



Utilisation de l'estimation optimale pour la télédétection spatiale des aérosols atmosphériques avec le satellite MSG/SEVIRI

Adèle Georgeot¹, Xavier Ceamanos¹, Jean-Luc Attié², Mathieu Compiègne³, Josef Gasteiger⁴

¹CNRM, Météo-France, CNRS, Université de Toulouse, Toulouse, France

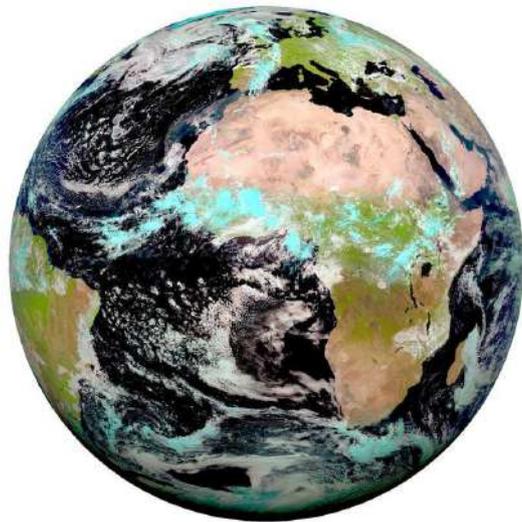
²LAERO, OMP, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

³Hygeos, Lille, France

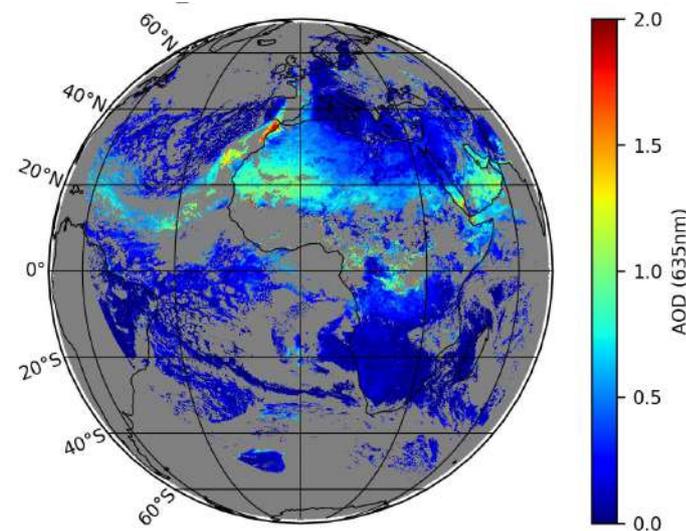
⁴Hamtec Consulting GmbH at EUMETSAT, Darmstadt, Allemagne

Téledétection des aérosols avec iAERUS-GEO

- Les aérosols peuvent varier beaucoup au cours d'une journée sur la même zone géographique
- La télédétection spatiale permet de suivre ces variations à grande échelle temporelle et spatiale
- **iAERUS-GEO** : algorithme développé au CNRM pour restituer l'AOD avec des données SEVIRI/MSG à 635 nm : restitution toutes les 15 minutes sur le disque SEVIRI (Ceamanos et al., 2023)



