

# Correction Atmosphérique des séries temporelles à haute résolution

O.Hagolle (CESBIO), M.Huc (CESBIO)



24 mars 2015



# Satellites à haute résolution spatiale et temporelle

## Haute résolution spatiale et temporelle

- ▶ Jusqu'ici, nécessité de choisir : résolution spatiale ou résolution temporelle
  - SeaWiFS, POLDER, MODIS, VEGETATION, MERIS, VIIRS...
- ▶ Plus nécessaire avec l'arrivée de Sentinel-2 (et de Venµs) en 2015 et 2016
  - Orbites à cycle court (2 à 5 jours)
  - Observation à angle constant

## Liste des satellites HR à haute répétitivité

Satellite	Dates	Résolution	Champ	bandes	Répétitivité	Portée
LANDSAT 4,5,7	1982 - 2011	30 m	180 km	7	16	global
LANDSAT 8	2013 -	30 m	180 km	11	16	global
Sentinel2 A,B	2015-A 2016-B	10 -20 m	290 km	13	10, 5(2 sat)	global
Venµs	2014 - 2016	5 - 10 m	28 km	12	2	sites
SPOT4-5 (Take5)	2013, 2015	20 m, 10 m	2*60 km	4	5	sites

# Satellites à haute résolution spatiale et temporelle

## Besoin de corrections atmosphériques

- ▶ Jusqu'ici, peu de corrections atmosphériques sur images HR (SPOT...)
- ▶ Les travaux de correction atmosphériques se sont concentrés sur les capteurs à basse résolution
- ▶ Pas de détection de nuages
  - quand les images sont payantes, on ne commande pas les images nuageuses
- ▶ Le besoin apparaît avec le traitement de séries emporelles

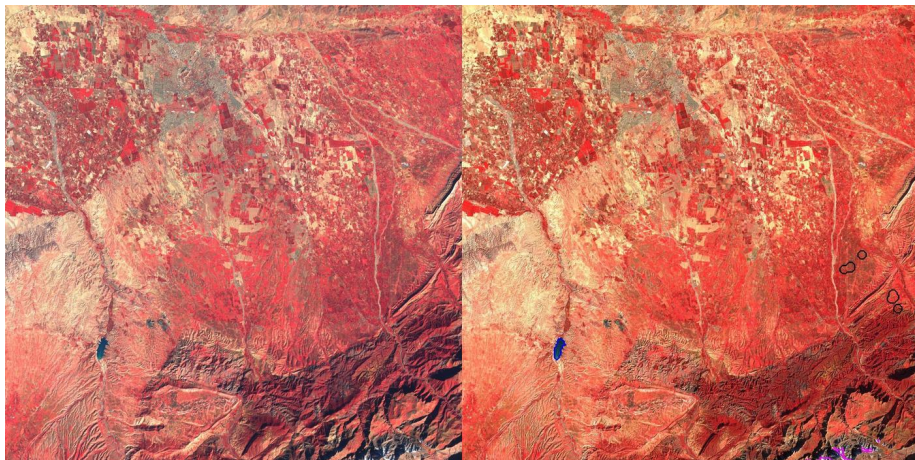
## Difficultés

- ▶ Variabilité du contenu atmosphérique en aérosols
- ▶ Nécessité d'utiliser les images pour estimer les aérosols
- ▶ Difficulté de séparer contribution atmosphérique et de la surface

