

## Etude expérimentale du trouble atmosphérique sur le site de Ghardaïa

S. Benkaciali<sup>a</sup> et K. Gairaa

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAER)  
B.P. 88, Z.I., Gart Taam, Ghardaïa, Algérie

(reçu le 25 Mai 2009 – accepté le 25 Décembre 2009)

**Résumé** - Ce travail présente une étude qualitative et quantitative du trouble atmosphérique au site de Ghardaïa. Il s'agit de la détermination du facteur de trouble de Linke  $T^*_L$ , à partir des mesures instantanées données par une station radio métrique, qui utilise un système de poursuite à trois dimensions. Les mesures effectuées ont permis de déterminer ce coefficient, et de prédire sa variation annuelle et mensuelle qui présente un maximum au mois d'août (l'absorption par la vapeur d'eau est importante et une faible diffusion par les aérosols) et aussi une valeur importante du trouble au mois de juin (forte diffusion par les grains de sables), et un minimum en hiver (faible absorption par la vapeur d'eau et faible diffusion par les aérosols), à l'exception d'une période courte des tempêtes de sable (entre Mars et Mai) où la diffusion des aérosols grain de sable est prépondérante. D'après notre étude et nos observations sur site, on a constaté qu'il y a deux saisons principales à Ghardaïa (chevauchement des deux saisons).

**Abstract** - This work presents a qualitative and quantitative study of atmospheric turbidity in Ghardaïa site. It is about the determination of Linke turbidity factor from instantaneous measurements data by a radiometric station which uses three dimensional tracking systems. The data uses allowed determining this factor and predicting the annual and monthly variation, which present a maximum in August (absorption by the steam is important and a weak diffusion by the aerosols), also an important value of the Link factor in June (important diffusion by the sand grains), and a minimum in winter (weak absorption by the steam and weak diffusion by the aerosols), except for a short period of the sandstorms (between Mars and May) or diffusion of grain sand is dominating. According to our studies and our observations, we distinguish two main seasons for Ghardaïa site.

**Mots clés:** Rayonnement solaire direct – Système de poursuite – Facteur de trouble de Linke, Masse atmosphérique – Formule de Kasten.

### 1. INTRODUCTION

Lorsque le rayonnement solaire direct traverse l'atmosphère terrestre, il subit une atténuation due à la diffusion par les molécules d'air et les aérosols et à l'absorption par diverses composantes atmosphériques, notamment l'ozone, la vapeur d'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone.

L'extinction de la radiation dépend fortement de l'état du ciel (nuageux ou clair), de la pureté de l'atmosphère et de la quantité de gaz absorbants. Quelques atténuateurs de la radiation solaire sont permanents et presque constants dans l'atmosphère, d'autres changent d'un lieu à un autre ou varient en fonction du temps.

---

<sup>a</sup> b\_gisement1@yahoo.fr

L'atténuation est causée par les deux mécanismes: l'absorption par la vapeur d'eau et la diffusion par les aérosols est connue comme une turbidité atmosphérique représentée par les coefficients de trouble d'Angström ( $\beta$ ) ou par le facteur de trouble de Linke  $T_L^*$ .

Ce dernier permet de comparer une atmosphère réelle à une atmosphère idéale sèche où n'existe que la diffusion par les molécules d'azote, d'oxygène, et l'absorption par l'ozone.

Il est défini comme étant le nombre d'atmosphère pure et sèches (sans aérosols ni vapeur d'eau) qu'il serait nécessaire d'accumuler au-dessus du lieu de mesure pour aboutir, dans les mêmes conditions géo astronomiques, au même affaiblissement du rayonnement solaire direct produit par l'atmosphère trouble étudié.

L'objectif de cette étude est de reporter des données sur la turbidité atmosphérique utilisant le facteur de trouble de Linke calculé à partir de mesures des éclaircissements solaires directs au site de Ghardaïa (lat. = 32.36 N, long. = 3.81 E, alt. = 450 m). Ses variations journalières et mensuelles sont étudiées et analysées.

## 2. MESURE DES IRRADIATIONS SOLAIRES

Dans ce travail, nous avons utilisé les données collectées pendant une période de douze mois. Les mesures ont été effectuées de façon régulière et instantanée à l'aide de la station radio métrique, qui utilise un système de poursuite à trois dimensions (Fig. 1).



Fig. 1: Vue d'ensemble de la station radio métrique (SunTracker)

Nous avons utilisé un pyréliomètre de type EKO qui suit instantanément le soleil et nous avons pu mesurer avec ce dernier, la radiation solaire directe normale.

Quelques journées claires pour chaque mois de l'année ont été sélectionnées. Afin d'éliminer certains effets indésirables dues au lever et au coucher du soleil, tels que la réflexion avec l'environnement et l'effet masque sur l'appareil de mesure, nous avons effectué une étude, heure par heure seulement entre 8 h 00 et 16 h 30 (temps légal).

Pour ne pas prendre en considération l'effet des nuages, nous avons sélectionné les mesures effectuées au cours des journées dégagées.

