

Retour d'expérience de SPOT4 (Take5) : simulation des futures séries d'images Sentinel-2

O.Hagolle, M.Huc, M.Kadiri, M.Le Page, J.Inglada, B.Tarly, G.Dedieu CESBIO,
S.Sylvander CNES, D.Clesse CAP GEMINI, J.Donadieu CNES, M.Leroy, CNES



13 Mai 2014

Sentinel-2 : une révolution pour le suivi de la végétation

Principales caractéristiques

- ▶ Haute **resolution** : 10m-20m
- ▶ Grande **couverture** : toutes les terres, 290 km de fauchée
- ▶ Fréquente **revisite** à angles de prise de vue constants : 5 jours avec 2 sat.
- ▶ 13 bandes spectrales

Autres aspects révolutionnaires

- ▶ Durée : 7 ans pour la première génération
 - L'ESA planifie un renouvellement pour atteindre +de 20 ans
- ▶ Acquisitions systématiques à haute répétitivité
 - L'utilisateur peut compter sur une observation claire par mois
 - => Utilisations opérationnelles (ex : cartes d'OS annuelles)
- ▶ Données ouvertes et gratuites
- ▶ Produits "prêts à l'emploi"
 - Produit 1C : ortho-rectifié en réflectance TOA
- ▶ Angles de prise de vue constants :=> pas d'effets directionnels
 - Séries temporelles peu bruitées

Sentinel-2 : révolution des méthodes

Temps

- ▶ SPOT-Rapid Eye : une à quatre images par an
- ▶ Sentinel-2 : une à deux images par mois

Surface

- ▶ SPOT-RE : 60*60 km : homogénéité du paysage et du climat
- ▶ Sentinel-2 : 300*300 km² : hétérogénéité du paysage et du climat

Nuages

- ▶ SPOT-RE : l'utilisateur commande des images sans nuages (ou presque)
- ▶ SPOT-RE : possibilité de marquer à la main les pixels nuageux
- ▶ Sentinel-2 : toutes les images présentent des nuages

Utilisation

- ▶ SPOT-RE : Traitement très supervisé d'une image acquise par-ci par là
- ▶ Sentinel-2 : Traitement automatique de grandes régions

Besoin de données de simulation de Sentinel-2

Prétraitements (Agences spatiales)

- ▶ Valider les méthodes de superposition des images
- ▶ Détecter les nuages et leurs ombres
- ▶ Corriger les effets atmosphériques
- ▶ Boucher les trous dûs aux nuages : synthèses mensuelles

Utilisation des données

- ▶ Gérer les énormes volumes de données
- ▶ Adapter les méthodes de traitement aux séries temporelles
- ▶ Développer et tester les chaînes de traitement
- ▶ Mieux connaître les besoins des utilisateurs
- ▶ Développer de nouvelles applications
- ▶ Faire la démonstration de l'intérêt des données

Jeux de données permettant de simuler S2

Données disponibles en 2012

- ▶ Acquisitions aériennes de l'ESA
 - Haute **résolution**, toutes les bandes **spectral** de S2, mais pas de **revisite** et faible **champ**
- ▶ Autres satellites
 - Formosat-2 : **revisite** et **résolution**
 - Landsat 5,7,8 : **champ** et bandes **spectrales**
 - SPOT, R-E, DMC : **résolution champ** and **revisite** mais angles variables

SPOT4 (Take5)

- ▶ SPOT4 (Take5) fournit 3 des 4 principales caractéristiques de S2
 - **revisite** : tous les 5 jour, pendant 5 mois, 28 acquisitions
 - **resolution** : 20m
 - **champ** : grands sites 60*60 km², 120*120, 300*200
 - **spectral** : seulement 4 bandes, mais une bande SWIR

SPOT4 (Take5)

