

# Simulations d'images hyperspectrales de forêts méditerranéennes et adéquation à des images aéroportées AVIRIS-Next Generation

Marianne Debue<sup>1\*</sup>, Grégoire Vincent<sup>2</sup>, Samuel Alleaume<sup>3</sup>, Florian de Boissieu<sup>3</sup>, Xavier Briottet<sup>4</sup>, Jean-Baptiste Féret<sup>3</sup>, Jean-Philippe Gastellu-Etchegorry<sup>1</sup>, Jean-Marc Limousin<sup>5</sup>, Damien Longepierre<sup>5</sup>, Karine Adeline<sup>4</sup>



<sup>1</sup> CESBIO <sup>2</sup> AMAP <sup>3</sup> TETIS <sup>4</sup> ONERA <sup>5</sup> CEFE

\*marianne.debue-ext@onera.fr



## CONTEXTE

- APR TOSCA **SentHyMED** (2021-2024)
- **Objectif du projet** : Etudier la complémentarité entre imagerie multi temporelle Sentinel2 et imagerie Hyperspectrale pour un meilleur suivi des traits fonctionnels de forêts MEDiterranéennes, à partir de données terrain et LiDAR et du modèle de transfert radiatif DART
- **Première étape** : Etudier l'influence de la paramétrisation des propriétés optiques dans DART sur la simulation d'images de télédétection pour modéliser au mieux une scène, afin, dans un second temps, de remonter à l'estimation de traits fonctionnels par inversion du modèle<sup>[2]</sup>

## SITES D'ÉTUDE

**Puéchabon**

- 2 parcelles
- Couvert arboré : environ 98%
- 100% de *Quercus ilex* (QI)

**Pic Saint Loup**

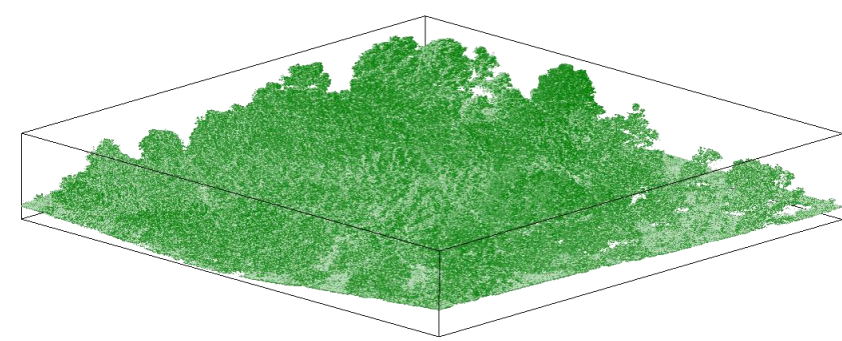
- 8 parcelles
- Couvert arboré : de 47% à 91%
- *Q. ilex* (QI) et *Q. pubescens* (QP)

Parcelle = carré de 30 x 30 m<sup>2</sup>  
Simulations dans un carré de 100 x 100 m<sup>2</sup> pour prendre en compte l'influence du voisinage

## DONNÉES & MÉTHODOLOGIE

### LiDAR

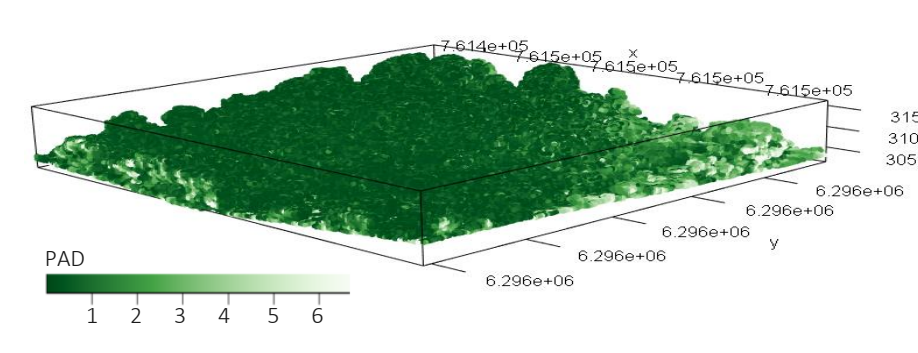
- Acquisitions drone
- Capteur Velodyne (VLP16)
- 400 à 740 points par m<sup>2</sup>