### 3. FORMULE PYRHELIOMETRIQUE

La radiation solaire directe, intégrée sur tout le spectre, et reçue à la surface de la terre peut être exprimée de la manière suivante:

$$I_N = I_0 \times c(N) \times \exp(-k \cdot m) \quad (1)$$

Où  $c(N) = (R_0/R)$ , avec  $R$  et  $R_0$  qui sont respectivement la distance terre-soleil moyenne la distance instantanée,  $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$  est la constante solaire et  $k$  est le coefficient d'atténuation.

Pour une élévation angulaire solaire  $h > 10^\circ$ , l'approximation suivante est acceptable:

$$m = 1 / \sin(h) \quad (2)$$

Le facteur de trouble de Linke  $T_L$  est donné à partir de l'expression [1]:

$$I_N = I_0 \times c(N) \times \exp(-T_L^* \cdot k_0 \cdot m) \quad (3)$$

Où  $k_0$  est le coefficient d'atténuation pour une atmosphère pure et sèche.

Ainsi  $T_L$  peut être exprimé comme suit:

$$T_L^* = 1 / (k_0 \cdot m) \times \ln(I_0 \times c(N) / I_N) \quad (4)$$

La formule suivante proposée par Kasten [1] et [2]:

$$1 / (k_0 \cdot m) = 0.9 + 9.4/m \quad (5)$$

a été généralement utilisée pour le calcul du facteur de trouble de Linke dans la majorité des travaux récents.

Les équations (2), (5) et (4) donnent lieu à la formule simplifiée:

$$T_L^* = (0.9 + 9.4 \times \sin(h)) \times \ln(I_0 \times c(N) / I_N) \quad (6)$$

### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude de la variation du facteur de trouble de Linke calculé sur le site de Ghardaïa pour l'année 2005, montre des valeurs relativement élevées au cours de la saison estivale surtout au mois d'août (Fig. 2).

Ces valeurs élevées peuvent être expliquées par la forte présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère et une très faible diffusion par les aérosols (grains de sable et autres).

Au mois de juin, on a constaté sur le site que la diffusion par les aérosols (grains de sables) est prépondérante et avec un faible taux d'humidité.

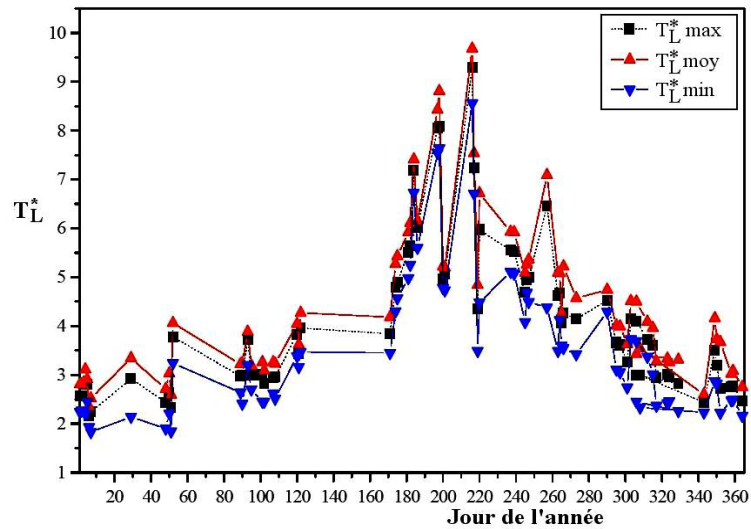


Fig. 2: Evolution au cours de l'année des valeurs moyennes, maximales et minimales journalières du  $T_L^*$

La figure 3 présente les variations mensuelles, sur l'année, et des valeurs moyennes, minimales et maximales de  $T_L^*$ . Ces courbes se resserrent pour les mois 1 à 3 et 10 à 12, mais elles se dispersent pour les mois de 4 à 9, ce qui nous permet de diviser l'année en deux saisons principales.

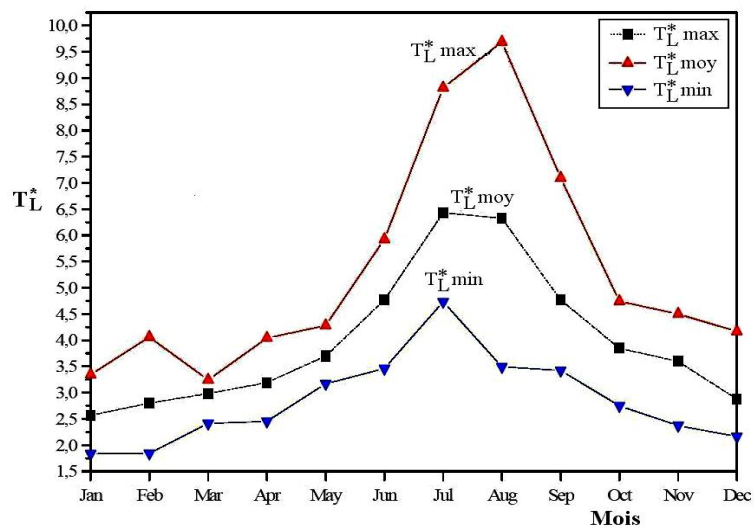


Fig. 3: Variation mensuelle des moyennes, maximums et minimums de  $T_L^*$

Une saison d'été qui s'étale d'avril à septembre, est caractérisée d'après les observations sur site par un climat très chaud.

