones géographique de l'Algérie**

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

**Tableau IV-1. Calcul de la radiation solaire globale  $R_s$  ( $cal/cm^2 \cdot jour$ ) pour la station météorologique d'Alger.**

Mois	Nombre de jours dans le mois	J	$\delta$	$d_r$	$\omega_s$	$R_a$ ( $Mj/m^2 \cdot j$ )	n	N	$R_s$ ( $Mj/m^2 \cdot j$ )	$R_s$ ( $cal/cm^2 \cdot jour$ )
Janvier	31	17	-0,3640	1,0316	1,33501	20,4	261	10,2	14	324
Février	29	47	-0,2246	1,0228	1,43027	25,2	257	10,9	17	396
Mars	31	75	-0,0407	1,0091	1,54585	31,1	289	11,8	20	479
Avril	30	105	0,1655	0,9923	1,67338	36,6	283	12,8	23	542
Mai	31	135	0,3285	0,9775	1,78135	40,0	288	13,6	24	566
Juin	30	162	0,4029	0,9690	1,83515	41,3	298	14,0	25	597
Juillet	31	198	0,3690	0,9682	1,81018	40,5	288	13,8	24	568
Aout	31	228	0,2339	0,9766	1,71739	37,8	289	13,1	23	547
Septembre	30	258	0,0378	0,9911	1,59399	32,9	277	12,2	21	495
Octobre	31	288	-0,1681	1,0079	1,46656	26,8	280	11,2	18	419
Novembre	30	318	-0,3302	1,0227	1,35906	21,5	207	10,4	12	299
Décembre	31	344	-0,4021	1,0308	1,30700	19,0	250	10,0	12	297
Moyenne						373				461

Dans l'ensemble, la répartition spatio-temporaire est bien illustrée dans la figure IV-5 si on présente cette caractéristique pour chaque zone géographique sous forme de pourcentage par rapport à la radiation annuelle.



**Figure IV-6 Répartition spatio-temporaire (en %) de la radiation globale ( $Cal/cm^2 \cdot jour$ ) en Algérie.**

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

### IV. 3 Etablissement de la distribution de la radiation globale (%) dans les régions géographiques de l'Algérie :

Le calcul du pourcentage de la radiation globale a été établi par la relation suivante :

$$E_{if} = \left( \frac{E_i}{E_{g.an}} \right) 100\% \quad (5 - 1)$$

$E_{if}$  –fraction (pourcentage) de la radiation du mois ( $i$ ) par rapport à la radiation globale annuelle, en % ;

$E_i$  – radiation globale du mois ( $i$ ), en  $cal/cm^2 \cdot jour$  ;

$E_{g.an}$  – radiation globale annuelle, en  $cal/cm^2 \cdot jour$ .

La délimitation des zones géographiques homogènes, a permis de tracer les histogrammes présentant parfaitement la distribution mensuelle de cette importante caractéristique météorologique (figures IV-6 ; IV-7 ; IV-8 et IV-9)

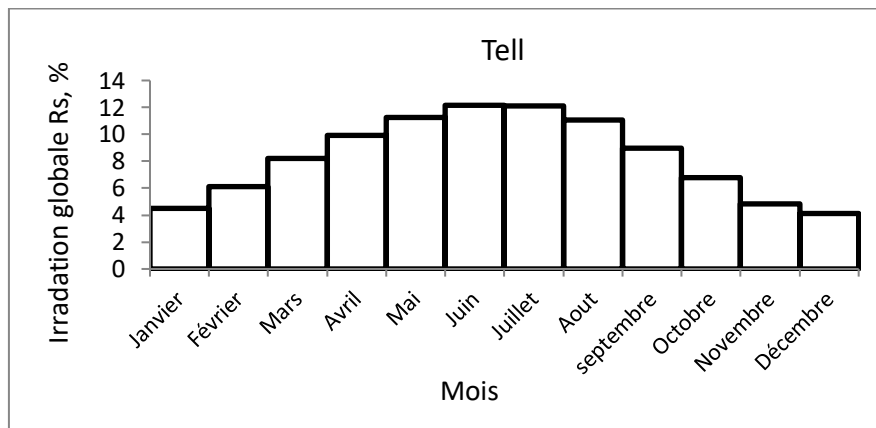


Figure IV-7. Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de Tell.

