

Printed from

Journal of Scientific Research

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>

Elaboration d'un logiciel pour l'estimation de rayonnement solaire en Algérie

Med. BENSABI, B. DRAOUI, Med. HASNAT, N. KAID.
*Laboratoire d'Energétique en Zones Arides (ENERGARID),
Faculté des sciences et Technologie BP 417, 08000 Université de Béchar
Tel/Fax: 00213 49 81 52 44.
Email: madiiriano@gmail.com*

Published on 30 December 2012

The Editor, on behalf of the Editorial Board and Reviewers, has great pleasure in presenting this number of the Journal of Scientific Research. This journal (ISSN 2170-1237) is a periodic and multidisciplinary journal, published by the University of Bechar. This journal is located at the interface of research journals, and the vulgarization journals in the field of scientific research. It publishes quality articles in the domain of basic and applied sciences, technologies and humanities sciences, where the main objective is to coordinate and disseminate scientific and technical information relating to various disciplines.

The research articles and the development must be original and contribute innovative, helping in the development of new and advanced technologies, like the studies that have concrete ideas which are of primary interest in mastering a contemporary scientific concepts. These articles can be written in Arabic, French or English. They will not be published in another journal or under review elsewhere. The target readership is composed especially of engineers and technicians, teachers, researchers, scholars, consultants, companies, university lab, teaching techniques and literary ... The journal is obtainable in electronic form, which is available worldwide on the Internet and can be accessed at the journal URL:

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>.

Director of Journal

Pr. BELGHACHI Abderrahmane

Editor in Chief

Dr. HASNI Abdelhafi d

Co-Editor in Chief

Dr. BASSOU Abdesselam

Editorial Member

TERFAYA Nazihe

BOUIDA Ahmed

LATFAOUI Mohieddine

MOSTADI Siham

Reviewers board of the Journal.

Pr. KADRY SEIFEDINE (The American University in KUWAIT)
Pr. RAZZAQ GHUMMAN Abdul (Al Qassim University KSA)
Pr. PK. MD. MOTIUR RAHMAN (University of Dhaka Bangladesh)
Pr. MAHMOOD GHAAZAW Yousry (Al Qassim University KSA)
Pr. KHENOUS Houari Boumediene (King Khalid University KSA)
Pr. RAOUS Michel (Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Pr. RATAN Y. Borse (M S G College Malegaon Camp India)
Pr. LEBON Frédéric (University of Aix-Marseille 1 France)
Pr. MONGI Ben Ouédou (National Engineering School of Tunis)
Pr. BOUKELIF Aoued (University of Sidi Bel Abbes Algeria)
Pr. DJORDJEVICH Alexandar (University of Hong Kong)
Pr. BENABBASSI Abdelhakem (University of Bechar Algeria)
Pr. BOULARD Thierry (National Institute of Agronomic Research France)
Pr. LUCA Varani (University of Montpellier France)
Pr. NEBBOU Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FELLAH Zine El Abidine Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Dr. ZHEN Gao (University of Ontario Institute of Technology Canada)
Dr. OUERDACHI Lahbassi (University of Annaba Algeria)
Dr. HADJ ABDELKADER Hicham (IBISC – University of Evry France)
Dr. KARRAY M'HAMED ALI (National Engineering School of Tunis)
Dr. ALLAL Mohammed Amine (University of Tlemcen Algeria)
Dr. FOUCHAL Fazia (GEMH - University of Limoges France)
Dr. TORRES Jeremi (University of Montpellier 2 France)
Dr. CHANDRAKANT Govindrao Dighavka (L. V. H. College of Panchavati India)
Dr. ABID Chérifa (Polytech' University of Aix-Marseille France)
Dr. HAMMADI Fodil (University of Bechar Algeria)
Dr. LABBACI Boudjema (University of Bechar Algeria)
Dr. DJERMANE Mohammed (University of Bechar Algeria)
Dr. BENSALI Abd-El-Hamid (University of Tlemcen)
Dr. BENBACHIR Maamar (University of Bechar Algeria)