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

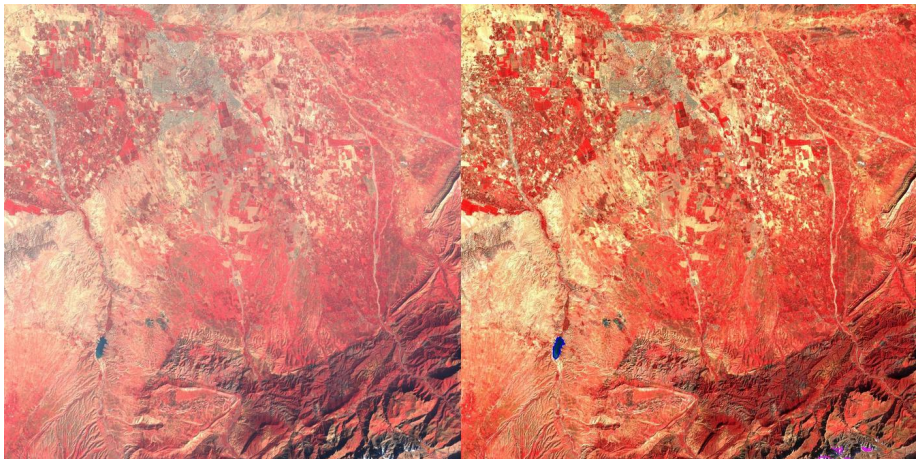


20130131

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

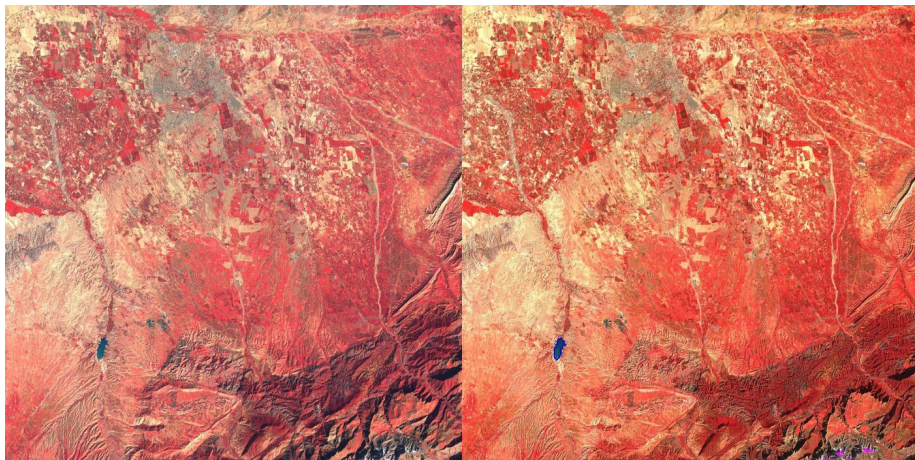


20130205

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

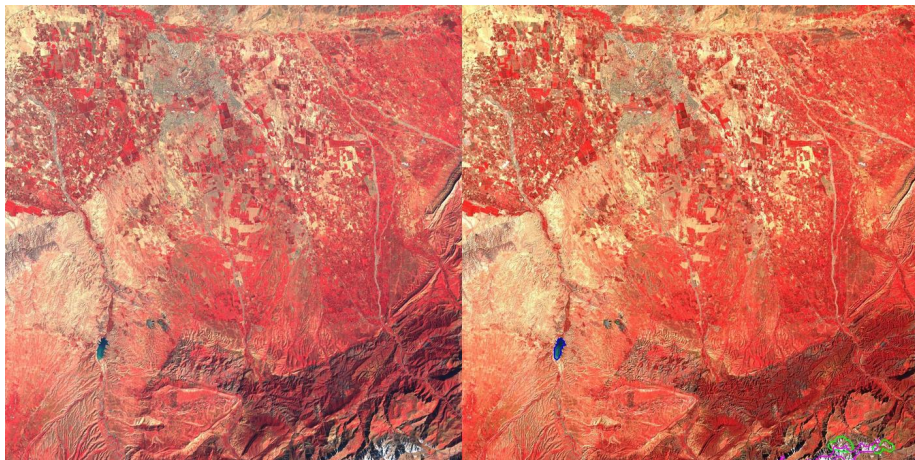


20130210

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

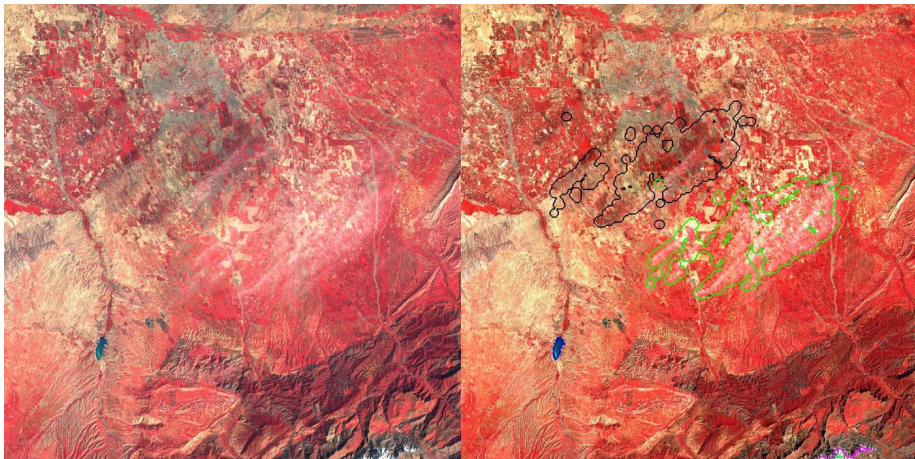


20130225

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)



