

## Corrélation de la Fraction Diffuse de l'Irradiation Solaire en Algérie

M. Chikh, A. Malek et M. Drif

Laboratoire Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelables  
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger

**Résumé** - Cet article présente une analyse du rayonnement horaire solaire, diffusé sur une surface horizontale et recommande une équation pour déterminer le taux horaire du rayonnement diffus/global reçu sur une surface horizontale, pour trois sites algériens à savoir : Alger, Béchar et Tamanrasset. Les corrélations établies pour les sites cités ci-dessus ont été comparées à des corrélations établies par Liu-Jordan (1960), Orgill and Hollands (1977), Erbs et al. (1982) et DT Reindl (1990). La validation du modèle établie dans cette récente étude repose sur le calcul des indicateurs statistiques de validation (CRSS) et (MAB) erreurs, mettant en évidence l'amélioration apportée par cette nouvelle corrélation de la fraction diffuse vis à vis du type de Liu-Jordan.

**Abstract** - This article presents an analysis of the solar time radiation diffused on a horizontal surface and recommends an equation to determine the time rate of the diffuse/global radiation received on a horizontal surface for three Algerian sites with knowing: Algiers, Bechar and Tamanrasset. The correlations established for the sites quoted above were compared with correlations established by Liu-Jordan (1960), Orgill and Hollands (1977), Erbs and al. (1982) and DT Reindl, (1990). The validation of the model established in this recent study tests on the calculation of the statistical indicators of validation (CRSS) and (MAB) errors, underlining the improvement made by this new correlation of the diffuse fraction with respect to the type of Liu-Jordan.

**Mots clés:** Fraction diffuse - Rayonnement solaire global - Indice de clarté - Corrélation.

### 1. INTRODUCTION

La conception, le dimensionnement et la gestion optimale des systèmes énergétiques passent impérativement par la connaissance des conditions météorologiques auxquels sont soumis ces systèmes. Celle-ci doit nécessairement s'appuyer sur des méthodes statistiques relativement fines.

En effet, la conception et les dimensions d'un système énergétique dépendent en partie de valeurs instantanées des variables météorologiques.

C'est dans cette optique que nous nous sommes amenés à développer des modèles statistiques temporels de l'irradiation solaire d'un site avec un pas de temps de l'heure mettant ainsi en évidence la relation directe entre l'éclairement solaire globale et sa composante diffuse.

Trois années de données mesurées de l'irradiation solaire issue de deux sites algériens (Béchar et Tamanrasset) et une année de mesure pour le site d'Alger, ont été employées pour ce but.

Le premier travail accompli par Liu-Jordan [1] donnait une relation entre l'irradiation diffuse journalière et l'irradiation globale journalière sur une surface horizontale. Considérant que cette corrélation est une originalité dans ce domaine et développée pour des valeurs journalières, elle a été utilisée pour le calcul de la fraction diffuse horaire en fonction de l'indice de clarté  $K_t$ . Tandis que d'autres auteurs ont développé des corrélations de la fraction diffuse spécialement pour des intervalles horaires.

Orgill and Hollands [2], Erbs et al. [3] corrôlaient la fraction diffuse avec l'indice de clarté  $K_t$  où l'irradiation solaire sous ciel clair,  $I_c$  remplace l'irradiation extraterrestre dans la définition de  $K_t$ .

Le modèle, élaboré dans cette étude, basé sur  $K_t$  (référé aux types de modèles établis par Liu-Jordan [1]) convient nettement mieux parce qu'il ne nécessite qu'une seule variable d'entrée, qui est l'irradiation globale horaire horizontale  $I_g$ .

Dans le but de réduire l'erreur standard des modèles établis par les auteurs précédents, cette présente étude se répartit en quatre étapes :

- En première étape, les données utilisées dans cette étude sont introduites.
- Dans une seconde étape, le traitement de ces données est établi après examen de leur fiabilité.
- Dans une troisième étape, une nouvelle corrélation, spécifiquement pour l'Algérie, de la fraction diffuse horaire est présentée.
- Quatrièmement, la relative amélioration apportée par la nouvelle corrélation a été quantifiée.

## 2. BASE DE DONNEES

Des données issues des trois sites à étudier (avec un minimum d'une année de données pour chaque site) ont été utilisées pour l'examen de l'influence de l'indice de clarté sur la fraction diffuse. Le tableau 1 donne les sites étudiés, et la période d'acquisition de leurs données.