Scenario

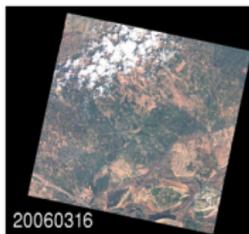
- ▶ Décision de lancer Take5 le 11 Décembre 2012
- ▶ Fin de l'utilisation en routine de SPOT4 le 11/01/2013
- ▶ SPOT4 placé sur orbite phasée à 5 jours, le 29/01/2013
- ▶ Prises de vue tous les 5 jours du 31/01 au 19/06 inclus
- ▶ Désorbitation du satellite le 29 Juin
- ▶ Traitement au Pôle THEIA (Centre de production MUSCATE)
 - dont c'était la première production
- ▶ V1.0 : 16 juillet 2013, V2.0 : 20 mars 2014

Choix des sites

- ▶ En France : appel à propositions scientifiques
 - 20 propositions, 80 laboratoires, 16 sites retenus
- ▶ International : participation de ESA, NASA, UE
 - ESA (14 sites), UE (9 sites), NASA (2 grands sites), CCRS (1 site)

Nomenclature des produits de Sentinel-2

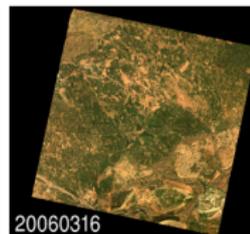
- ▶ Produit de Niveau 1C :
 - Images ortho-rectifiées en réflectance au sommet de l'atmosphère
- ▶ Produit de Niveau 2A :
 - Comme 1C, mais en Réflectance de surface après correction atmosphérique
 - Masque de nuages et d'ombre
 - Masque de neige et d'eau
- ▶ Produit de Niveau 3A :
 - Moyenne pondérée des réflectances de pixels clairs obtenus pendant 1 mois.



Level 1C:



Level 2A:



Level 3A:

Accès aux données

- ▶ depuis le site THEIA : <http://www.theia-land.fr/>

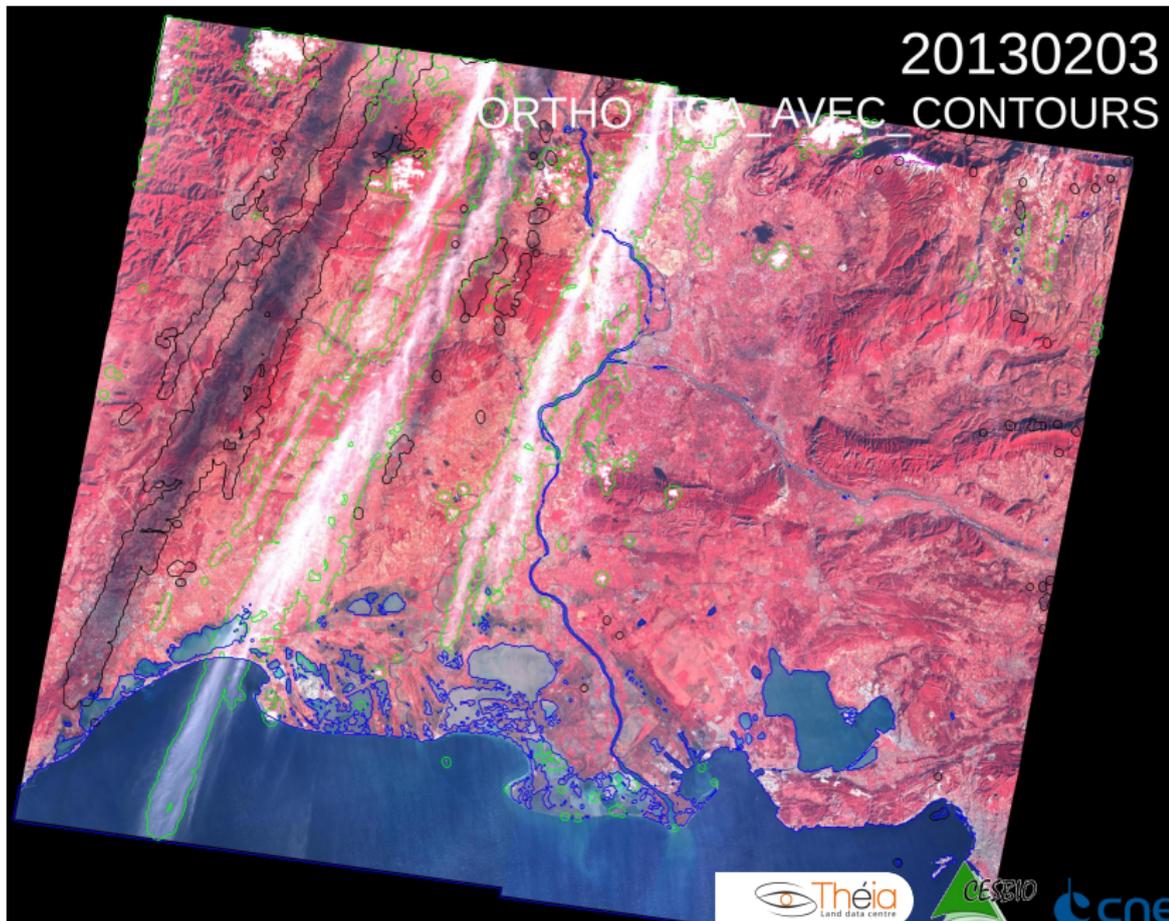
Licence

- ▶ Accès gratuit aux données après acceptation d'une licence ("j'accepte")
 - A lire une fois!
