



**HAL**  
open science

# Pré-traitement des données satellite & produits pour les données optiques

Marie Weiss

► **To cite this version:**

Marie Weiss. Pré-traitement des données satellite & produits pour les données optiques. Télédétection et Economie, Réseau télédétection, Jun 2023, Paris, France. hal-04150351

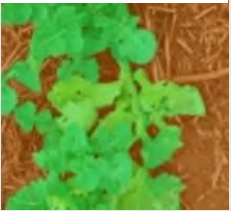
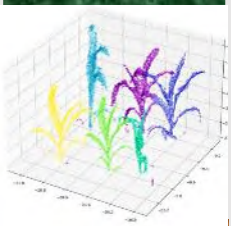
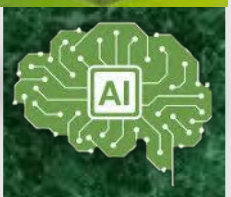
**HAL Id: hal-04150351**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04150351v1>**

Submitted on 4 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

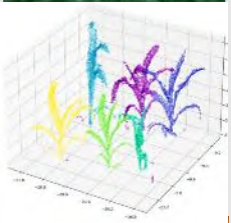


## ➤ Pré-traitement des données satellite & produits pour les données optiques

Réseau télédétection INRAE

M. Weiss (EMMAH, LPA CAPTE) & al





## ➤ Qu'est-ce qu'un produit satellitaire (1)?

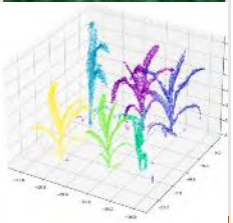
- Un produit satellitaire est une donnée de télédétection qui a subi différents traitements
- 4 niveaux principaux avec des sous-niveaux ....mais la nomenclature est différente selon les agences spatiales ou les organismes....voir l'excellent blog d'O. Hagolle sur les séries temporelles <https://labo.obs-mip.fr/multitemp/>

Niveau 0:

Donnée & métadonnées brutes à pleine résolution non projetées

Niveau 1:

- grandeur physique (luminance, température de brillance, réflectance)
- projetée dans un système cartographique (correction radiométrique et géométrique)
- Traitement identique pour tous les pixels, observés à la même date
- Souvent, niveau 1C = top of atmosphere reflectance



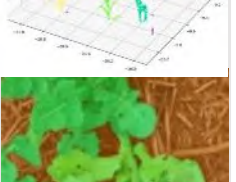
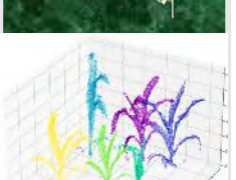
## ➤ Qu'est-ce qu'un produit satellitaire (2)?

### Niveau 2:

- Grandeur biophysique
- Projetée dans un système cartographique
- Les pixels sont observés à la même date mais peuvent être traités de manière différente
- 2A = réflectance de surface, 2B = indice de végétation, LAI, température de surface, humidité du sol à la date d'acquisition

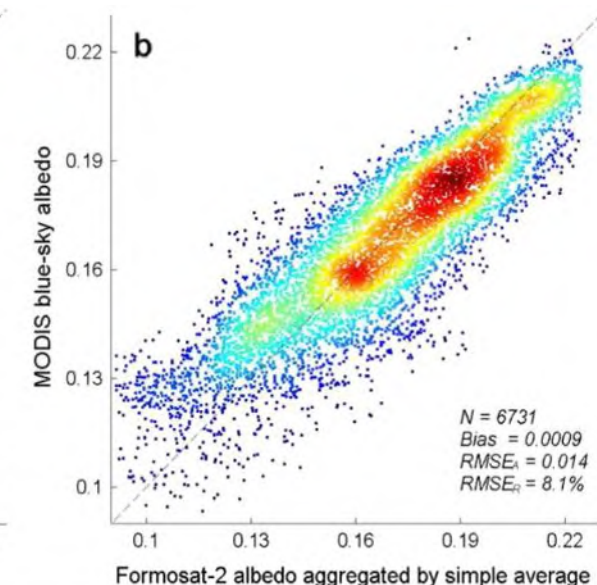
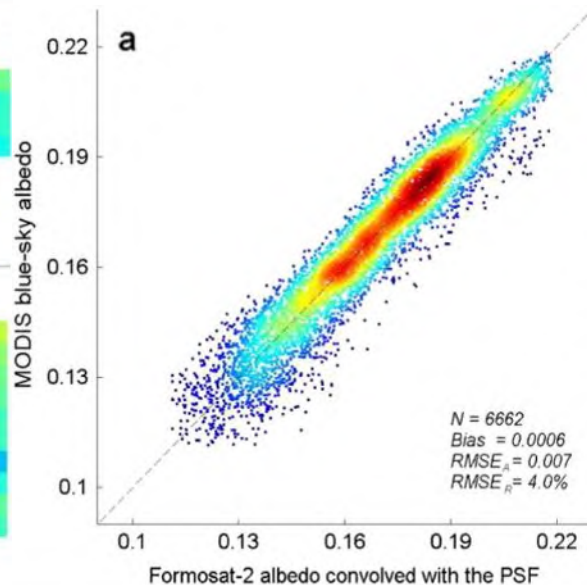
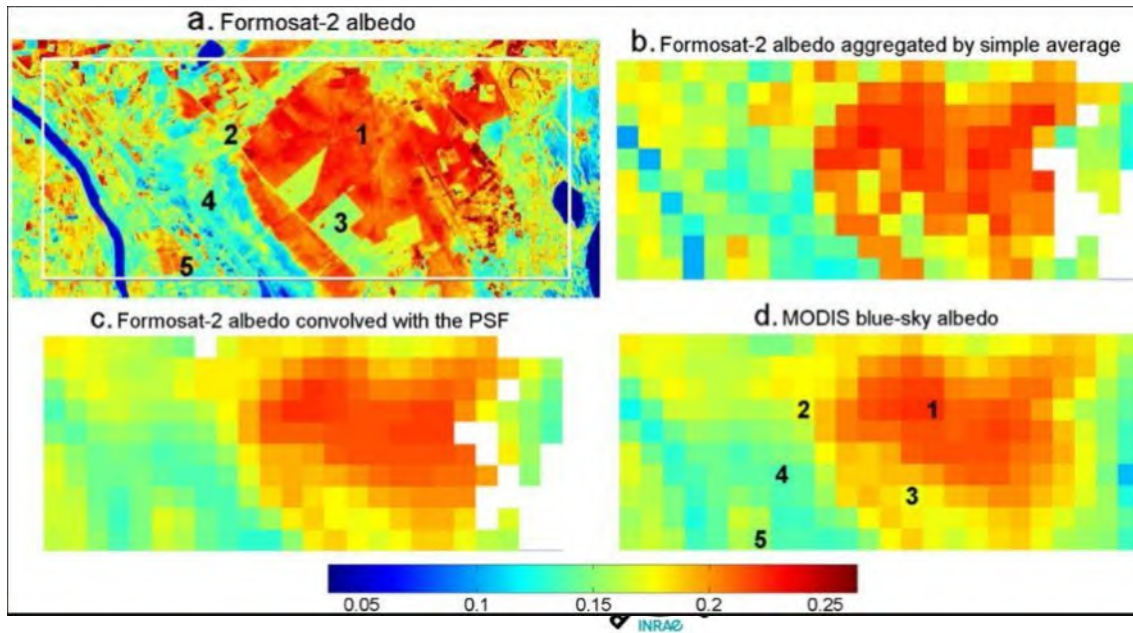
### Niveau 3:

