

Etude du Forçage Radiatif dû à l'aérosol atmosphérique observé à Oujda en 2011

Abdelouahid TAHIRI, Mohamed DIOURI et Djamaledine CHAABANE

Université Mohamed Premier .Oujda, Maroc.

sath2006@hotmail.com

m.diouri@fso.ump.ma

d.chaabane@fso.ump.ma

Résumé

Cette étude est basée sur les données du réseau AERONET (Aérosol Robotique Network) des paramètres physiques caractéristiques des effets radiatifs de l'aérosol atmosphérique sur le système Terre-atmosphère tels que les forçages radiatifs de l'aérosol à la surface terrestre et au sommet de l'atmosphère, afin d'évaluer l'impact et préciser le rôle de l'aérosol atmosphérique sur le bilan radiatif dans la région d'Oujda. Les valeurs des forçages radiatifs obtenues à la surface $FRA_{Surface}$ (Oujda, altitude 0.62 km) et au sommet de l'atmosphère correspondant à 120 km d'altitude FRA_{sommet} ont été calculées pour l'année 2011 à l'aide du modèle de transfert radiatif utilisé pour déterminer les valeurs spectrales (0.2 à 4 μm) d'irradiance à la surface de la terre et au sommet de l'atmosphère en s'appuyant sur les mesures des épaisseurs optiques d'aérosol effectuées par le photomètre solaire installé à la faculté des sciences d'Oujda.

Les valeurs moyennes mensuelles du forçage radiatif de l'aérosol à la surface varient entre -5.2 W/m^2 et -48.12 W/m^2 avec deux pics minimums enregistrés aux mois d'avril et de septembre, caractérisés régionalement par une importante charge en aérosol désertique. Le forçage radiatif au sommet de l'atmosphère sur la région d'Oujda a enregistré une variation de $+0.4 \text{ W/m}^2$ à -17.89 W/m^2 qui correspond relativement à une faible contribution dans le sens du refroidissement du système terre-atmosphère.

Mots clés : aérosol atmosphérique, photomètre, épaisseur optique de l'aérosol, forçage radiative de l'aérosol

1. Introduction

Le rayonnement solaire peut être considéré pratiquement comme la seule source d'énergie externe du système terre-atmosphère, Il en résulte un flux incident qui peut être considéré aussi comme constant en dehors des périodes de grande activité solaire avec des variations inférieures à 1% qui dépendent de la latitude, de l'heure et des saisons.

Les particules d'aérosols modifient le bilan radiatif de la terre. Leurs effets radiatifs et les rétroactions associées peuvent se traduire selon les configurations considérées, par un refroidissement ou un réchauffement du système climatique [1] et [2]. Cependant les effets des aérosols sur le système global restent encore entachés de grandes incertitudes [3]. Ceci est en grande partie lié aux incertitudes encore nombreuses concernant les aérosols : émissions, état de mélange, propriétés physico-chimiques, optiques, etc, qui ajoutent un degré de complexité dans l'estimation du forçage radiatif des aérosols [4]. Enfin, les effets radiatifs des aérosols dépendent fortement des régions du globe considérées (type d'aérosols présents et climat local).

L'aérosol atmosphérique se caractérise par une grande variabilité spatio-temporelle de ses propriétés physiques et chimique surtout au niveau de la troposphère, une observation intensive et continue à l'échelle globale de la terre est nécessaire pour déterminer son impact. Ceci peut se faire soit par satellites, soit par des mesures au sol. La détermination des épaisseurs optiques et du forçage radiatif des particules de l'aérosol désertique est nécessaire pour évaluer l'influence de la poussière minérale sur l'ensemble du rayonnement atmosphérique et préciser le rôle de ce dernier sur le bilan radiatif dans la région et sur le climat régional et global.

2. Matériel et Méthode

2.1 Epaisseur optique de l'aérosol

Les aérosols sont les particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère. Elles proviennent de sources naturelles ou anthropiques et leur taille peut varier du nanomètre (groupes de molécules) à quelques dizaines de micromètres (particules de poussière et gouttelettes nuageuses).

L'épaisseur optique de l'aérosol $\tau_{aér}$ est un paramètre physique très important pour la caractérisation des aérosols, et quantifie l'extinction du rayonnement incident dans une colonne d'atmosphère à la fois par absorption et par diffusion.

L'épaisseur optique de l'aérosol (EOA) déterminée à partir des mesures photométriques réalisées à l'aide du photomètre est donnée par :

$$\tau_{aér}(\lambda) = \frac{1}{m_{air}} \left[\frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)} \right] - \tau_{Ray}(\lambda) - \tau_{H_2O}(\lambda) - \tau_{O_3}(\lambda) - \tau_{NO_2}(\lambda) \quad (1)$$

$I(\lambda)$: est l'irradiance mesurée par le photomètre solaire, $I_0(\lambda)$: intensité d'irradiation solaire extraterrestre et m_{air} : masse d'air.

$$\tau_{Ray}(\lambda) = \frac{p}{p_0} 0.00877 \lambda^{-4.05} \quad \text{et} \quad m_{air} = \frac{1}{\cos(\theta_s)} \quad (2)$$

La longueur d'onde λ est exprimée en μm , p et p_0 représentent respectivement la pression atmosphérique dans les conditions de la mesure et la pression atmosphérique standard au niveau de la mer. θ_s l'angle solaire zénithal.