 - Les données ne peuvent pas être revendues
 - Toute publication utilisant les données doit être adressée au CNES
 - => sylvia.sylvander@cnes.fr, olivier.hagolle@cnes.fr

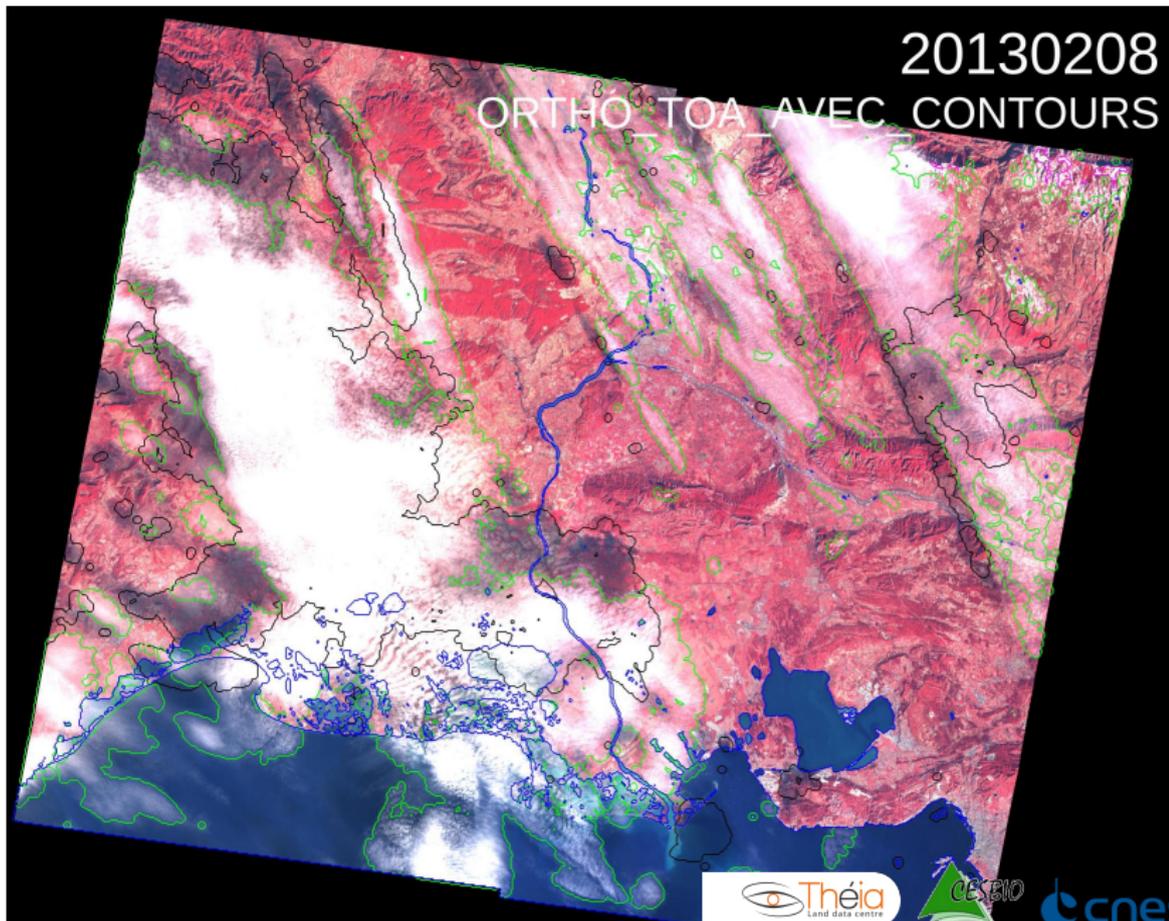
Masques N2A : Nuages, Ombres, Eau, Neige

