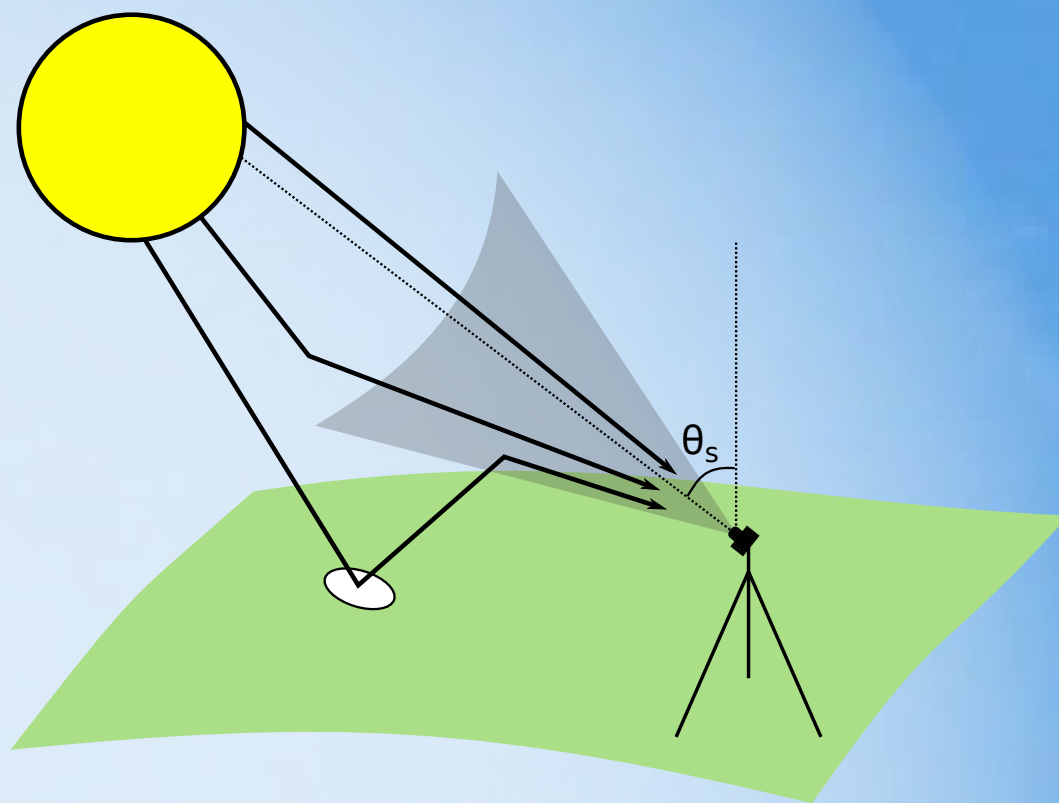


PROBLÉMATIQUE : LE BLEU DU CIEL N'EST PAS HOMOGÈNE COMMENT MODÉLISER L'EFFET RÉSULTANT DANS UNE PHOTOGRAPHIE PRISE DU SOL ?

I. PHYSIQUE DE LA DIFFUSION ATMOSPHÉRIQUE

La lumière solaire reçue par le capteur photographique est déviée dans diverses directions à cause des particules de l'atmosphère (diffusions de Rayleigh et de Mie). Ces phénomènes expliquent que le ciel est bleu et hétérogène. L'onde atteignant le capteur est préalablement atténuée, transmise, absorbée et réfléchi.



$$E_{sol}^d = \frac{F_0 \cdot T^d}{1 - \rho_{ENV} \cdot \rho_{sph}} \cdot \cos(\theta_s)$$

Cette équation représente E_{sol}^d l'éclairement descendant du soleil reçu par le sol avec F_0 l'éclairement solaire, T^d la transmittance descendante, ρ_{ENV} et ρ_{sph} les albédos respectivement de l'environnement et sphérique. Le terme en cosinus rend compte de l'influence de la position du soleil dans l'éclairement.