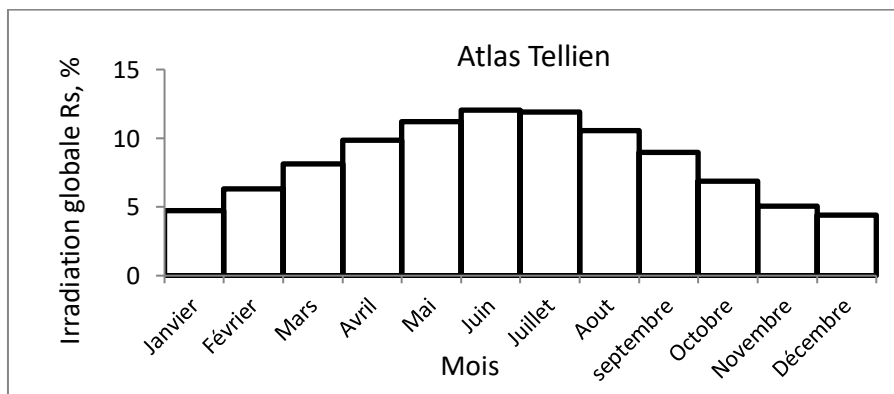
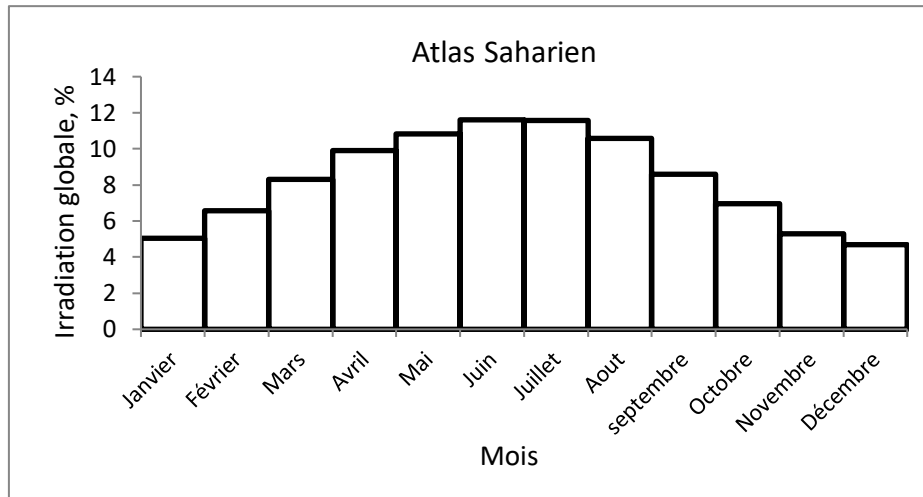
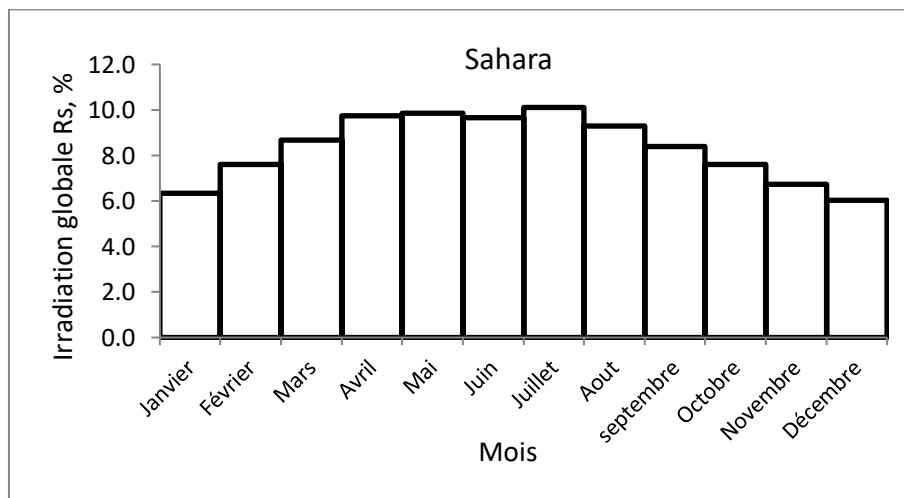


Figure IV-8. Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de l'Atlas Tellien.

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS



**Figure IV-9. Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de l'Atlas Saharien.**



**Figure IV-10. Répartition en pourcentage de la radiation globale dans la région de Saharien.**

Pour vérifier la représentativité de la répartition de la radiation globale pour chaque zone géographique, nous avons utilisé le tableau IV-2 pour calculer cette radiation à partir des valeurs mensuelle (en pourcentage) de  $R_s$  calculés plus.

**Tableau IV-2. Répartition en % de la radiation globale dans les différentes zones Géographiques de l'Algérie.**

Zone géographique	Mois												Année
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	
Tell	4,5	6,1	8,2	9,9	11,2	12,2	12,1	11,0	9,0	6,8	4,8	4,1	100%
Atlas Tellien	4,7	6,3	8,1	9,9	11,2	12,1	11,9	10,5	9,0	6,9	5,1	4,4	100%
Atlas Saharien	5,1	6,6	8,3	9,9	10,8	11,6	11,6	10,6	8,6	7,0	5,3	4,7	100%
Sahara	6,3	7,6	8,7	9,7	9,9	9,7	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	6,0	100%

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

Le choix des stations des zones géographique pour les calculs de la radiation en pourcentage a été effectué par voie arbitraire.

La comparaison entre les valeurs calculées et observées des valeurs de la radiation globale en pourcentage est présentée par les figures IV-9, IV-10, IV-11 et IV-12.

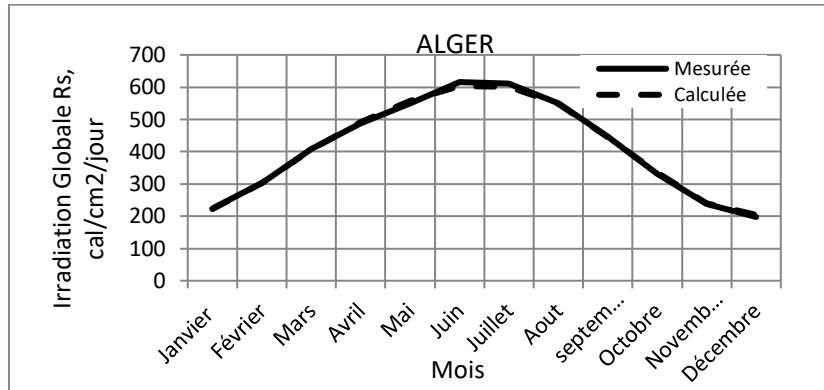


Figure IV-11. Comparaison entre les valeurs de la radiation globale  $R_s$  en ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) calculées et observées de la zone de Tell.

