
**ETUDE ET MODELISATION DU POTENTIEL SOLAIRE
ADEQUAT POUR L'ESTIMATION DES ECLAIREMENTS INCIDENTS A GHARDAÏA**

M. HAMDANI¹, S.M.A. BEKKOUCHE¹, T. BENOUAZ² ET M.K. CHERIER¹

1 Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables. URAER. Ghardaïa,
B.P. 88, Z.I., Gar Taam, Ghardaïa, Algérie

2 Laboratoire de Physique Electronique et Modélisation, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen. BP. 119,
Tlemcen R.P. 13000 - Algérie

Email : HamdaniMaamar@yahoo.fr

reçu 21/07/2011, en ligne le 15/09/2011

RESUME

Le présent travail traite une confrontation entre des valeurs de rayonnement solaire mesurées et des valeurs estimées par trois approches théoriques sur le site de Ghardaïa proposées dans la littérature par divers chercheurs. Des données radiométriques sont continuellement collectées pour tester ces approches qui sont valables pour un ciel totalement clair. Selon les confrontations et les résultats obtenus, nous avons jugé que le modèle de Capderou est généralement le plus favorable pour l'estimation de l'éclairement solaire incident sur un capteur horizontal. Cependant, la méthode empirique de Perrin Brichambaut est plus conforme pour l'estimation des éclairagements incidents sur les plans inclinés et plus particulièrement pendant les mois de: Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars. Selon ces résultats, nous avons constaté que le modèle R. sun est le plus avantageux pendant le mois de Juin, alors que durant le mois de Juillet, nous avons trouvé que ce modèle donne des bons résultats uniquement au lever et au coucher du soleil. Tandis que le modèle de Capderou est le plus conseillé en dehors de cet intervalle.

Mots Cles: solaire, rayonnements, modèles

1 INTRODUCTION

Le dimensionnement et la gestion optimale des systèmes énergétiques passent impérativement par la connaissance des conditions météorologiques auxquelles des études poussées sont effectuées dans plusieurs régions du monde pour évaluer et modéliser le potentiel solaire.

La première étape consiste en la détermination des différents paramètres astronomiques, et plus précisément la position exacte du soleil quelque soit le moment de l'année. Avant toute chose, il est nécessaire de définir les deux concepts indispensables afin de situer un lieu dans le monde: la latitude et la longitude.

Il nous a paru utile dans un deuxième temps d'étudier la modélisation théorique du rayonnement solaire qui a permis d'effectuer une étude comparative entre les trois modèles. Une détermination de

l'énergie solaire disponible et une analyse critique à partir des confrontations des résultats seront présentées en vue d'un bon dimensionnement des installations solaires.

2 APPROCHES UTILISEES ET EQUATIONS DETERMINANTES

Les modèles présentés ci-dessous sont des modèles basés sur les coefficients d'atténuation du rayonnement solaire par les éléments constituant l'atmosphère [1].

2.1 Modèle de Capderou

Dans ce modèle, les irradiances directes et diffuses par ciel clair sont exprimées en fonction des facteurs de trouble. L'éclairement direct par ciel clair sur un plan horizontal est donné par [1] :

$$I = I_0 \sin(h) C_{t-s} \exp \left[-T_L^* \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89^z} \sin(h) \right)^{-1} \right] \quad (1)$$

L'éclairement diffus incident sur un plan horizontal est donné par :

$$I = I_n \cos(i) = I_0 C_{t-s} \exp \left[-T_L^* \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89^z} \sin(h) \right)^{-1} \right] \cos(i) \quad (2)$$

L'éclairement direct est la projection de la composante normale sur un plan incliné

$$I = I_n \cos(i) = I_0 C_{t-s} \exp \left[-T_L^* \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89^z} \sin(h) \right)^{-1} \right] \cos(i) \quad (3)$$

L'éclairement diffus incident sur un plan incliné s'écrit

$$D = d_{ciel} + d_{sol} + \delta_i' \frac{1 + \sin(\gamma)}{2} . \quad (4)$$

2.2 Méthode Empirique de Perrin Brichambaut

L'éclairement diffus incliné est obtenu par l'équation suivante [2] :

$$E_D = \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) D_H + \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right) a^* G_H . \quad (5)$$

Le direct incliné est donné par l'expression suivante :

$$E_S = A \cos(i) \exp \left(-\frac{1}{B \sin(h+2)} \right) . \quad (6)$$

2.3 Modèle R. Sun

Éclairement incident sur un plan horizontal par ciel clair

$$B_{hc} = B_{oc} \times \sin h_o . \quad (7)$$

Le rayonnement direct normal sur un plan incliné Bic est obtenu par la relation suivante :

$$B_{ic} = B_{oc} \sin \delta e_{xp}. \quad (8)$$

3. SIMULATION NUMERIQUE ET CONFRONTATION DES RESULTATS

Les stations de mesures sont rares à travers le territoire national. A cet effet, pour l'estimation des irradiances solaires incidentes, on a recours aux modèles théoriques. Ces modèles sont établis sous forme de corrélations. Pour qu'ils soient applicables aux sites considérés, les éclairissements solaires calculés doivent être confrontés aux valeurs réelles mesurées sur le site durant une période quelconque.