iAERUS-GEO



Carte de l'AOD estimée avec iAERUS-GEO le
20/07/2016 à 10h30

Objectif pour iAERUS-GEO

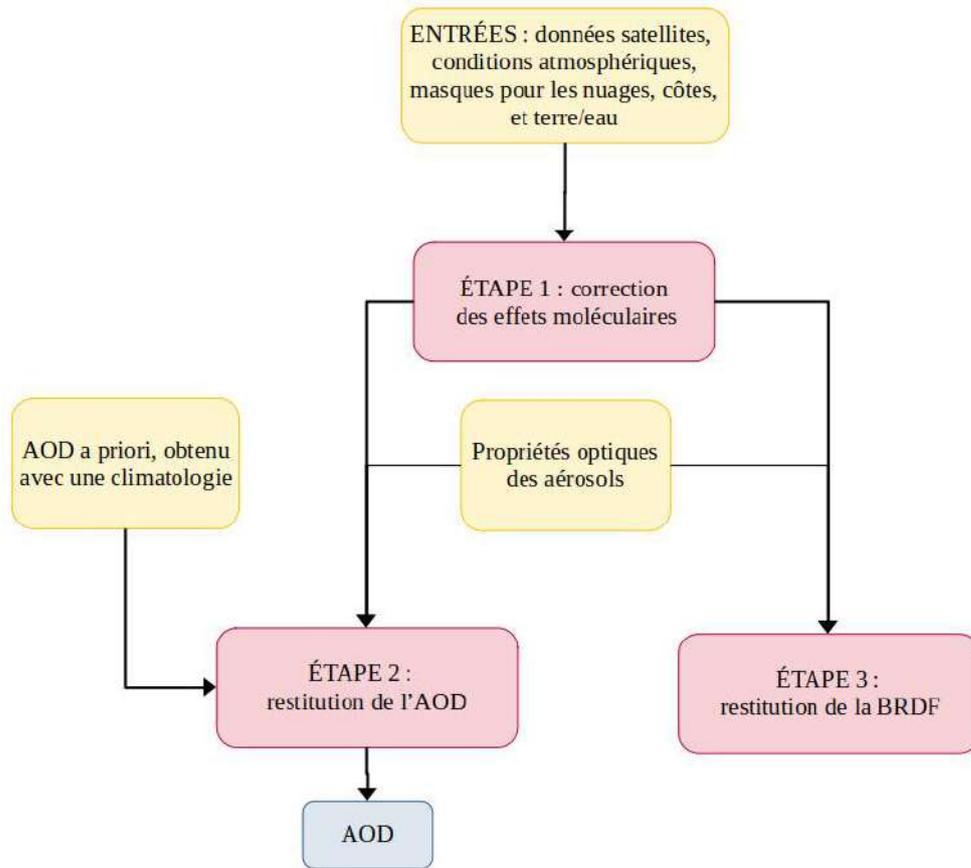


Schéma d'iAERUS-GEO

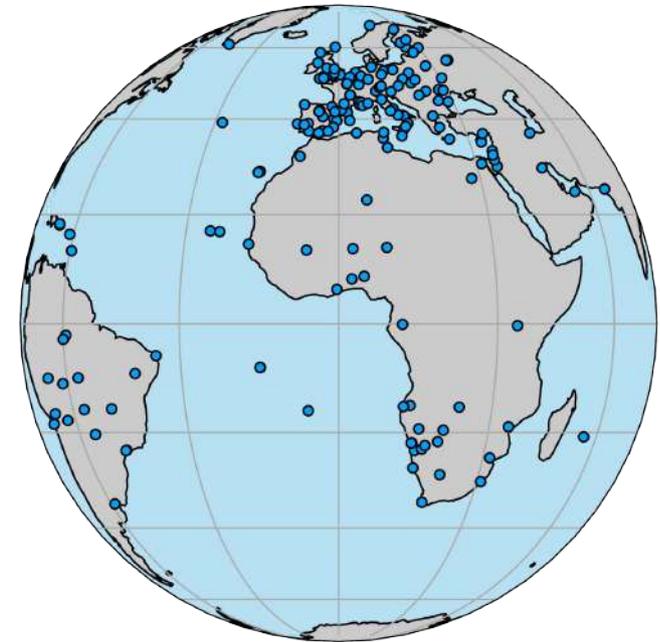
- Implémentation de la méthode de Levenberg-Marquardt (utilisant l'estimation optimale) pour l'étape 2 (Rodgers, 2000)
- Caractéristiques :
 - Déjà utilisée pour la télédétection spatiale (Yoshida et al., 2018, Govaerts et al., 2010)
 - Utilisation d'un a priori
 - Restitution de plusieurs variables possible



Quelles sont les nouvelles possibilités permises par cette méthode dans iAERUS-GEO ?

Protocole expérimental

- Données satellitaires : MSG/SEVIRI de Juin à Août 2016
- Données de validation : AOD AERONET pour toutes les stations disponibles
- Expériences :
 1. Validation de la configuration actuelle (a priori dynamique)
 2. Utilisation du logarithme lors de l'inversion
 3. Restitution de deux paramètres : AOD et réflectance de surface

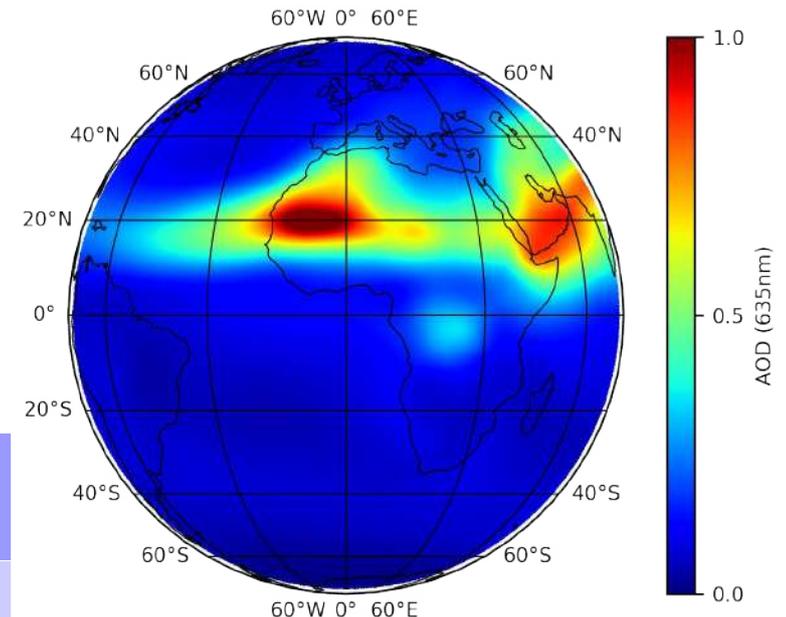


Stations AERONET disponibles

Impact de l'a priori

- Utilisation d'un a priori dynamique basé sur la climatologie CAMS (Bozzo et al., 2020)
- Comparaison des scores avec un a priori statique :

	A priori statique	A priori dynamique	Différence en %
RMSE	0.112	0.112	0 %
Biais	0.27	0.24	-11 %
Corrélation	0.699	0.767	+10 %



Climatologie en Juillet

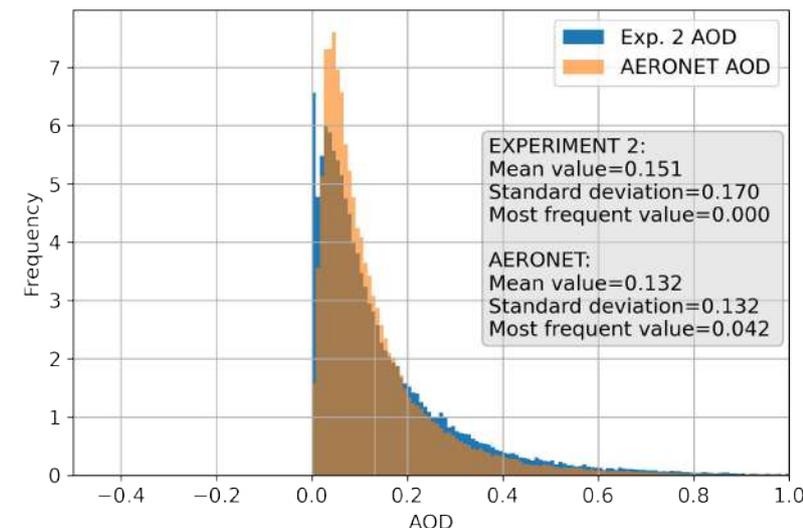
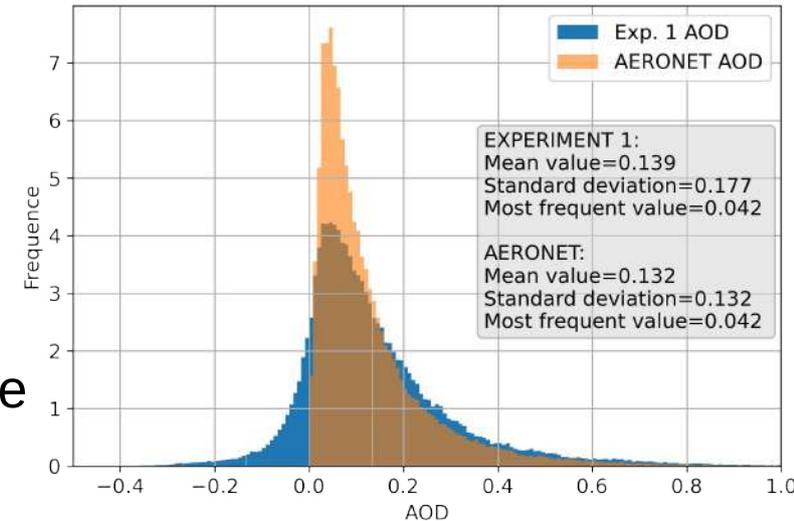
➔ L'a priori dynamique permet d'améliorer significativement le biais et le coefficient de corrélation

