



Le 5^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 5th International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



Atlas Climatiques de l'Irradiation Solaire Journalière en Algérie

K. Smaili¹, N. Kasbadji Merzouk², M. Merzouk¹

¹Département Energies Renouvelables, Université de Blida1, W. Blida, Algeria

¹smailikarima86@gmail.com, ¹Mus.merzouk@gmail.com

²Unité de développement des Equipements solaire, UDES, centre de développement des Energies Renouvelables, CDER, 42004, Tipaza, Algeria

²nkmerzouk@gmail.com

Résumé – L'objectif du présent papier est de tester les modèles proposés par littérature, permettant d'estimer l'irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal. Les modèles choisis sont fonction des principaux paramètres météorologiques, à savoir : la température ambiante, l'humidité relative, la durée d'insolation et de paramètres astronomiques, tels que : la déclinaison du soleil, la variation de la distance Terre – Soleil et l'irradiation extraterrestre. Pour cela un programme de simulation a été développé pour tester la validité de ces modèles en comparant les résultats avec ceux mesurés au sol et ce en fonction des zones climatiques.

Deux sites ont été choisis : le site de Bouzaréah situé près de la côte méditerranéenne et le site de Ghardaïa situé dans le sud algérien. Le calcul des erreurs relatives entre le mesuré et l'estimé a permis de déduire que pour la zone climatique Nord E1, le modèle proposé par Yaiche pour l'estimation de l'irradiation globale et que le modèle de Garg est plus adéquat pour la zone saharienne E3.

En fin, les modèles validés ont été utilisés pour estimer les irradiances journalières solaires des sites situés dans les mêmes zones climatiques, et ont permis ainsi d'établir l'Atlas représentant l'irradiation solaire des zones étudiées.

Mots Clés – L'irradiation globales horizontal – zones climatiques – paramètres météorologiques.

I. INTRODUCTION

L'Algérie possède un gisement parmi les gisements les plus élevés dans le monde, ou les durées moyennes annuelles d'ensoleillement varient entre 2600h/an dans le Nord à 3500h/an dans le sud [1]. Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. A défaut de mesures de ces composantes au niveau du sol. Pour leur estimation, on a recours aux modèles théoriques. Ces modèles sont établis sous forme de relations empiriques [2, 3, 4, 5]. Pour qu'ils soient applicables aux sites considérés, ces modèles doivent être confortés aux valeurs mesurées sur le site considéré sur une période qui couvrira les différentes saisons de l'année.

Le présent papier porte en premier lieu sur l'étude bibliographique qui permet de regrouper les modèles théoriques trouvés dans littératures, [6,7,8,9]. Ces modèles sont sous forme de relations empiriques qui relient les composants du rayonnement solaire aux principaux paramètres météorologiques, comme la température ambiante, l'humidité relative, la durée d'insolation et des paramètres astronomiques, tels que, la durée du jour théorique, la déclinaison du soleil et l'irradiation hors atmosphère.

En seconde lieu, les estimations des irradiances globales obtenues par les modèles retenus ont été comparées avec les valeurs mesurées sur le site de Bouzaréah situé près de la côte méditerranéenne et le site de Ghardaïa situé dans le sud algérien. Le calcul des erreurs relatives entre le mesuré et l'estimé a permis de déduire que pour l'estimation de l'irradiation globale, le modèle de Yaiche et Garg sont les plus adéquats respectivement pour les zones E1 et E3.

Les modèles ont été par la suite utilisés pour estimer les irradiances journalières solaires des sites dont les données climatiques ont été disponibles afin d'augmenter le nombre de points de mesure dans la zone climatique choisie.

II. MODELES D'ESTIMATION DE L'IRRADIATION GLOBALE

Au tableau 1, sont regroupés les différents modèles d'estimation de l'irradiation solaire globales inventoriés dans la littérature.