Voxelisation via AMAPVox<sup>[3]</sup>

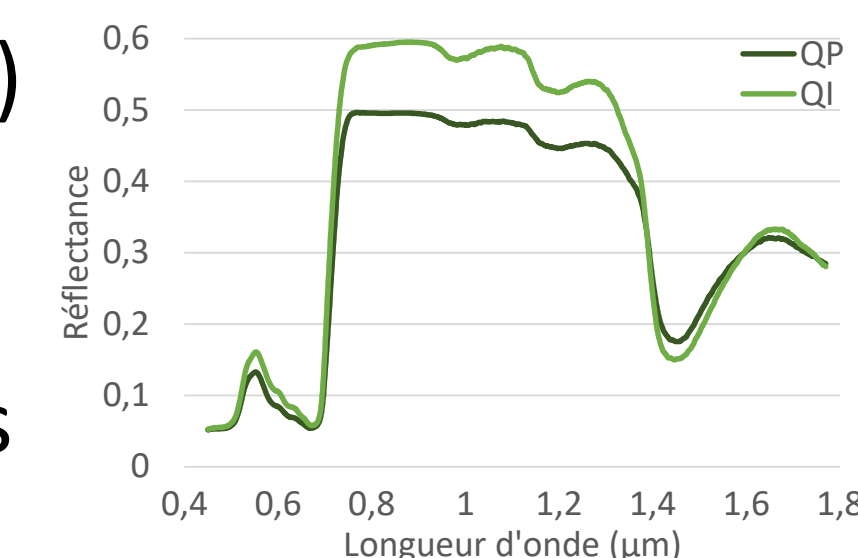
### Matrice 3D de PAD

- PAD : Plant Area Density
- Voxels de 25 x 25 x 25cm<sup>3</sup>
- Prise en compte d'un MNT à 1m construit sous lidR

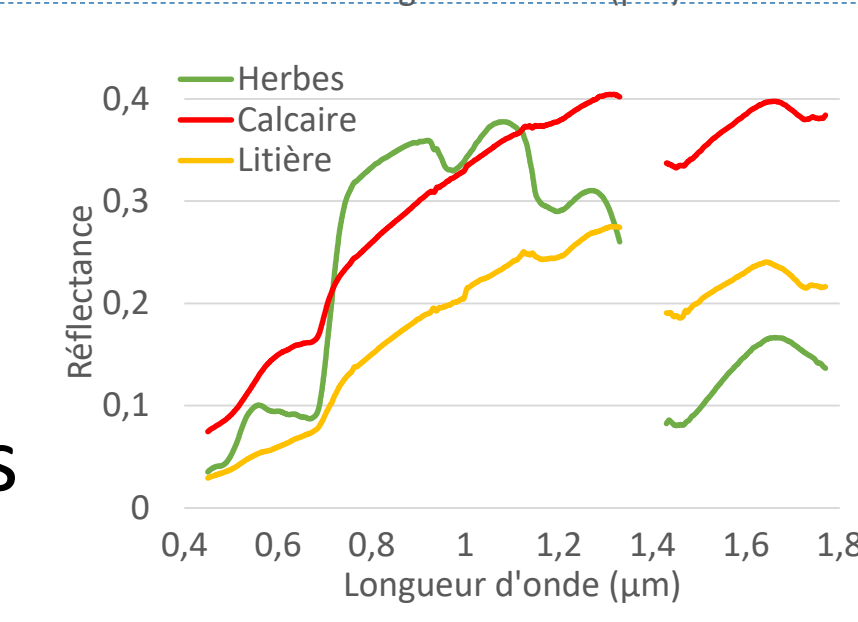


### Propriétés optiques

- Acquisitions terrain et laboratoire (ASD)
- Réflectance de différents sous-bois
- Réflectance de tronc (QI & QP)
- Réflectance et transmittance de feuilles



- Lissage (algorithme Savitzky-Golay)
- Calcul de spectres médians par sous-bois, arbre, espèce, tronc
- Calcul de spectres mixtes (différents ratios QI/QP et feuille/tronc)



### Images hyperspectrales

- AVIRIS-Next Generation
- Images en réflectance (L2)
- Résolution spatiale de 1m

GDAL warp

Découpage sur l'emprise

GeFolki

Coregistration sur la BDOrtho®

OTB

Mosaïquage

### Modélisation de la scène 3D

- Modélisation des feuilles par des facettes
- Plusieurs paramétrisations testées pour l'attribution des propriétés optiques :