Ces données proviennent de l'Office National de la Météorologie (O. N. M.). La probité et la validité des corrélations empiriques établies sont liées à la quantité et la qualité des données utilisées dans le développement de la modélisation. En présumant que la quantité suffisante des données existe, mais cela n'empêche pas, et même exige, que la qualité de ces données soit bien analysée.

**Tableau 1:** Base de données

Site	Alger	Béchar	Tamanrasset
Latitude	36.43°	31.6°	22.8°
Période de données	Du 01 / 01 1992 Au 31 / 12 / 1992	Du 01 / 01 1990 Au 31 / 12 / 1992	Du 01 / 01 1990 Au 31 / 12 / 1992

En effet, trois types de contrôle de ces données ont été effectués pour identifier les données manquantes, données qui ne reflètent guère un sens physique. Lorsqu'une donnée est considérée comme valeur manquante ou erronée, cette zone est comblée par une série de chiffres indiquant clairement les observations erronées. Une telle heure présentant une donnée manquante ou erronée est automatiquement éliminée. Deuxièmement, une telle heure avec une mesure physiquement non valable est également éliminée : les heures avec une irradiation négative, la fraction diffuse supérieure à 1.

Sous des conditions à ciel couvert (valeurs de  $K_t$  basses), il est raisonnable de penser qu'une large portion de l'irradiation solaire serait dispersée par des nuages dans l'atmosphère entraînant ainsi une quantité importante de la fraction diffuse.

Le cas 1 donne la limite de la fraction diffuse sous ciel couvert. Et si une mesure horaire donnant la valeur de la fraction diffuse inférieure à 0.9 pour un indice de clarté inférieur à 0.2, cette mesure est alors éliminée. Similairement, le cas 2 donne la limite de la fraction diffuse sous ciel clair.

### Cas 1

$$\frac{I_d}{I_g} < 0.9 \quad \text{et} \quad K_t < 0.2$$

### Cas 2

$$\frac{I_d}{I_g} > 0.8 \quad \text{et} \quad K_t > 0.6$$

Ces tests réalisés permettent d'en éliminer les données fausses en minimisant ainsi les impacts qui entraînent des dérives dans la corrélation à établir.

Après avoir fait le traitement de ces données, le nombre de données pris pour cette étude, respectivement pour chaque site est de 1165 pour Alger, 8238 pour Béchar et 7244 heures de données pour Tamanrasset.

## 3. DEVELOPPEMENT DE CORRELATIONS DE LA FRACTION DIFFUSE

Les modèles de la fraction diffuse du rayonnement solaire global, se trouvant dans diverses littératures, montrent que le rapport  $I_d / I_g$  peut s'établir dans trois (03) régions ou intervalles de  $K_t$ .

Pour de très faibles valeurs de  $K_t$  la valeur de  $I_d / I_g$  se rapproche de l'unité, cette région de  $K_t$  est à ciel complètement couvert. Au-delà de cette région, le rapport de  $I_d / I_g$  décroît significativement jusqu'à atteindre son minimum (cette région étant considérée partiellement couverte) et se stabilise relativement pour des valeurs de  $K_t$  proches de 1 (région à ciel clair). Les intervalles limites de  $K_t$  pour ces valeurs diffèrent d'un auteur à un autre. Dans cette étude, les limites utilisées de  $K_t$  sont :

$$0 \leq K_t \leq 0.175 \quad 0.175 \leq K_t \leq 0.87 \quad 0.87 \leq K_t$$

Ces limites sont établies en réponse aux critères édictés de minimisation de l'erreur standard des corrélations. Les modèles élaborés pour ces sites sont :

• Pour le site de Béchar

$$0 \leq K_t \leq 0.175 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1 - 0.30 K_t \quad (1a)$$

$$0.175 \leq K_t \leq 0.87 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1.137 - 1.077 K_t \quad (1b)$$

$$0.87 \leq K_t \quad \frac{I_d}{I_g} = 0.2024 \quad (1c)$$

• Pour le site de Tamanrasset

$$0 \leq K_t \leq 0.175 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1 - 0.64 K_t \quad (2a)$$

$$0.175 \leq K_t \leq 0.87 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1.052 - 0.935 K_t \quad (2b)$$

$$0.87 \leq K_t \quad \frac{I_d}{I_g} = 0.24 \quad (2c)$$

• Pour le site d'Alger

$$0 \leq K_t \leq 0.175 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1 - 0.232 K_t \quad (3a)$$

$$0.175 \leq K_t \leq 0.87 \quad \frac{I_d}{I_g} = 1.17 - 1.23 K_t \quad (3b)$$

$$0.87 \leq K_t \quad \frac{I_d}{I_g} = 0.203 \quad (3c)$$

Les corrélations décrites ci-dessus (identifiées comme Ktcor) sont comparées entre elles (Fig. 1) pour mettre en évidence la différence du climat des trois sites entraînant ainsi un écart notable entre les valeurs de la fraction diffuse spécifique pour chaque site.