Pr. BALBINOT Alexandre (Federal University of Rio Grande do Sul Brazil)
Pr. TEHIRICHI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Pr. JAIN GOTAN (Materials Research Lab., A.C.S. College, Nandgaon India)
Pr. SAIDANE Abdelkader (ENSET Oran Algeria)
Pr. DI GIAMBERARDINO Paolo (University of Rome « La Sapienza » Italy)
Pr. SENGOUGA Nouredine (University of Biskra Algeria)
Pr. CHERITI Abdelkarim (University of Bechar Algeria)
Pr. MEDALE Marc (University of Aix-Marseille France)
Pr. HELMAOUI Abderrachid (University of Bechar Algeria)
Pr. HAMOUINE Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Pr. DRAOUI Belkacem (University of Bechar Algeria)
Pr. BELGHACHI Abderrahmane (University of Bechar Algeria)
Pr. SHAILENDHRA Karthikeyan (AMRITA School of Engineering India)
Pr. BURAK Barutcu (University of Istanbul Turkey)
Pr. LAOUFI Abdallah (University of Bechar Algeria)
Dr. SELLAM Mebrouk (University of Bechar Algeria)
Dr. ABDUL RAHIM Ruzairi (University Technology of Malaysia)
Dr. BELBOUKHARI Nasser (University of Bechar Algeria)
Dr. CHIKR EL MEZOUAR Zouaoui (University of Bechar Algeria)
Dr. BENACHAIBA Chellali (University of Bechar Algeria)
Dr. KAMECHE Mohamed (Centre des Techniques Spatiales, Oran Algeria)
Dr. MERAD Lotfi (Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques Tlemcen Algeria)
Dr. BASSOU Abdesselam (University of Bechar Algeria)
Dr. ABOU-BEKR Nabil (University of Tlemcen Algeria)
Dr. BOUNOUA Abdennacer (University of Sidi bel abbes Algeria)
Dr. TAMALI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FAZALUL RAHMAN Mohd Hafiz (University of Malaysia)
Dr. ABDELAZIZ Yazid (University of Bechar Algeria)
Dr. BERGA Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Dr. Rachid KHALFAOUI (University of Bechar Algeria)
Dr. SANJAY KHER Sanjay (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology INDIA)

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa

08000 Bechar - ALGERIA

Tel: +213 (0) 49 81 90 24

Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com

Submission mail: submission.bechar@gmail.com

Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>



Elaboration d'un logiciel pour l'estimation de rayonnement solaire en Algérie

Med. BENSABI, B. DRAOUI, Med. HASNAT, N. KAID.

Laboratoire d'Energétique en Zones Arides (ENERGARID),

Faculté des sciences et Technologie BP 417, 08000 Université de Béchar

Tel/Fax: 00213 49 81 52 44.

Email: madiriano@gmail.com

Résumé – - Dans ce travail nous avons élaboré un logiciel en utilisant le langage de la programmation Delphi7 pour l'estimation du rayonnement solaire en Algérie. Le logiciel contient une base de données dans laquelle les 48 wilayas sont introduites avec ses caractéristiques tel que latitude, longitude et l'altitude. Nous citons le modèle de ASHRAE, et celui du LUI & JORDON. Le programme nous donne la possibilité de comparer les valeurs estimées par les modèles théoriques et les valeurs mesurées par la station météorologie de laboratoire de recherche ENERGARID. Nous avons constaté une bonne concordance.

Mots clés: Rayonnement - Delphi - ASHRAE - Liu & Jordan.

I. Introduction

Le soleil est à l'origine de la vie sur terre et la perpétue par son apport incessant d'énergie. Cette énergie nous arrive sous forme de rayonnement électromagnétique après avoir parcouru des millions de kilomètres. Notre étoile, est une véritable boule de feu, nous envoie à travers l'espace une énergie considérable qui n'est pas encore exploitée rentablement [1].

Dans la ville de Béchar où le climat est aride, le soleil nous envoie un flux, une partie de ce dernier est reçue par un plan quelconque l'autre se reflète et diffuse le groupement de ces rayons donne un flux global qui nous permet de calculer sur un plan quelconque [2].

II. LA FORMULATION

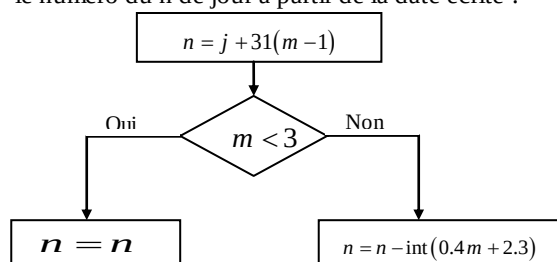
Afin d'estimer le rayonnement solaire direct, diffus et global sur un plan, les modèles de ASHRAE et LUI & JORDAN ont été utilisés.

