

## UTILISATION DES DONNEES SATELLITAIRES POUR L'ESTIMATION DU COEFFICIENT DE REFLECTANCE BIDIRECTIONNELLE REEL A L'AIDE DE MESURES SATELLITAIRES.

S. TOURTA, A. MOKHNACHE ET S. SEGHIRI

Laboratoire de physique, Département de physique énergétique, Université Constantine 1, Constantine, Algérie

Reçu le 22/01/2014 – Accepté le 14/11/2014

### Résumé

La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information.

Le rayonnement solaire est atténué par les différents constituants atmosphériques tels que les molécules, les aérosols, les gaz, les gouttelettes nuageuses ou les cristaux de glace. Le but de ce travail est l'estimation du coefficient de réflectance bidirectionnelle sur le site de TAMANRASSET, en utilisant le modèle analytique à bande large, pour les trois heures de prise d'images à pleine résolution, 9h00, 12h00, 15h00 temps universel, et pour des jours de ciel clair à année 1999.

**Mots clés :** *Aérosols atmosphériques, atmosphère, coefficient de réflectance bidirectionnelle, gisement solaire, télédétection.*

### Abstract

The remote detection is the whole knowledge and technics used to determine the physics characteristics of the objets using measurements for away without contact. The remote detection includes the whole process which consists in capturing and storing the energy of an electromagnetic bean emitted or reflected to the treated and to analyze the information to be applied effect.

The solar radiance is attenuated by the different atmospheric constituents such as the molecules, the sprays, gases, the cloudy droplets or the ice crystals.

The butt of this work is the evaluation of the bi-directional reflectance coefficient on the site of TAMANRASSET, while using the analytical large strip model, for the three hours of hold of pictures to full resolution, 9h00, 12h00, 15h00 universal times, and for days of clear sky of 1999 year.

**Keywords:** *solar layer, remote detection, atmospheric sprays atmosphere, coefficient of bi-directional reflectance.*

### ملخص

الالتقاط عن بعد هو مجموعة من المعلومات و التقنيات المستعملة لتحديد الخصائص الفيزيائية للأجسام، وهو يشمل عملية التقاط و تسجيل الطاقة الشمسية المنبعثة أو المنعكسة ليتم معالجتها و تحليلها ومن ثم تطبيق هذه المعلومات.

إن مختلف العناصر المتواجدة في الجو مثل الجزيئات، الغازات... الخ تؤدي إلى نقصان الإشعاع الشمسي، في هذا العمل نهتم بتحديد معامل الانعكاس المزدوج الاتجاه على مستوى سطح الأرض لمنطقة تمنراست و ذلك باستعمال النموذج التحليلي، وذلك بالاعتماد على قياسات القمر الاصطناعي في الأزمنة (9سا، 12سا، 15سا) ومن أجل الأيام التي تكون فيها السماء صافية في عام 1999.

**الكلمات المفتاحية :** *الإشعاع الشمسي، الالتقاط عن بعد، معامل، الجزيئات الجوية، الجو، الانعكاس المزدوج الاتجاه.*

## I. INTRODUCTION

Au niveau du satellite, le signal radiométrique est affecté par la traversée de l'atmosphère terrestre : les deux principaux mécanismes sont l'absorption gazeuse et la diffusion par les molécules et les aérosols, donc l'interaction aérosols-rayonnement est caractérisée complètement lorsqu'on connaît la quantité de rayonnement qu'une population d'aérosols peut éteindre, la contribution de l'absorption à cette extinction, et la distribution angulaire de la diffusion. Les quantités correspondantes sont respectivement l'épaisseur optique, l'albédo de diffusion simple et la fonction de phase. Le sol réfléchissant est caractérisé par le coefficient de réflectance bidirectionnelle  $\rho$  ; L'épaisseur optique de référence des aérosols est de 0,08, c'est le cas d'un ciel bleu foncé. Nous avons ensuite utilisé les mesures de l'épaisseur optique de la station de Tamanrasset pour quantifier les fluctuations du rayonnement global.

La connaissance du rayonnement solaire au sol et sa distribution géographique est très importante pour l'énergie solaire et ces applications. Le rayonnement solaire rediffusé porte la signature des propriétés que l'on caractérise par la réflectance du sol [2], [3].

Les aérosols absorbent et diffusent le rayonnement, l'atténuation par diffusion est caractérisée par l'épaisseur optique des aérosols qui représentent le degré de turbidité de l'atmosphère. Cette turbidité peut être quantifiée à l'aide du coefficient de trouble d'Ångström [1] ou du  $T_L$  de Linke. La connaissance de  $\tau_{ae}$  est importante dans l'estimation du rayonnement solaire du sol à partir des images satellitaires.