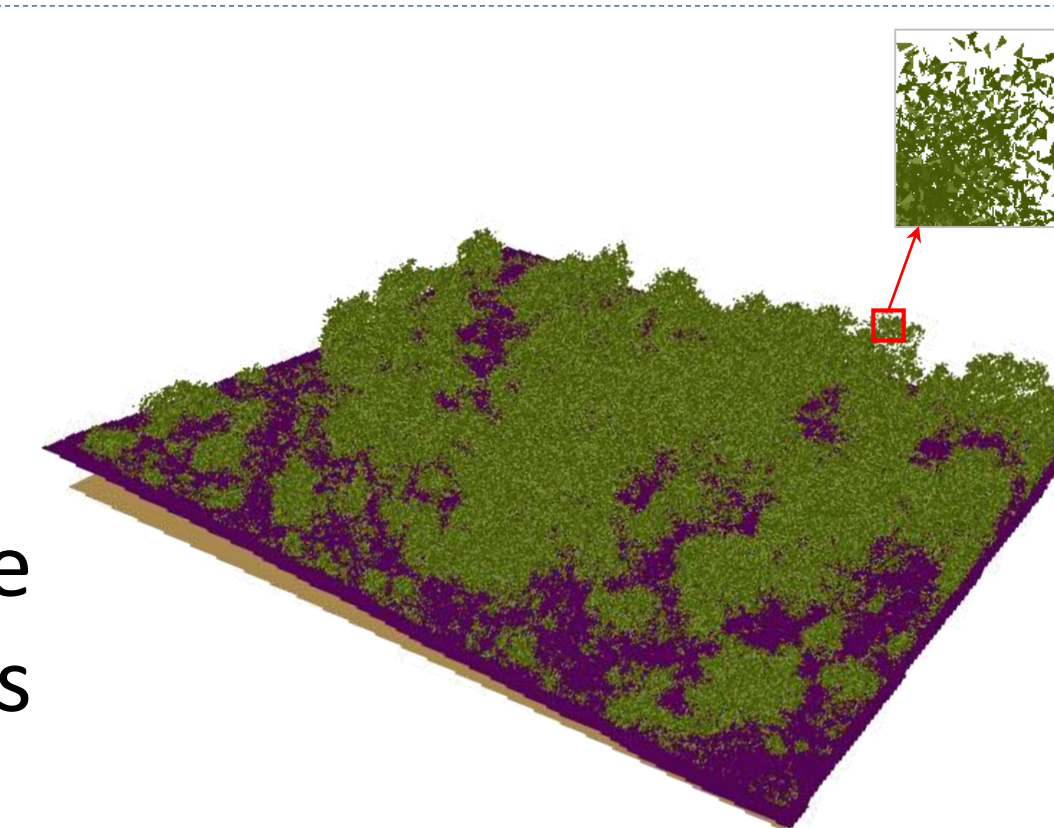
#### Couche arborée

- Spectre par espèce
- Spectre par arbre
- Spectre mixte QI/QP

- Spectre mixte feuille/tronc

#### Sous-bois

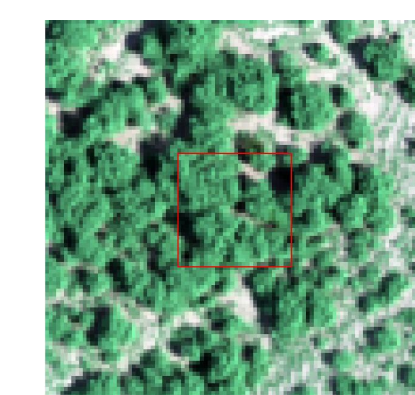
- Herbe / Calcaire / Litière
- Mélange de ces surfaces