Les équations mathématiques qui identifient ces deux modèles choisis sont données par :

La déclinaison solaire :

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (n - 81)\right) \quad (1)$$

L'organigramme donné ci-dessous permet de calculer le numéro du n de jour à partir de la date écrite :



L'heure solaire est donnée par la formule :

$$\sin(h) = \cos(\delta) \cos(\omega) \cos(\varphi) + \sin(\delta) \cdot \sin(\varphi) \quad (2)$$

III. PARAMETRES DE TEMPS

L'angle horaire:

$$\omega = (TSV - 12) \cdot 15 \quad (3)$$

Angle horaire au coucher :

$$\omega_0 = \sin^{-1}[\cos(\delta - \varphi)] \quad (4)$$

Durée du jour :

$$d = 2 \frac{\omega_0}{15} \quad (5)$$

Le temps solaire moyen :

$$TSM = TSV - ET \quad (6)$$

L'équation du temps (le terme correctif) :

Conditions de trouble	$I^* \text{ [W / m}^2\text{]}$	$G^* \text{ [W / m}^2\text{]}$
Ciel trouble	$1260 \exp\left(-\frac{1}{2.3 \sin(h+3)}\right)$	$995(\sin(h))^{1.25}$
Ciel moyennement troublé	$1230 \exp\left(-\frac{1}{3.8 \sin(h+1.6)}\right)$	$1080(\sin(h))^{1.22}$
Ciel très pur	$1210 \exp\left(-\frac{1}{6 \sin(h+1)}\right)$	$1130(\sin(h))^{1.15}$

$$ET = -0.0002 + 0.4197 \cdot \cos(\beta) - 7.3509 \cdot \sin(\beta) - 3.2265 \cdot \cos(2 \cdot \beta) - 9.3912 \cdot \sin(2 \cdot \beta) - 0.0903 \cdot \cos(3 \cdot \beta) - 0.3361 \cdot \sin(3 \cdot \beta)$$

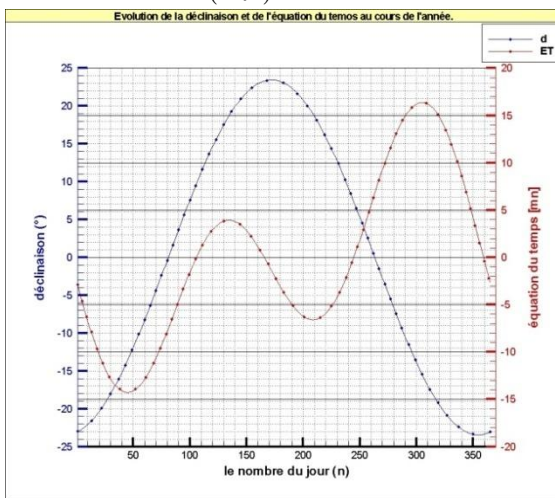


Figure.1 Evolution de la déclinaison δ et ET de l'équation du temps au cours de l'année.

IV. Modèle LUI & JORDAN

Eclairement direct :

$$S_{(i,\gamma)}^* = I^* \left[\frac{\sin(i) \cdot \cos(h) \cdot \cos(a - \gamma)}{\cos(i) - \sin(h)} \right] \quad (8)$$

Eclairement diffus :

$$D_i^* = \left[\frac{1 + \cos(i)}{2} \right] \cdot D_h^* + \left[\frac{1 - \cos(i)}{2} \right] \cdot a^* \cdot G_h^* \quad (9)$$

Eclairement Global :

$$G^* = S^* + D_i^* \quad (10)$$

$$D_h^* = G_h^* - I^* \cdot \sin(h) \quad (11)$$

Le tableau ci-dessous donne les éclairements solaires I^* et G^* . Les conditions de trouble correspondent à la teneur de l'atmosphère en poussières et autres polluants.

Un ciel très pur sera le plus souvent rencontré en montagne et un ciel trouble en agglomération [3].