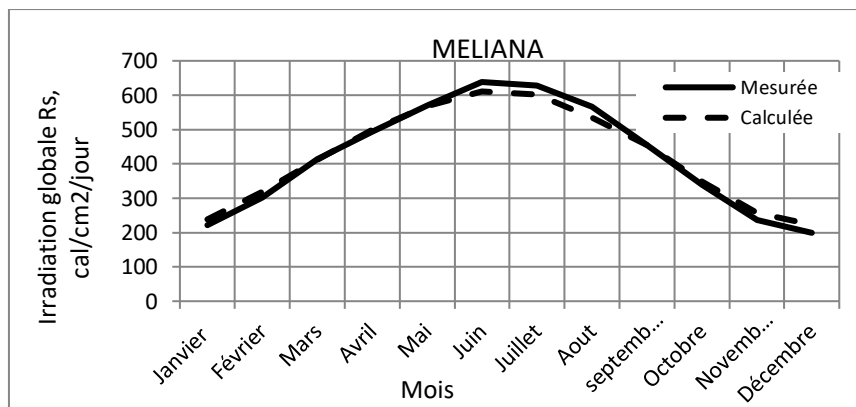


Figure IV-12. Comparaison entre les valeurs de la radiation globale  $R_s$  en ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) calculées et observées de la zone de l'Atlas tellien.

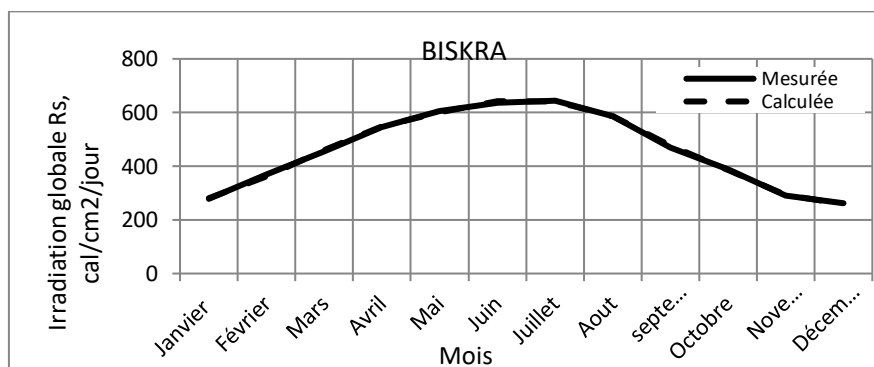
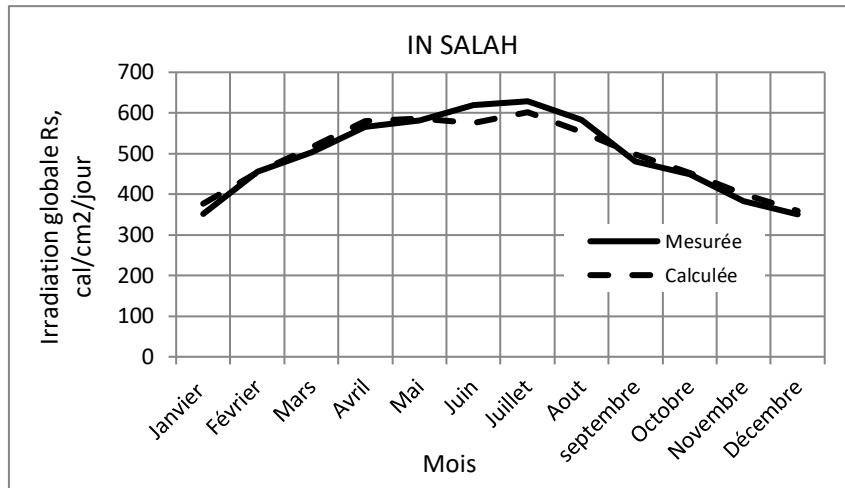


Figure IV-13. Comparaison entre les valeurs de la radiation globale  $R_s$  en ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) calculées et observées de la zone de l'Atlas Saharien.

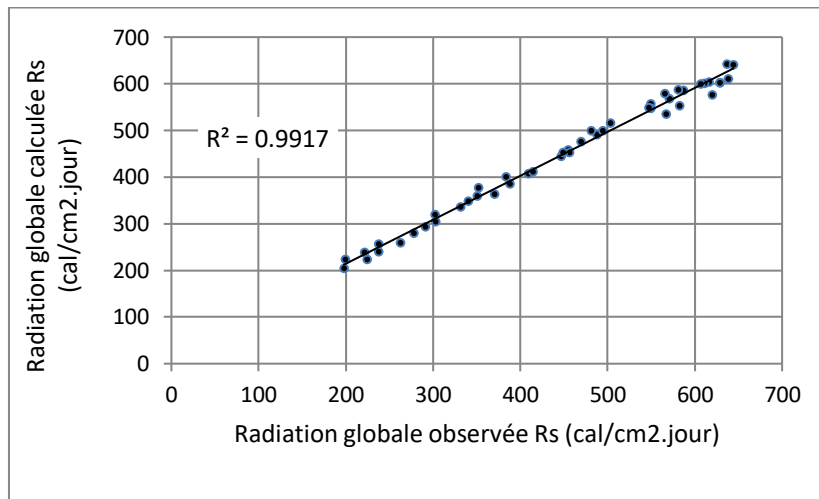


## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS



**Figure IV-14. Comparaison entre les valeurs de la radiation globale  $R_s$  en ( $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) calculées et observées de la zone du Sahara.**

Le coefficient de corrélation entre les valeurs calculées (selon la réparation du tableau IV-2) et observées (figure IV-13) est très élevé (de l'ordre de  $R = 0.99$ ).