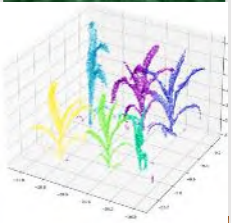
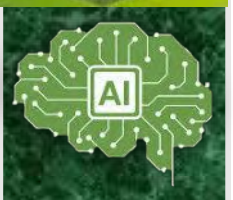
- Grandeur biophysique
- Synthèses périodiques (semaine, décade, mois) exploitant des séries temporelles qui peuvent différer pour chaque pixel selon le type de surface et le comportement dans le temps. La taille de la fenêtre temporelle pour générer les pixels peut être variable



## ➤ Un pixel qu'est-ce que c'est?

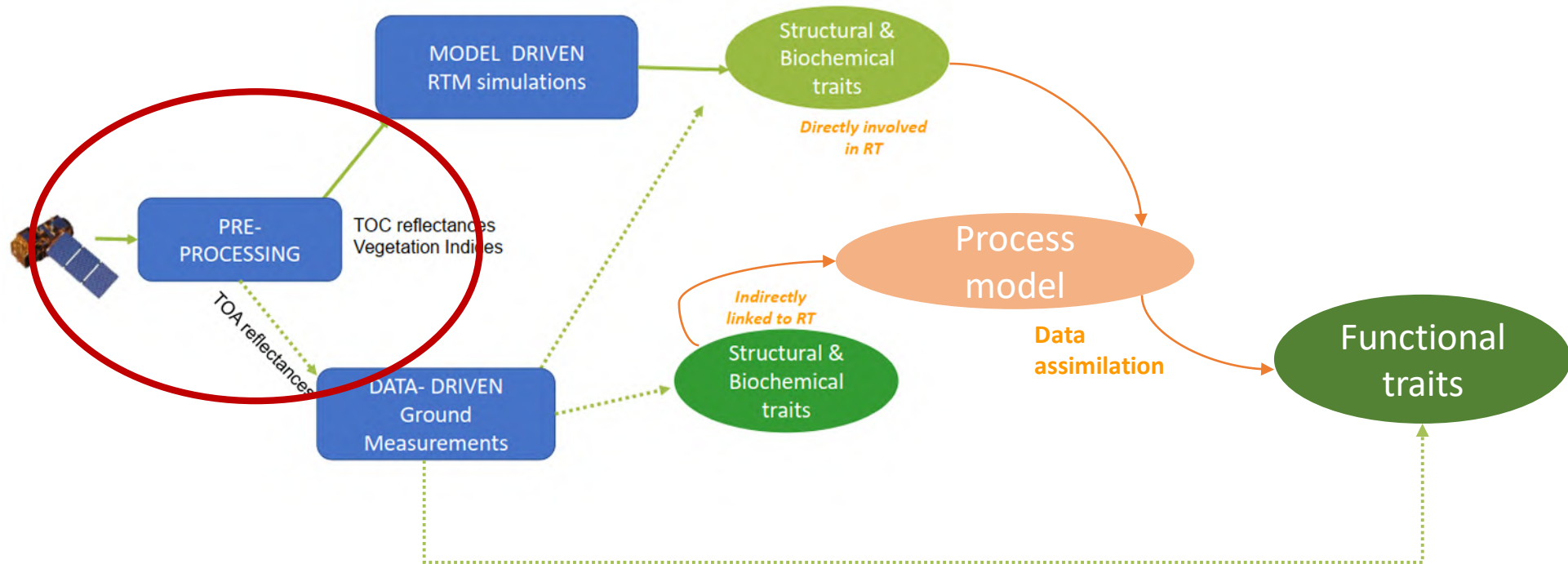
- Un pixel n'est pas un objet géographique : le signal mesuré dans un pixel dépend
  - De la « ground sampling distance » du capteur
  - De la PSF du capteur (point spread function)
  - Des possibles étapes de rééchantillonnage au cours des pré-traitements (corrections géométriques)
  - De son environnement (détermine les conditions d'illuminations)

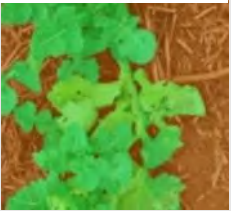
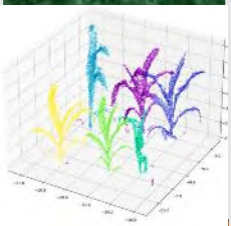
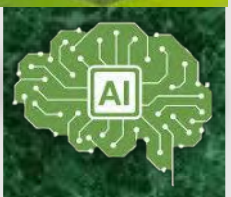




## ➤ Comment un produit est-il généré?

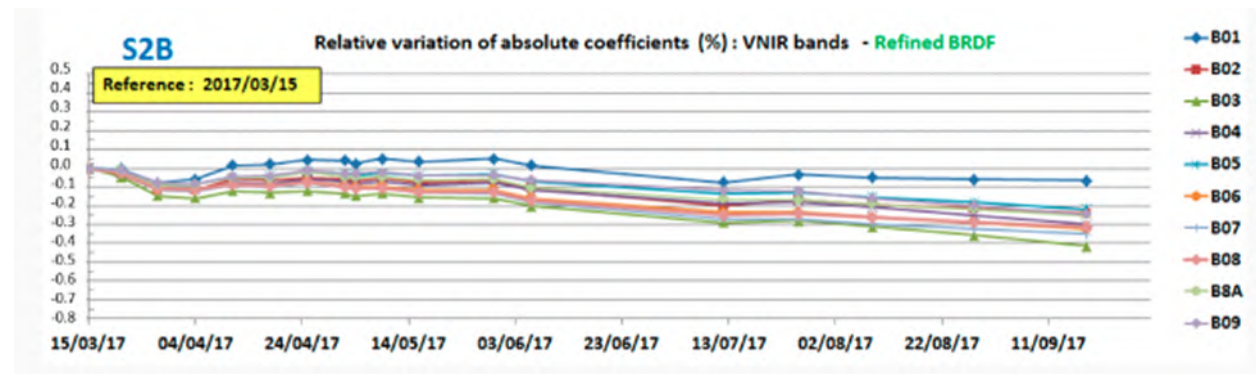
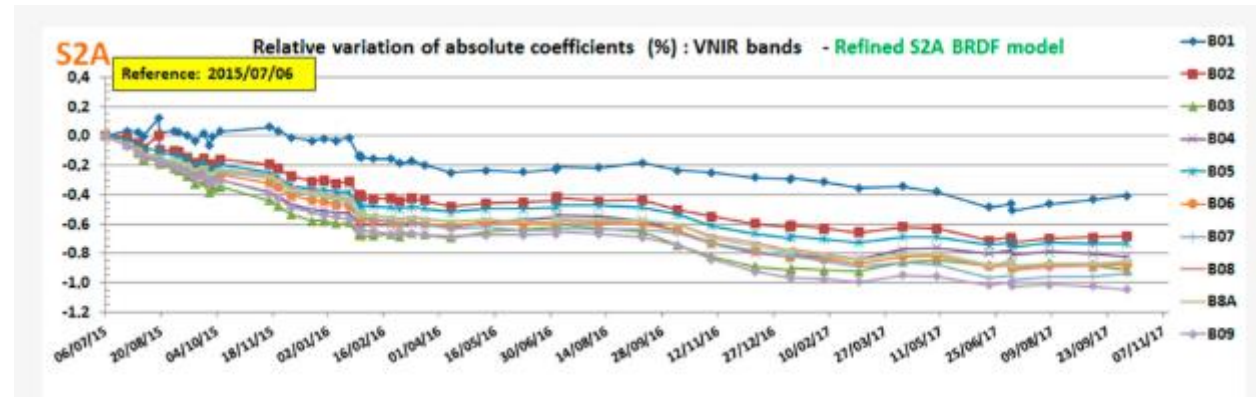
Un lien plus ou moins complexe avec le signal mesuré qui peut nécessiter un large panel de pré-traitements qui ont une influence non négligeable sur la donnée