Tab.1 Expressions empiriques des éclairements solaires I^* et G_h^* , la valeur de la hauteur h du soleil doit être exprimée en degré

Les rapports de clairement :

Eclairement direct :

$$R_s = \frac{S_{(i,\gamma)}^*}{S_h} = \frac{\sin(i) \cdot \cos(a - \gamma)}{\tan(h)} + \cos(i) \quad (12)$$

Eclairement diffus :

$$R_D = \left(\frac{1 + \cos(i)}{2} \right) + \left(\frac{1 - \cos(i)}{2} \right) a^* \cdot \frac{G_h^*}{D_h^*} \quad (13)$$

Eclairement global :

$$R_G = \left(R_s - \frac{1 + \cos(i)}{2} \right) \frac{S_h^*}{G_h^*} + \left(\frac{1 + \cos(i)}{2} \right) + \left(\frac{1 - \cos(i)}{2} \right) a^* \quad (14)$$

V. Modèle d'ASHRAE

L'irradiation extraterrestre solaire incidente sur une surface normale aux rayons du soleil peut être approchée par l'équation suivante [4] :

$$E_0 = E_{SC} \cdot \left[1 + 0.033 \cdot \cos\left(360 \frac{(n-3)}{365}\right) \right] \quad (15)$$

L'équation du temps peut être rapprochée par la formule suivante [5] :

$$ET = 2.2918 \cdot (0.0075 + 0.1868 \cdot \cos(\Gamma) - 3.2077 \cdot \sin(\Gamma) - 1.4615 \cdot \cos(2 \cdot \Gamma) - 4.089 \cdot \sin(2 \cdot \Gamma)) \quad (16)$$

$$\Gamma = 360 \frac{n-1}{365} \quad (17)$$

La masse d'air relative m est le rapport entre la masse de l'atmosphère est la masse qui aurait existé si le soleil était directement au-dessus. La Masse d'air est uniquement fonction de l'altitude solaire et elle est obtenue par [6] :

$$m = 1 / \left[\sin(\beta) + 0.50572 \cdot (6.07995 + \beta)^{-1.6364} \right] \quad (18)$$

Rayonnement solaire d'un ciel clair

$$E_b = E_0 \exp[-\tau_b m^{ab}] \quad (19)$$

$$E_d = E_0 \exp[-\tau_d m^{ad}] \quad (20)$$

Les valeurs de τ_b et τ_d sont spécifiques au Lieu, et varient au cours de l'année. Ils incarnent la dépendance le rayonnement solaire du ciel clair sur les conditions locales, telles que l'altitude, la teneur en eau, et les aérosols [7].

VI. Présentation du logiciel

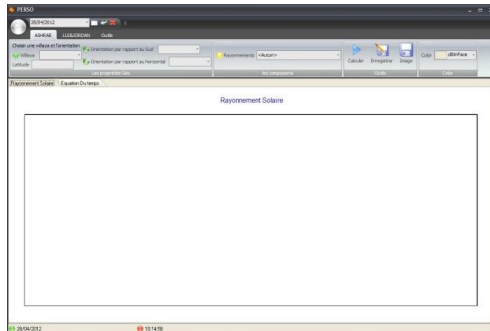


Figure.2 Interface de logiciel **PERSO**

Le programme de calcul élaboré a une interface souple, possède des interfaces graphiques et des données numériques.



Figure.3 la sélection de la date

Il permet à l'utilisateur d'introduire la date et le mois, dans le quick barre. Le programme calcul le numéro de jour afin de déterminer la position de la terre par rapport au soleil, la déclinaison et l'équation du temps et la déclinaison du soleil.

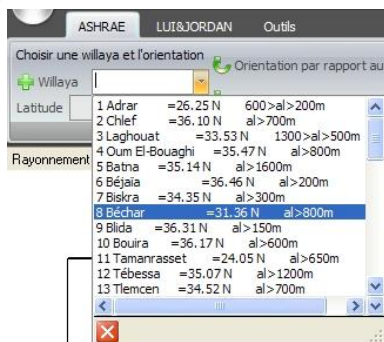


Figure.4 le choix de wilaya

PERSO a une base de données qui contient les 48 wilayas, affiche les données pour chaque wilaya (numéro de wilaya, latitude, l'altitude).

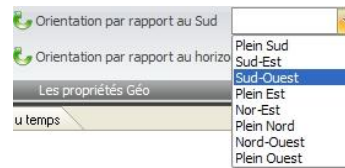


Figure.5 l'orientation par rapport au sud.

Il permet à l'utilisateur de sélectionner l'orientation par rapport au sud, 08 orientations pré-définies au sein du logiciel. Une autre possibilité fournie par le programme est d'introduire directement l'angle en degré.