La saison d'hiver, octobre à mars, est marquée par la faiblesse de vents de sable (sauf pour une période courte de mars à mai), ce qui donne une valeur de  $T_L^*$  qui diminue sensiblement, et dont la valeur maximale est égale à 4,74.

Les figures 4 et 5 présentent l'évolution du facteur de trouble de Linke pour une journée claire, relative à chaque mois d'étude pour les saisons estivale et hivernale. Les valeurs de  $T_L^*$  sont généralement plus élevées aux environs de midi TSV. Ce fait s'explique, par la quantité importante d'aérosols pendant cet intervalle de temps.

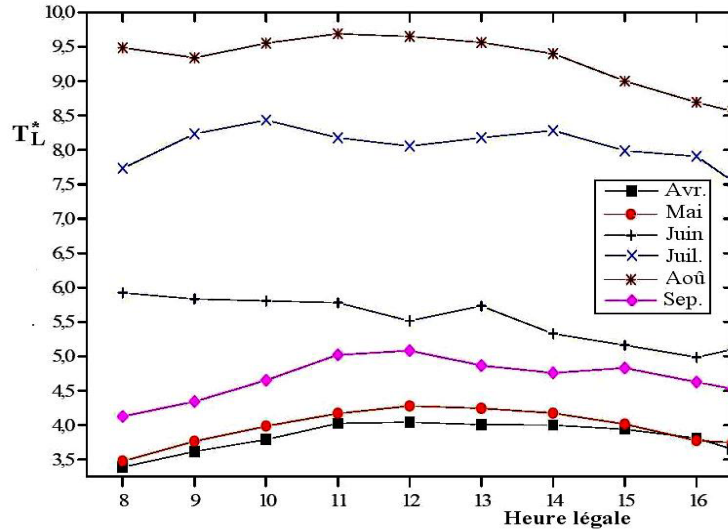


Fig. 4: Variation mensuelle des moyennes, maximums et minimums de  $T_L^*$

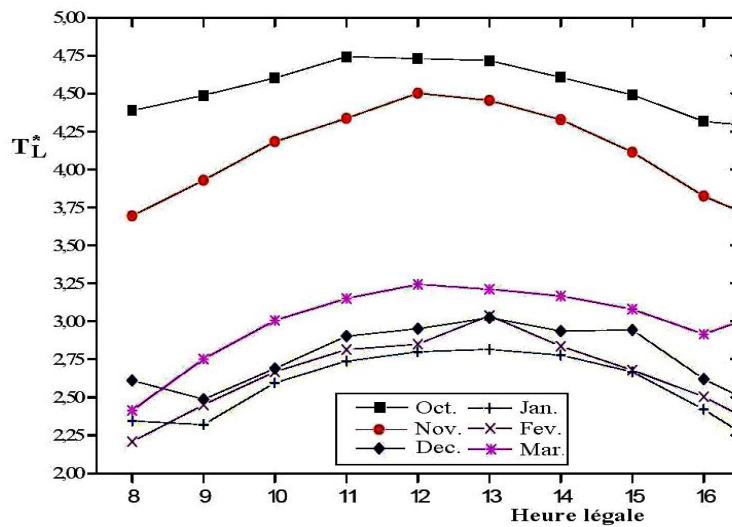


Fig. 5: Variation instantanée de  $T_L^*$  durant la saison hivernale

## CONCLUSION

Pour caractériser l'extinction totale par l'atmosphère due à la diffusion par les aérosols et à l'absorption par la vapeur d'eau de la radiation solaire incidente, le facteur de trouble de Linke est considéré comme étant une mesure très appropriée.

Les valeurs déterminées du facteur de Linke  $T_L^*$  nous informent sur l'état de l'atmosphère locale du site de Ghardaïa.

On note également, la présence d'autres sources d'aérosols, telles que la poussière gazeuse, dégagées par des usines industrielles qui se trouvent à la périphérie du site d'expérimentation.

## NOMENCLATURE

$I_N$  : Eclairement dû au rayonnement direct reçu sur un plan normal ( $W/m^2$ )

$I_0$  : Constante solaire ( $1367 W/m^2$ )

$c(N)$  : Correction de la distance

$N$  : Numéro du jour dans l'année

$k$  : Coefficient d'atténuation pour une atmosphère réelle

$k_0$  : Coefficient d'atténuation pour une atmosphère idéale

$m$  : Masse atmosphérique

$h$  : Hauteur du soleil

$T_L^*$  : Trouble atmosphérique par ciel clair

## REFERENCES

- [1] M. Capderou, '*Atlas Solaire de l'Algérie, Modèles Théoriques et Expérimentaux*', Office des Publications Universitaires, Algérie, 1988.
- [2] F. Kasten, '*A Simple Parameterization of the Pyrheliometric Formula for Determining the Linke Turbidity Factor*', Meteorologische Rundschau, Vol. 33, pp. 124 - 127, 1980.