# ➤ Pré-traitement: calibration radiométrique

- Opérée par les Agences Spatiales, avant et après le lancement, les coefficients de calibration peuvent changer dans le temps (dérive capteurs)

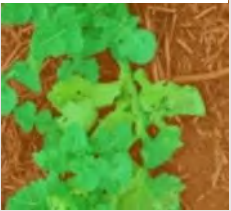
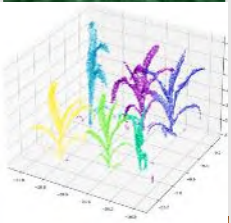
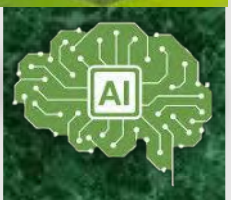


Helder et al (2018),RS



Pré-traitements & Produits satellitaires  
M. Weiss et al



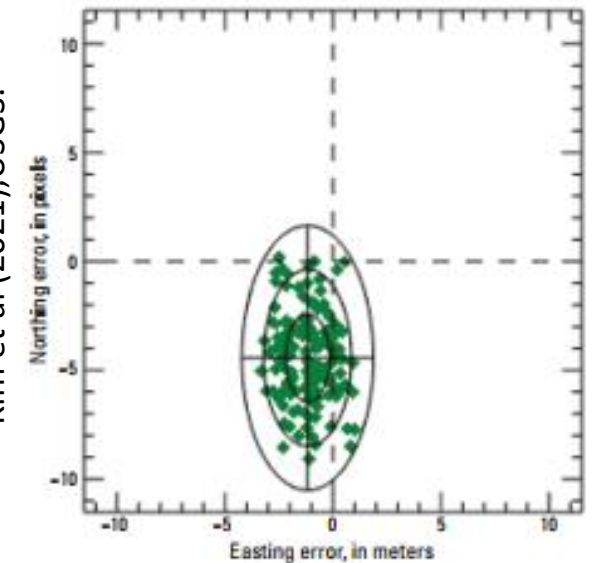


## ➤ Pré-traitement: correction géométrique

- Opérée par les Agences Spatiales
- Geo-rectification & map projection
- Ortho-rectification: correction des distortions d'images due à la topographie
- La précision géométrique d'un capteur est toujours indiquée
- L'utilisation des points de contrôle au sol permet d'améliorer la précision

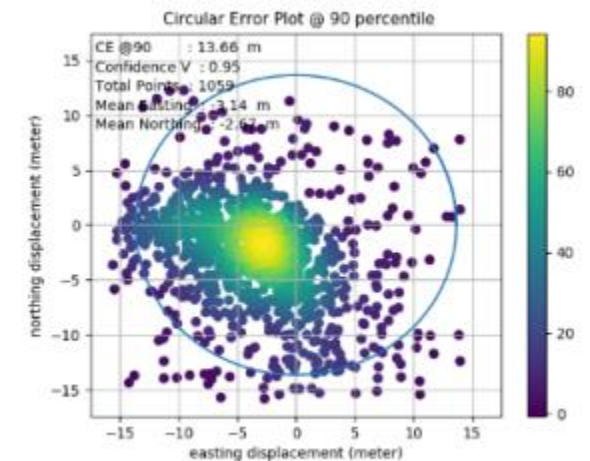
Erreur relative entre S2 & Superdove (Planet)

Kim et al (2021), USGS.

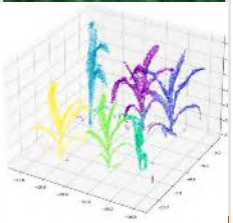


Erreur absolue Superdove (Planet)

Saunier et al (2021), ESA.