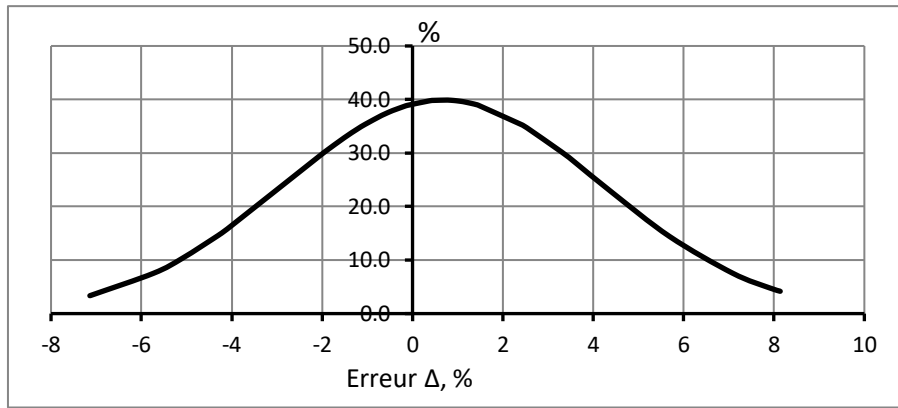


**Figure IV-15. Comparaison entre les valeurs de la radiation globale  $R_s$  en ( $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) calculées et observées des quatre régions géographiques.**

La courbe de distribution des écarts entre les valeurs calculées et ajustées est presque symétrique, c'est-à-dire, elle obéit à la loi normale (figure IV-14). Comme le montre la figure 4-14, l'erreur de calcul de la radiation globale ne dépasse pas  $\Delta = \pm 10\%$ .

La légère tendance vers la droite de la courbe de distribution peut se justifier par les erreurs aléatoires qui peuvent exister durant la mesure de l'ensoleillement dans les stations météorologiques.

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS



**Figure IV-16. Courbe de distribution des erreurs de calcul des radiations globales ( $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{jour}$ ).**

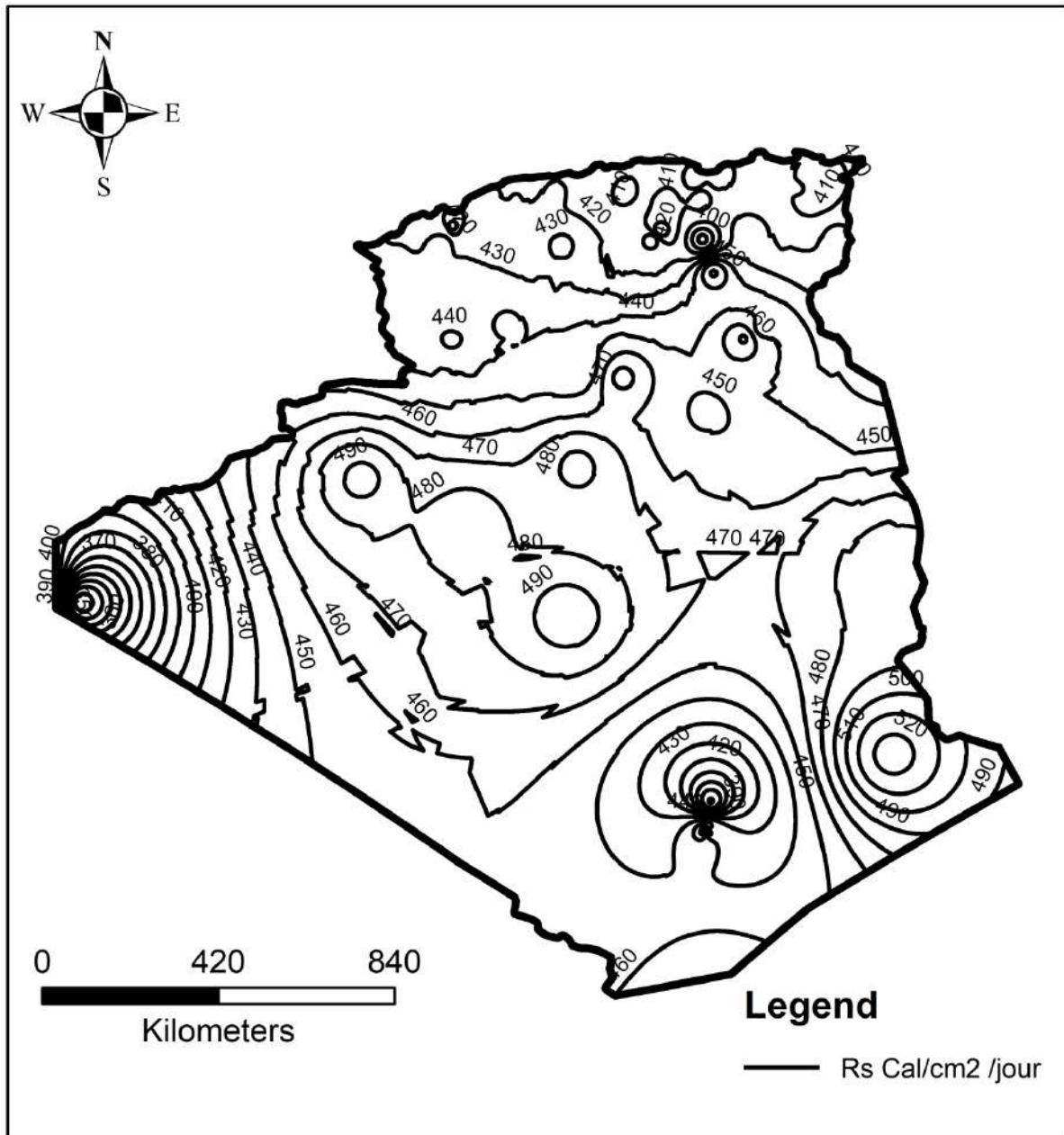
### **IV. 4 Cartographie de la radiation solaire globale :**