Ces corrélations sont similaires à celles établies par Orgill et al [2], Erbs et al. [31 et DT Reindl [4] comme cela est présenté en Fig. 2. Chacune de ces corrélations établies est basée sur des données météorologiques entièrement indépendantes.

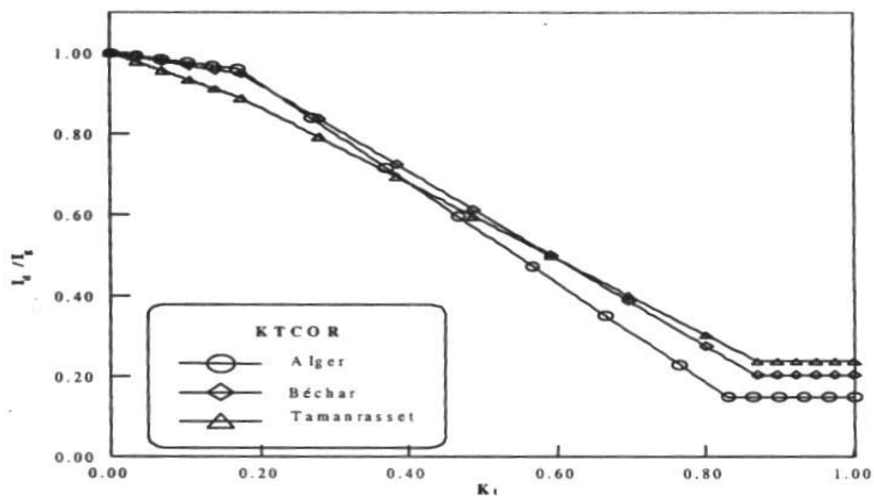


Fig. 1. Corrélation de la fraction diffuse pour les trois sites algériens

#### 4. VALIDATION DU MODELE

Les performances des modèles établis pour l'Algérie, ont été examinées en effectuant des tests statistiques sur les valeurs de la fraction diffuse estimée du rayonnement solaire.

Le premier test est une comparaison simplifiée des résidus composites des sommes quadratiques (**CRSS** : Composite Residual Sum of Squares), défini dans l'expression suivante :

$$CRSS = \sum \left[ \left( I_d / I_g \right)_{est} - \left( I_d / I_g \right)_{mes} \right]^2$$

Quant au deuxième test, il consiste au calcul de l'erreur moyenne absolue (**MAB** : Mean Absolute error) donnée par la relation suivante :

$$MAB = \sum \left\{ \text{Abs} \left[ \left( I_d / I_g \right)_{est} - \left( I_d / I_g \right)_{mes} \right] \right\} / N$$

En appliquant ces deux relations sur les données complètes, le tableau 2 présente les résultats des tests statistiques appliqués à la nouvelle corrélation.