2.2 Forçage radiatif de l'aérosol

L'albédo simple de diffusion (SSA) est avec l'épaisseur optique, l'un des paramètres optiques les plus importants dans l'estimation des impacts radiatifs des aérosols.

Le forçage radiatif des aérosols peut être défini comme la différence du flux radiatif net dans l'atmosphère résultant de la présence d'aérosols. On le quantifie soit au sommet de l'atmosphère (TOA) où à la surface (SRF) suivant l'équation :

$$FRA = (F^\downarrow - F^\uparrow)_{pert} - (F^\downarrow - F^\uparrow)_0 \quad (3)$$

Avec le flux F^\uparrow (visible + infrarouge) montant et le flux F^\downarrow (visible + infrarouge) descendant. Les indices 'pert' et '0' correspondent respectivement aux flux perturbé (présence d'aérosol) et non perturbé (sans aérosol, ciel très clair).

Les aérosols (effet direct et indirect) exercent globalement un effet de refroidissement. Les forçages radiatifs des aérosols dépendent des propriétés intrinsèques de l'aérosol mais aussi de l'humidité relative de l'air ainsi que de l'albédo de surface au point de mesure.

2.3 Site et Instrument

Le photomètre solaire est situé près de 10 mètres du sol sur le toit du bâtiment de recherche (Figure.1) c'est un photomètre de type CIMEL équipé de 8 filtres ($\lambda = 0.340-0.380-0.440-0.500-0.675-0.870-1.020-1.640 \mu\text{m}$). Oujda est située à 55 km de la côte méditerranéenne, elle est bordée au Nord par les monts des Béni-Snassen et à l'Est par l'Algérie. La ville d'Oujda jouit d'un climat méditerranéen avec un hiver doux à froid et pluvieux et un été chaud avec l'influence de l'aérosol désertique. Les précipitations sont irrégulières comprises entre 350 et 500 mm par an. Les températures moyennes annuelles varient entre 15 °C et 20 °C. Celles maximales peuvent dépasser 40 °C (12 juillet 2011 avec 45,7 °C) tandis que les températures minimales peuvent être en dessous de 0 °C (28 janvier 2005 avec - 7,1 °C).



Figure 1 : Localisation station Oujda AERONET sélectionnée pour l'étude

3. Résultats et discussion

3.1 Epaisseur Optique de l'Aérosol

La figure 2 représente les valeurs des moyennes mensuelles des épaisseurs optiques de l'aérosol obtenues à l'aide du photomètre solaire installé à la faculté des sciences d'Oujda pour l'année 2011. L'analyse de l'évolution des moyennes mensuelles des EOA permet d'observer une variation de ces moyennes de 0.1 à 0.45, les valeurs les plus élevées étant enregistrées au printemps et en été en parfaite cohérence avec la croissance de la charge atmosphérique durant les périodes d'advection des masses d'air désertiques [5], [6] et [7].

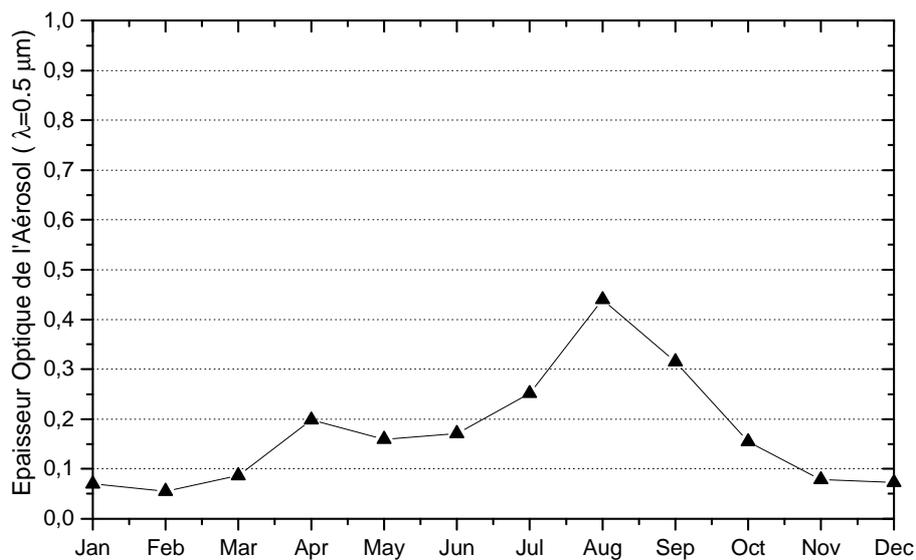


Figure 2: Moyennes mensuelles des EOAs observé à Oujda en 2011

3.2 Forçage radiatif de l'aérosol

Le forçage radiatif au sommet de l'atmosphère caractérise le refroidissement (ou réchauffement) du système terre-atmosphère. Il dépend fortement de l'albédo de surface et de celui des particules d'aérosols. Les valeurs moyennes mensuelles du forçage radiatif au sommet de l'atmosphère sur la région d'Oujda ont enregistré une variation de $+0.4 \text{ W/m}^2$ à -17.89 W/m^2 (Figure. 3) qui correspond relativement à une faible contribution dans le sens du refroidissement du système terre-atmosphère.

