

# Disponibilité des jours pour la cuisson solaire à Ain Sefra

Mahmoud HAOUARI <sup>1\*</sup>, Mokhtar TAHRAOUI <sup>1</sup>

## Résumé

En terme de gisement solaire, les produits généralement disponibles aujourd'hui en Algérie, expriment ce gisement dans un pas de temps annuel jusqu'à mensuel. On se propose dans cet article de définir une méthode statistique pour aboutir à un produit permettant d'avoir, avec une probabilité confortable, un certain nombre d'heures d'insolation le matin et le soir et ceci, pour chaque jour de l'année

## Mots Clés:

Insolation — Statistique quantiles — Cuisson solaire — Désertification — Ain Sefra

<sup>1</sup>Département Météorologique Régional Ouest, Algérie

\*Correspondant: mahmoud\_haouari@yahoo.fr

## 1. Introduction

La désertification se définit comme la dégradation des sols dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches. Elle se produit lorsque les sols sont fragiles, le couvert végétal amenuisé et le climat particulièrement impitoyable.

Les principales causes de la désertification sont les variations du climat et les activités humaines, généralement elles agissent de façon combinée :

**Variations du climat** Lorsque les températures sont élevées pendant plusieurs mois, elles provoquent des sécheresses qui empêchent la végétation de se développer.

**Activités humaines** Les activités humaines qui entraînent la désertification sont principalement liées à l'agriculture :

- Le surpâturage détruit le couvert végétal qui protège les sols contre l'érosion
- la surexploitation épuise les sols
- le déboisement détruit les arbres qui maintiennent la terre sur le sol. Le bois est la principale source d'énergie domestique (éclairage, cuisson) dans de nombreuses régions arides.

La lutte contre la désertification repose essentiellement sur l'atténuation des causes qui contribuent à la désertification.

La zone ciblée pour cette étude est la partie sud du nord-ouest de l'Algérie. De part sa position géographique, la pluviométrie de cette région dépasse rarement 100 mm. La saison des pluies est très brève et se répartie sur à peine une cinquantaine de jours.

Dans le cadre d'un développement durable de ces zones, à un moment ou à un autre, si l'on veut lutter contre la désertification, le choix de l'utilisation des énergies renouvelables est incontournable. L'utilisation de l'énergie solaire avec des équipements de faible coût, reste une solution viable.

Mais faudra t-il déterminer si les ressources solaires sont suffisantes et également bien distribuées durant la journée d'une part, et durant la succession des jours de l'année d'une autre part.

## 2. But de l'étude

L'objectif principal de cette étude étant de trouver une méthodologie, sous la forme d'un traitement statistique, pour étudier les séries quotidiennes d'insolation obtenue à la station de Ain Sefra.

Par cette méthodologie, nous voulons aboutir à un calendrier durant l'année donnant la durée d'insolation disponible avec suffisamment de confiance.

Comme nous avons choisis comme application la cuisson solaire, il est important que ce calendrier réponde à la question suivante : quelle est la ressource solaire disponible avec une probabilité confortable, le matin et le soir d'un jour  $j$  de l'année ?

## 3. Matériel et critique des données

A cet effet, nous disposons de séries de données de l'insolation quotidienne, totalisée le matin et le soir dans la station de Ain Sefra (latitude :  $32^{\circ} 45'$  Nord, longitude :  $00^{\circ} 36'$  Ouest et altitude : 1058 mètres) de 1977 à 2005

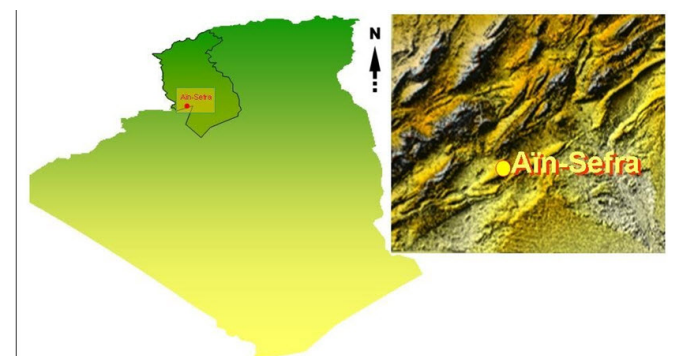


Figure 1. Position géographique de la station de Ain Sefra

Les mesures héliographiques ont débuté avec la réouverture de la station d'Ain Sefra en 1977. Elles sont faites à l'aide d'héliographe de Campbell-Stokes, de fabrication Casella (Figure 2).