Les radiations globales moyennes annuelles de 59 stations météorologiques et leurs coordonnées géographiques (l'altitude, latitude et l'altitude) nous ont permis de constitué un réseau dense et homogène destiné à la cartographie de cette caractéristique météorologique.

### **IV. 5 Méthodologie :**

Afin de réaliser la carte de radiation globale ( $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{jour}$ ) de l'Algérie qui sera utile aux aménageurs et aux décideurs en énergie pour estimer les valeurs de cette importante caractéristique météorologiques dans les zones ou les données sont manquantes, plusieurs données à la fois alphanumériques et cartographiques doivent être intégrées. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé le modèle d'interpolation IDW.

L'esquisse cartographique ou la carte de la radiation globale de l'Algérie établi est présentée dans la figure IV-15.



**Figure IV-17. Carte de la radiation globale  $R_s$  ( $cal/cm^2 \cdot jour$ ) de l'Algérie.**

**IV. 6 Exemple d'exploitation de la carte de radiation de globale :**

Supposant qu'il existe un projet d'utilisation de l'énergie solaire dans une zone située entre les villes de In Guezzam et de Tamanrasset (figure IV-16). Il est demandé de déterminer la distribution mensuelle de la radiation globale  $R_s$  ( $cal/cm^2 \cdot jour$ ) en utilisant les résultats obtenus plus haut (le tableau IV-2 – Répartition en % de la radiation globale dans les différentes zones géographiques de l'Algérie et la figure IV-15 – Carte de la radiation globale  $R_s$  ( $cal/cm^2 \cdot jour$ ) de l'Algérie

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

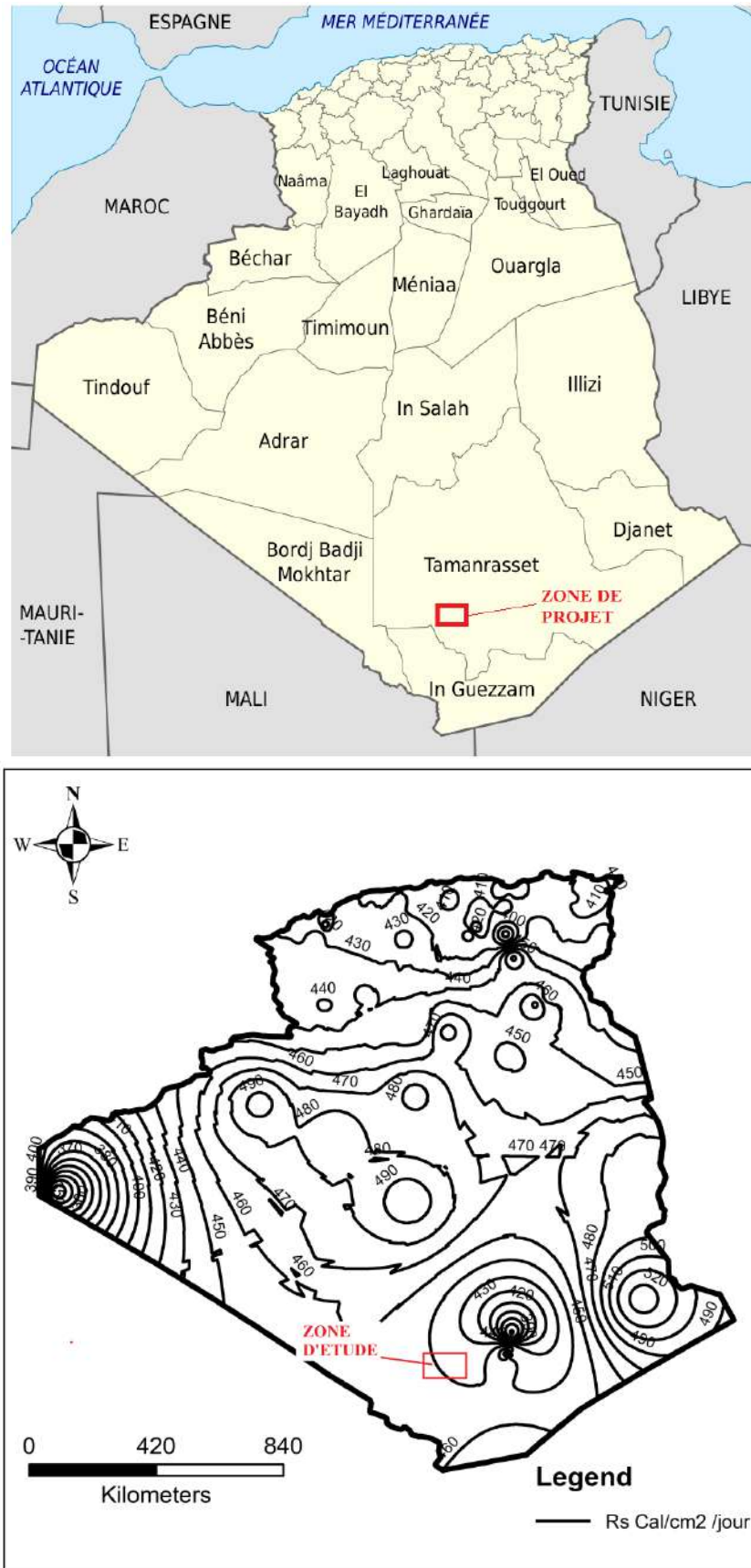


Figure IV-18. Indication de la zone de projet (détermination de la radiation globale)