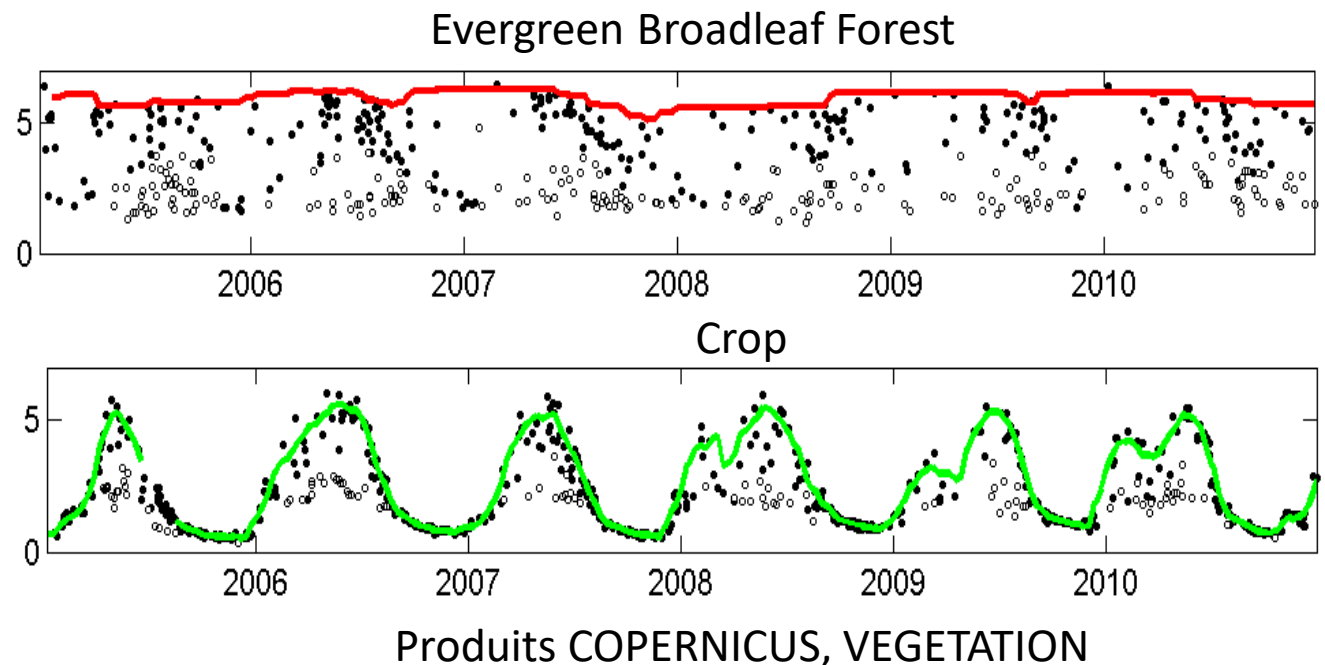






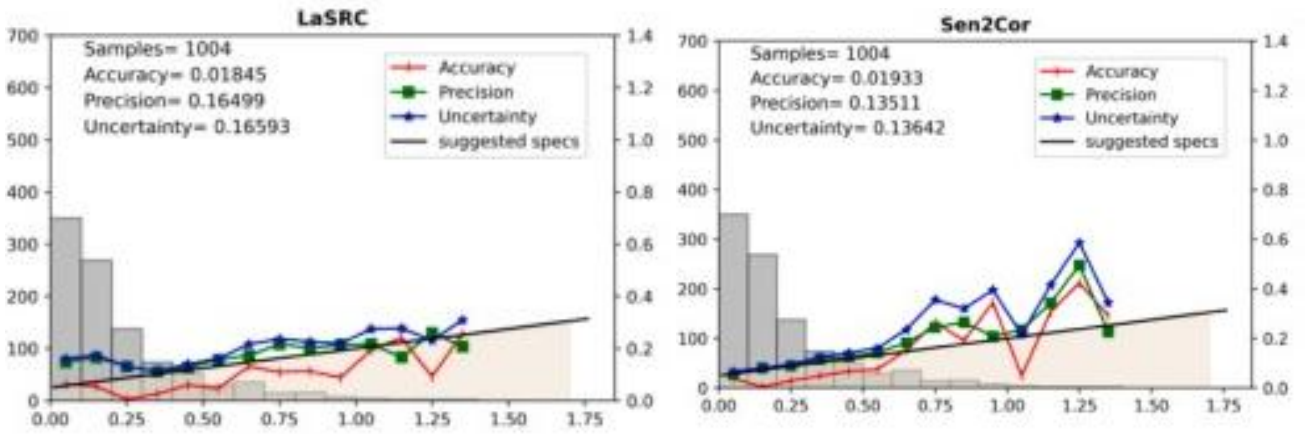
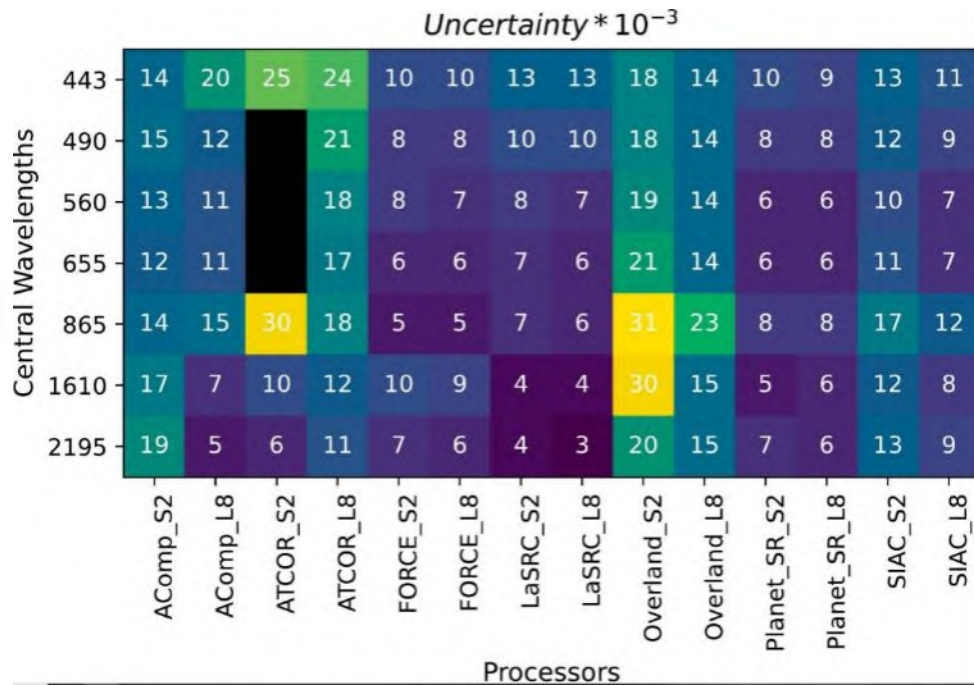
## ➤ Pré-traitement: Cloud and cloud shadow detection

- Méthodes traditionnelles utilisent les différences de comportement spectral (parfois temporel) entre surface/nuage
  - Pb de segmentation d'image= méthodes de deep learning en cours de développement
- La détection des nuages n'est jamais parfaite et peut altérer significativement les séries temporelles
  - Bruit résiduel
  - Missing data

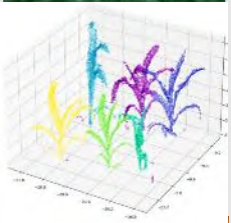
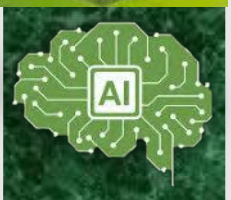


# ➤ Pré-traitement: correction atmosphérique

- Deux effets principaux altèrent le signal : la diffusion des aérosols et l'absorption gazeuse (affecte des bandes spécifiques)
- La plupart du temps, la correction atmosphérique est effectuée par inversion d'un modèle de transfert radiatif (estimation des aérosols grâce à la bande bleue)



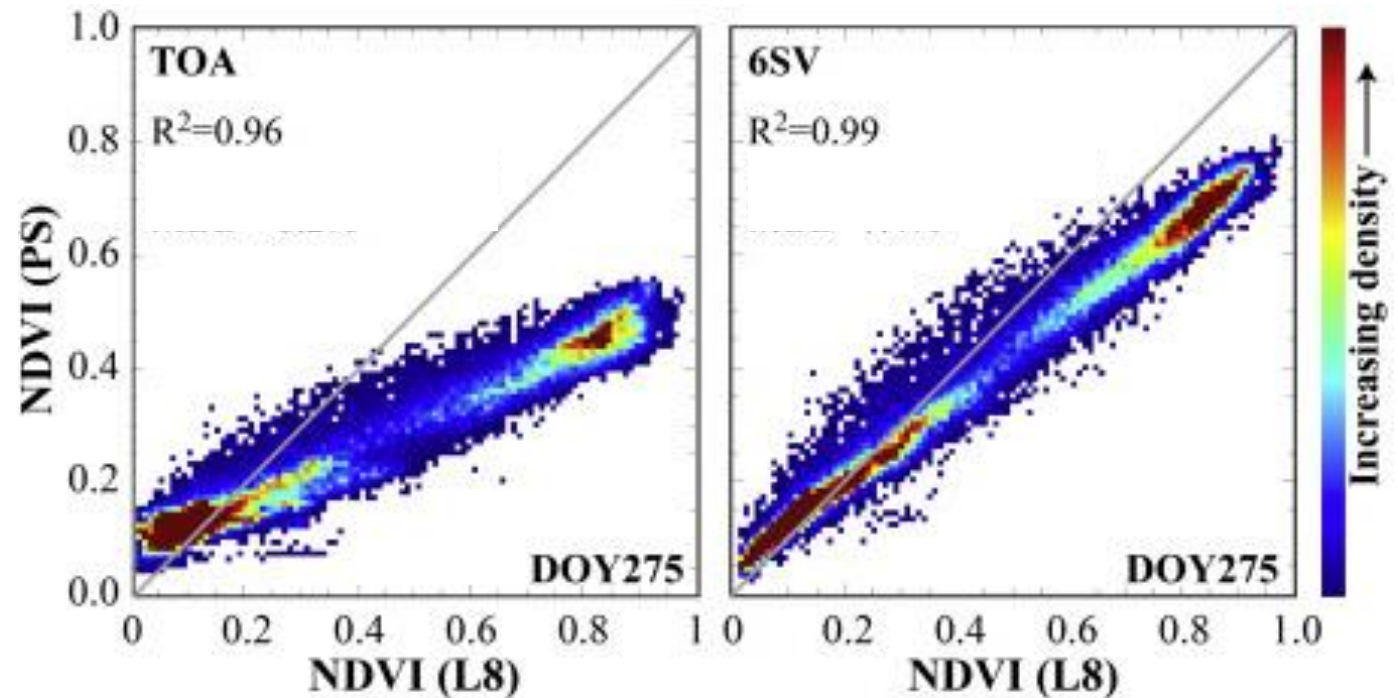
From Doxani et al, RSE (2023)  
 Résultat d'inter-comparaison d'algorithmes  
 LANDSAT8 (L8), SENTINEL-2 (S2)

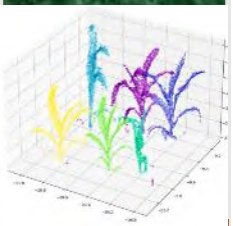
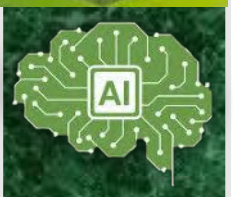