Inversion dans l'espace logarithmique

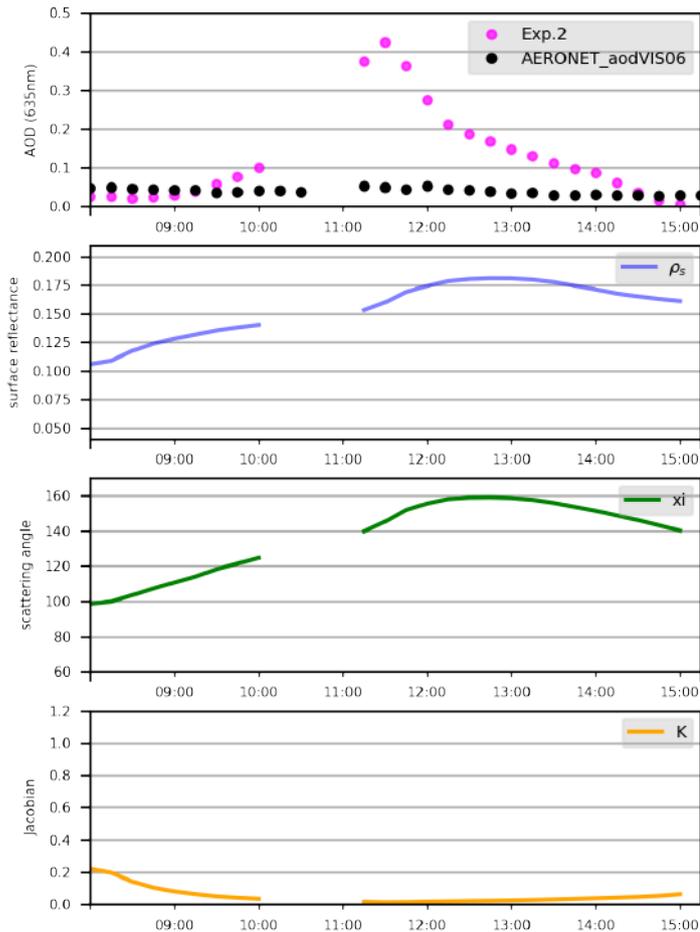
- Problème : restitution négatives parfois
 - L'AOD est une variable positive
 - Elle suit une loi log-normale, or la méthode de Levenberg-Marquardt suppose que les variables suivent une loi normale
- Solution : estimation dans l'espace logarithmique (Dubovik et al., 2021)
- Résultats :
 - Amélioration des scores

	A priori dynamique	Logarithme	Différence en %
RMSE	0.112	0.108	-3 %
Biais	0.24	0.19	-20 %
Corrélation	0.767	0.778	+1 %

- Augmentation du nombre de restitution (+20156, +13%)



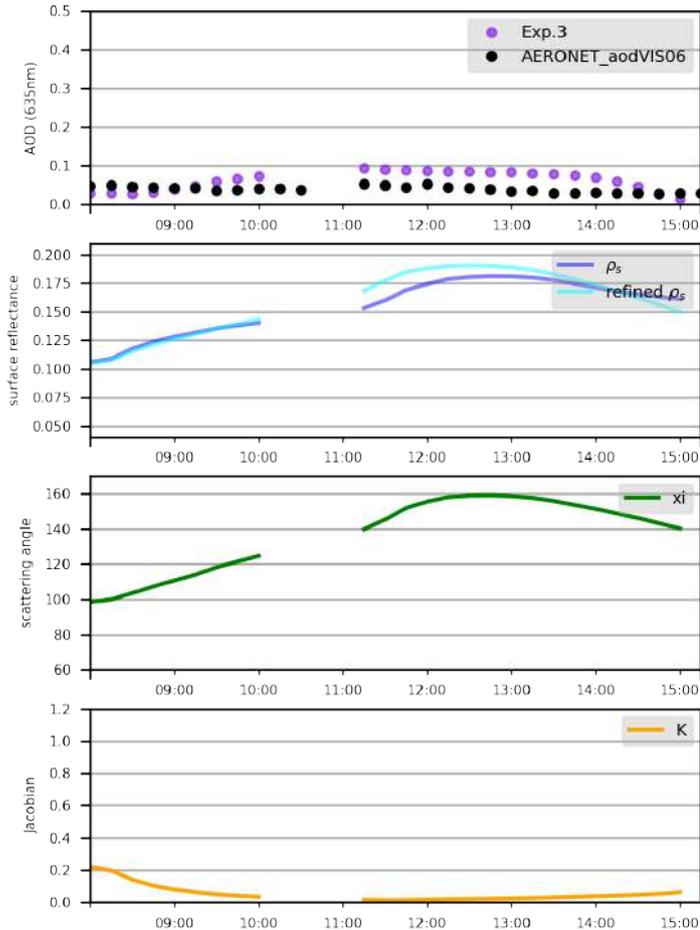
Raffinement de la réflectance de surface