TABLEAU 1
MODELES DE LA LITTERATURE

Auteurs avec référence	Paramètres d'entrée de modèles
M. R. Yaiche, [2]	L'insolation, irradiation hors atmosphère, correction d'altitude
H. P. Garg, [3]	L'insolation, température ambiante, l'humidité relative
M. Hussain, [4]	L'insolation, température ambiante, l'humidité relative
R. K. Swartman, [5]	L'insolation, l'humidité relative
J. A. Sabbagh, [6]	L'insolation, température ambiante, l'humidité relative
A.A. M. Sayiegh, [7]	L'insolation, température ambiante, l'humidité relative
Sivkov SI, [8]	La hauteur du soleil, l'insolation
S. Copolino, [9]	La hauteur du soleil, l'insolation



Le 5^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 5th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2018



Un programme sous Matlab a été développé pour estimer les irradiations solaires selon les différents modèles ainsi que l'erreur quadratique moyenne entre les valeurs mesurées sur un site situé dans une zone climatique précise et les valeurs estimées, selon la formule suivante :

$$RMES = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{i,m} - y_{i,c})^2} \quad (1)$$

III. APPLICATION

A. Zones Climatiques

L'Algérie est vaste pays qui regroupe plusieurs climats du nord vers le sud. Plusieurs travaux ont été effectués pour classifier les zones climatiques de l'Algérie. Le plus utilisé est celui donné en 1, établi par CNERIB, [10].

La figure 1 montre les différentes zones climatiques en Algérie.



Fig.1. Zones climatiques en Algérie (CNIREB 1983)

Cette figure indique que l'Algérie est départagée en 5 zones climatiques, à savoir :

- E1 : Zone côtière.
- E2 : Montagnes et hauts plateaux.
- E3 : pré - Sahara.
- E4 : Sahara.
- E5 : Sahara

B. Données utilisées

Au vu des mesures disponibles, deux sites ont été choisis. Le site de Bouzaréah situé dans la zone climatique E1 et le site de Ghardaïa situé dans la zone climatique E3. Les caractéristiques de sites sont données dans le tableau 2.

TABLEAU 2
CARACTERISTIQUES DES SITES DE MESURES

Site	Bouzaréah	Ghardaïa
Latitude (°)	36.8N	32.4 3N
Longitude (°)	3.17E	3.8E
Altitude (m)	345	468
Nbre d'année de mesure	4	3

C. MODELE RETENUS

Les erreurs quadratiques moyennes estimées pour chaque modèle sont données dans le tableau 3.

TABLEAU 3
RESULTATS DE CALCUL DES ERREURS A L'ECHELLE ANNUELLE

Modèles	Erreur (Site de Bouzaréah)	Erreur (Site de Ghardaïa)
Modèle de Yaiche	0.99	2.01
Modèle de Garg	2.02	1.42
Modèle de Hussain	1.43	1.75
Modèle de Swartman	5.94	6.57
Modèle de Sabbagh	7.60	9.80
Modèle de Sayigh	9.14	13.33
Modèle de Sivkov	9.38	6.58
Modèle de Coppolino	2.62	5.40

Au vu des erreurs, on constate que le modèle proposé par Yaiche et plus adéquat pour la zone E1. Par ailleurs, le modèle de Garg et plus adéquat pour la zone climatique saharienne E3.

1) Modèle de Yaiche

Yaiche et al, [2] ont développé un modèle qui permet d'estimer l'irradiation globale reçue sur un plan horizontal, à partir de la fraction d'insolation, l'irradiation hors atmosphère et la correction d'altitude, tel que :

$$G_{httc} = (1 - C_n)(G_{hcc} - G_{hcouv}) + G_{hcouv} \quad (2)$$

Où $C_n = (1 - \sigma)$

Avec σ la fraction d'insolation, G_{hcc} l'irradiation globale horizontale cas d'un ciel clair, G_{hcouv} , l'irradiation globale horizontale par ciel variable et C_n le taux nuageux.

2) Modèle de Garg

Garg et al, [3] ont développé une relation multilinéaire reliant l'humidité absolue H_a à l'humidité relative H_R , à la température ambiante T . A partir de cette formule de la fraction d'insolation (S/S_0), (rapport de durée d'insolation S à l'insolation potentielle S_0) et de l'irradiation



extraterrestre G_o calculée sur un plan horizontal, Garg et al ont développé la relation suivante :

$$G_h = G_{h0} \left(0.14 + 0.4 \left(\frac{D_i}{T_m} \right) - 0.0055H_a \right) \quad (3)$$

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

A. Comparaison des valeurs mesurées et estimées

En figure 1 et 2 sont comparées pour validation, les irradiations solaires mensuelles estimées selon les modèles sélectionnés par zones avec les mesures de l'irradiation mensuelle.