Le dépouillement des diagrammes (Figure 3) d'insolation est effectué manuellement par l'observateur à la station d'observation. Pour être validée, une mesure journalière doit être inférieure ou égale à la durée du jour.



Figure 2. Héliographe

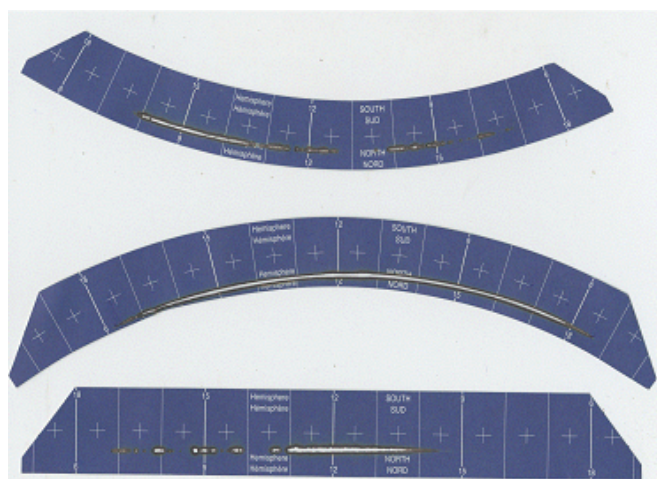


Figure 3. Diagrammes d'insolation

L'analyse fréquentielle des données d'insolation (Figure 4) montre que le pourcentage des journées sans soleil est presque nul en été et ne dépasse pas 2% pendant la saison hivernale. La zone est très propice pour la cuisson à l'énergie solaire. En effet, à l'exception des mois de décembre et janvier, la durée de l'insolation moyenne dépasse 4 heures aussi bien le matin que le soir.

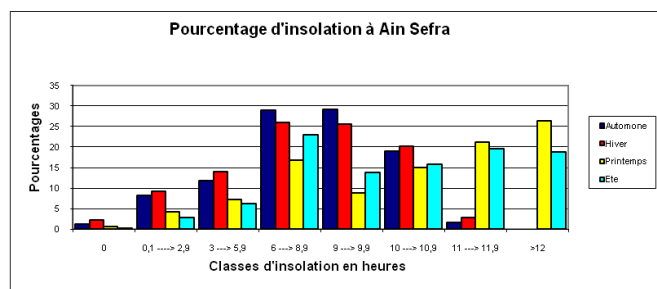


Figure 4. Pourcentage d'insolation à Ain Sefra (1977-2005)

#### 4. Choix de la méthodologie adoptée

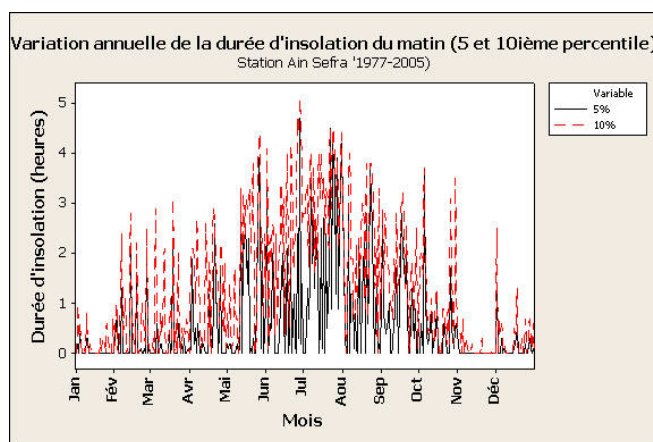
La méthodologie qu'on adoptera est décrite dans Stern et al. (2006). Elle a été utilisée pour les données de précipitations, mais peut être utilisée pour d'autres données

climatiques de disposition circulaire.