Notre étude s'est focalisée sur l'estimation de coefficient de réflectance bidirectionnelle  $\rho_s$  sur le site de TAMANRASSET, en utilisant le modèle analytique à bande large, pour les trois heures de prise d'images à pleine résolution 9h00, 12h00, 15h00 temps universel, et pour des jours de ciel clair à année 1999.

## II. CALCUL DU COEFFICIENT DE REFLECTANCE BIDIRECTIONNELLE

Le rayonnement mesuré au niveau du capteur du satellite météosat est la somme du rayonnement réfléchi par le système sol. Atmosphère donc la luminance mesurée par le capteur est égale à la luminance du sol plus celle d'atmosphère:

$$B_{\text{satellite}} = B_{\text{sol}} + B_{\text{atm}}$$

Le rayonnement solaire réfléchi par l'ensemble sol-atmosphère détecté par le capteur dépend de la nature du sol [4] et de l'état de l'atmosphère. Pour les jours de ciel clair, nous avons observé que la brillance demeure constante pendant plusieurs jours dans le mois: c'est la brillance stable et elle caractérise le beau temps. Dans notre cas, nous avons utilisé un modèle analytique à bande large, où nous avons introduit les corrections atmosphériques.

Le rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère est atténué par absorption, par diffusion, par diffraction et par réflexion atmosphérique.

Au niveau du sol, Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct-normal sur plan horizontal et du rayonnement diffus [5].

Le rayonnement solaire global GL au niveau du sol est calculé comme suit:

$$GL = \mu_s \cdot \cos \theta_s \cdot I_0 \cdot T_{tot}^1 \quad (1)$$

$$T_{tot}^1 = T_{oz}^1 \cdot T_{ve}^1 \cdot \left[ T_{ae}^1 \cdot T_r^1 \cdot (0,5 - f_{dv}) + T_{ae}^1 \cdot 0,5 + T_r^1 \cdot f_{dv} \right] \quad (2)$$

Où  $\mu_s = \cos(\theta_s)$

$\theta_s$  est la distance zénithale du soleil.

$T_{tot}^1$  est la transmission totale (directe + diffuse) dans la direction Soleil – Terre.

$T_{ve}^1, T_{o3}^1, T_{ae}^1, T_r^1$ , Sont les transmissions de la vapeur d'eau, de l'ozone, des aérosols et de Raleigh.

$f_{dv}$  est la fraction de diffusion vers l'avant des aérosols.

L'exposant 1 représente le trajet Soleil – Terre. Le paramètre le plus important dans cette formule est la transmission des aérosols  $T_{ae}^1$ [6] : cette fonction n'est pas connue et il faut donc la déterminer. Nous avons trois images par jour (9 h 00, 12h00, 15h00 temps universel TU). Pour les jours de beau temps, nous avons émis l'hypothèse que la surface ne varie pas et que seul l'état de l'atmosphère peut varier d'un instant à l'autre.

Le rayonnement global normalisé réfléchi vers le satellite est converti en compte numérique est exprimé par la formule suivante:

$$GL(\tau_{ae}) = \mu_s \cdot A \cdot \cos \theta_s \cdot T_{tot}^{12} \quad (3)$$

$$T_{tot}^{12} = T_{o3}^{12} \cdot T_{ve}^{12} \cdot T_{ae}^2 \cdot T_r^2 \cdot X \quad (4)$$

$$X = T_r^1 \cdot T_{ae}^1 \cdot (0,5 - f_{dv}) + 0,5 \cdot T_{ae}^1 + f_{dv} \cdot T_r^1 \quad (5)$$

$$A = \frac{1}{\pi \times c} \int_{0,4}^{1,1} I_{0\lambda} \times \varepsilon_\lambda \times d\lambda \quad (6)$$

Où : c est constante de calibration du détecteur ;

$\varepsilon_\lambda$  est la réponse spectrale du détecteur ;

$T_{tot}^{12}$  est la transmission (directe + diffuse) dans la direction Soleil – Terre multipliée par la transmission dans la direction Terre – Satellite. L'exposant 2 représente le trajet Terre-Satellite.

La brillance de référence correspond à la brillance maximale des trois heures. Le rayonnement global de référence

est le rayonnement calculé avec un  $\tau_{ae}$  égal à 0,08 en partant de l'idée que seule l'atmosphère peut varier d'un instant à l'autre.

L'écart entre la brillance de référence et l'une des deux autres brillances reste proportionnelle à l'écart entre le rayonnement globale de référence  $GL_0(0,08)$  et le rayonnement global réel  $GL_i(\tau_{ae})$ .  $GL_0(0,08)$  et  $GL_i(\tau_{ae})$  sont calculées à la même heure. L'indice  $i$  représente les heures de 9h00, 12h00, 15h00.