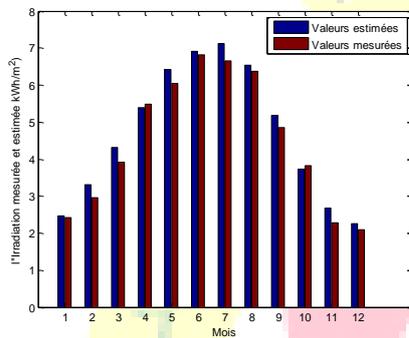


Fig.2. Comparaison entre valeurs estimées et mesurées site de Bouzaréah

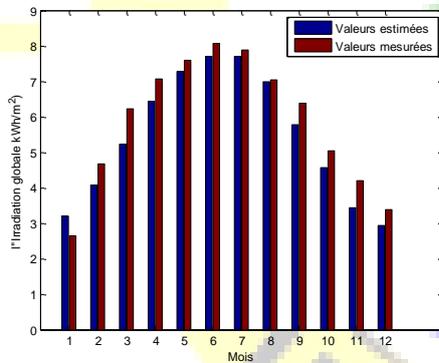


Fig.3. Comparaison entre valeurs estimées et mesurées site de Ghardaïa

On remarque que pour le site de Bouzaréah le modèle de Yaiche surestime l'irradiation solaire toute l'année alors que le modèle de Garg affiche des résultats surestimés que pour les premiers six mois de l'année.

B. Atlas solaires des Zone E1 et E2

Les modèles validés ont été utilisés pour l'estimation de l'irradiation journalière solaire des sites où les données climatiques sont disponibles ceci a permis l'obtention de plusieurs points permettant l'établissement de la cartographie regroupant la zone E1 et E3. Les figures

suivantes représentent les Atlas mensuelles de l'irradiation solaire.

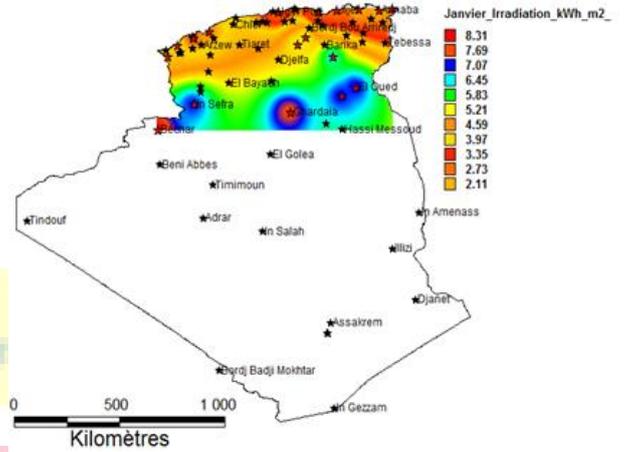


Fig.4. Variation de l'irradiation journalière dans la Zone E1 et E2

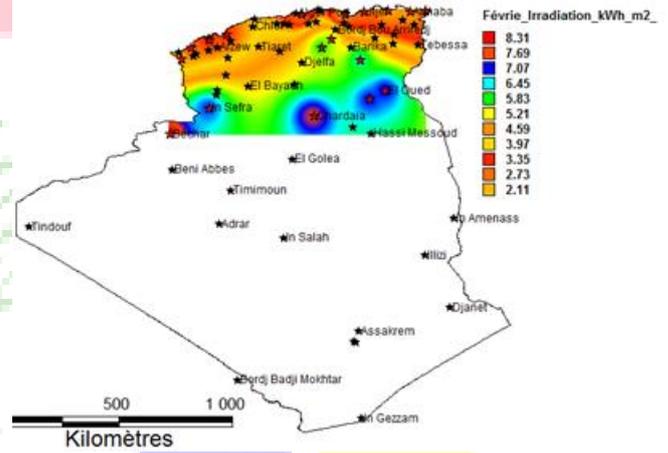


Fig.5. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

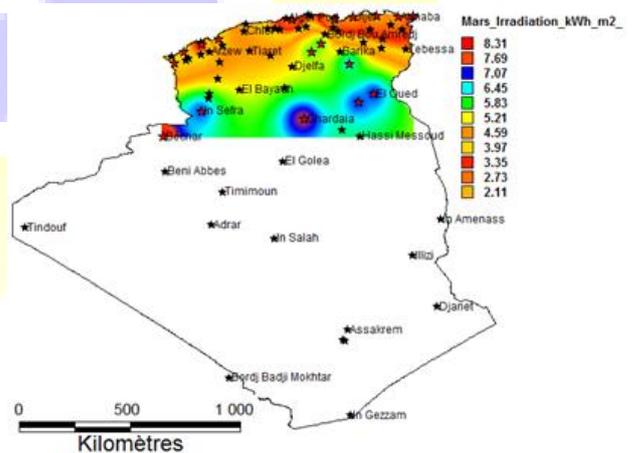


Fig.6. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2



Le 5^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 5th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2018