Pour par exemple le matin, nous disposons de 366 variables (jours de l'année) de 29 observations (1977-2005) sauf pour la variable 60 représentant le 29 février. Il s'agit de calculer le point de pourcentage 10% qui représente une probabilité confortable, puisque il est égalé ou dépassé 9 années sur 10.

#### Distribution libre

En premier lieu, nous calculons pour chaque jour le 10<sup>ième</sup> percentile par une distribution libre. La figure 5 montre que la variation annuelle est trop variable pour une utilisation sous forme de calendrier ; les estimations sont affectées par beaucoup de bruit.

Figure 5. Variation annuelle des 5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> percentile de l'insolation du matin à Ain-Sefra (1977-2005)

#### Ajustement par une loi de probabilité

Vu que la distribution libre nous ne permet pas d'avoir des estimations correctes du 10<sup>e</sup> percentile, on a fait appel à des lois de distribution statistiques dont les paramètres sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance Venables and Ripley (2002) Delignette-Muller and Dutang (2015). Cinq lois sont testées sur les données journalières (matin et soir) de l'insolation, le tableau 1, qui résume les résultats que nous avons obtenus sur les 366 variables, donne le niveau de signification du test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov (K-S) pour une variable de chaque saison Conover (1971) Marsaglia et al. (2003). Les résultats indiquent qu'au niveau de 0.05, aucune loi continue ne semble ajuster correctement nos séries quotidiennes (les  $\alpha_{calculées}$  sont généralement inférieurs à  $\alpha_{critique} = 0.05$ ).

Cette constatation est due principalement, pour un jour  $j$  de l'année, à la variabilité inter-annuelle de l'insolation et à la présence de valeurs nulles.

#### Analyse des données pentadaires

Devant cette difficulté d'ajuster correctement les séries quotidiennes, nous envisageons de les résumer sur un pas de temps supérieur au pas quotidien mais qui reste assez précis pour ne pas gommer la précision de la variabilité d'un jour à l'autre.

Le pas de temps, qui nous semble le plus raisonnable étant la pentade. A partir des 366 variables quotidiennes, nous calculons les moyennes pentadaires effectuées sur un pas de temps de 5 jours. On aboutit ainsi à 73 variables circulaires.

**Table 1.** Niveau de Signification du test de K-S d'ajustement de 5 lois continues des données journalières d'insolation. Station Ain-Sefra ( 1977-2005)

Lois	$\alpha_{calculée}$ 1er janvier		$\alpha_{calculée}$ 1er avril		$\alpha_{calculée}$ 1er juillet		$\alpha_{calculée}$ 1er octobre	
	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir
Normale	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Bêta	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Gamma	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Weibull	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Exponentielle	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

L'ajustement des séries pentadaires donne de bons résultats avec le choix de la loi Gamma. Le tableau 2 montre les résultats du test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov, dont les niveaux de signification dépassent largement la valeur critique de 0.05.

**Table 2.** Niveau de Signification du test de K-S d'ajustement de 5 lois continues des données journalières d'insolation. Station Ain-Sefra ( 1977-2005)

Loi gamma	1 <sup>er</sup> pentade		2 <sup>e</sup> pentade	
	Matin	Soir	Matin	Soir
$\alpha_{calculée}$	0.65	0.36	0.42	0.35
Loi gamma	3 <sup>e</sup> pentade		4 <sup>e</sup> pentade	
	Matin	Soir	Matin	Soir
$\alpha_{calculée}$	0.36	0.71	0.29	0.90

Pour ajuster obtenir les meilleures estimations afin de répondre à nos objectifs, nous testons 4 méthodes d'estimation du 10<sup>e</sup> percentile :

**Méthode 1 :** Utilisation uniquement d'une distribution libre.

**Méthode 2 :** Ajustement des séries pentadaires par la loi Gamma.

**Méthode 3 :** Ajustement des séries pentadaires par la loi gamma avec lissage des résultats par la moyenne mobile sur trois valeurs en attribuant respectivement les poids 0.25, 0.5 et 0.25.