# ➤ Importance de la correction atmosphérique pour étudier la surface

- Calcul d'indices & inversion de modèle de transfert radiatif
- L'atmosphère affecte la relation inter-bande (effet décroissant des aérosols avec la longueur d'onde)

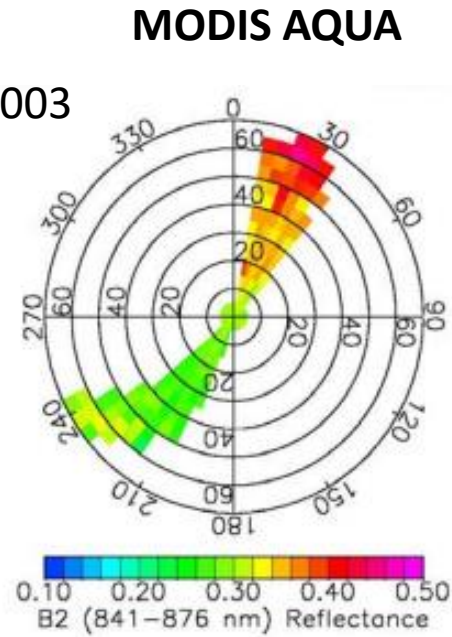
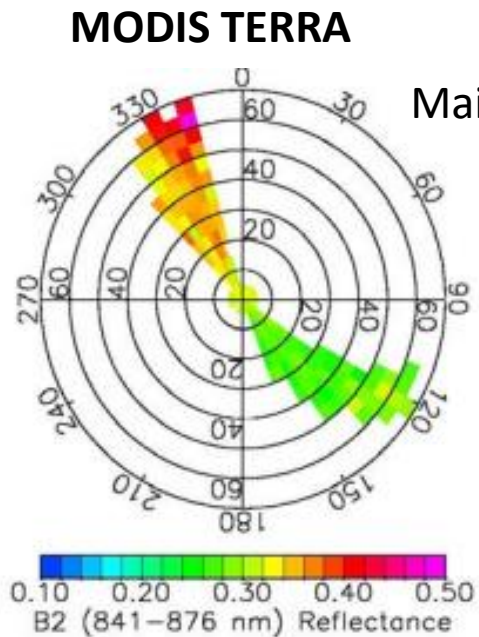
From Houborg & Mc Cabe, RSE (2018)  
(L8 vs PLANETSCOPE)





# ➤ Pré-traitement: les effets directionnels BRDF

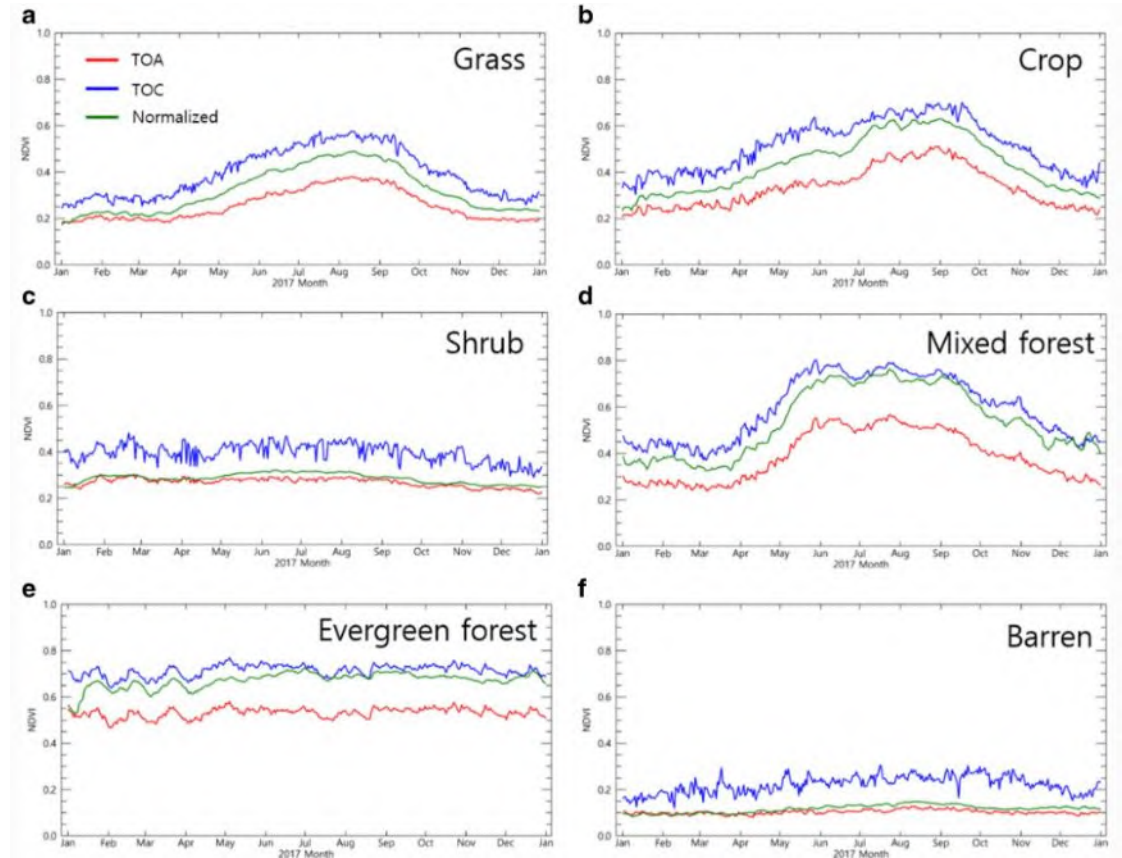
➤ La réflectance de surface peut varier significativement d'une acquisition à l'autre selon la géométrie d'acquisition (angles de visée), déterminée par les caractéristiques orbitographiques du satellite



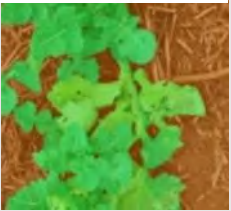
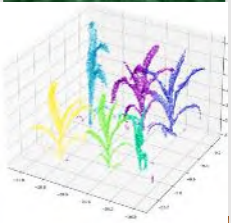
From Luo et al, RSE (2004)  
(14th ARM Science Team Meeting)

Sun zenith entre 11 et 35)  
NDVI entre 0,5 et 0,7

## HIMAWARI



From Seong et al, (2020)  
(Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences)



## ➤ Séries temporelles: algorithmes de composition (1)

### ➤ Synthèses hebdomadaires, décadaires ou mensuelles

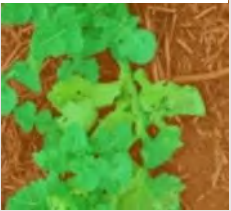
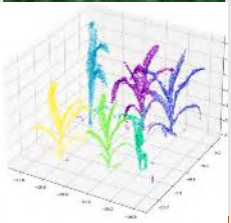
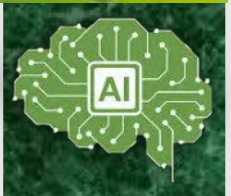
Elles comprennent toutes ou une partie de ces différentes étapes:

### ➤ Etape de filtrage supplémentaire des nuages:

- Filtrage sur un comportement attendu de la série temporelle: ex: Maximum value composite (NDVI, fAPAR, LAI)