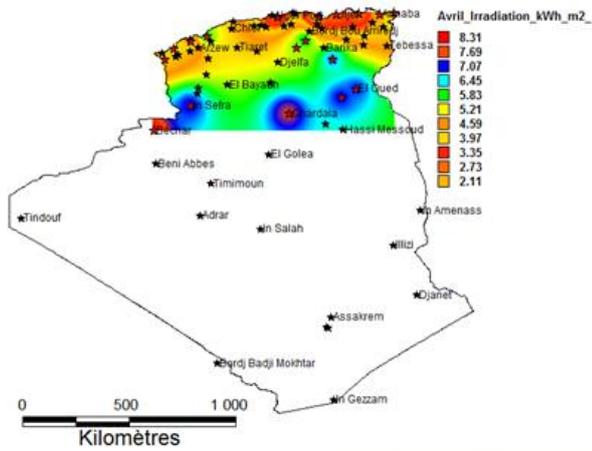


Fig.7. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

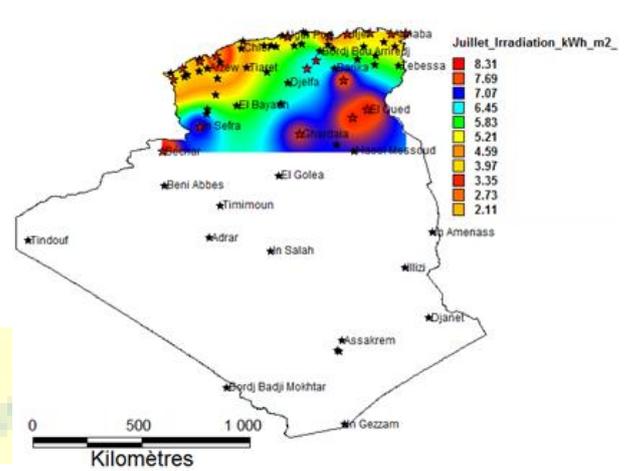


Fig.10. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

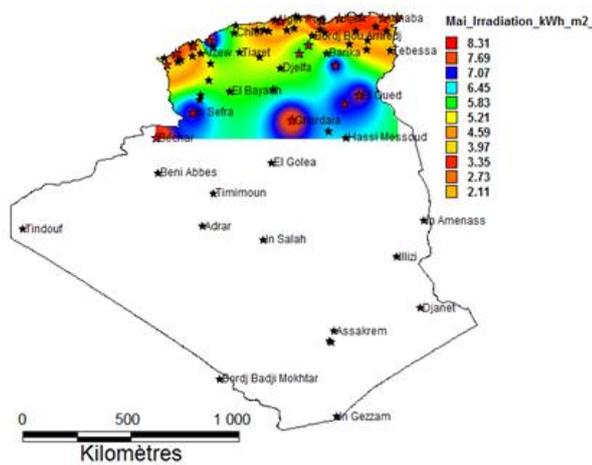


Fig.8. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

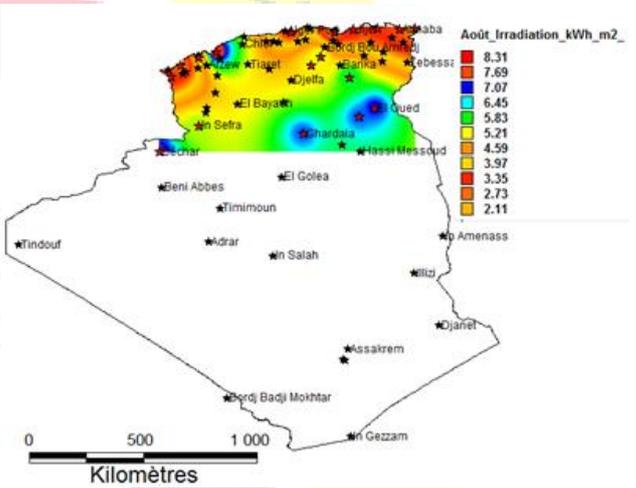


Fig.11. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

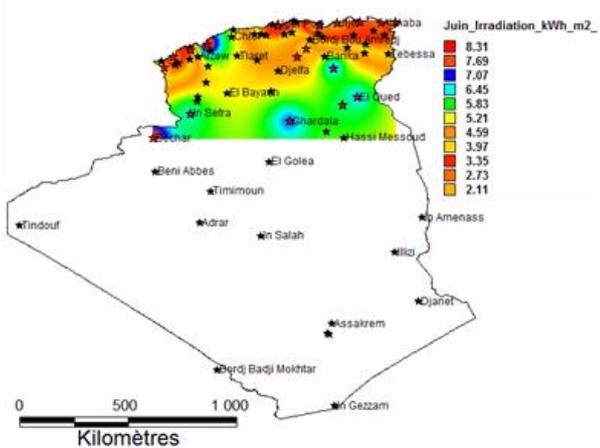


Fig.9. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

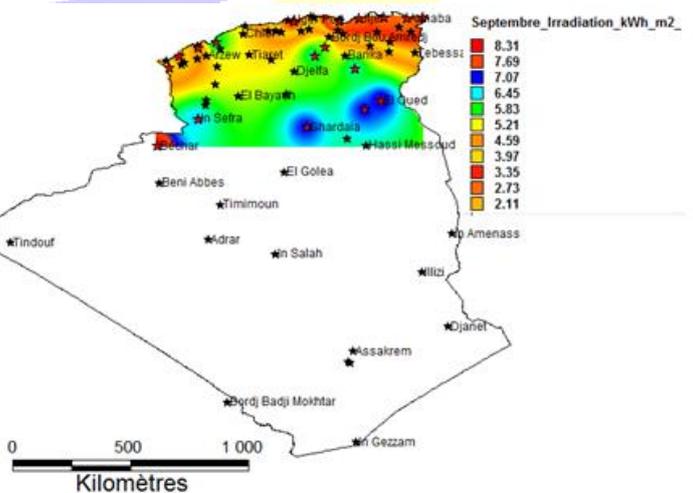


Fig.12. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2



Le 5^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 5th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algeria 24 - 25 Octobre 2018