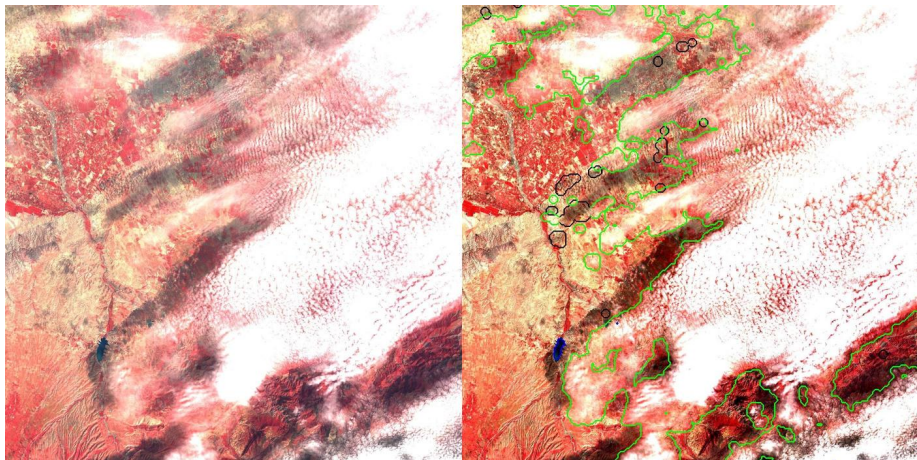
20130307



# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

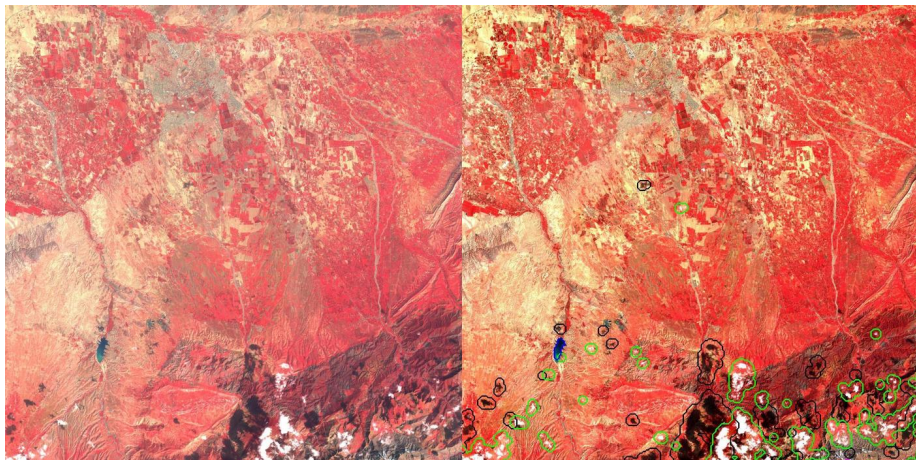


20130312

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

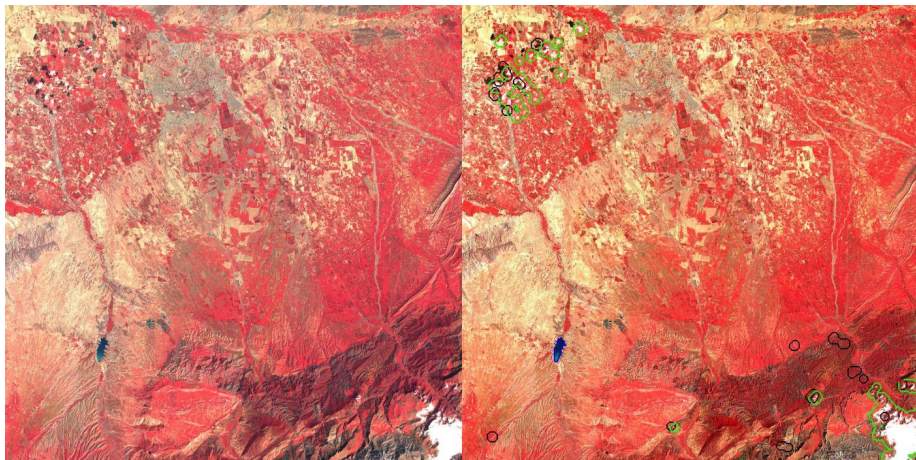


20130317

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