### ➤ Correction de la BRDF :

- Contrainte sur l'angle de visée: on sélectionne l'angle le plus proche du nadir sur une période donnée fixe mais comprise dans la période de synthèse
- Inversion d'un modèle semi-empirique (kernel BRDF model) sur une fenêtre temporelle (pour obtenir une variabilité suffisante des cond de visée) et réestimation dans une direction normalisée (Visée nadir). La fenêtre temporelle peut-être de taille fixe/variable et couvrir une période plus longue que la périodicité du produit
- Et autres alternatives (par ex: produits HLS, on utilise l'info sur la BRDF issue de MODIS pour corriger SENTINEL-2 et LANDSAT8)



## ➤ Séries temporelles: algorithmes de composition (2)

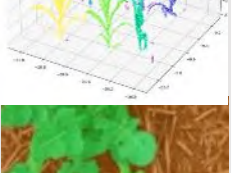
### ➤ Temporal smoothing and gap filling (TSGF)

- Sur certains types de surface, les utilisateurs réclament des profils temporels lisses (par exemple pas d'oscillations de la croissance de la végétation au cours de la saison) et continus (pas de trous)

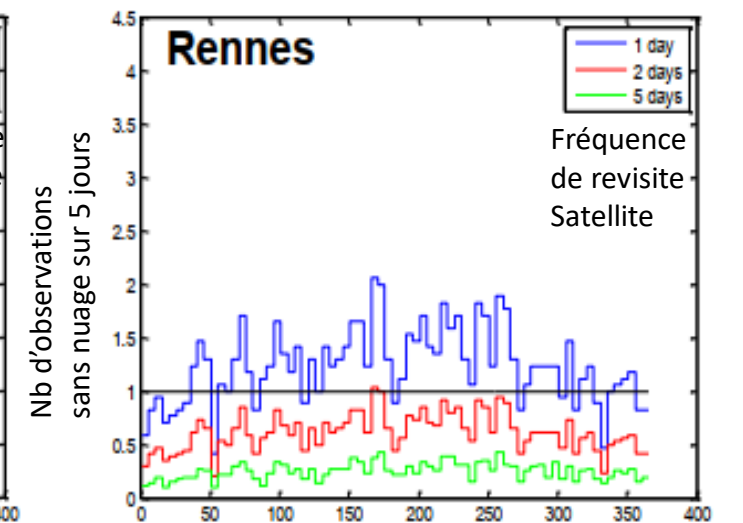
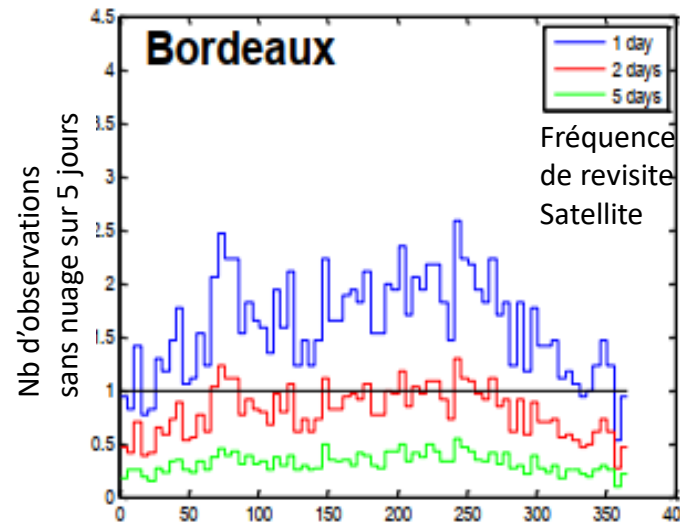
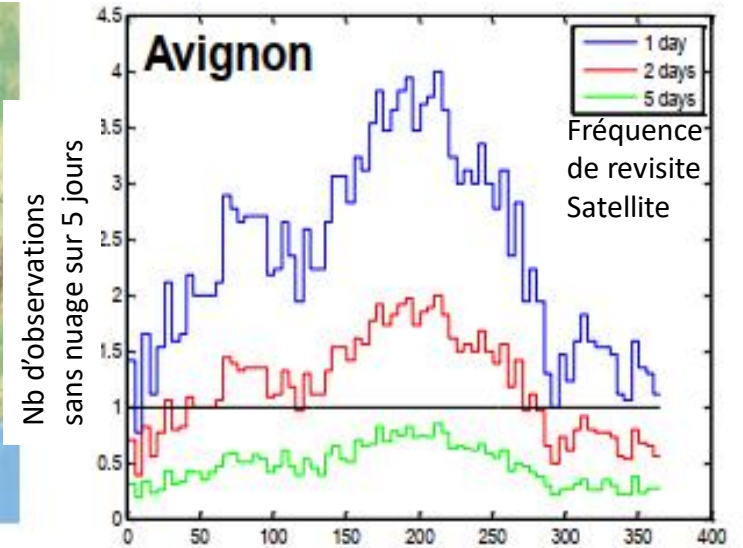
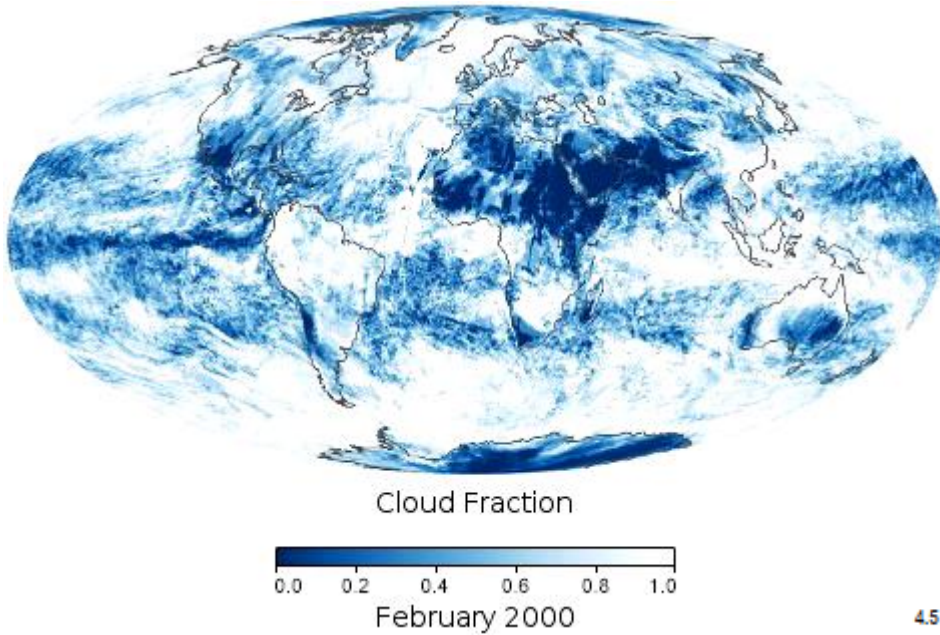
### ➤ Méthodes:

- Ajustement de courbes sur une fenêtre temporelle donnée (Savitsky-Golay, spline,...) permet de lisser et boucher les « petits » trous
- Bouchage de long trous: utilisation d'une climatologie (par exemple, produits COPERNICUS, VGT & ProbaV)