- Surestimations pour certaines stations, principalement en milieu de journée
- Hypothèse : la réflectance de surface n'est pas correcte dans certains cas, ce qui entraîne une surestimation de l'AOD
- Solution : estimer la réflectance de surface en même temps que l'AOD

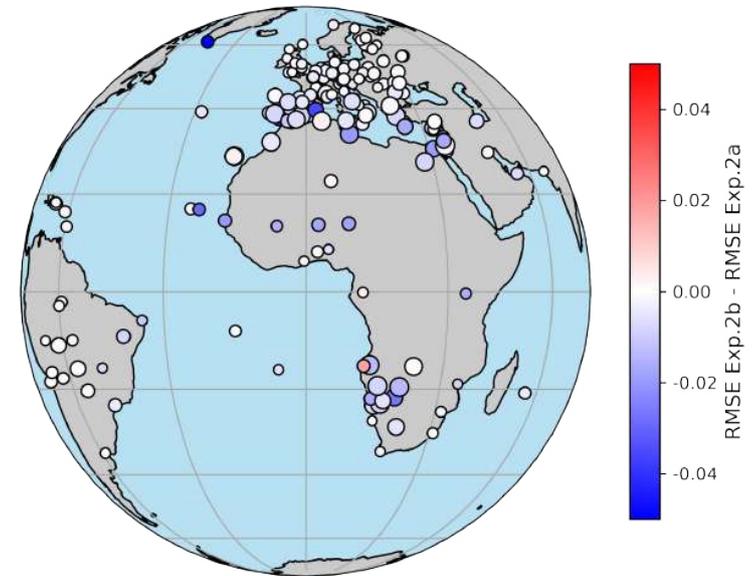
Comparaison entre l'AOD estimé avec iAERUS-GEO et l'AOD AERONET, ainsi que la réflectance de surface, l'angle de diffusion et la Jacobienne à Bonanza le 24 Jun 2016

Raffinement de la réflectance de surface



Comparaison entre l'AOD estimé avec iAERUS-GEO en raffinant la réflectance de surface et l'AOD AERONET, ainsi que la réflectance de surface, l'angle de diffusion et la Jacobienne à Bonanza le 24 Juin 2016

- Réduction importante des surestimations
- Particulièrement pour certaines stations

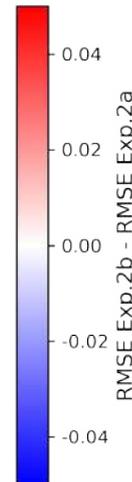
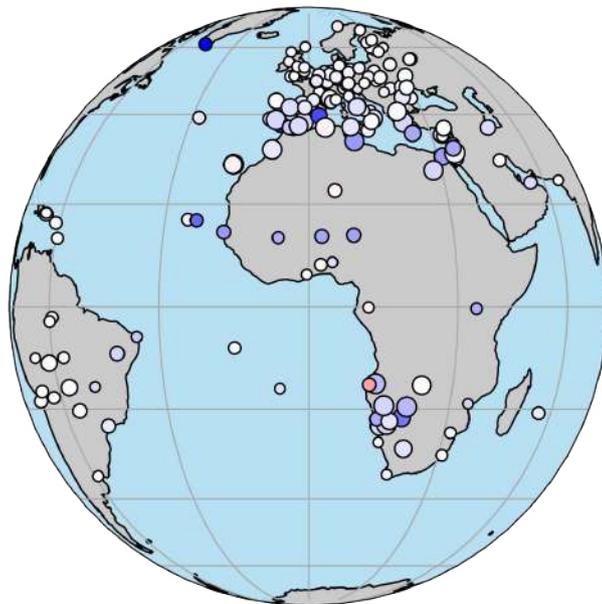


Différence de RMSE entre la restitution d'AOD sans raffinement de la réflectance de surface et avec

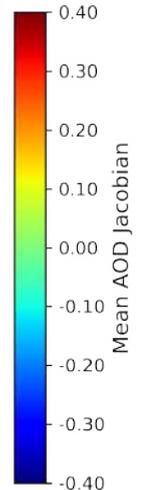
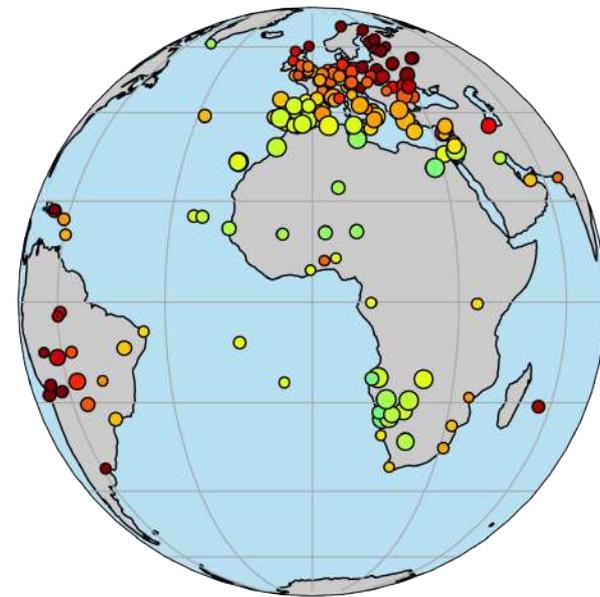
Raffinement de la réflectance de surface

Les plus grandes améliorations correspondent aux stations avec la Jacobienne moyenne la plus faible

→ On améliore les cas de faible sensibilité à l'AOD



Différence de RMSE entre la restitution d'AOD sans raffinement de la réflectance de surface et avec



Jacobienne moyenne de l'AOD

Apports de MTG-I/FCI

- MTG-I/FCI : lancé en décembre 2022
- FCI : nouveaux canaux spectraux (dont VIS04 et VIS05)
- Quelles sont les nouvelles possibilités avec FCI pour iAERUS-GEO ?