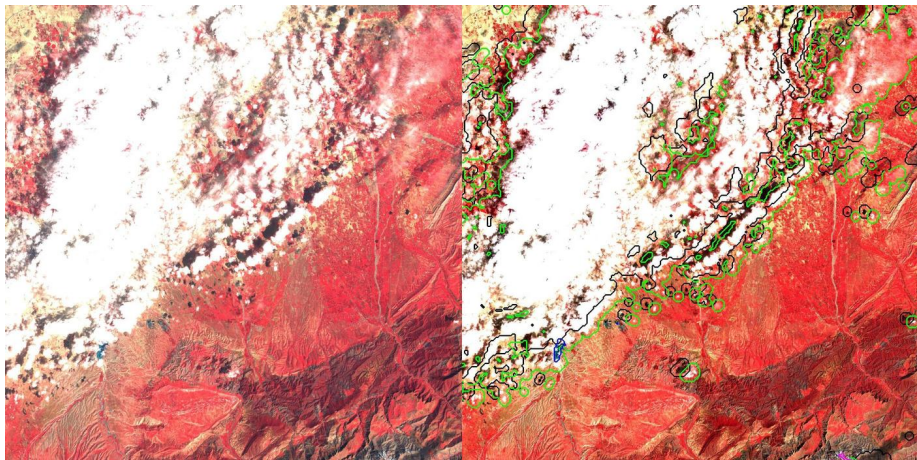


20130322

# Simulation de séries temporelles Sentinel-2 à partir de SPOT (Take5)

- ▶ Maroc, Février à mars 2013

TOA Reflectance (L1C) => Surface Reflectance (L2A)

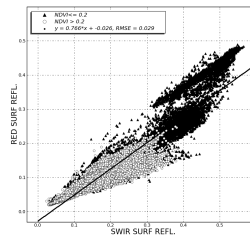
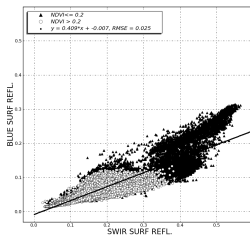
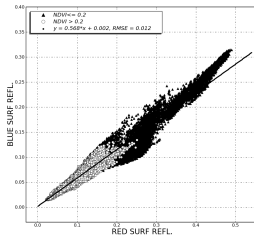