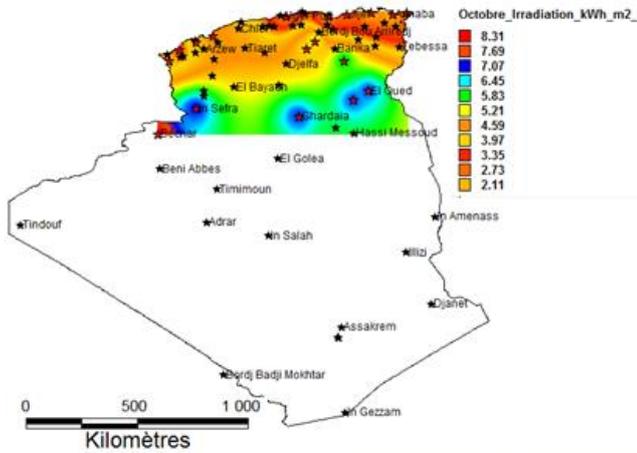


Fig.13. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

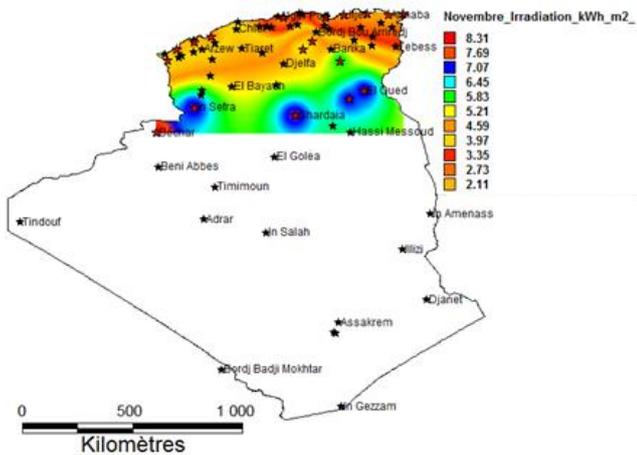


Fig.14. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

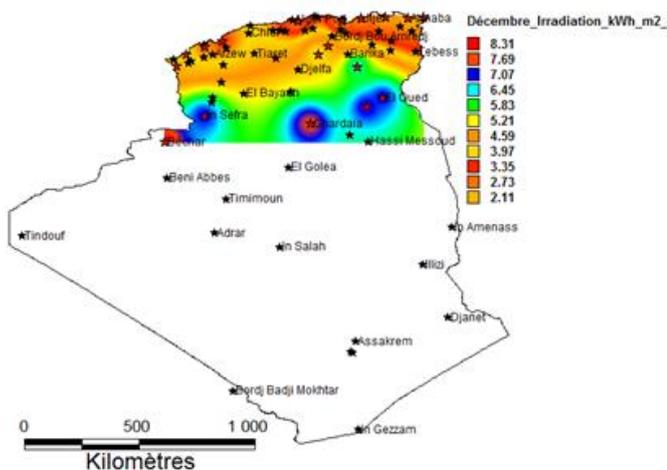


Fig.15. Variation de l'irradiation journalière dans la zone E1 et E2

A partir des résultats obtenus, on constate que d'un site à un autre, ces modèles surestiment l'irradiation solaire globale. La variation de l'irradiation journalière est assez grande pour les mois estivaux (Mai, Juin, Juillet) par rapport aux mois hivernaux (Décembre, Janvier, Février).

V. CONCLUSION

Dans ce papier les modèles proposés dans la littérature ont été testés, permettant d'estimer l'irradiation solaire globale journalière reçue sur un plan horizontal pour les différentes zones climatiques algériennes.

L'erreur quadratique moyenne entre les valeurs mesurées sur un site situé dans une zone climatique précise et les valeurs estimées, a permis de déduire que le modèle de Yaiche est plus adéquat pour la zone climatique du Nord E1 et que le modèle de Garg est plus adéquat pour la zone climatique Saharienne E3.

Ces modèles ont été permis de déterminer les irradiances mensuelles et de tracer les atlas solaires mensuelles pour deux zones climatiques E1 et E3.

Les modèles de Yaiche et celui de Garg, ont produit des résultats satisfaisants et peuvent être utilisés pour estimer les irradiances de n'importe quel site algérien situé dans la même zone climatique.

REFERENCES

- [1] M. Capderou, 'Atlas solaire de l'Algérie'. Tomes 1, 2, et 3. Office des publications universitaire, 1987.