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS

### IV.7 Solution :

La zone d'étude est située entre les villes de In Guezzam et Tamanrasset. Selon le tableau IV-2, cette zone appartient à la zone saharienne avec la distribution de la radiation en pourcentage suivante

*Tableau IV-2. Répartition en % de la radiation globale dans la zone saharienne (voir plus haut)*

Zone géographique	Mois												Année
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	
Sahara	6,3	7,6	8,7	9,7	9,9	9,7	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	6,0	100%

Selon la carte IV-15 l'isohyète de la radiation moyenne annuelle qui passe au milieu de la zone de projet vaut :  $R_s = 450 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$  (voir également la figure IV-16)

La distribution mensuelle de la radiation globale  $R_s$  calculée est donc la suivante :

Zone géographique	Mois												Année
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	
Sahara	<b>340</b>	410	470	524	535	524	545	502	454	410	362	324	450

$$R_s(\text{janvier}) = 450 \cdot 12 \cdot \left(\frac{6,3}{100}\right) = 340 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$$

La valeur 12 désigne le nombre de mois dans l'année ; la valeur 6,3 constitue la tranche en pourcentage de la radiation en mois de janvier par rapport à la radiation annuelle qui vaut 450 .

### Conclusion:

La détermination de la radiation globale a été établie grâce aux données d'ensoleillement fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de l'Algérie.

L'analyse de la distribution spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie montre que cette caractéristique climatique n'est pas la même dans les saisons dans toutes les régions géographiques de l'Algérie. Elle faible en hiver et en automne et relativement forte en printemps et en été. Concernant la distribution spatiale, cette dernière est fonction des régions géographiques (de Tel au Sahara) n'est pas le même. Deux lois peuvent d'écrire cette distribution :

## **CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCCUTIONS**

- Le pourcentage de la radiation diminue du nord (Tel) au sud (Sahara) pendant les saisons de printemps et d'été;
- En hiver et en automne le pourcentage de la radiation globale augmente du nord (Tel) au sud (Sahara).

La délimitation des zones géographiques homogènes, a permis de tracer les histogrammes présentant parfaitement la distribution mensuelle (en pourcentage) de cette importante caractéristique météorologique

**CONCLUSION GENERALE**

***CONCLUSION GENERALE***

## CONCLUSION GENERALE

L'Algérie (ou El Djazaïr) est située au nord du continent africain en bordure de la mer méditerranée et fait partie de l'Union du Maghreb Arabe (UMA). Sa superficie est de 2 381 741 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par la Tunisie au Nord-Est, la Libye à l'Est, le Niger et le Mali au Sud, la Mauritanie et la République Arabe Saharaouie Démocratique (RASD) au Sud-Ouest et le Maroc à l'Ouest.

L'Algérie reçoit annuellement une énergie de l'ordre de 2500 KWh/m<sup>2</sup>/an. La durée d'insolation sur le territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie acquise quotidiennement sur une surface horizontale de 1m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700KWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays.

La mesure du rayonnement global est une mesure élémentaire des stations météo de référence. En effet, cette donnée est une variable d'entrée des formules de calculs d'estimation de l'évapotranspiration potentiel d'un couvert végétal, ce qui aide au pilotage d'irrigations, ainsi que des modèles de croissance éco-physiologiques, afin de modéliser le développement foliaire des peuplements végétaux et leur accroissement de biomasse.

L'objectif principal de l'étude est de dresser un portrait général de la radiation globale en Algérie avec les dernières données d'ensoleillement mises à notre disposition par l'Office National de la Météorologie (ONM). Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

- Déterminer la radiation globale dans toutes les régions physico-géographique et climatique de l'Algérie au moyen de la banque de données fournie par l'ONM;
- Analyser la distribution spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie et établir les zones homogènes de la distribution mensuelle de cet élément météorologique ;
- Cartographier la radiation globale en Algérie,
- Calculer la radiation globale en absence de données de mesure.

La détermination de la radiation globale a été établie grâce aux données d'ensoleillement fournies par l'Office National de la Météorologie (ONM) de l'Algérie.

L'analyse de la distribution spatio-temporaire de la radiation globale en Algérie montre que cette caractéristique climatique n'est pas la même dans les saisons dans toutes les régions géographiques de l'Algérie. Elle faible en hiver et en automne et relativement forte en printemps et en été. Concernant la distribution spatiale, cette dernière est fonction des régions



## CONCLUSION GENERALE

géographiques (de Tel au Sahara) n'est pas le même. Deux lois peuvent d'écrire cette distribution :

- Le pourcentage de la radiation diminue du nord (Tel) au sud (Sahara) pendant les saisons de printemps et d'été;
- En hiver et en automne le pourcentage de la radiation globale augmente du nord (Tel) au sud (Sahara).

La délimitation des zones géographiques homogènes, a permis de tracer les histogrammes présentant parfaitement la distribution mensuelle (en pourcentage) de cette importante caractéristique météorologique

Pour vérifier la représentativité de la répartition de la radiation globale pour chaque zone géographique, nous avons utilisé le tableau de répartition pour calculer la radiation à partir des valeurs mensuelle (en pourcentage).