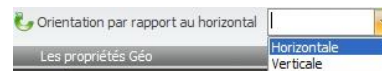


Figure.6 l'orientation par rapport au l'horizontale

Il donne à l'utilisateur la possibilité de sélectionner l'orientation par rapport à l'horizontale, 02 orientations pré-définies dans le programme. Une autre possibilité à été fournie est d'introduire directement l'angle d'inclinaison en degré.

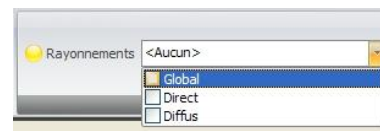


Figure.7 La sélection d'affichage pour les graphes.

Dans la barre, et pour le rayonnement la figure 7 représente le composant de rayonnement solaire qui correspond au graphe à souhait d'afficher.



Figure.8 l'enregistrement des résultats

A la barre d'outils les trois boutons représentent : le calcul d'estimation d'éclairement solaire qui a été sélectionné, la deuxième est pour l'enregistrement des résultats sous forme de données numériques, la troisième bouton est de enregistrer les résultats sous forme d'image.



Figure.9 le modèle LUI&JORDAN

Comme nous avons dit précédemment, on a utilisé deux modèles de rayonnement solaire, le modèle d'ASHRAE et le modèle de LUI & JORDAN, la figure 9 représente le dernier modèle.

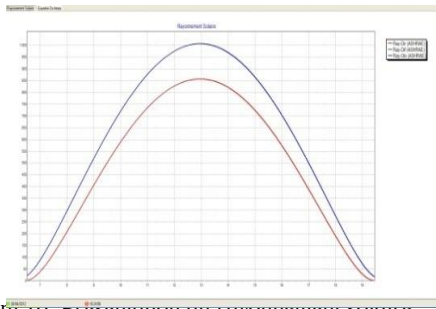


Figure.10 Présentation du rayonnement solaire

La figure au-dessus représente les courbes des différents composants de rayonnement solaire pour le modèle d'ASHRAE.

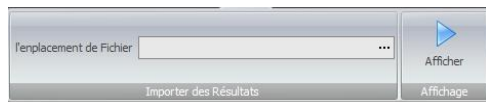


Figure.11 L'importation des résultats expérimentaux pour les tracées

Le logiciel **PERSO** a une possibilité très importante, est d'importer les résultats expérimentaux ou d'autres résultats sous forme de fichier data pour les comparer avec les modèles existants dans le programme d'une forme graphique.

VII. Présentation des résultats

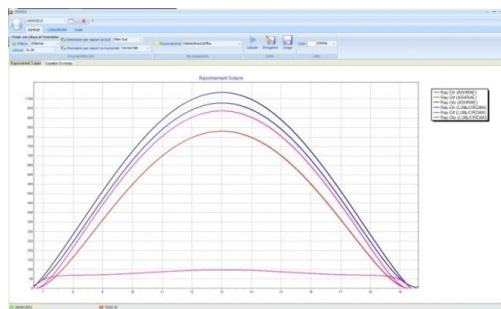


Figure.12 Présentation du rayonnement solaire pour les deux modèles

La figure 11 représente les graphes de trois composants de rayonnement solaire pour les deux modèles existants dans le programme.

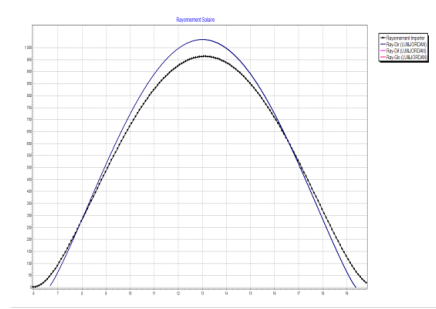
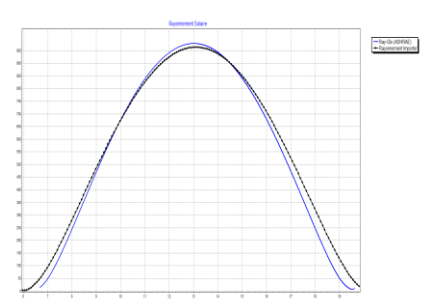


Figure.13 comparaison des résultats expérimentaux avec les modèles (ASHRAE, LUI & JORDAN)

On a dit que le programme a une possibilité d'importer les résultats sous forme de fichier data pour les tracer. Les figures représentent une comparaison des résultats expérimentaux mesurés par la station météorologique de laboratoire de recherche ENERGARID et les deux modèles de rayonnement solaire (ASHRAE, LUI & JORDAN).