Cette équation est au cœur du calcul de l'éclairement à une date et en un point du globe donnés. Elle est intégrée dans le logiciel 6S (Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum) qui simule des comportements d'ondes dans l'atmosphère.

V. CONCLUSIONS ET COMMENTAIRES

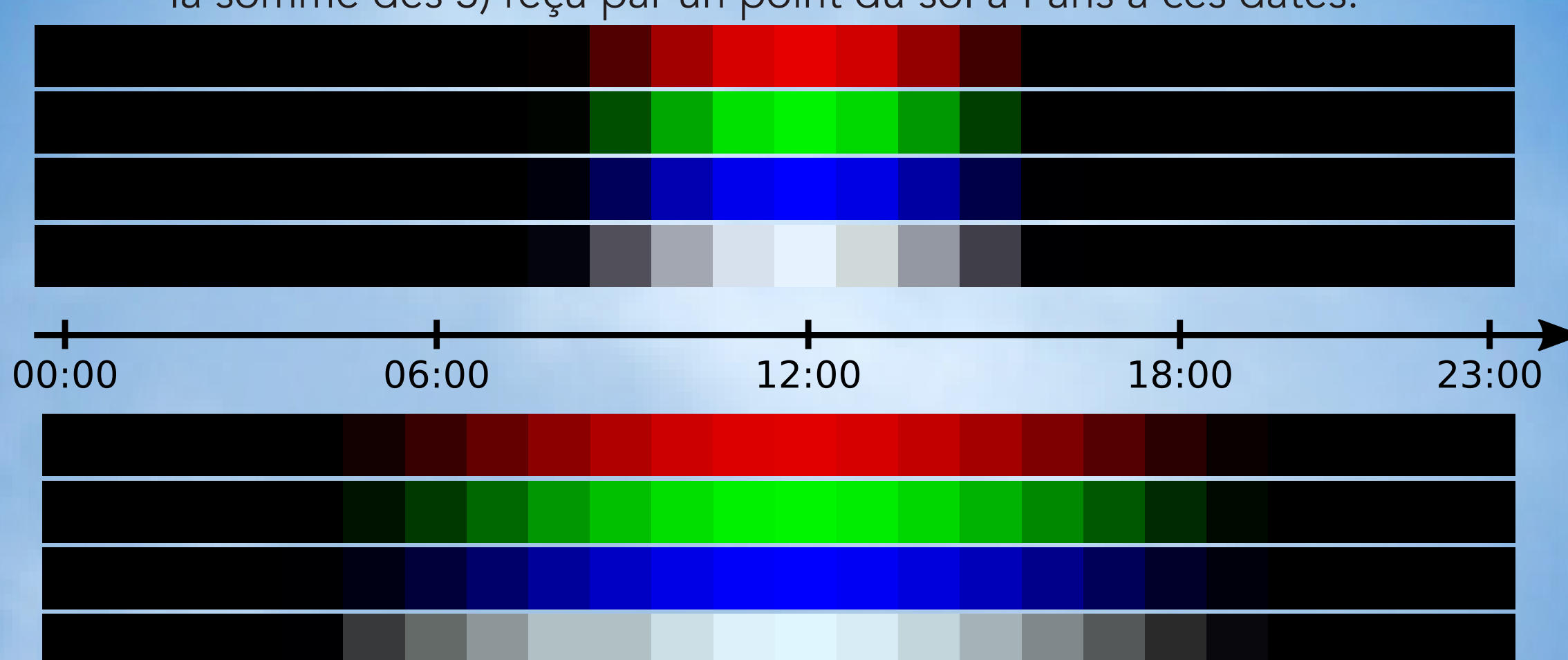
Il est possible de prédire l'éclairement reçu par un point. Cette donnée permet de modéliser l'intensité du bleu du ciel dans une direction donnée, pour un lieu et une date donnés.