- [2] M. R. Yaiche, A. Bouhanik, S. M. A. Bekkouche, 'A new modeling approach intended to develop maps of annual solar irradiation and comparative study using satellite data of Algeria', Journal of Renewable and Sustainable Energy 8, 043702 2016.
- [3] H. p. Garg and S. N. Garg, 'Prediction of global solar radiation from bright sunshine hours and other meteorological parameters'. Solar – India 1982, proc. of National Solar Energy convention, pp. 1004 – 1007, AI-lieed publishers, New Delhi 1982.
- [4] M. Hussain, 'Estimation of global and diffuse irradiation from sunshine duration and atmospheric water', vapor content, vol. 33, N°2, PP.217-220, 1984.
- [5] A. S. Sambo, 'Empirical Models for the correlation of Global Solar Radiation with Meteorological Data for the Northern Nigeria', Solar Energy, Vol.3, N°2, PP. 89-93, 1986.
- [6] J. A. Sabbagh, A. A. M. Sayigh and E. M. A. El Salam, 'Estimation of global solar radiation from meteorological data'. Solar Energy, Vol. 19, pp. 307 – 311, 1976.
- [7] A. A. M. Sayigh, Solar Energy Engineering, Academic Press, INC (London) LTD, 1977.
- [8] Sivkov SI. 'On the computation of the possible and relative duration of sunshine'. Trans. Main. Geophys. Obs. 1964, 160.
- [9] S. Coppolino, 'Validation of a very simple model for computing global solar radiation the European, African, Asian and North American areas', Solar and Wind Technol, 7, 489-494, 1989.
- [10] CNERIB Classification. 1993. CNERIB, Ministère de l'habitat, Recommendation architecturales. Editions ENAG, Alger.