20130203

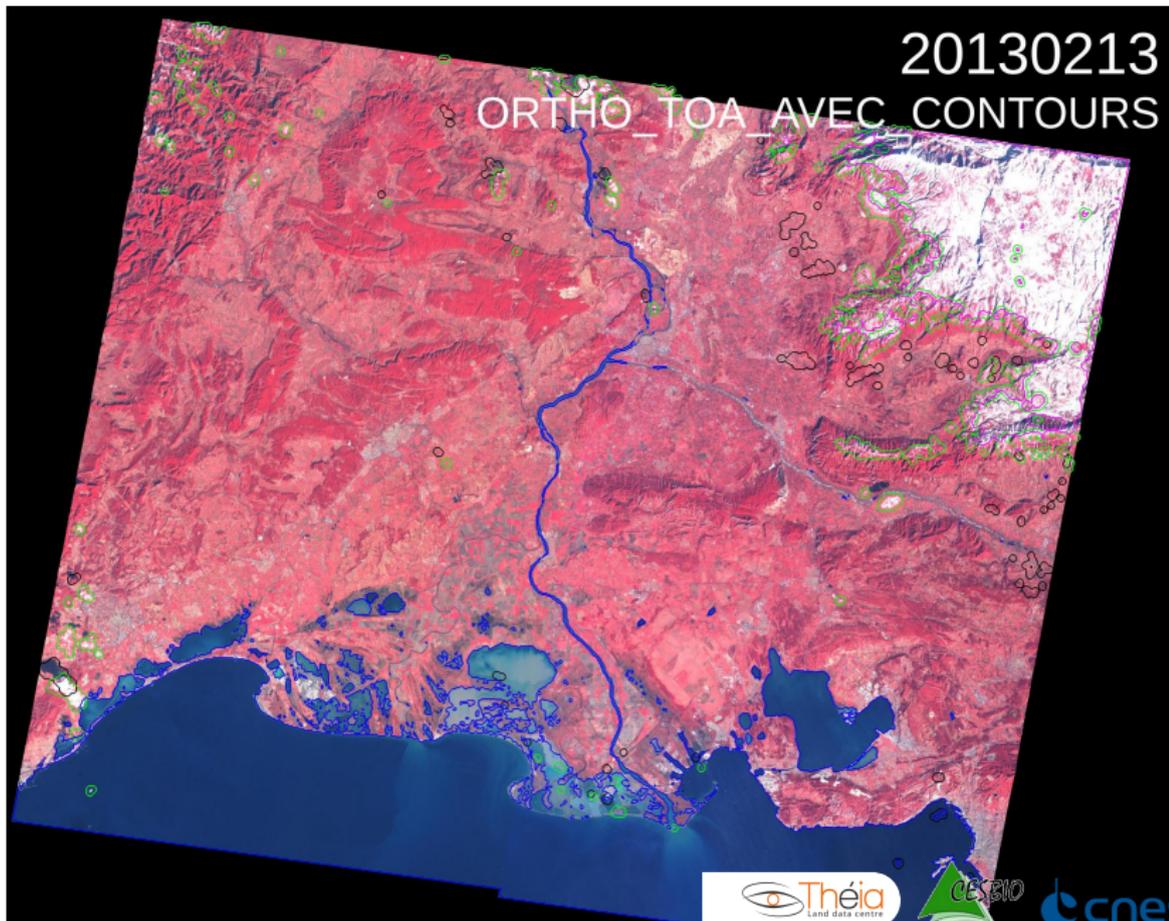
ORTHO_TCA_AVEC_CONTOURS



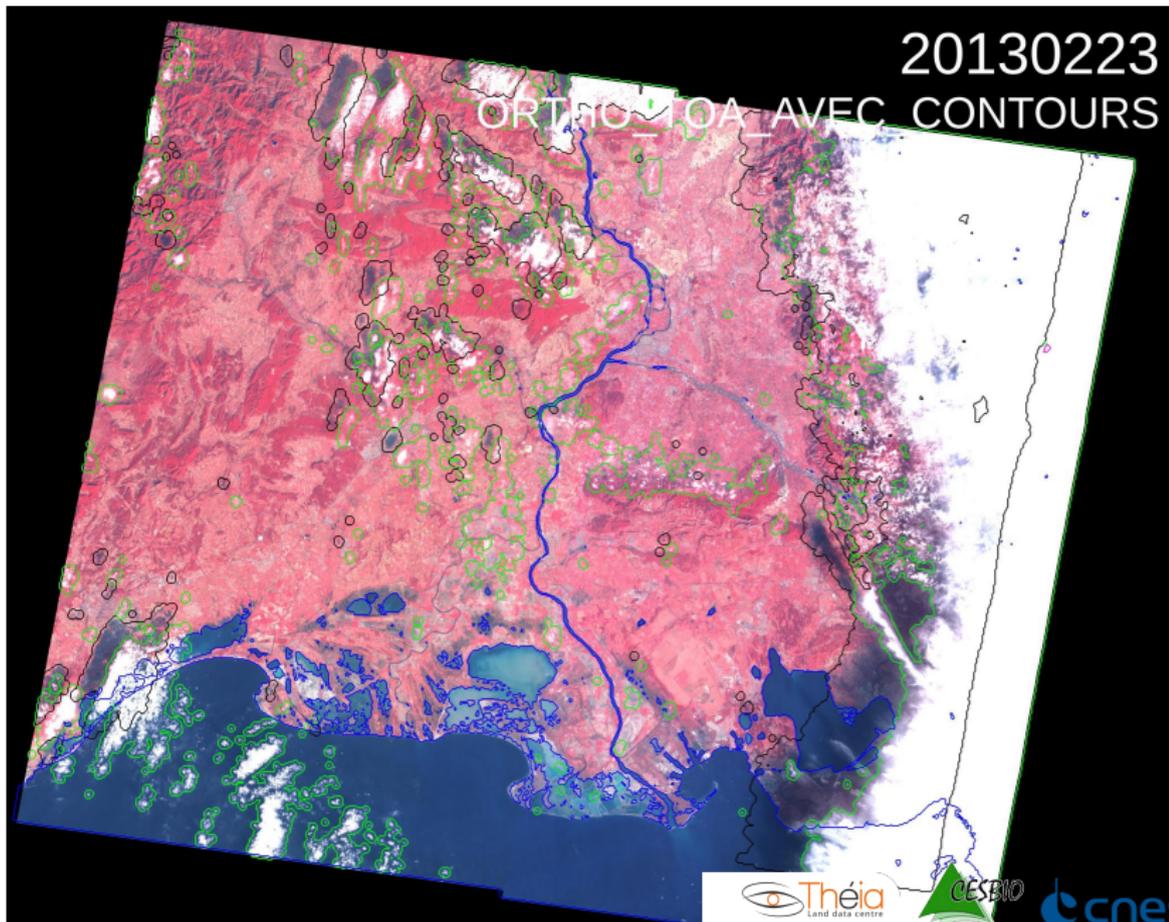
Masques N2A : Nuages, Ombres, Eau, Neige