MSG (2002-2022)



MTG-I1 (2022-...)

- 2 étapes :
 - Génération de données synthétiques FCI
 - Étude de la sensibilité de ces données à l'AOD

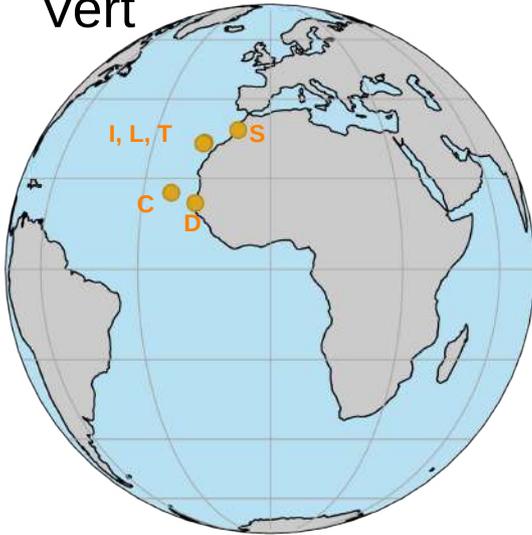
Génération de données synthétiques

- Utilisation d'un code de transfert radiatif (ARTDECO) et de données SEVIRI pour régler le simulateur

- Deux cas d'étude :

- Poussières désertiques

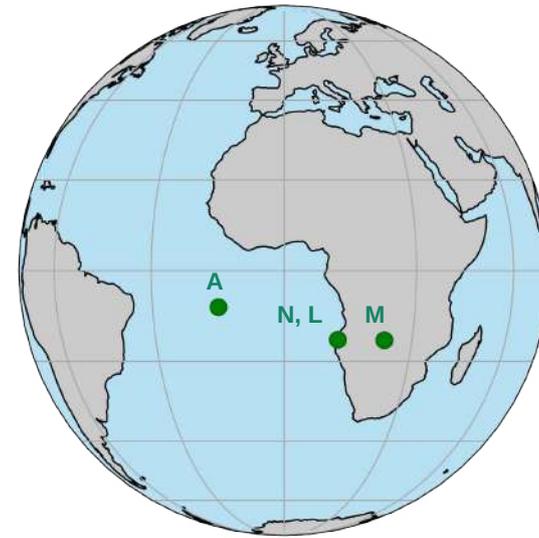
- 18/06/2016 au 27/06/2016
- 6 stations : Izana, La Laguna, Teide, Saada, Dakar et Cap-Vert



Stations étudiées

- Feux de forêts

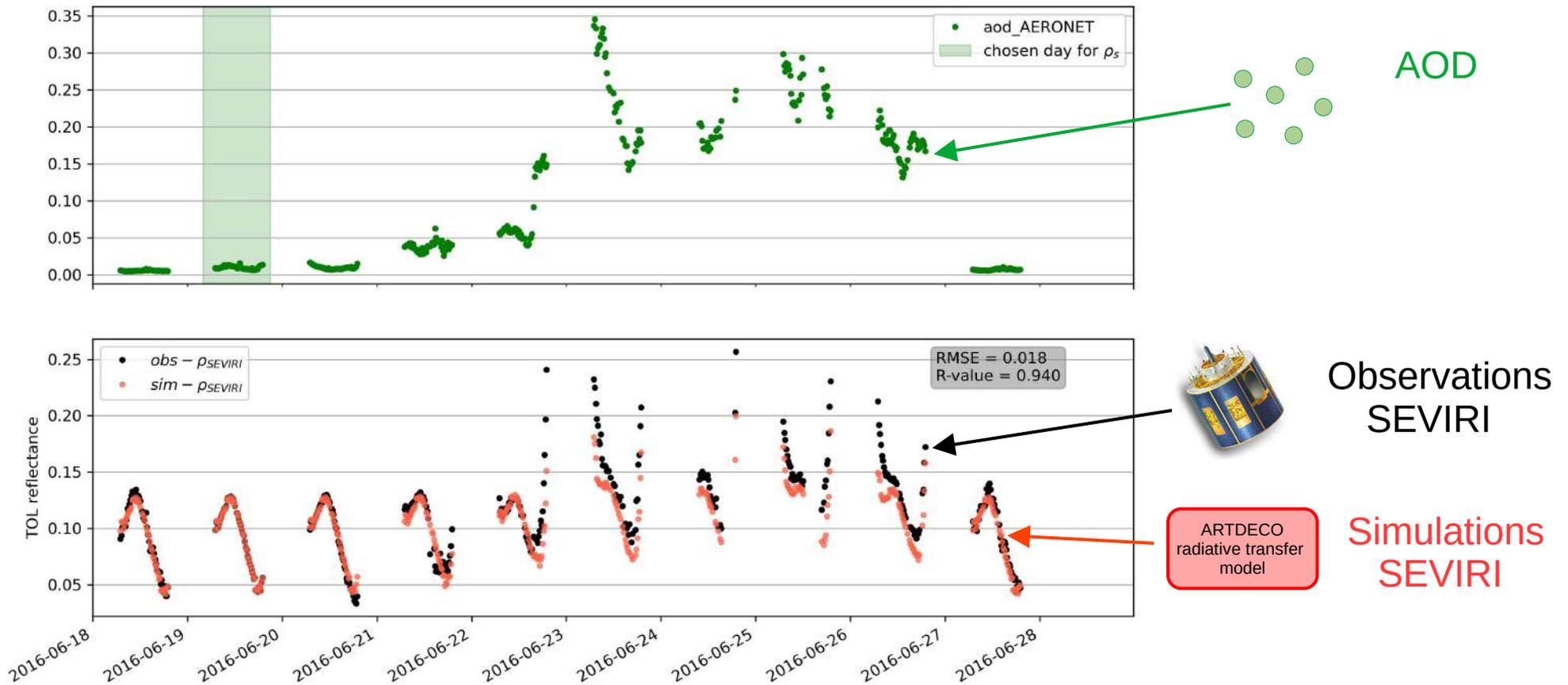
- 13/09/2016 au 28/09/2016
- 4 stations : Mongu_Inn, Nambe, Lubango et Ascension Island