20130327

# Méthodes d'estimation des aérosols au dessus des terres

## Méthodes Multi-Spectrales

- ▶ Sur la végétation dense :  $\rho_{surf}(bleu) \approx 0.5 * \rho_{surf}(rouge) \approx 0.25\rho_{surf}(SWIR)$
- ▶ On cherche la quantité et le type d'aérosols qui permet d'obtenir ces relations
- ▶ La première égalité est plus précise que la seconde
- ▶ Utilisé pour MODIS, MERIS sur terre, dans la chaîne ATCOR (DLR)
  - difficulté à estimer le type d'aérosols, excepté sur les végétations les plus denses
- ▶ Fonctionne très mal en zone aride
- ▶ MODIS utilise la méthode "Deep blue",  $\rho_{surf}(412) \approx 0.03$ 
  - mais bande 412 non disponible à haute résolution



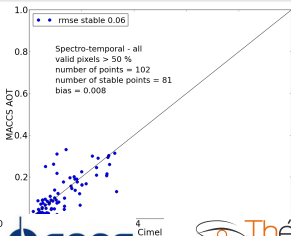
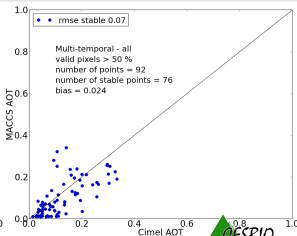
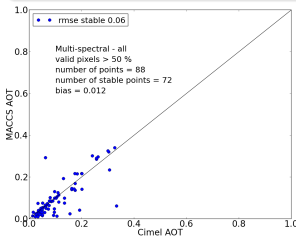
# Méthodes d'estimation des aérosols au dessus des terres

## Méthodes Multi-temporelles

- ▶ La réflectance de surface dans le bleu varie en général lentement (en l'absence d'effets directionnels)
- ▶ On cherche les quantités d'aérosols qui permettent d'observer les mêmes réflectances de surface sur deux images successives
- ▶ Méthode plus complexe et moins précise en présence de végétation dense, mais plus robuste en zone aride

## Combinaison des critères multitemporels et multi spectraux

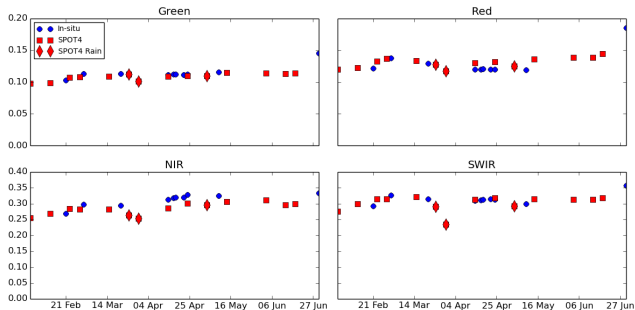
- ▶ Permet de bénéficier des avantages des deux méthodes
- ▶ Hagolle O, Huc M, Villa Pascual D, Dedieu G. A Multi-Temporal and Multi-Spectral Method to Estimate Aerosol Optical Thickness over Land, for the Atmospheric Correction of FormoSat-2, LandSat, VENUS and Sentinel-2 Images. Remote Sensing. 2015; 7(3):2668-2691.



# Validation des réflectances de surface

## réflectances de surface

- ▶ Comparaison des  $\rho_{surf}$  de SPOT4 (Take5) avec données in-situ
- ▶ Utilisation de la station de mesure du CNES de la Crau (Provence)
- ▶ Très bon accord, avec un certain biais dans le PIR
- ▶ Sensibilité du SWIR à l'humidité du sol après les pluies



# Transfert radiatif

## Absorption moléculaire

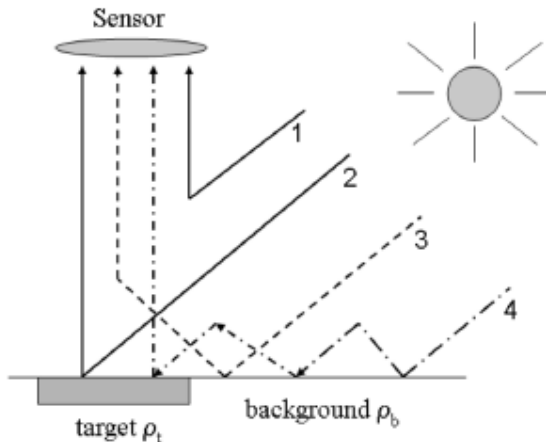
- ▶ Pour le moment, utilisation de SMAC, basé sur 6S (on peut probablement mieux faire)
- ▶ Pour Sentinel-2 et VEN $\mu$ S, présence d'une bande d'absorption de la vapeur d'eau à 900 nm
- ▶ Analyses météo pour l'Ozone, pression (altitude) pour l'oxygène, climato pour le reste.
- ▶ Pas de couplage absorption-diffusion