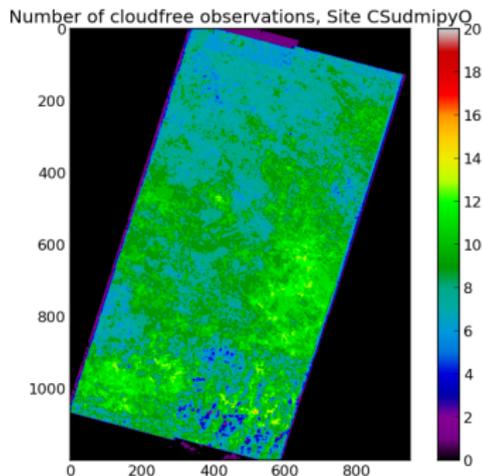
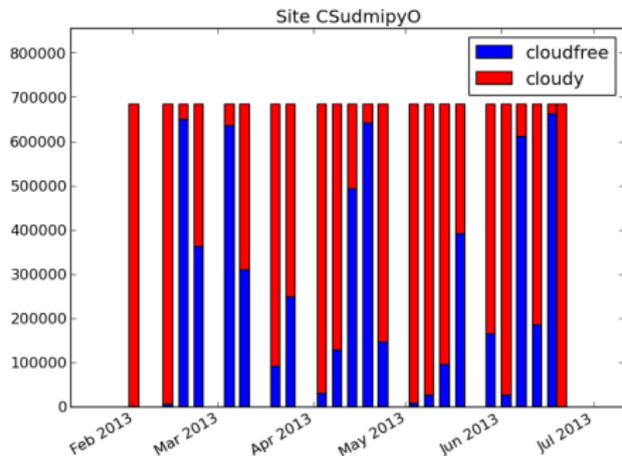
Masques N2A : Nuages, Ombres, Eau, Neige



Masques N2A : Nuages, Ombres, Eau, Neige



Observations claires



France Midi-Pyrénées

Ennuagement

- ▶ Quasiment une image claire par mois sur tous les sites en France
- ▶ Malgré un printemps 2013 exceptionnellement couvert

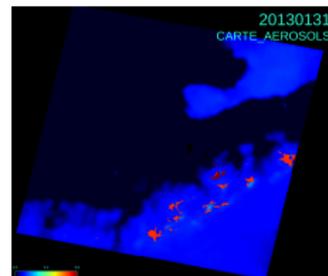
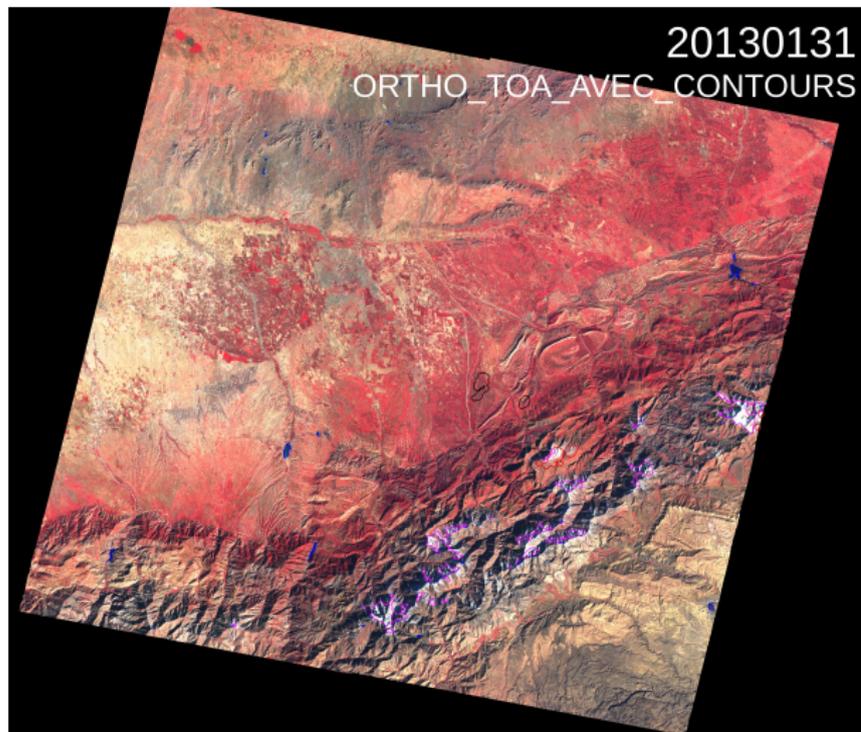
Nécessité d'une correction atmosphérique, détection des aérosols