Cependant, la comparaison a été effectuée sur les éclairissements solaires globaux incidents sur un plan horizontal et sur une surface inclinée à latitude de lieu 32° orientée vers le Sud. Pour ce faire, plusieurs journées ont été sélectionnées pour comparer les valeurs calculées par les trois modèles et celles données par la station radio métrique de Ghardaïa [3].

Ghardaïa, oasis sahariennes situées au Sud de la capitale (600 km), constitue de régions connues par un climat aride caractérisé par le manque des précipitations (160 mm/an) et la raréfaction des terres agricoles, des températures diurnes très élevées en été, et des températures basses en hiver (gelées durant les mois de décembre à mi-février) [3-4].

La figure (1) donne une comparaison entre l'éclairissement global horizontal mesuré et calculé pour la journée du 02 Janvier 2009. Tandis que la deuxième figure (2) indique l'erreur relative commise sur les éclairissements incidents entre dix heures et seize heures. Le même ordre sera respecté pour la numérotation des autres figures, que se soit pour les éclairissements globaux incidents sur un plan horizontal ou sur un capteur incliné. En d'autres termes, chaque fois que nous procéderons à la confrontation des résultats simulés et mesurés, un calcul d'erreur relative sera mise en place pour juger la fiabilité du modèle proposé au niveau de notre site.

Puisque cette partie est consacrée aux aspects théoriques et expérimentaux, nous utilisons l'expression de l'erreur relative instantanée qui est donnée par l'équation suivante:

$$Err = \frac{|G_{mesuré} - G_{calculé}|}{G_{mesuré}} \quad (9)$$

G: désignant des éclairissements solaires (w / m^2).

Les données utilisées ont été collectées chaque 5 minutes.

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Pour obtenir une validation du rayonnement solaire, nous allons confronter quelques valeurs; par ciel clair, du rayonnement solaire, fournies par la station radiométrique, avec des valeurs, sur plan horizontal et sur plan incliné, délivrées par le Code de calcul, Matlab.

On présentera sur les figures suivantes, des graphes comparatifs relatifs au rayonnement global, des modèles Capderou, la méthode empirique de Perrin Brichambaut et le modèle r.sun, avec les données expérimentales du site de Ghardaïa. La courbe de l'erreur relative en fonction du temps est également donnée pour le rayonnement global.

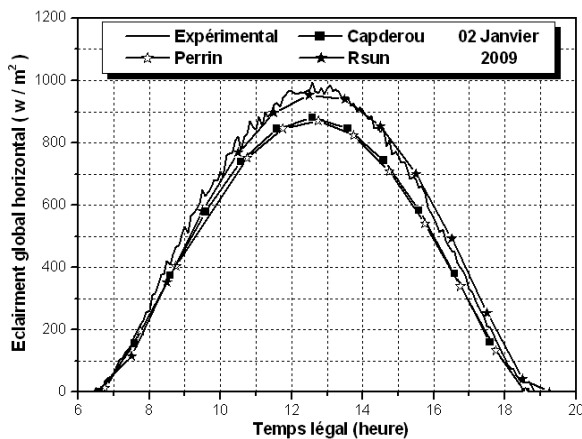


Fig.1 : Eclaircissement global sur une surface horizontale, 02 / 01 / 2009.

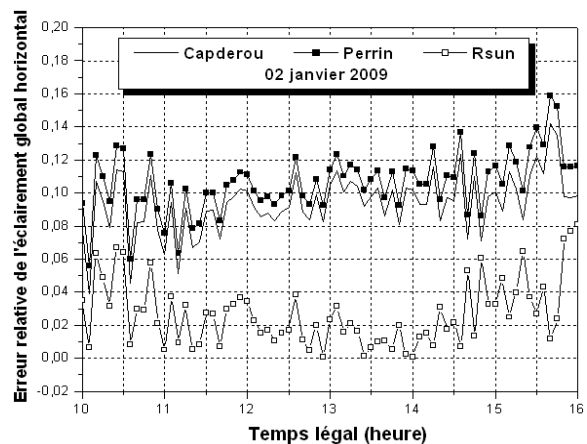


Fig.2 : Erreur relative instantanée correspondante, 02 / 01 / 2009.

La figure (1) ci-dessus, représente les résultats obtenus par les trois modèles avec les données expérimentales relatives aux composantes du rayonnement solaire, global, sur un plan horizontal, et par ciel clair, et ceci pour une journée hivernale à Ghardaïa. Une comparaison avec les trois modèles choisis a été également effectuée et il s'en suit l'obtention d'une erreur relative du rayonnement global

A partir des résultats auxquels nous avons abouti (figure (2)), du point de vue erreurs relatives entre les valeurs du rayonnement global mesurées, nous avons remarqué également, pour le modèle R.sun, qu'il existe une erreur minime pour le mois de Janvier.

La figure (3) présente les résultats obtenus par les trois modèles avec les données expérimentales relatives au rayonnement global sur plan incliné, par ciel clair, et ceci pour une journée hivernale à Ghardaïa. Nous avons noté les remarques suivantes:

- On observe que le rayonnement de Ghardaïa présente des valeurs d'énergie solaire plus élevées. Le maximum de puissance atteint est compris entre (900 W et 1000W aux environs de 13h 30 minutes pour le site.