### ➤ Les conséquences ne sont pas neutres selon l'application considérée



# ➤ Ne pas négliger la fréquence des nuages et l'influence des techniques de gap filling



Certaines régions peuvent avoir jusqu'à 2-3 mois sans journée claire

# ➤ Moyenne résolution – Couverture globale, haute fréquence temporelle

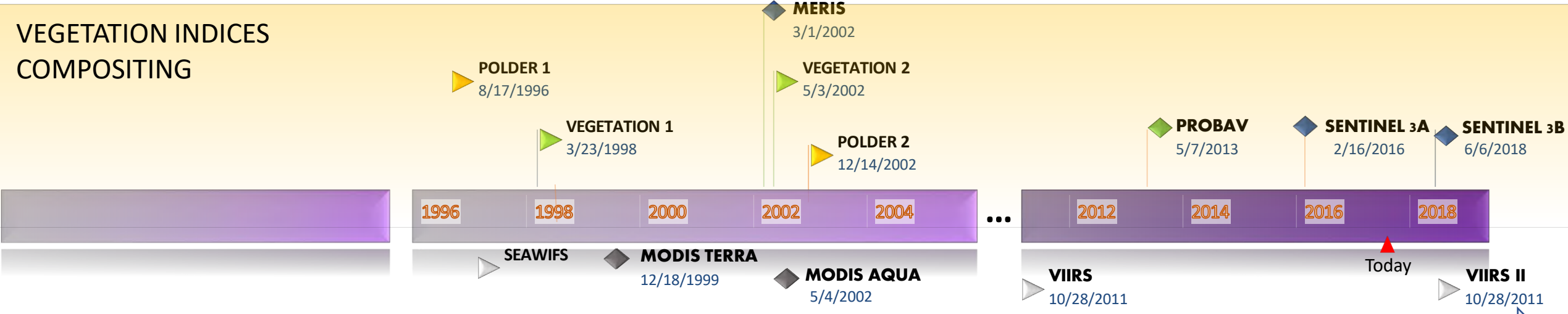
- ▶ KILOMETRIC
- ◆ HECTOMETRIC

Coupling RTM + Functioning (4D)  
Data Assimilation

MODEL INVERSION

RADIATIVE TRANSFER MODELING

VEGETATION INDICES COMPOSITING



1979 NOAA AVHRR 6-19 / MetOp



INRAE

Pré-traitements & Produits satellitaires  
M. Weiss et al





# ➤ Haute résolution – Couverture globale, vers la haute fréquence temporelle

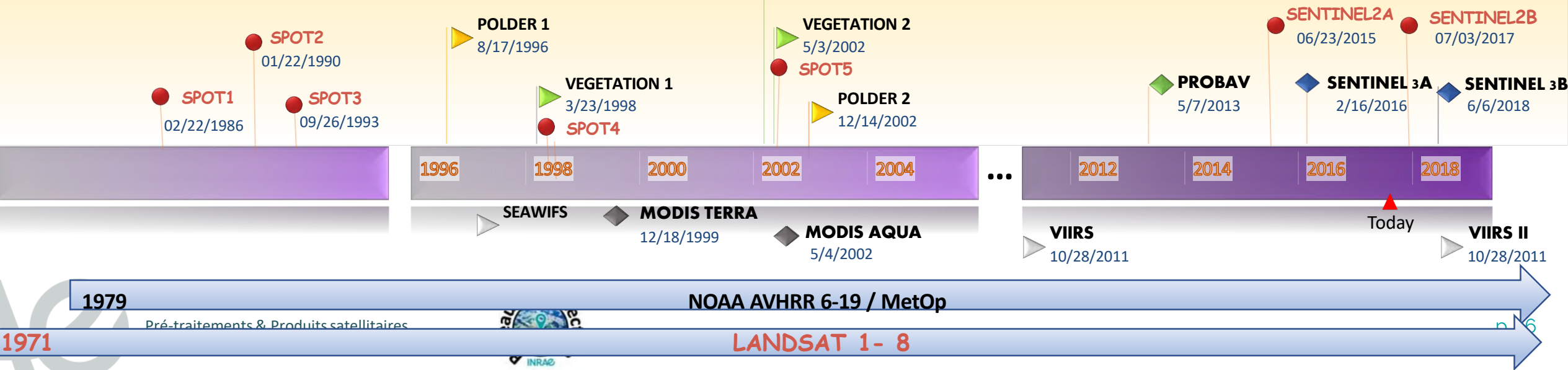
Machine Learning  
across scales

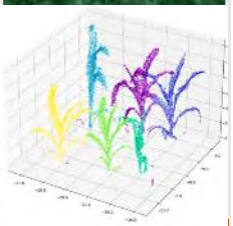
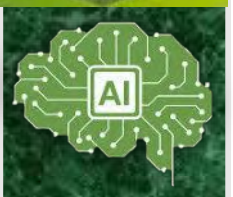
Coupling RTM + Functioning (4D)  
Data Assimilation

MODEL INVERSION

RADIATIVE TRANSFER  
MODELING

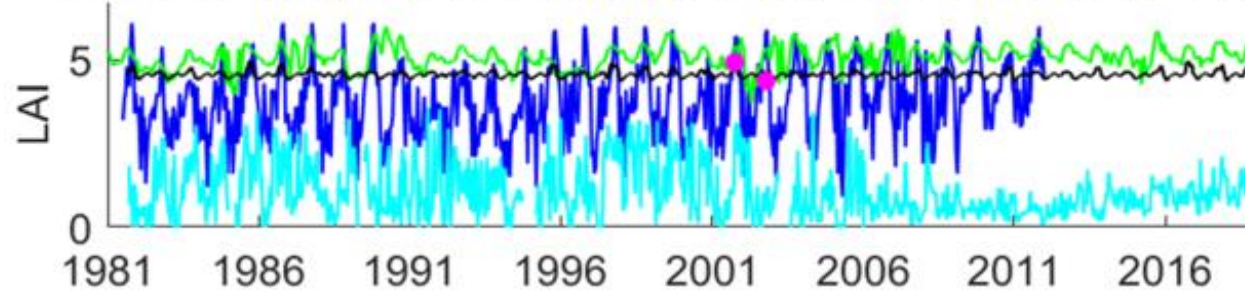
VEGETATION INDICES  
COMPOSITING



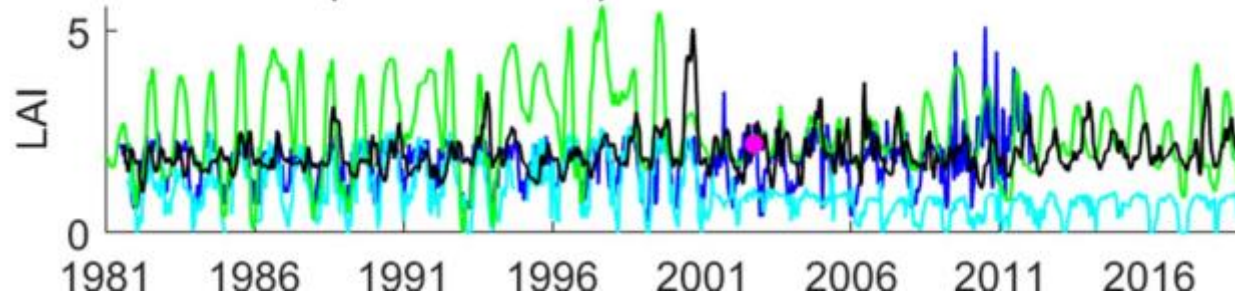


# ➤ Comparaison entre produits (ex: AVHRR)

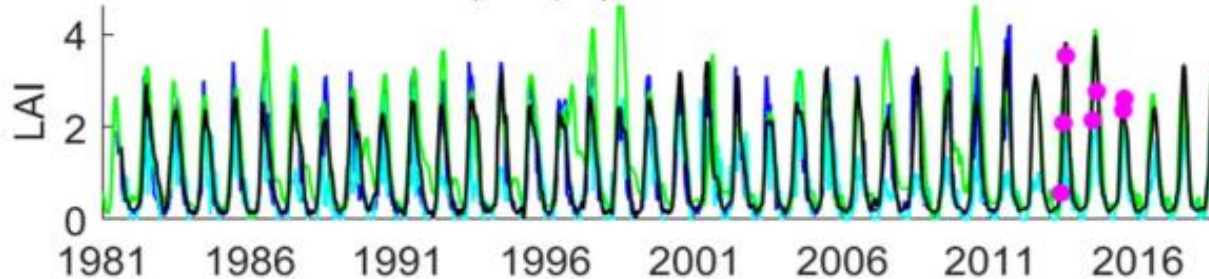
**Counami (Evergreen Broadleaf Forest) Lat= 5.35° Lon= -53.24°**