VIII. Conclusion

Le travail effectué durant cette contribution a eu pour but, d'une part, d'identifier deux modèles théoriques ; le modèle d'ASHRAE et le modèle de Lui & Jordan, et d'autre part, de créer un outil informatique tel que le logiciel **PERSO**. Ce logiciel nous permet de calculer les deux modèles après d'introduire des données, la date, le choix de wilaya, l'orientation par rapport au sud et l'orientation par rapport à l'horizontale. En plus il a une autre possibilité d'importer les résultats sous forme de fichiers de données numériques pour les comparer avec les modèles existants.

Dans l'ensemble, la comparaison on a constaté une bonne concordance avec les valeurs mesurées, les erreurs commises sont dues aux modèles eux-mêmes.

Nomenclature

I_0	Constant solaire $I_0 = 1353 \pm 3.4\%$	$[W \cdot m^{-2}]$
h	Hauteur solaire	$[^\circ]$
TSV	Temps solaire vraie	$[s]$
TSM	Temps solaire moyenne	$[s]$
ET	Equation du temps	$[s]$
TU	Temps universelle	$[s]$
$S^*(i, \gamma)$	Eclairement direct	$[W \cdot m^{-2}]$
$D^*(i)$	Eclairement diffus	$[W \cdot m^{-2}]$
$G^*(i, \gamma)$	Eclairement globale	$[W \cdot m^{-2}]$

R_S	Rapports d'éclairement direct	$[W \cdot m^{-2}]$
R_D	Rapports d'éclairement diffus	$[W \cdot m^{-2}]$
R_G	Rapports d'éclairement global	$[W \cdot m^{-2}]$
E_0	Éclairement extraterrestre normale.	$[W \cdot m^{-2}]$
E_b	Éclairement normal (direct)	$[W \cdot m^{-2}]$
E_d	Éclairement diffus horizontal	$[W \cdot m^{-2}]$
E_t	Éclairement totale	$[W \cdot m^{-2}]$
$E_{t,b}$	Composante du faisceau provenant du disque solaire	$[W \cdot m^{-2}]$
$E_{t,d}$	Composante diffuse	$[W \cdot m^{-2}]$
$E_{t,r}$	Reflète du sol provenant du sol	$[W \cdot m^{-2}]$
ϕ	l'azimut du soleil	$[^\circ]$
γ_d	Valeur de la droite de pente du local	$[kJ / kg \text{ d'eau}]$
ψ	L'azimut de surface	$[^\circ]$
τ_d	Éclairements diffus profondeur optique	—
τ_b	Éclairements normal profondeur optique	—
ω	Angle solaire	$[^\circ]$
δ	Déclinaison solaire	$[^\circ]$
β	Déclinaison solaire	$[^\circ]$
ν	Viscosité cinématique	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
μ	Viscosité dynamique	$[Kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$
ρ	Masse volumique	$[Kg \cdot m^{-3}]$
n	Numéro de jour	—
φ	L'Angle avec le Sud	$[^\circ]$

- [6] A. Harmim, M. Merzouk, M. Boukar et M. Amar. 'Design et test expérimental d'un concentrateur parabolique composé non-symétrique pour la cuisson solaire'.
- [7] A. M'Rouï, S. Mouhous, A. Malek et B. Benyoucef. 'Etude statistique du rayonnement solaire à Alger'.

Référence bibliographie

- [1] ASHRAE, *handbook fundamentals*, 2009.
- [2] Energie solaire, calculs et optimisation, Jacques BERNARD, 2004.
- [3] J.D. Mondol, Y.G. Yohanis and B. Norton, 'Solar Radiation Modelling for the Simulation of Photovoltaic Systems', *Renewable Energy*, Vol. 33, N°5, pp. 1109 - 1120, 2008.
- [4] S. Silvestre, 'Review of System Design and Sizing Tools', in *Practical Handbook of Photovoltaics*, Amsterdam: Elsevier Science, pp. 543 – 561, 2003.
- [5] J.A. Duffie and W.A. Beckman, 'Solar Engineering of Thermal Processes', 3rd Ed. John Wiley and Sons, 2006.

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa

08000 Bechar - ALGERIA

Tel: +213 (0) 49 81 90 24

Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com

Submission mail: submission.bechar@gmail.com

Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>