Le coefficient de proportionnalité est  $\rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi)$ ; nous pouvons donc écrire:

$$GL_0(0,08) - GL_i(\tau_{ae}) = R / \rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi) \quad (7)$$

$$R = ((B_{max} - B_{atm}) - (B_i - B_{atm})) \quad (8)$$

$\rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi)$  pour  $(\tau_{ae})$  égale à 0,08, pour une heure quelconque est donnée par la formule suivante :

$$\rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi) = \frac{\pi \times C \times (B_{max} - B_{atm})}{A \times GL_0(0,08) \times T_{sat}^{12}} \quad (9)$$

$\rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi)$  pour la même heure est pour les conditions réelles est donnée par la formule suivante :

$$\rho_s(\theta_s, \theta_v, \varphi) = \frac{\pi \times C \times (B_{max} - B_{atm})}{A \times GL_i(\tau_{ae}) \times T_{sat}^{12}} \quad (10)$$

$B_{atm}$  est la brillance atmosphérique et elle est estimée à 12 Comptes numériques Donc, le rayonnement global réel est égal au rayonnement global de référence multiplié par le rapport de la brillance de l'heure considérée et la brillance de référence.

### III. RESULTATS

Pour montre l'influence de  $\tau_{ae}$  sur le rayonnement solaire global calculé, nous avons comparés ces résultats avec le rayonnement solaire global mesuré par un pyranomètre Kipp and Znonen de la station de Tamanrasset. Les résultats montrent une légère différence entre les deux séries de rayonnement global, on remarque que :

-A matin : l'air est moins chargé des impuretés et plus clair, d'où l'atténuation du rayonnement solaire est moins importante.

-A midi : le chemin optique du rayon solaire est réduit au minimum, masse d'air égale à 1, d'où l'atténuation des rayons solaires est moins importante, par suite de la faible densité des constituants atmosphériques et des aérosols.

-Après midi : le ciel est moins clair qu'à la matinée, parce qu'il contient plus d'impuretés et de graines de sable.

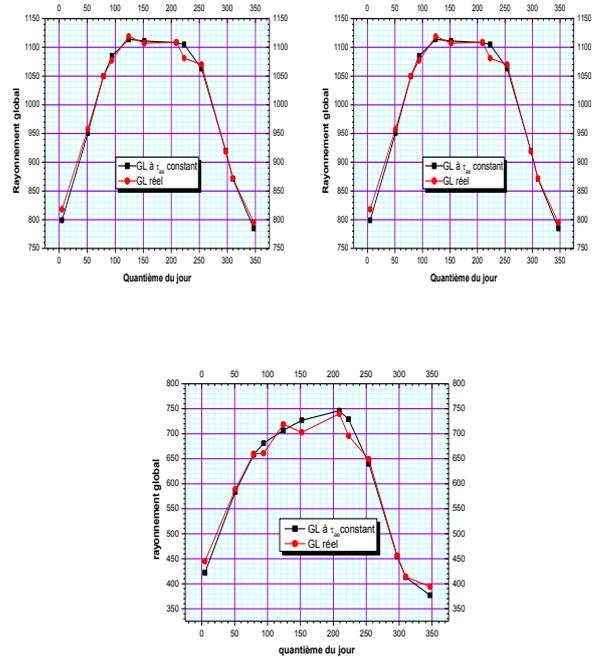


Fig 1 . Rayonnement global calculé à 09h00, 12h00, 15h00TU pour  $\tau_{ae}=0.08$  et  $\tau_{ae}$  variable.

A partir de figure (1), on constate que le rayonnement global n'est pas beaucoup sensible à  $\tau_{ae}$  car la partie perdue par le direct est récupéré par le diffus.

Nous avons montré la possibilité d'estimer le coefficient de réflectance bidirectionnelle en utilisant les modèles de transfert radiatif. Nous avons utilisé un modèle simple avec un minimum de paramètres d'entrés.

Pour une atmosphère sans nuage, la transmission du rayonnement solaire direct dépend de la masse d'air (quantité d'aérosols et de vapeur d'eau) rencontrée au cours de sa traversée jusqu'au sol. Cette influence est caractérisée globalement par les coefficients de trouble atmosphérique tel que le facteur TL de Link et le coefficient  $\beta$  d'Angstrom. Les aérosols en une influence notable surtout dans le visible 0,25-0,63  $\mu m$ .