- Les prédictions initiales sont confirmées :
- l'éclairement direct est le paramètre le plus important, il est le seul qui a un impact ;
- les autres peuvent être négligés jusqu'à une certaine mesure.

Pour complètement modéliser la qualité du bleu du ciel dans une photographie, il faut tenir compte de la calibration géométrique et radiométrique de l'appareil photo.

IV. SIMULATIONS DE L'ÉCLAIREMENT REÇU EN UN POINT DU SOL

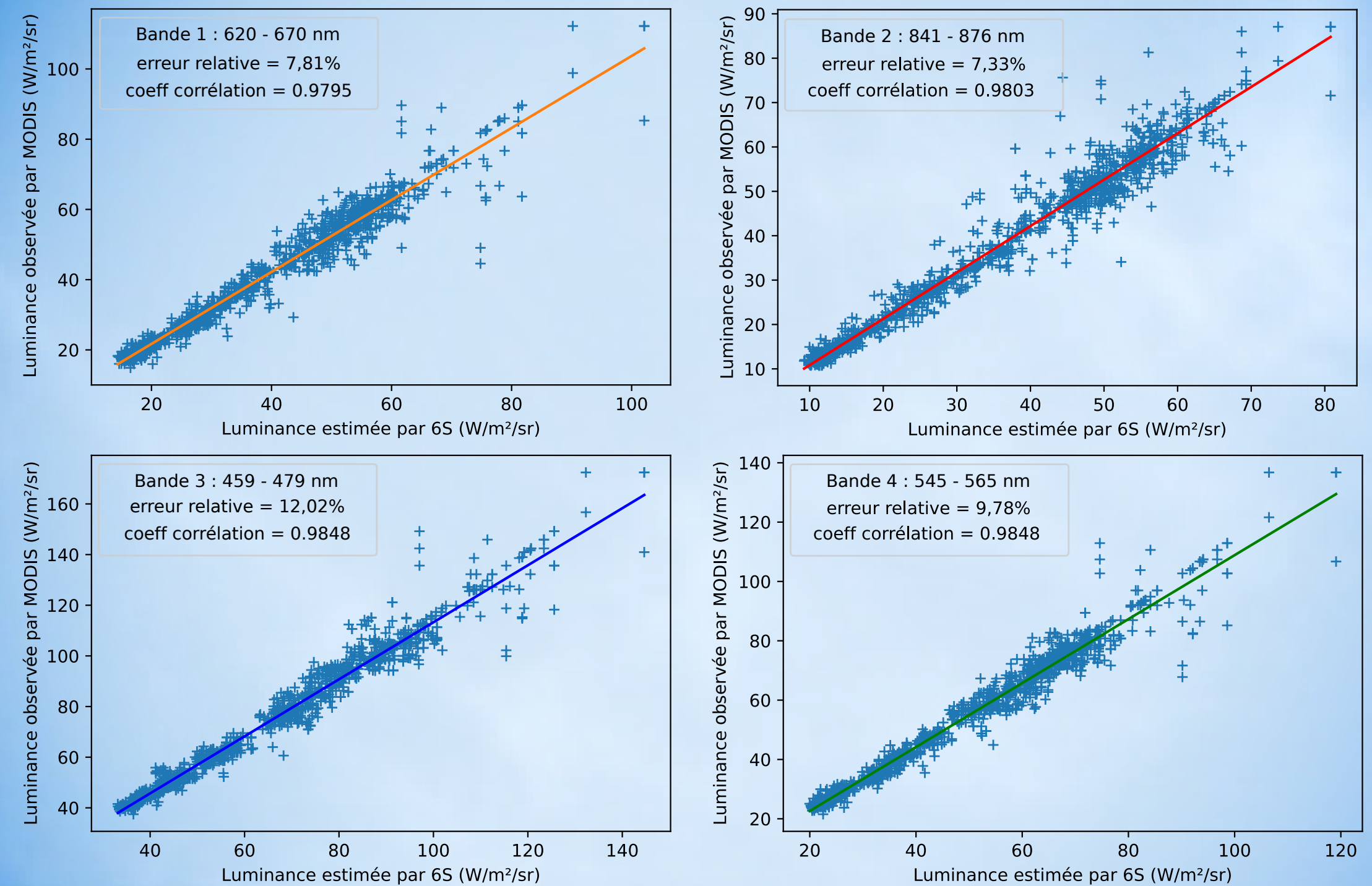
Simulations effectuées pour le 1^{er} janvier 2017 (journée hivernale, 1^{er} graphe) et le 7 juin 2016 (journée estivale, 2^e graphe). Représentation de l'évolution de l'éclairement (pour chaque bande RVB et la somme des 3) reçu par un point du sol à Paris à ces dates.