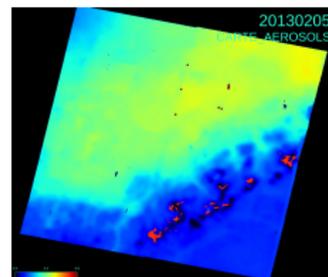
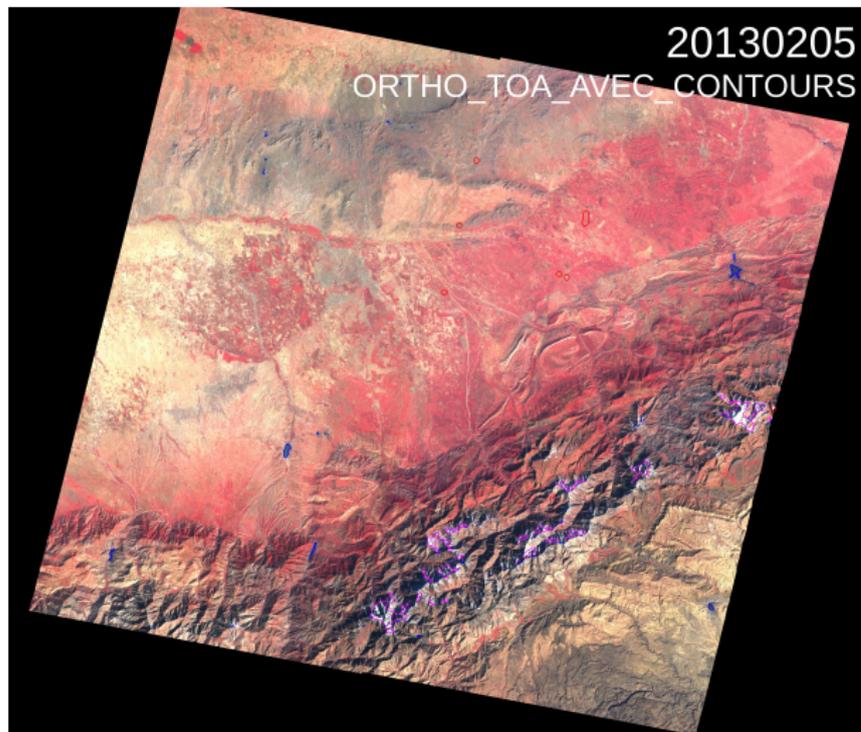
Nécessité d'une correction atmosphérique, détection des aérosols



Cartes d'aérosols obtenues avec SPOT4(Take5)



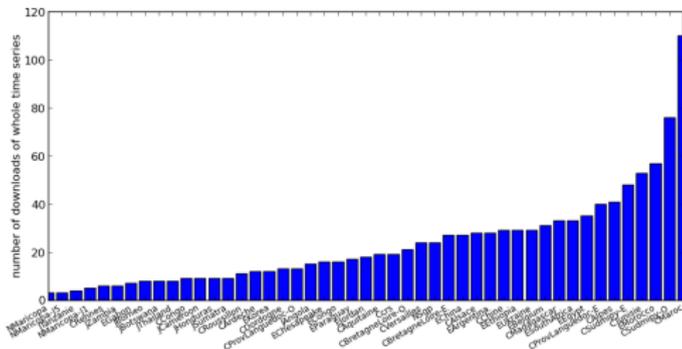
Cartes d'aérosols obtenues avec SPOT4(Take5)