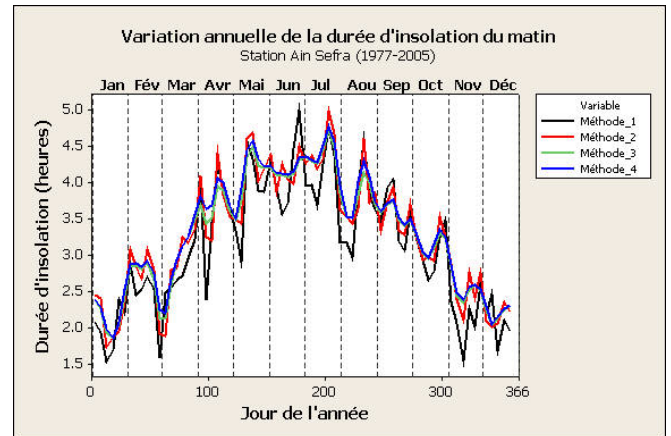
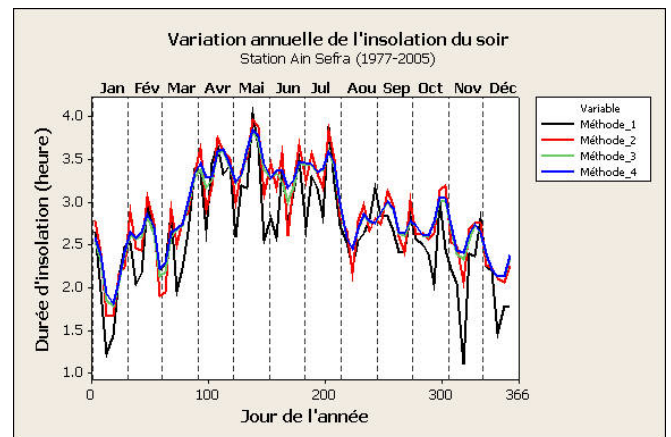
**Méthode 4 :** Ajustement des séries pentadaires par la loi gamma avec lissage des 2 paramètres de la loi par la moyenne mobile sur trois valeurs en attribuant respectivement les poids 0.25, 0.5 et 0.25.

Les figures de 6 et 7 montrent que seules les méthodes 3 et 4 donnent de très bons estimations du 10<sup>e</sup> percentile. Bien que la méthode 4 soit beaucoup plus gourmande en calcul, elle n'apporte pas beaucoup de précision par rapport à la méthode 3. Toutefois, il est préférable d'utiliser la méthode 4, car aujourd'hui le coût de tels calculs est négligeable.

## 5. Résultats

Les résultats de nos traitements sont exposés dans la Figure 8 pour l'insolation disponible le matin et dans la Figure 9 pour celle disponible le soir.

En remarque tout de suite que l'insolation disponible le matin est nettement supérieure à l'insolation disponible le soir. Cette anomalie peut s'expliquer par la position géographique de la station de Ain Sefra. Sur la Figure 1, on remarque que le côté est de la station est dégagé, par contre sur le côté ouest se dresse une imposante barrière

**Figure 6.** Variation annuelle du 10<sup>e</sup> percentile de l'insolation du matin à Ain Sefra (1977-2005)**Figure 7.** Variation annuelle du 10<sup>e</sup> percentile de l'insolation du soir à Ain Sefra (1977-2005).

de montagne. Cette barrière constitue un obstacle naturel à l'insolation en fin d'après-midi. A cela, il faut ajouter le développement d'orages en fin d'après-midi en été