DART

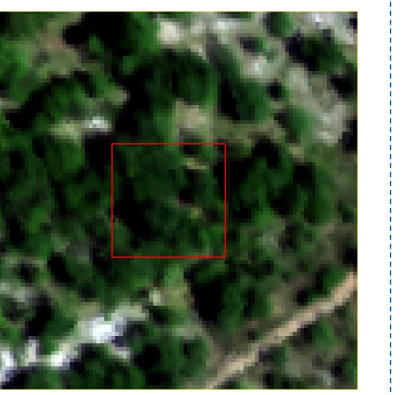
### Modélisation du transfert radiatif

- Mode DART-Lux, Modèle analytique de l'atmosphère



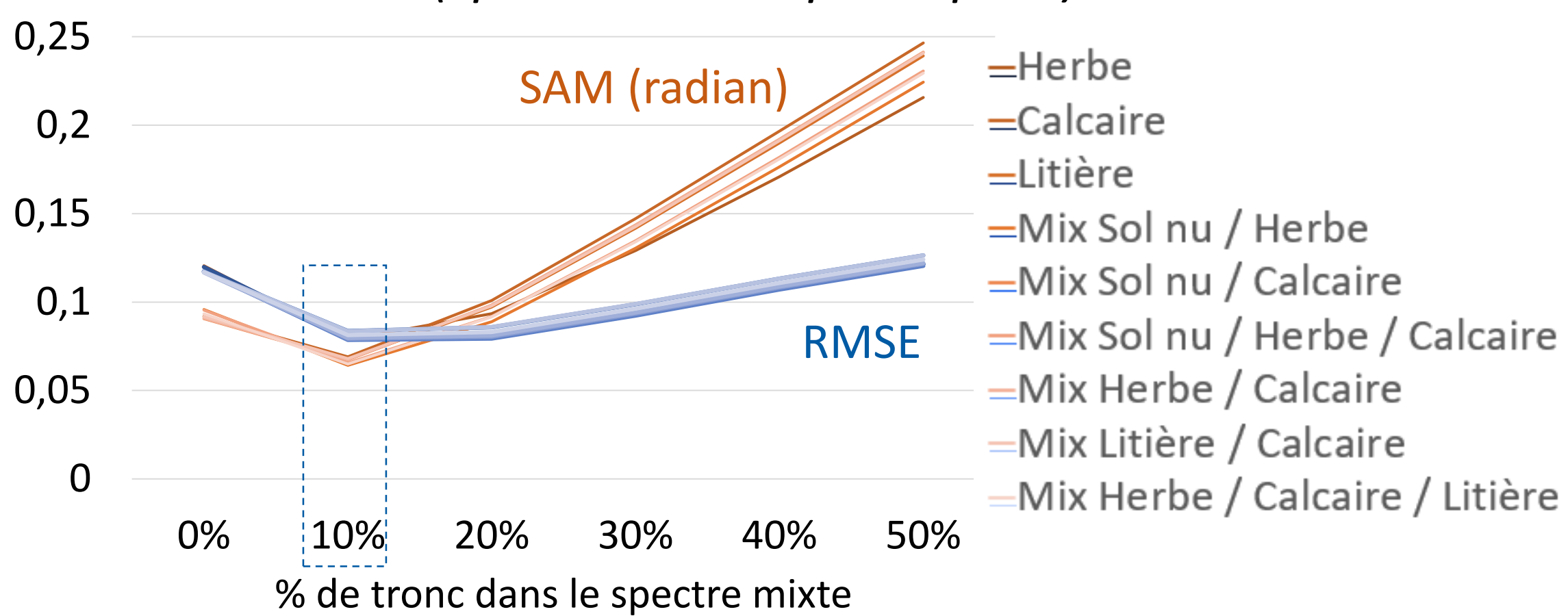
### Comparaison Simulation / AVIRIS-NG

- Calcul du RMSE et du SAM par pixel de parcelle
- Calcul du RMSE et du SAM moyenné sur la parcelle