COMMENTAIRE : La plus grande quantité d'éclairement est reçue entre 10h et 14h (UTC +00:00). L'éclairement maximal obtenu au 7 juin 2016 est de 1354 W/m² tandis qu'il est de 437 W/m² au 1^{er} janvier, soit 3 fois plus petit.

II. FIABILITÉ DU MODÈLE PHYSIQUE

Comparaison des prédictions du modèle physique de la diffusion atmosphérique du logiciel 6S avec les données de luminance recueillies par le capteur satellitaire MODIS à différentes dates de l'année 2016 (au moins deux dates par mois).

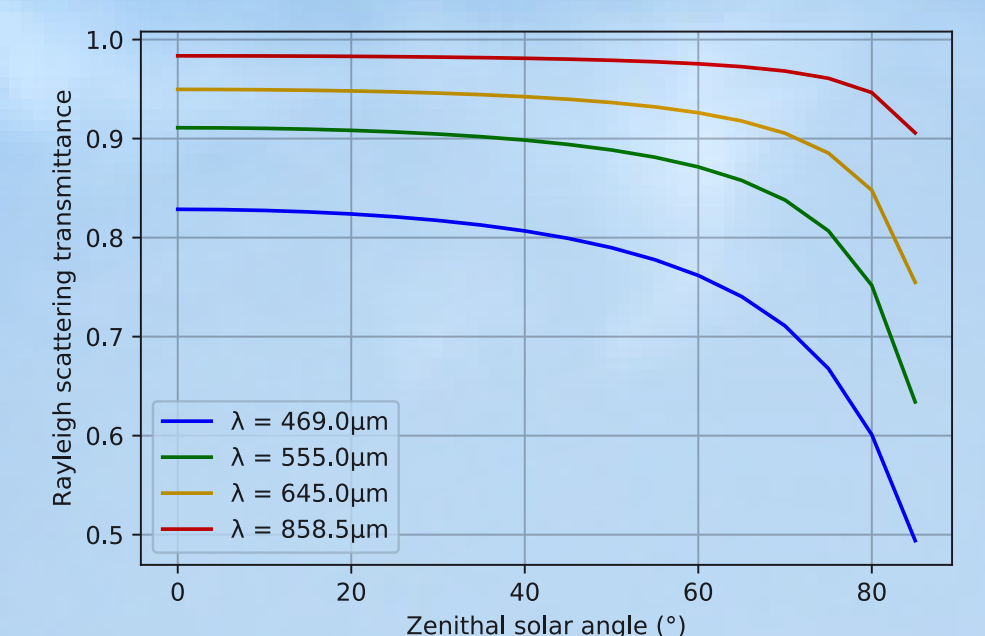


Le modèle est validé car le coefficient de corrélation est proche de 1 et l'erreur relative proche de 10 %. Le logiciel est aussi considéré fiable pour évaluer l'éclairement reçu par tout point au sol, donc par le capteur photographique.