**METL (Needleleaf F.) Lat= 44.45° Lon= -121.57°**

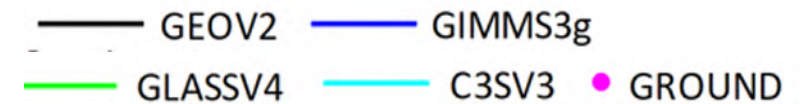


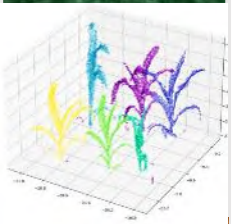
**Pshenichne (Crops) Lat= 50.08° Lon= 30.23°**



Larges différences observées selon les types de surface expliquées par les différences entre traitements & algorithmes

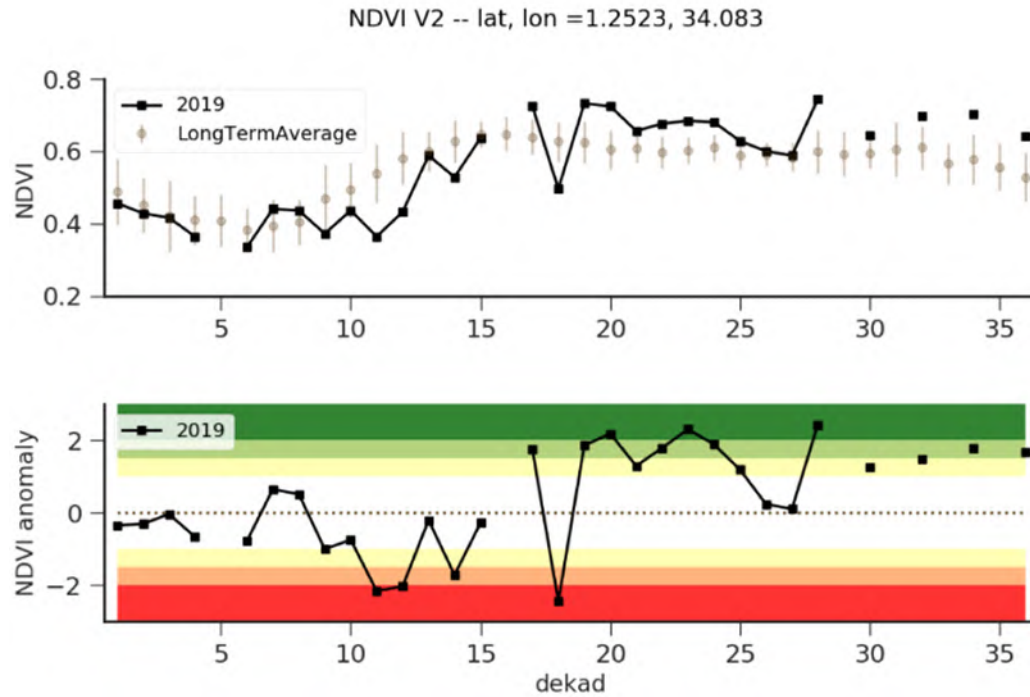
From Verger et al, 2023 (LPVE meeting)





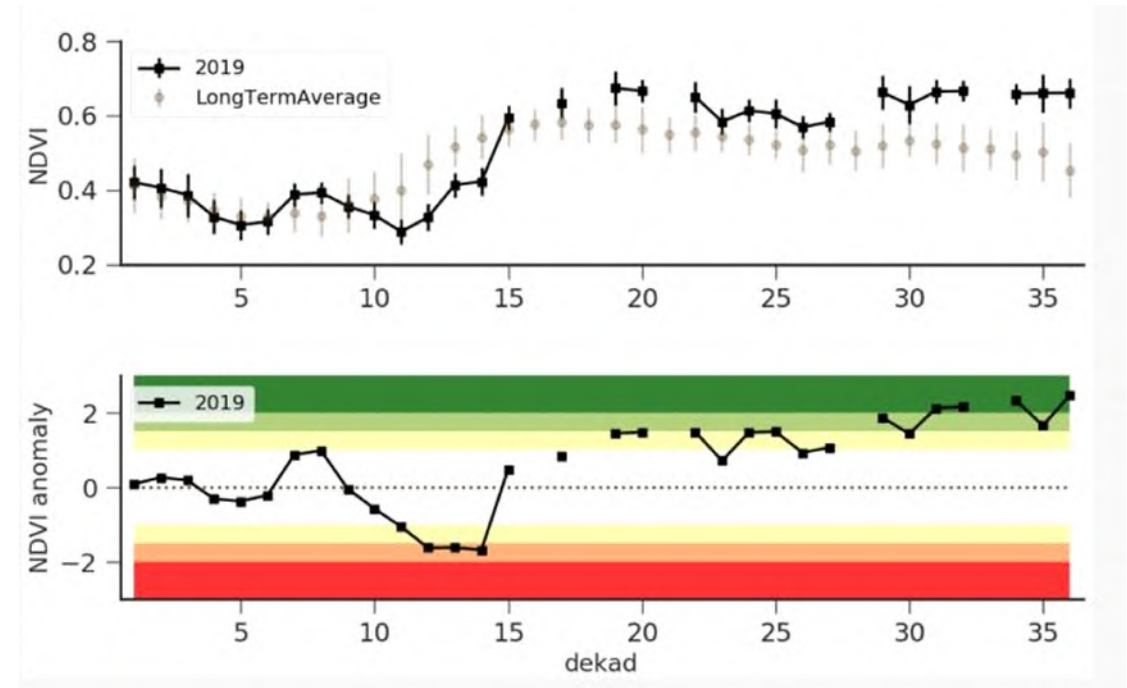
# ➤ Conséquence du choix de l'algorithme de compositing sur la détection d'anomalies sur une série temporelle

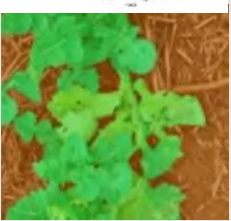
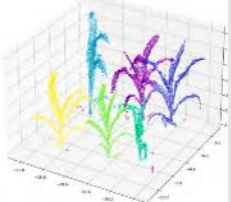
## Utilisation du MVC (maximum value composite)



From León-Tavares et al, RS (2021)  
VEGETATION

## Normalisation de la BRDF par modèle kernel





## ➤ Recommandations pratiques

### ➤ Série temporelle:

- La date indiquée pour le produit n'est pas forcément la date d'observation
- La véritable taille de la fenêtre de composition n'est pas forcément égale à la distance entre deux données
- Détection de changement : vérifier les hypothèses de smoothing/Gap filling

### ➤ Zone d'intérêt est très hétérogène

- Attention à la PSF/rééchantillonnage

### ➤ Variable d'intérêt

- Attention à la définition de la variable et aux hypothèses utilisées pour les générer

### ➤ D'une manière générale

- Plus le niveau de la donnée est élevé, plus elle a subi de traitements et dépend donc potentiellement d'hypothèses faites sur la surface observée
- Il faut s'intéresser aux « quality flags » qui reflètent les pbs éventuels liés aux algorithmes et donne un indice de confiance sur la donnée
- Il faut lire ou au moins parcourir les rapports/papiers de validation des produits que l'on utilise