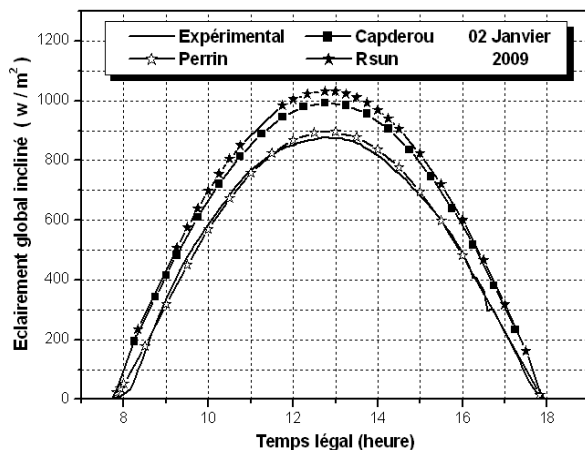


Fig.3 : Eclairage global sur une surface inclinée ($\beta = 32^\circ$), 02 / 01 / 2009.

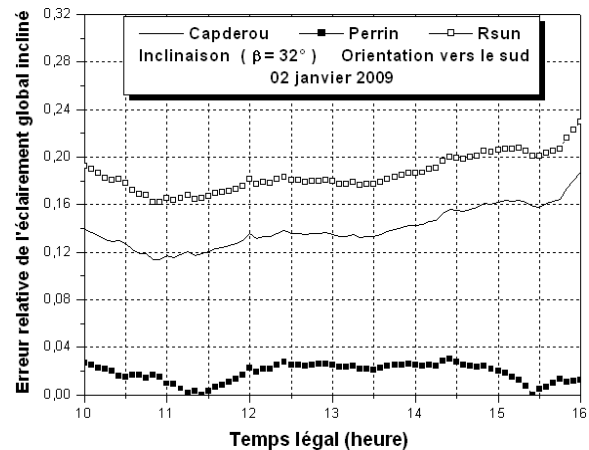


Fig.4 : Erreur relative instantanée correspondante, 02 / 01 / 2009.

La figure (4) montre également que Le modèle de Capderou donne une estimation de la composante globale pour le site de Ghardaia avec une erreur importante de 4%.

5. CONCLUSION

L'étude du gisement solaire est le point de départ de toute investigation dans le domaine de l'architecture solaire et bioclimatique à titre indicatif. L'énergie globale incidente sur un plan incliné est la plus appropriée que celle incidente sur un plan horizontal. La mise au point de la confrontation a été effectuée à l'aide d'une campagne de mesures de l'éclairage solaire global sur des surfaces horizontales et inclinées. Le traitement des données est effectué sur des mesures choisies couvrant l'année 2009, collectées toutes les cinq minutes pour le site de Ghardaïa.

- Le modèle de Capderou est généralement le plus favorable pour l'estimation de l'éclairage solaire incident sur un capteur horizontal, même s'il ne présente qu'un peu d'avantage par rapport à celui de R.sun. Par contre, la méthode empirique de Perrin Brichambaut donne parfois des résultats qui divergent radicalement par rapport aux valeurs mesurées au niveau de Ghardaïa.

- Il s'ensuit que nous avons trouvé selon les erreurs relatives tracées que la méthode empirique de Perrin Brichambaut est plus conforme pour l'estimation des éclairagements incidents sur les plans inclinés et plus particulièrement pendant les mois de: Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars.

- Les études menées sur les mois de: Mai, Avril, Août et Septembre prouvent que globalement le modèle de Capderou donne les meilleures estimations.

- Nous avons constaté aussi que le modèle R.sun est le plus avantageux pendant le mois de Juin, alors que durant le mois de Juillet, nous avons trouvé que ce modèle donne de bon résultats uniquement au

lever et au coucher du soleil. Tandis que le modèle de Capderou est le plus conseillé en dehors de cette intervalle.

REFERENCES

- [1] M. Capderou, «Atlas Solaire de l'Algérie", Tome1, vol1 et 2 : Modèles Théoriques et Expérimentaux, Office des Publications Universitaires, Algérie, 1987.
- [2] M.R. Yaïche, S.M.A. Bekkouche, «Conception et Validation d'un Programme sous Excel pour L'estimation du Rayonnement Solaire Incident en Algérie. Cas d'un Ciel Totalement Clair", Revue des Energies Renouvelables **11**, 423-436 (2008) .
- [3] H. Maamar, S.M.A. Bekkouche, «Caractérisation, Etude Théorique et Expérimentale d'un Capteur Solaire Plan à Eau de Type Megasun", Premier Workshop International sur les Energies Renouvelables et leurs Applications. Laghouat, les 10, 11 et 12 Mai 2008.
- [4] S.M.A. Bekkouche, «Modélisation du Comportement Thermique de Quelques Dispositifs Solaires", Thèse de Doctorat en Physique Electronique, Université de Tlemcen. (mai 2009).