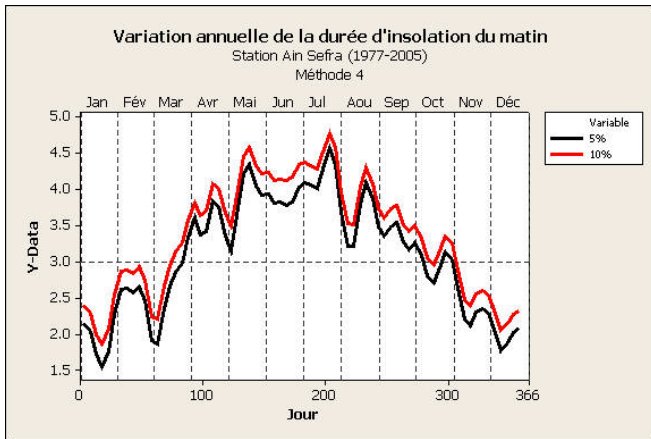
Si l'on considère que nous avons besoin d'au moins 3 heures pour cuire un repas grâce au four solaire, cela est possible de la mi-mars à la mi-octobre pour le matin et de la fin mars à la fin de juillet pour le soir.

Pour plus de confiance, nous avons voulu calculer le point de pourcentage de 5% qui constitue une confiance confortable pour d'autres utilisateurs.

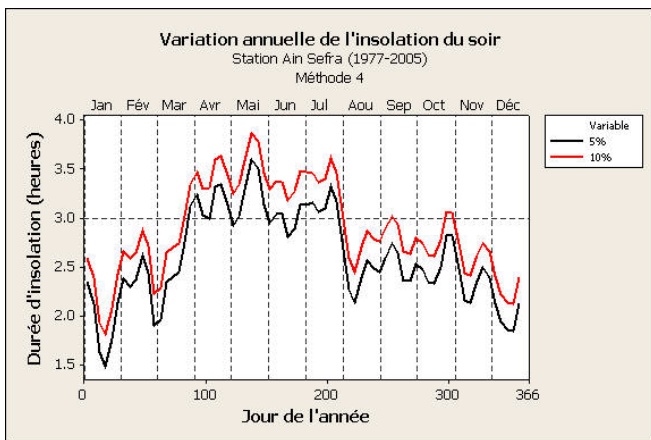
## 6. Conclusions

Cette étude nous a montré que la modélisation statistique qui prenne en compte des données climatiques d'échelle temporelle fine, c'est-à-dire de l'échelle quotidienne à l'échelle horaire reste difficile à mettre en œuvre et utilise des concepts avancés en statistique inférentielle.

Les résultats de cette étude montrent que la position



**Figure 8.** Variation annuelle des 5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> percentiles de l'insolation du matin à Ain-Sefra (1977-2005) Méthode 4.



**Figure 9.** Variation annuelle des 5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> percentiles de l'insolation du soir à Ain Sefra (1977-2005) Méthode 4.

géographique de la zone d'utilisation de l'information compte énormément et qu'il est difficile d'extrapoler des données du gisement solaire sans prendre en compte le relief.

Enfin, un tel calendrier peut être utilisé par beaucoup d'autres utilisateurs de l'énergie solaire et peut être personnalisé suivant leur besoin d'une part, et leurs risques d'une autre part.

## Références

- Conover, W. J. (1971). *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons.
- Delignette-Muller, M. L. and Dutang, C. (2015). fitdistrplus : An r package for fitting distributions. *Journal of Statistical Software*.
- Marsaglia, G., Tsang, W. W., and Wang, J. (2003). Evaluating kolmogorov's distribution. *Journal of Statistical Software*.
- Stern, R., Rijks, D., Dale, I., and Knock, J. (2006). *Instat Climatic Guide*.
- Venables, W. and Ripley, B. (2002). *Modern applied statistics with S*. Springer, New York.