Stations étudiées

Poussières désertiques : simulations SEVIRI

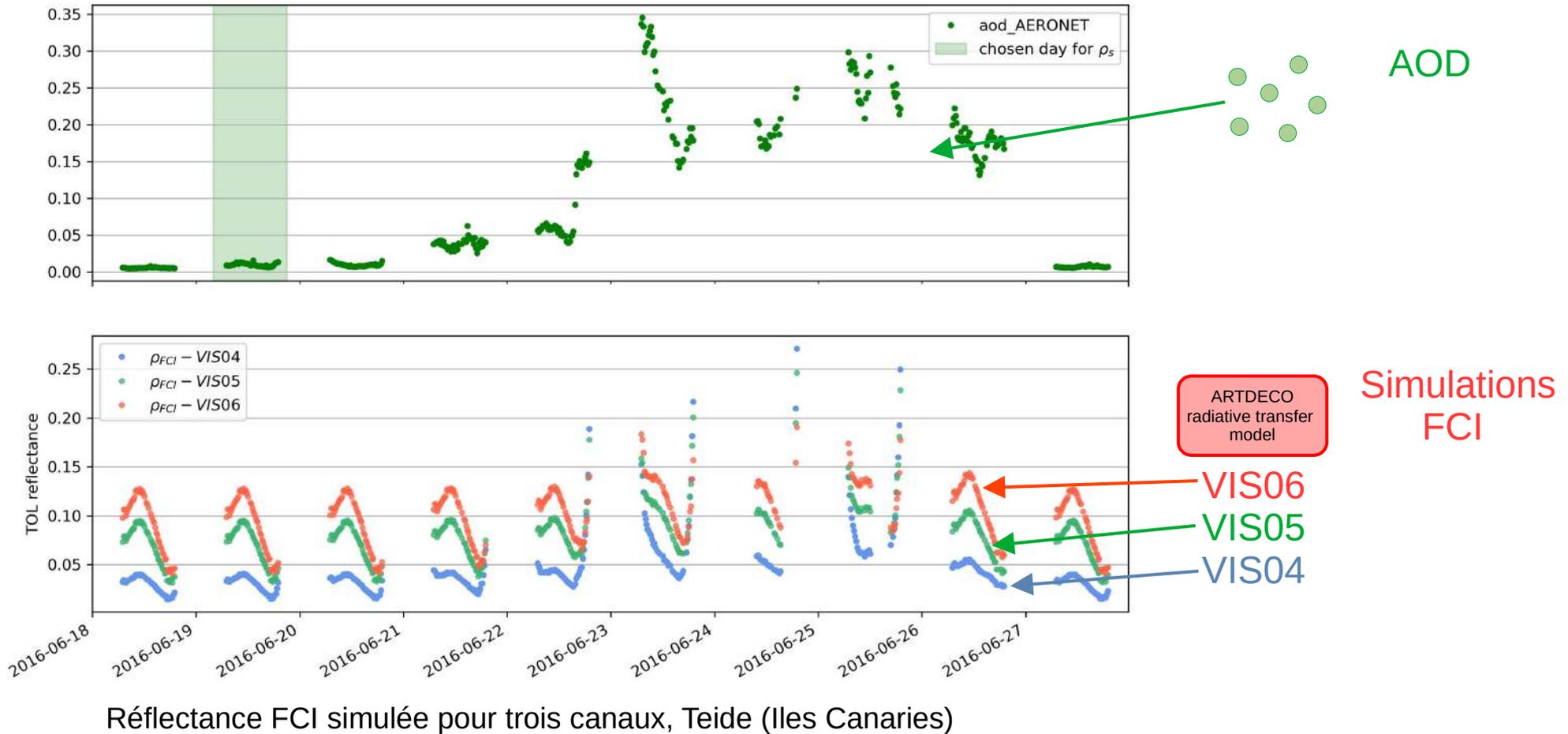
Comparaison entre la réflectance simulée correspond à SEVIRI et celle observée → simulations proches des observations



Comparaison entre la réflectance SEVIRI simulée et observée, Teide (Iles Canaries)