Les valeurs moyennes mensuelles du forçage radiatif de l'aérosol à la surface varient entre -5.2 W/m^2 et -48.12 W/m^2 (Figure. 3) avec deux pics minimums enregistrés aux mois d'avril et de septembre. Ces résultats montrent une certaine coïncidence entre les périodes où les EOA enregistrent des maximums et celles où les forçages radiatifs aussi bien à la surface qu'au sommet de l'atmosphère enregistrent leurs minimums.

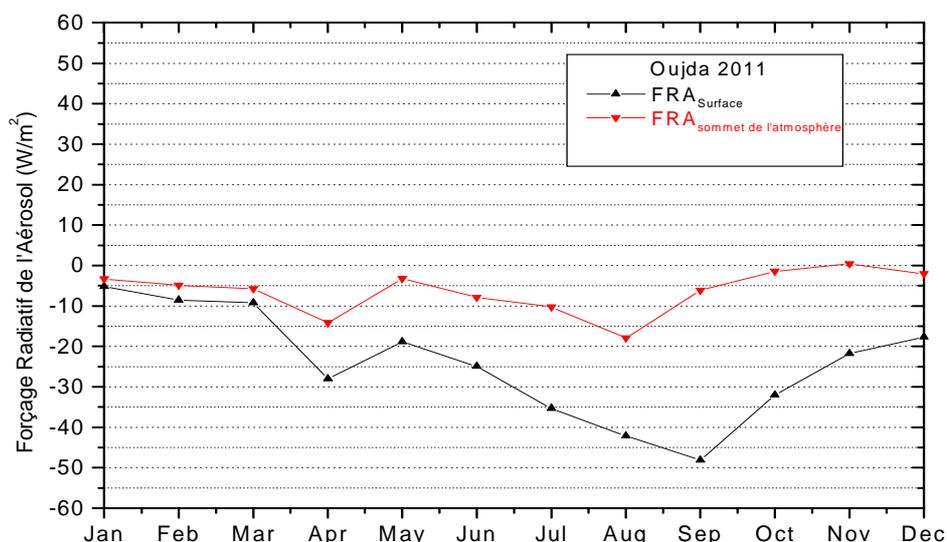


Figure.3: FRA déterminé à la surface terrestre et au sommet de l'atmosphère à Oujda pour 2011.

Conclusion

Les épaisseurs optiques de l'aérosol atmosphérique obtenues à Oujda au cours de l'année 2011 à l'aide du photomètre solaire CIMEL confirment l'importance de l'influence de l'aérosol désertique en été et de moindre degré au printemps, en accord avec les mesures effectuées antérieurement en 2000 et 2001 [5] et [6].

Les résultats des forçages radiatifs de l'aérosol enregistré montrent des pics de minimums observées au printemps et en été en accord avec les résultats obtenues en 2005 [7].

Les faibles valeurs moyennes mensuelles du forçage radiatif de l'aérosol observées en 2011 au sommet de l'atmosphère à Oujda montrent une faible contribution dans le sens du refroidissement à l'échelle globale du système terre-atmosphère.

Références

- [1] Carslaw.K.S, O.Boucher, D.V.Spracklen, G.W.Mann, J.G.L.Rae, S.Woodward and M.Kulmala (2010): A review of natural aerosol interactions and feedbacks within the earth system, Atmospheric Chemistry and Physics, 10 (4), 1701-1737, 29, 34.
- [2] Lohmann.U, Rotstayn.T, Storelvmo.A, Jones.S, Menon.J, Quaas.A, M.L.Ekman, D.Koch and R.Ruedy (2010), Total aerosol effect :radiative forcing or radiative flux perturbation, Atmos.Chem.Phys, 10(7), 3235-3246, 29,34.
- [3] Forster.P et al (2007): Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing, in Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 21, 29.
- [4] Dubovik.O, B.Holben, T.F.Eck, A.Smirnov, Y.J.Kaufman, M.D.King, D.Tanré and I.Slutsker (2002): Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations , Journal of the Atmospheric Sciences, 59(3), 590-608, 24,29,57,58,63,121.

- [5] El Amraoui.L, M.Diouri, M.El Hitmy, R.Jaenicke, L.Schütz and W.von Hoyningen-Huene (2000): Aerosol optical parameters over North Eastern. Morocco. J. Aerosol Sci.Vol 31 Supp 1 pp S 277- S278.
- [6] El Amraoui.L and M.Diouri (2001): Characterisation of different air mass influences in terms of aerosol optical parameters.J.Aerosol Sci.Vol 32 Supp 1 pp S643-S644.
- [7] Ibrahim El Aouadi (2005) : Estimation de la quantité de vapeur d'eau précipitable et du forçage radiatif de l'aérosol atmosphérique à partir de la télédétection passive à Oujda. Thèse de doctorat, Oujda, Maroc.