## Diffusion

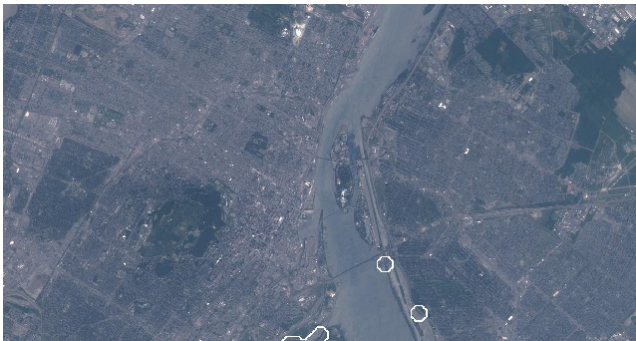
- ▶ Utilisation de Look-up tables obtenues à partir de SOS (version LOA-CNES, CS-SI)
- ▶ Pas de couplage absorption-diffusion
- ▶ Pas de prise en compte de la BRDF du sol
- ▶ Pas de problèmes de précision, comparé, aux incertitudes sur les aérosols



# Effets d'environnement

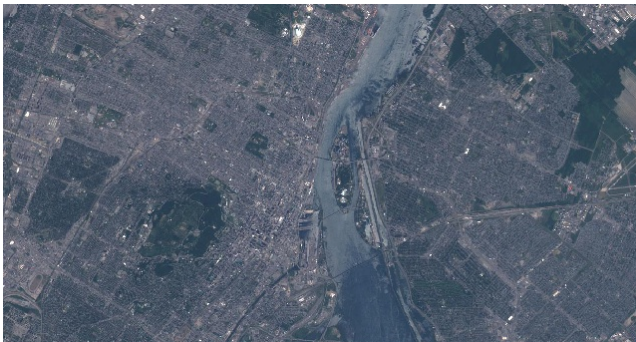


# Effets d'environnement



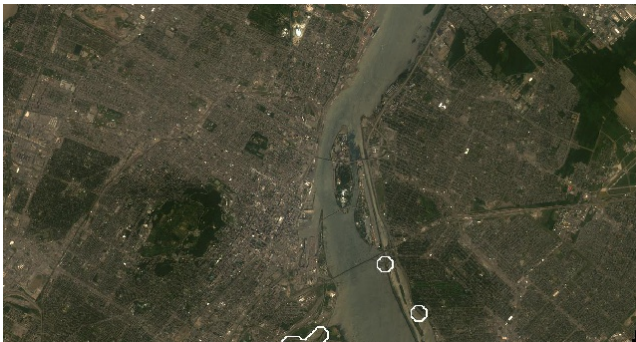
TOA, AOT=0.47

# Effets d'environnement



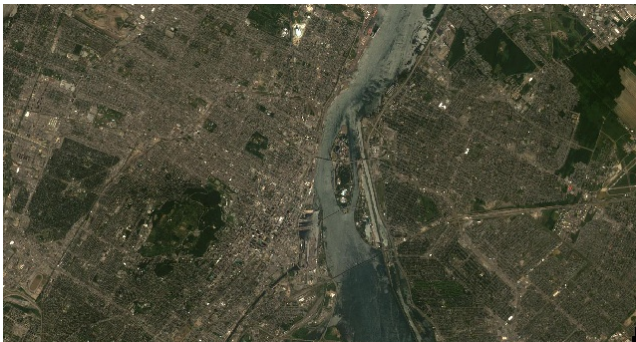
TOA, AOT=0.11

# Effets d'environnement



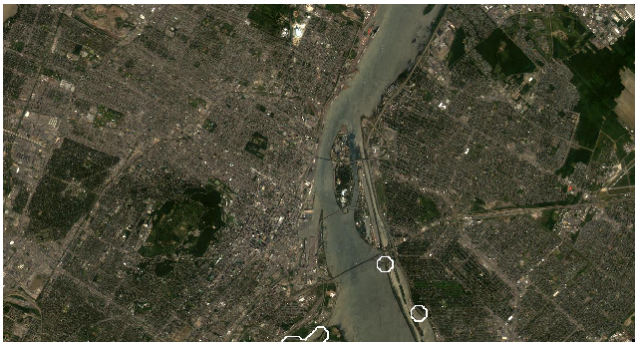
Surface, sans correction environnement, AOT=0.47

# Effets d'environnement



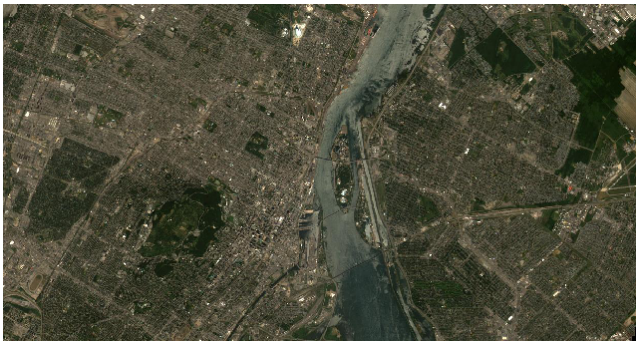
Surface, sans correction environnement, AOT=0.11

# Effets d'environnement



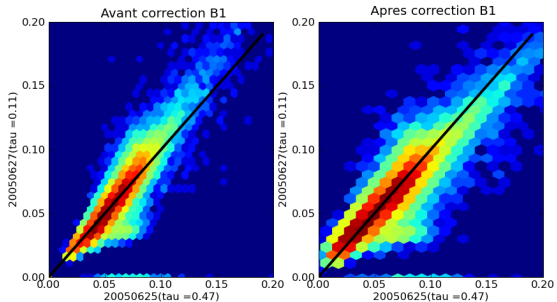
Surface, avec correction environnement, AOT=0.47

# Effets d'environnement



Surface, avec correction environnement, AOT=0.11

# Effets d'environnement





# Conclusions-1

## Correction atmosphérique sur les terres

- ▶ La correction atmosphérique devient opérationnelle
- ▶ Elle n'est plus réservée aux satellites à large champ