La comparaison entre les valeurs de la radiation mesurées et calculées donne un coefficient de corrélation très élevé (de l'ordre de  $R = 0,99$ ).

La courbe de distribution des écarts entre les valeurs calculées et mesurées est presque symétrique, c'est-à-dire, elle obéit à la loi normale. L'erreur de calcul de la radiation globale ne dépasse pas  $\Delta = \pm 10\%$ .

Les radiations globales moyennes annuelles de 59 stations météorologiques et leurs coordonnées géographiques (l'altitude, latitude et l'altitude) nous ont permis de constitué un réseau dense et homogène destiné à la cartographie de cette caractéristique météorologique.

Afin de réaliser la carte de radiation globale ( $cal/cm^2 \cdot jour$ ) de l'Algérie qui sera utile aux aménageurs et aux décideurs en énergie pour estimer les valeurs de cette importante caractéristique météorologiques dans les zones où les données sont manquantes (en absence de données), nous avons utilisé le modèle d'interpolation IDW (Arc gis).

La carte de la radiation réalisée et le tableau de répartition en pourcentage nous permettent de calculer cette importante caractéristique à n'importe quel endroit de l'Algérie en absence de données de mesure. Un exemple de calcul de la radiation globale en absence de données est effectué pour la zone saharienne.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) OULHACI Dalila. ruissellement inter-annuel en algerie septentrionle (relation entre, ruissellement pluie et evaporation) thèse de doctorat sciences.université ouargla (2016)
- (2) M. Salmi, «Contribution à La Quantification De L'irradiation Solaire Globale En Algérie Et Applications Aux Générateurs Photovoltaïques», Thèse de doctorat en Sciences, Université Ferhat Abbas de Sétif (2012).
- (3) M. Belhadj Mohammed « Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque autonome» Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Bechar (2008).
- (4) M. El-Metwally, Journal of Atmosphérique and Solar-Terrestrial Physics. 67, 1331 (2005).
- (5) ANCIL F, ROUSSELLE J., LAUZON N.(2007). Hydrologie. Cheminement de l'eau. Ed. Presses internationales polytechnique. 311 p. Canada.
- (6) BERNARD G. (1982). Méthodes statistiques. Module économique. Dunod 381 p. Paris.
- (7) ARLERY A., GRISOLET H., GUILMET B. (1973). Climatologie. Méthodes et pratiques. Ed. Gauthier-Villars. 431p. Paris – Bruxelles – Montréal.
- (8) El JABI N. ROUSSELLE J. (1990). Hydrologie fondamentale. 2<sup>e</sup> Edition revue et corrigée. Département de Génie civil. Presse Internationale Polytechnique. Montréal.
- (9) ministère des transports, ONM, (Résumé du temps en Algérie 1993-2003)
- (10) Guide des Pratiques hydrologiques. Acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Organisation météorologique Mondiale (OMM-N°168) 789 pages. 1993.
- (11) MEYLAN P., FAVRE A., MUSY A. (2008). Hydrologie Fréquentielle. Une Science Prédictive. Ed. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes. 173 p. Lausanne.

### **Sites Internet :**

- (1) <http://www.yallanzaker.org/solar-energy-importance/>
- (2) <http://www.precis-mecanique.com/specialites/rayonnement-solaire-energie-duree/principe-de-la-mesure-du-rayonnement-solaire-incident.html>
- (3) [https://www.persee.fr/doc/ecmed\\_0153-8756\\_1996\\_num\\_22\\_3\\_1807](https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_1996_num_22_3_1807)
- (4) <http://elearning.univ-biskra.dz/moodle/mod/resource/view.php?id=41725> مرجع

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

(5) Uploads<<<https://algeriainvest.com>

(6) Anctil.fetall..., 2012

(7) <https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D9%8A%D8%A6%D8%A9%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6%D8%B1>

(8) <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/303/1/1/18982>

(9) <https://gifex.com/fr/fichier/climat-de-l-algerie/>

# **ANNEXES**

# ANNEXES

## ANNEXE N° 01 :

yy (Enregistré automatiquement) - Microsoft Excel

Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage

Calibri 11 Police Alignement Nombre Style Cellules

A21	f <sub>x</sub>																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
21																	
22	station :Alger			Ensoleillement un neutre				cordonnées									
23				latitude(n)=36°46				Longitude(E/W)=03°06E		Altitude(mètres)=14							
24				mois													
25	Année	janv	Fev	Mar	Avr	Mai	jou	jouill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	moyenne		
26	1993	217	154	225	248	300	308	331	307	262	187	147	172	2858	238,166667		
27	1994	167	203	242	294	313	344	374	322	262	209	211	181	3122	260,166667		
28	1995	178	223	236	280	308	269	381	333	251	199	177	139	2974	247,833333		
29	1996	145	124	221	200	295	307	320	290	259	251	223	144	2779	231,583333		
30	1997	129	228	308	234	261	335	300	299	257	221	153	160	2885	240,416667		
31	1998	188	201	244	248	244	314	364	301	241	233	159	173	2910	242,5		
32	2000	226	251	256	262	260	334	330	327	252	215	188	170	3071	255,916667		
33	2001	164	205	251	276	263	363	343	300	261	237	170	161	2994	249,5		
34	2002	205	203	263	242	302	290	304	273	258	239	145	152	2876	239,666667		
35	2003	131	130	221	227	265	328	279	296	238	184	136	134	2569	214,083333		
36	Moyenne	175	192	247	251	281	319	333	305	254	218	171	159				
37																	