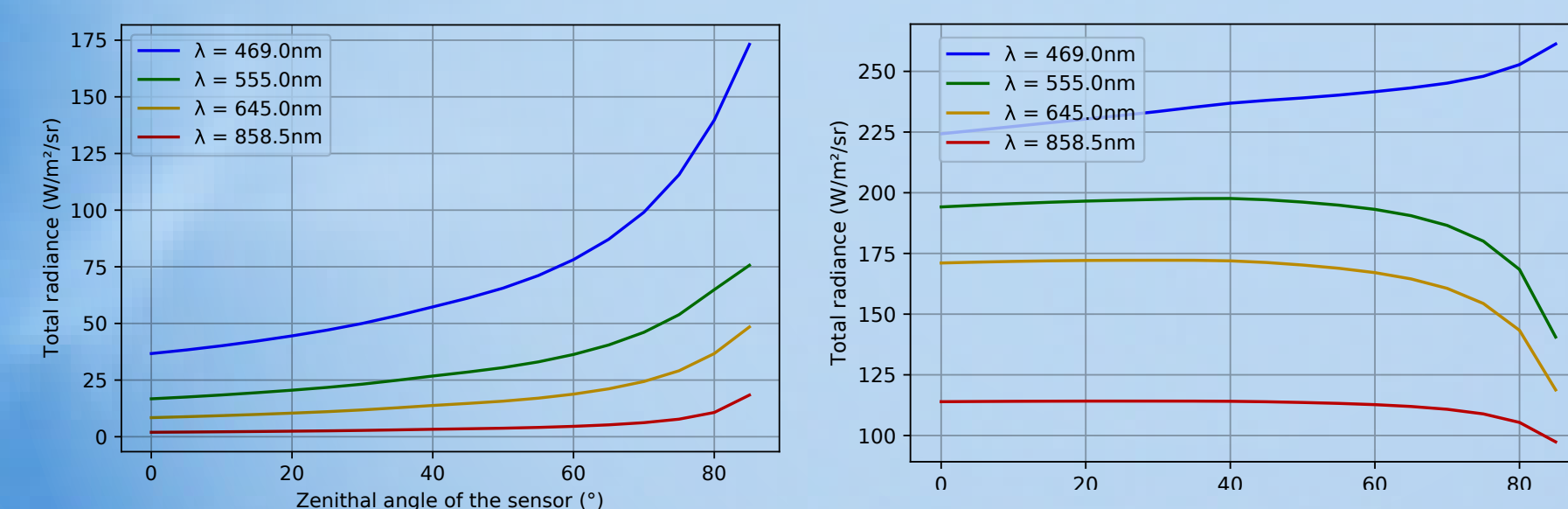
Ce modèle sera la base de l'étude.



III. IMPACT DES PARAMÈTRES SUR LES DONNÉES



La transmittance de diffusion est exprimée en fonction de l'angle solaire pour les bandes R, V, B, IR. L'angle influence la distance que doit parcourir l'onde dans l'atmosphère et donc l'atténuation de cette dernière.



Luminance reçue par un capteur satellitaire (qu'on situe selon son angle azimutal) visant un point défini au sol. Pour le graphe de gauche, l'albédo du point vaut 0 contre 0,5 pour celui de droite.

La composition atmosphérique joue un rôle important dans la diffusion des photons et ce par le biais de la diffusion de Mie et de Rayleigh.

BIBLIOGRAPHIE

- Driss Bru, Corrections atmosphériques pour capteurs à très haute résolution spatiale en zone littorale, 2016
- Vermote E., D. Tanré, J. L. Deuzé, M. Herman, J. J. Morcrette, S. Y. Kotchenova, Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum - Vector (6SV) - 6S User Guide Version 3, Novembre 2006
- E. F. Vermote and A. Vermeulen, Atmospheric correction algorithm, spectral reflectances (MOD09), University of Maryland, Department of Geography, Avril 1999.
- Terra & Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), LAADS DAAC, 10 juillet 2017