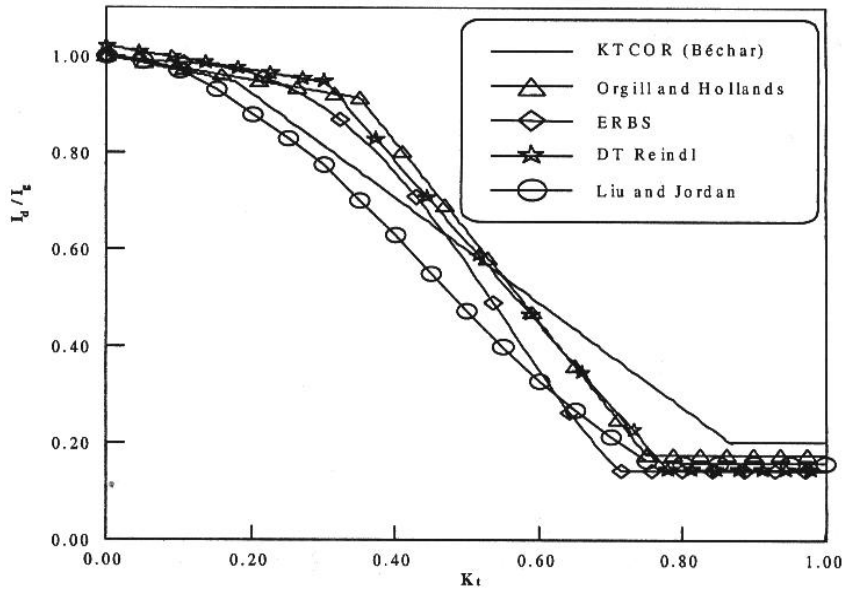


Fig. 2. Corrélation de la fraction diffuse incluant Ktcor

A une vue globale, la nouvelle corrélation de la fraction diffuse (référée Ktcor (Béchar)) apporte une amélioration (en utilisant les données du même site (Béchar)), de 22.22 % sur la valeur de CRSS comparée à celle d'Alger. Une légère augmentation (16.64 %) de la valeur de CRSS comparée à celle de Tamanrasset.

En comparant le modèle Ktcor (Béchar) aux modèles établis par d'autres auteurs, on trouve pour celui établie par Orgill and Hollands, une performance de 60 % et pour celui de DT Reindl, une performance de 50.09 %.

**Tableau 2:** Résultats des tests statistiques appliqués sur la nouvelle corrélation et un groupe de modèles existants dans la littérature avec une différence de pourcentage utilisant le modèle Ktcor (Béchar) comme référence

Modèle	CRSS	MAB
<b>Ktcor (Béchar)</b>	120.432	0.0962
<b>Ktcor (Alger)</b>	154.837	0.1077
<b>Ktcor (Tamanrasset)</b>	128.993	0.1045
<b>DT Reindl</b>	241.305	0.1454
<b>Erbs</b>	305.426	0.1622
<b>Orgil and Hollands</b>	301.726	0.1663
<b>Liu-Jordan</b>	229.342	0.1331

## 5. CONCLUSION

L'étude statistique des données météorologiques des locations de l'Algérie (Alger, Béchar et Tamanrasset) a conduit à l'établissement de modèles statistiques temporels donnant les valeurs de la fraction diffuse en fonction de l'indice de clarté.

La nouvelle corrélation établie dans cette présente étude apporte une amélioration notable en diminuant l'erreur standard, par rapport aux modèles existants dans diverses littératures, d'un taux qui dépasse 40 %.

## NOMENCLATURE

CRSS	: Composite Residual Sum Square
MAB	: Mean ABSolute error
$I_d$	: Rayonnement diffus horaire ( $J/cm^2$ )
$I_g$	: Rayonnement global horaire ( $J/cm^2$ )
$K_t$	: Indice de clarté horaire

## REFERENCES

- [1] B.Y.H. Liu and R.C. Jordan, 'The Interrelation and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation', Solar Energy, Vol 4, pp. 1-19, 1960.
- [2] J.F. Orgill and K.G.T. Hollands, 'Estimation Equation for Hourly Diffuse Radiation on Horizontal Surface', Solar Energy, Vol. 19, n°4, pp. 357-359, 1977.
- [3] D.G. Erbs, S.A. Klein and J.A. Duffie, 'Estimation of the Diffuse Radiation Fraction for Hourly, Daily and Monthly-Average Global Radiation', Solar Energy, Vol 28, n°4, pp. 293-302, 1982.
- [4] DT Reindl, W.A. Beckman and J.A. Duffie, 'Diffuse Fraction Correlation', Solar Energy, Vol. 45, n°1, pp. 1-7, 1990.
- [5] R. Astier, C. Duhamel et C. Bernard, 'Modèles de Précision et de Simulation de l'Irradiation Solaire au Pas de Temps de l'Heure', Revue Physique Appliquée, n°18, pp. 29-38, 1983.
- [6] R.J. Stone, 'Improved Statistical Procedure for the Evaluation of Solar Radiation Estimation Modeles', Solar Energy, Vol. 51, pp. 289-291, 1993.
- [7] M.A.C. Chendo and A.A.L. Maduek, 'Hourly Global and Diffuse Radiation of Lagos – Correlation with Some Atmospheric Parameters', Solar Energy, Vol 52, n°3, pp. 247-251, 1994.
- [8] C.P. Jacovidies, L. Hadjiannou, S. Pashiardis and L. Stefanou, 'On the Diffuse Fraction of Daily and Monthly Global Radiation for the Island of Cyprus', Solar Energy, Vol 56, n°6, pp. 565-572. 1996.