- ▶ Méthodes multi-capteurs : MACCS ou ATCOR (DLR) applicables à LANDSAT, SENTINEL-2...
- ▶ <http://cesbio.ups-tlse.fr/multitemp>
- ▶ Bons résultats de validation, même en milieu aride
- ▶ Correction des effets environnement empirique
- ▶ Pas d'estimation du modèle d'aérosols => utilisation de MACC ?
  - Dépot d'un projet TOSCA en 2015
- ▶ Pas d'estimation de l'épaisseur optique au dessus de l'eau
  - Existence d'une chaîne pour les eaux côtières : ACOLITE (Van Hellemonet et Ruddick, 2015)

### Transfert radiatif

- ▶ Correction de l'absorption moléculaire avec SMAC (6S). Est-ce suffisant ?
- ▶ Diffusion : SOS (LOA-CNES) donne satisfaction
  - moins de 20 h pour simuler la LUT d'une bande (par processeur)
- ▶ Modélisation des effets d'environnement
  - Nécessite un code 3D, lequel ?
  - Paramétrisation en fonction des angles et des aérosols ?
  - Gestion des effets d'environnement des nuages ?
- ▶ Conseils et support par de vrais spécialistes (sérieux) de l'atmosphère bienvenus !

### Problème à résoudre

- ▶ Experts en transfert radiatif pas passionnés par la correction atmosphérique
- ▶ Spécialistes de correction atmosphérique pas très forts en transfert radiatif