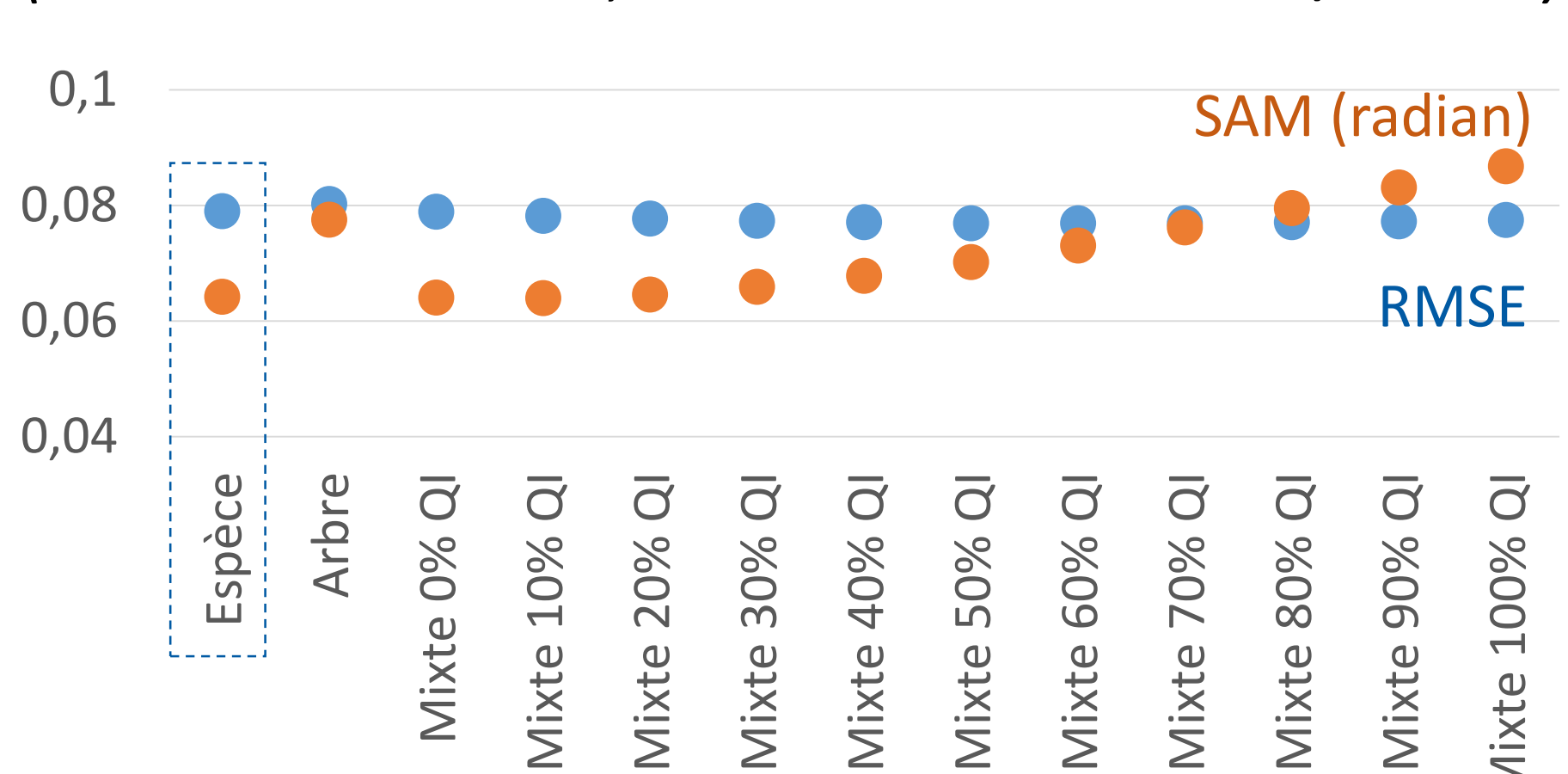


## RÉSULTATS

Comparaison des RMSE et des SAM moyens pour différents spectres mixtes feuille/tronc et différents spectres de sous-bois (spectre arboré par espèce)



Comparaison des RMSE et des SAM moyens pour les différents spectres arborés (ratio de tronc 10% ; sous-bois mixte Sol nu / Herbe)



### Résultats pour une parcelle avec un couvert arboré de 70%, dont 90% de QP

- Faible différence entre les spectres de sous-bois, en lien avec un taux de couverture élevé
- Forte influence du ratio de tronc dans le spectre arboré
- Faible différence entre les spectres arborés
- Minimisation du RMSE et du SAM pour un spectre de sous-bois mixte Sol nu / Herbe et pour un ratio de tronc de 10%

### Résultats pour un spectre arboré par espèce incluant un ratio de tronc de 10% et pour un spectre de sous-bois mixte Sol nu / Herbe

Image AVIRIS-NG à 1m | Simulation DART à 1m | RMSE par pixel | SAM par pixel

- Précision variable selon les pixels, les valeurs de RMSE et de SAM les plus élevées correspondant à des zones ouvertes ou à des zones d'ombres
- Perspectives : Généralisation des résultats aux autres parcelles et à d'autres capteurs (AVIRIS-NG (3m), PRISMA (30m), DESIS (30m), SENTINEL2 (10m))

[1] de Boissieu F., Chraïbi E., Lavalley C., Féret J.-B. 2019. pytools4dart: Python API to DART Radiative Transfer Simulator. <https://gitlab.com/pytools4dart/pytools4dart>.

[2] Miraglio T., Adeline K., Huesca M., Ustin S., Briottet X. 2022. Assessing vegetation traits estimates accuracies from the future SBG and biodiversity hyperspectral missions over two Mediterranean Forests. *International Journal of Remote Sensing*, 43(10), p.3537-3562. <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2093143>

[3] Vincent G., Antin C., Laurans M., Heurtebize J., Durrieu S., Lavalley C., Dauzat J. 2017. Mapping Plant Area Index of Tropical Evergreen Forest by Airborne Laser Scanning. A Cross-Validation Study Using LAI2000 Optical Sensor. *Remote Sensing of Environment*, 198, p.254-266. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.034>