## ANNEXE N°02 :

D1 f<sub>x</sub> π/180

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1			1° (degré)	π/180	1°x (3,14/180	0,01745 (rad)										
2			27°42		0,478	φ =0,478 (rad)										
3	Station:	Tindouf														
4																
5																
6	Mois	ombre de jour	J	δ	dr	ws	Ra Mj/m2 j	n	N	Rs	Rs	Rs	%	Is Mj/m2 moi	Watt-heure/m2/mois	
7	Janvier	31	17	-0,3640	1,0316	1,37193	22,8	109	10,5	10	228	2644	6,0	295	81971	
8	Février	29	47	-0,2246	1,0228	1,45207	27,3	106	11,1	11	272	3153	7,2	329	91422	
9	Mars	31	75	-0,0407	1,0091	1,54970	32,6	119	11,8	13	321	3723	8,5	415	115390	
10	Avril	30	105	0,1655	0,9923	1,65750	37,2	131	12,7	16	376	4363	10,0	471	130868	
11	Mai	31	135	0,3285	0,9775	1,74847	39,9	141	13,4	17	402	4664	10,7	520	144570	
12	Juin	30	162	0,4029	0,9690	1,79360	40,8	128	13,7	17	396	4596	10,5	496	137855	
13	Juillet	31	198	0,3690	0,9682	1,77268	40,2	123	13,5	16	382	4436	10,1	495	137516	
14	Aout	31	228	0,2339	0,9766	1,69464	38,1	119	13,0	15	363	4210	9,6	470	130510	
15	septembre	30	258	0,0378	0,9911	1,59041	34,1	114	12,2	14	331	3844	8,8	415	115301	
16	Octobre	31	288	-0,1681	1,0079	1,48269	28,7	81	11,3	10	251	2915	6,7	325	90367	
17	Novembre	30	318	-0,3302	1,0227	1,39212	23,8	106	10,6	10	237	2751	6,3	297	82518	
18	Décembre	31	344	-0,4021	1,0308	1,34846	21,5	99	10,3	9	208	2418	5,5	270	74959	
19							387				Annuel	3643		4800		
20											314	43717	100			
21																
22																

# ANNEXES

## ANNEXE N°03 :

مناطق الجزائر - Microsoft Excel

T12	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
	STATION	Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Colonne1
4															
5		Alger%	4,5	6,1	8,2	9,8	11,1	12,4	12,3	11,1	9,0	6,7	4,8	4,0	100,0
6		Cher%	4,5	6,2	8,3	9,8	11,4	11,6	12,0	11,2	9,3	6,9	4,9	4,1	100,0
7		Miliana%	4,4	6,0	8,2	9,8	11,3	12,6	12,4	11,2	9,0	6,7	4,7	3,9	100,0
8		Béjaïa aéro%	4,5	6,0	8,2	10,0	11,3	12,6	12,6	11,0	8,3	6,7	4,8	4,0	100,0
9		Tizi-Ouzou%	4,1	6,0	8,3	9,9	11,3	12,6	12,4	11,2	9,0	6,7	4,7	3,9	100,0
10		Bouira%	4,4	6,0	8,0	9,6	11,1	12,1	11,8	11,4	9,2	7,1	5,0	4,3	100,0
		Arzer													

## Résumé :

La donnée de la radiation globale est une donnée clé dans plusieurs études hydro-climatiques, en particulier dans les études agronomiques, hydrologiques et climatiques. Elle permet de déterminer l'évapotranspiration, l'indice d'aridité et la classification des régions climatiques. Elle aussi nécessaire dans le domaine des énergies. Malheureusement cette donnée n'est pas disponible dans plusieurs régions du pays et sa détermination est très difficile. Dans le cadre de ce présent PFE, nous avons établi une méthodologie de calcul de la radiation à partir de la répartition en pourcentage de cette caractéristique climatique dans les quatre zones homogènes (Tell, Atlas Tellien, Atlas Saharien et le Sahara) et de la carte de la radiation globale.

**Mots clés : Indice de déshydratation, évaporation, Rayonnement global.**

## الملخص :

تعد بيانات الإشعاع العالمية بيانات أساسية في العديد من الدراسات المائية المناخية، ولاسيما في الدراسات الزراعية والهيدرولوجية والمناخية. يتم استخدامه لتحديد التبخر، ومؤشر الجفاف وتصنيف المناطق المناخية. كما أنه ضروري في مجال الطاقات. لسوء الحظ، هذه البيانات غير متوفرة في عدة مناطق من البلاد وتحديدها صعب للغاية. كجزء من PFE الحالي، أنشأنا منهجية لحساب الإشعاع من التوزيع النسبي لهذه الخاصية المناخية في المناطق الأربع المتجانسة (تل، أطلس تلي، أطلس الصحراء و الصحراء) و خريطة الإشعاع العالمي.

**الكلمات الدالة : مؤشر الجفاف، التبخر، الإشعاع العالمي.**

## Summary:

The global radiation data is a key data in several hydro-climatic studies, in particular in agronomic, hydrological and climatic studies. It is used to determine evapotranspiration, the aridity index and the classification of climatic regions. It is also necessary in the field of energies. Unfortunately, this data is not available in several regions of the country and its determination is very difficult. As part of this present PFE, we have established a methodology for calculating radiation from the percentage distribution of this climatic *characteristic* in the four homogeneous zones (Tell, Atlas Tellien, Saharan Atlas and the Sahara) and the map global radiation.

**Keywords: Dehydration index, Evaporation, Global radiation.**