Les figures 2 à 4 montrent l'évolution du coefficient de réflectance bidirectionnelle calculé pour  $\tau_{ae}=0.08$

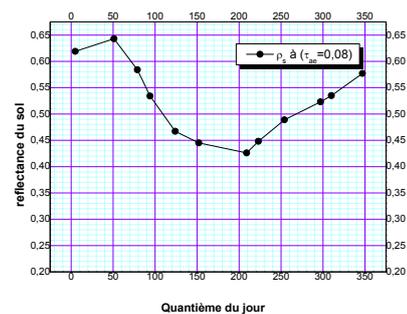


Fig. 2. Evolution annuelle du coefficient de réflectance du sol calculé à

9h00 TU pour  $\tau_{ae}=0.08$ .

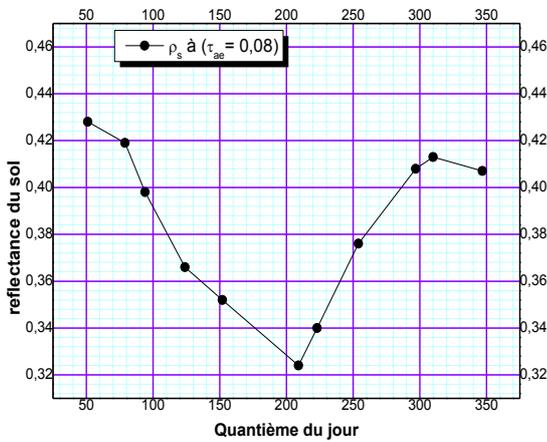


Fig. 3. Evolution annuelle du coefficient de réflectance du sol calculé à 12h00 TU pour  $\tau_{ae}=0.08$ .

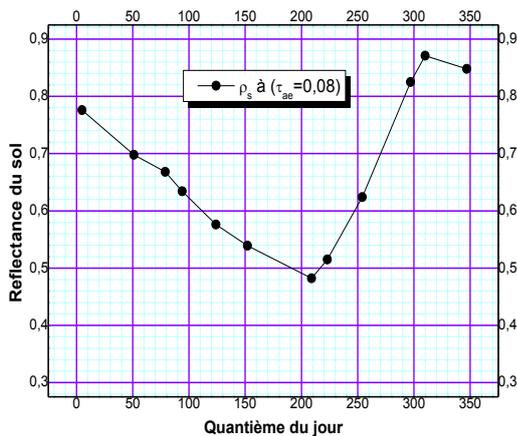


Fig. 4. Evolution annuelle du coefficient de réflectance du sol calculé à 15h00 TU pour  $\tau_{ae}=0.08$ .

L'évolution annuelle de la réflectance calculé pour un  $\tau_{ae}$  constant est représentée sur les figures 2 à 4. On remarque que les courbes ont mêmes allures, et que pour la même latitude le coefficient de réflectance du sol augmente en fonction de l'heure de la journée, la réflectance est minimal on été tandis que le rayonnement global est maximal.

## CONCLUSION

La surface de la terre n'absorbe pas totalement le rayonnement solaire incident, une partie de ce rayonnement est renvoyée (réflexion ou albédo) vers l'atmosphère et l'espace, en étant de nouveau diffusé et absorbé lors de sa traversée de l'atmosphère. Le réchauffement du sol et l'énergie stockée en surface dépendent de cette partie absorbée.

Le coefficient de réflectance bidirectionnelle et l'épaisseur optique des aérosols jouent un rôle importante dans le calcul du bilan radiatif à l'interface Terre-Atmosphère, leur mesure demande un équipement spécifique.

Dans ces calculs nous avons utilisé  $\tau_{ae}$  mesuré pour la longueur d'onde  $0,5 \mu\text{m}$  et nous n'avons pas tenu compte les autres propriétés optique des aérosols tels que l'indice de réfraction les dimensions et la concentration des particules.

## REFERENCES

- [1] Angstrom, "On the atmospheric transmission of sun Radiation and on the dust in the air," Geograiska naler, vol. 2, pp. 156-166, 1929.
- [2] J.K. Ross, "The radiation regime and architecture of Plant stands, Boston", 1981.
- [3] D. W. Derring, T. F. Eck, and J. Otterman, "Bidirectional reflectances of selected desert surfaces and their three-arameter soil characterization. Agric," Forest. Meteor, vol. 52, pp. 71-93, 1990.
- [4] K.L. Coulson, and W. R. Davide, "The Spectral Réflectance of Natural surface," Journal of Applied Meteorology, Vol. 10, pp. 1285-1295, 1971.
- [5] B.Biona, "Estimation du rayonnement solaire global en zone Sahélienne: Variabilités spatiale, temporelle et schémas d'interpolation à partir des données météorologiques synoptiques," Thèse de 3eme cycle, Université de Clermont II, pp.73, 1983.
- [6] A.Mokhnache, "Détermination des faibles atténuations du rayonnement solaire au sol à partir de l'imagerie satellitaire," Université mentouri de Constantine, 2002.