Poussières désertiques : simulations FCI

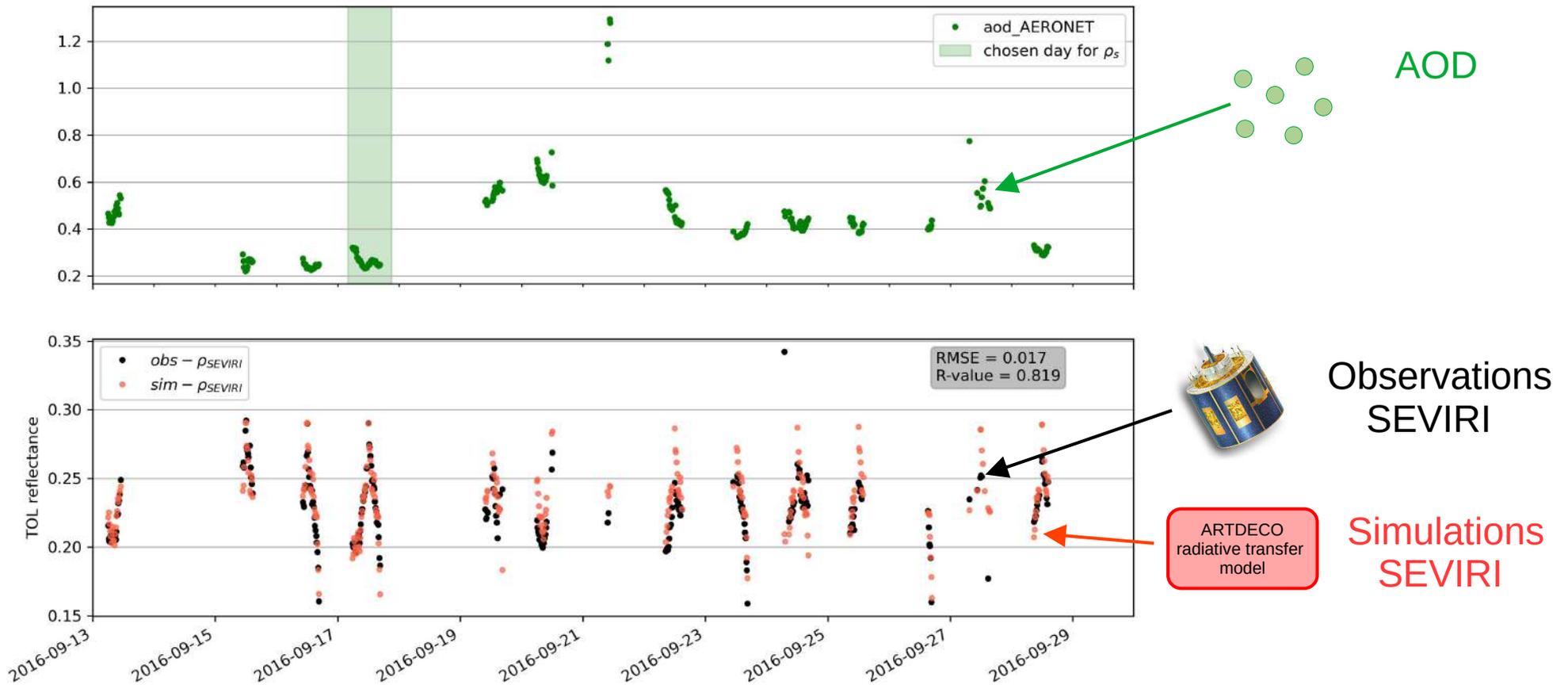
Simulations FCI pour VIS04, VIS05 et VIS06 → forte différence d'amplitude entre les différents canaux



Réflectance FCI simulée pour trois canaux, Teide (Iles Canaries)

Feux de forêts : simulations SEVIRI

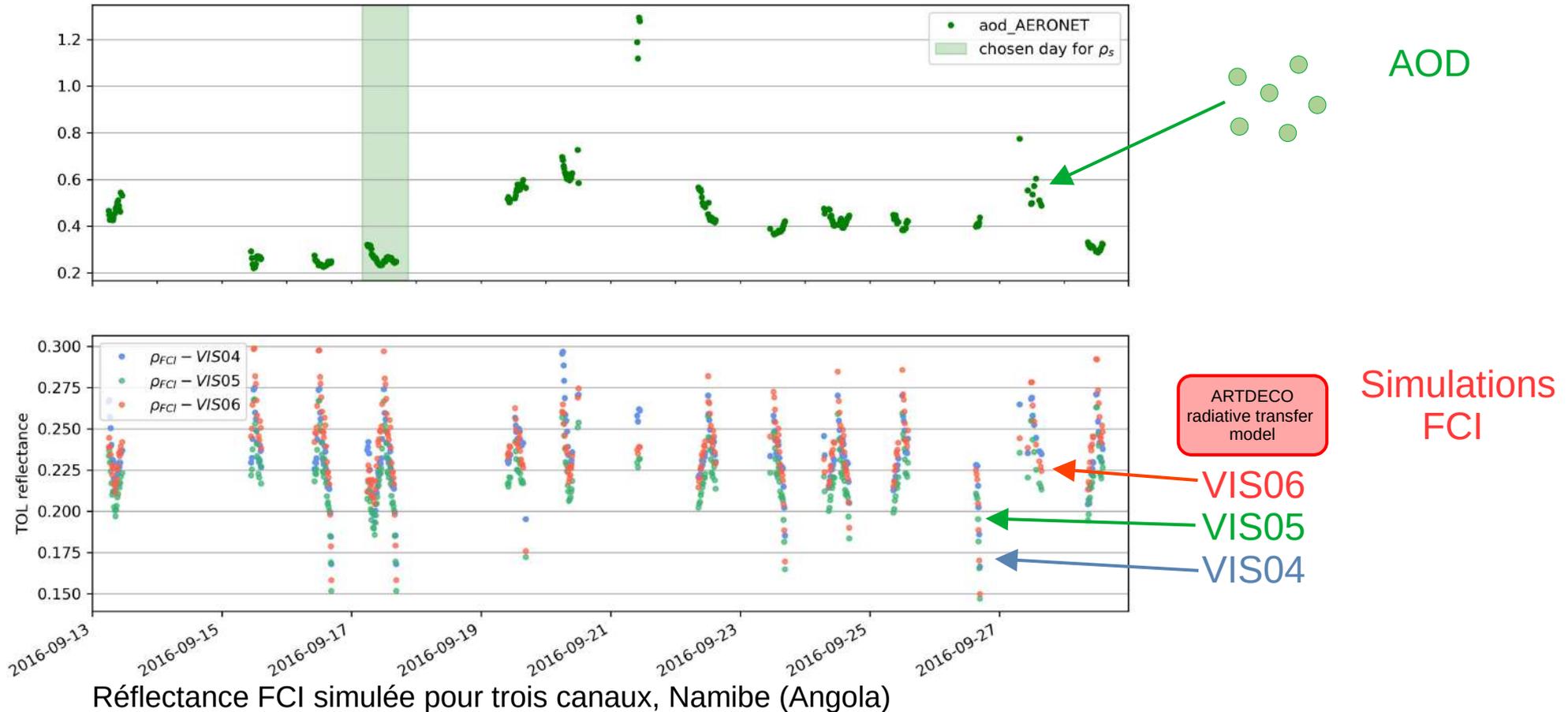
Comparaison entre la réflectance simulée correspond à SEVIRI et celle observée → simulations proches des observations



Comparaison entre la réflectance SEVIRI simulée et observée, Namibe (Angola)

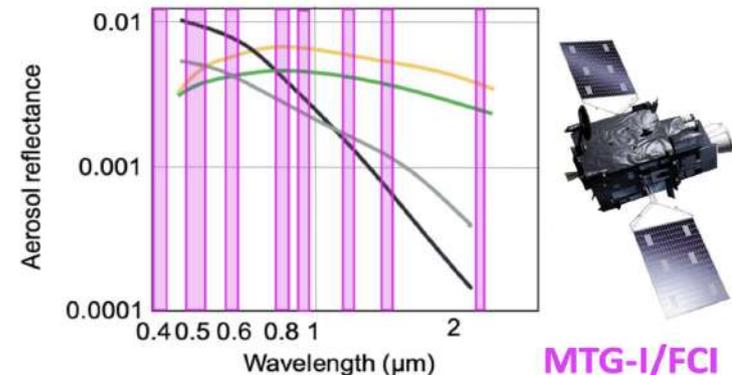
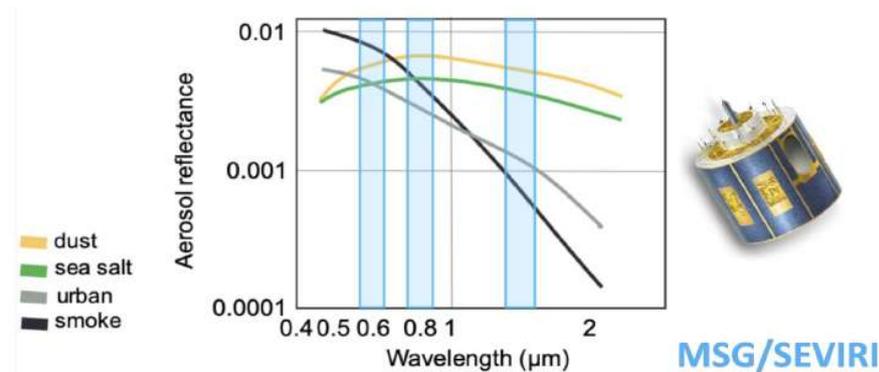
Feux de forêts : simulations FCI

Simulations FCI pour VIS04, VIS05 et VIS06 → faible différence d'amplitude entre les différents canaux



Étude de la sensibilité pour chaque canal

- Pourquoi est-ce intéressant avec des données MTG-I/FCI ?
 - Les aérosols se comportent différemment selon leur type et la longueur d'onde à laquelle on les observe
 - Canal bleu : surface plus sombre → signal lié aux aérosols plus fort

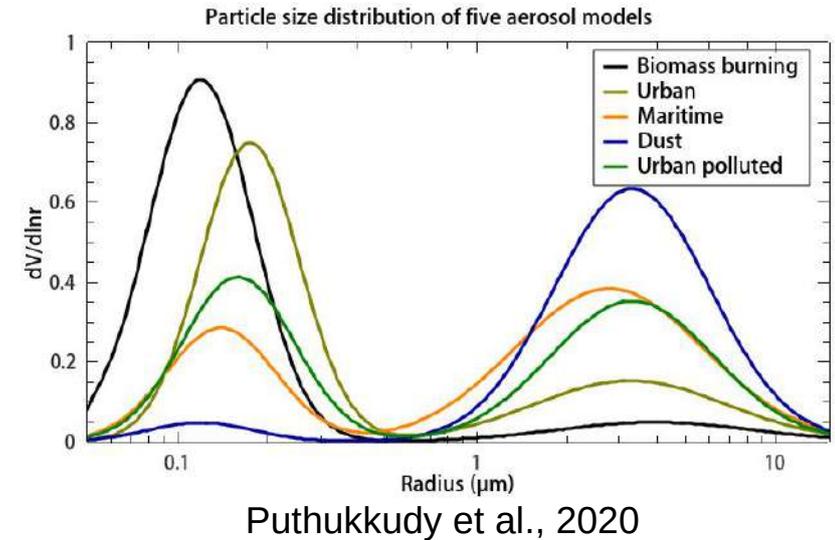


- Deux manières de quantifier la sensibilité à l'AOD selon la longueur d'onde avec les données synthétiques :
 - Évaluation des performance d'iAERUS-GEO avec les différents canaux
 - Calcul des degrés de liberté du signal (DFS), qui permettent de mesurer le nombre de paramètres indépendants qu'il est possible de retrouver à partir d'une observation.

Distinction des modes fin et grossier

Aérosols de mode fin et grossier:
évoluent différemment en fonction de
la longueur d'onde

- Mode grossier : AOD stable
- Mode fin : AOD décroît pour de
hautes longueurs d'onde



- Est-il possible de différencier les aérosols de mode fin et grossier grâce à une **analyse multi-spectrale** ?
 1. Regarder l'évolution de l'AOD selon la longueur d'onde
 2. Différencier les aérosols de mode fin et grossier

Conclusions

- Améliorations dans iAERUS-GEO
 - L'utilisation du logarithme permet de restituer plus de données
 - Le raffinement de la réflectance de surface réduit les sur-estimations liées à une faible sensibilité aux aérosols
- MTG-I/FCI offre de nouvelles possibilités à iAERUS-GEO
 - Nouveaux canaux plus adaptés à la restitution de l'AOD
 - Différence de comportement selon la longueur d'onde en fonction du type d'aérosol → possibilités de les distinguer ?



Questions ?