Utilisation des données

Statistique d'utilisation des données (au 22 avril)

- ▶ Données distribuées depuis le 16 juillet 2013
- ▶ 2579 téléchargements
- ▶ 1131 téléchargements de séries entières
 - Moyenne : 25 téléchargements par site
- ▶ 75% des téléchargements concernent le Niveau 2A.
- ▶ 409 utilisateurs différents, au moins 20 pays (adresses .com non identifiées)
 - Fr,It,De,Ma,Usa,Be,Ca,Mg,Tu,Es,Za(Afsud),Eg,Ru,Cn,Br,No,Ar,At,Se,bf

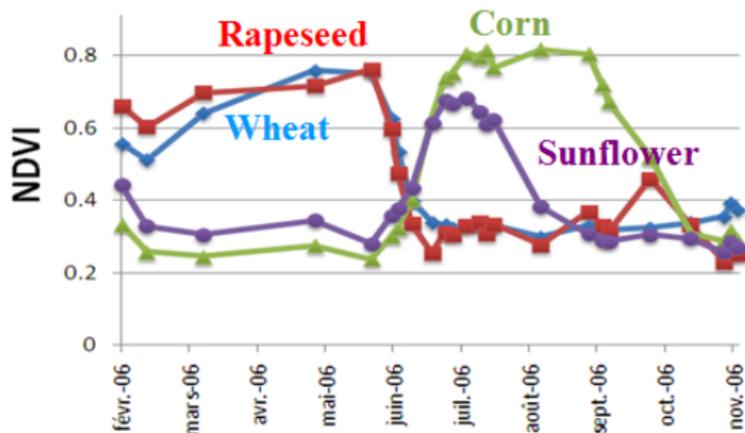


nombre de
téléchargements par tuile

Utilisation de l'information temporelle pour l'occupation des sols

Principe

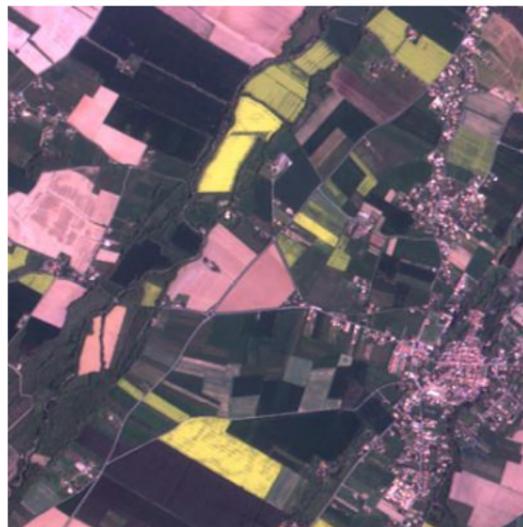
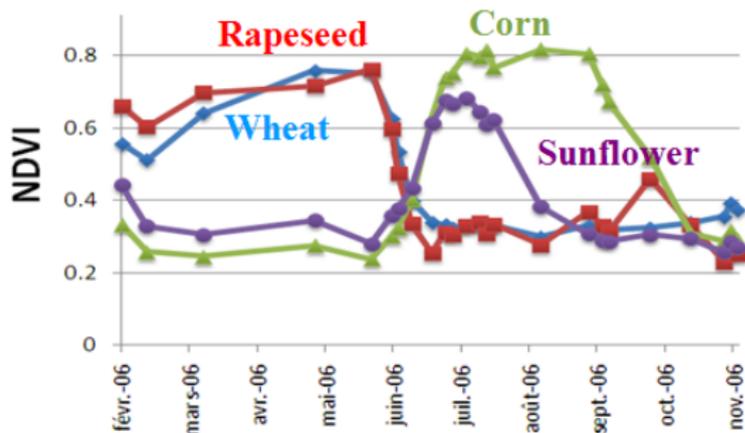
- ▶ Les types de végétation peuvent être distingués par leur évolution temporelle



Utilisation de l'information temporelle pour l'occupation des sols

Principe

- ▶ Les types de végétation peuvent être distingués par leur évolution temporelle

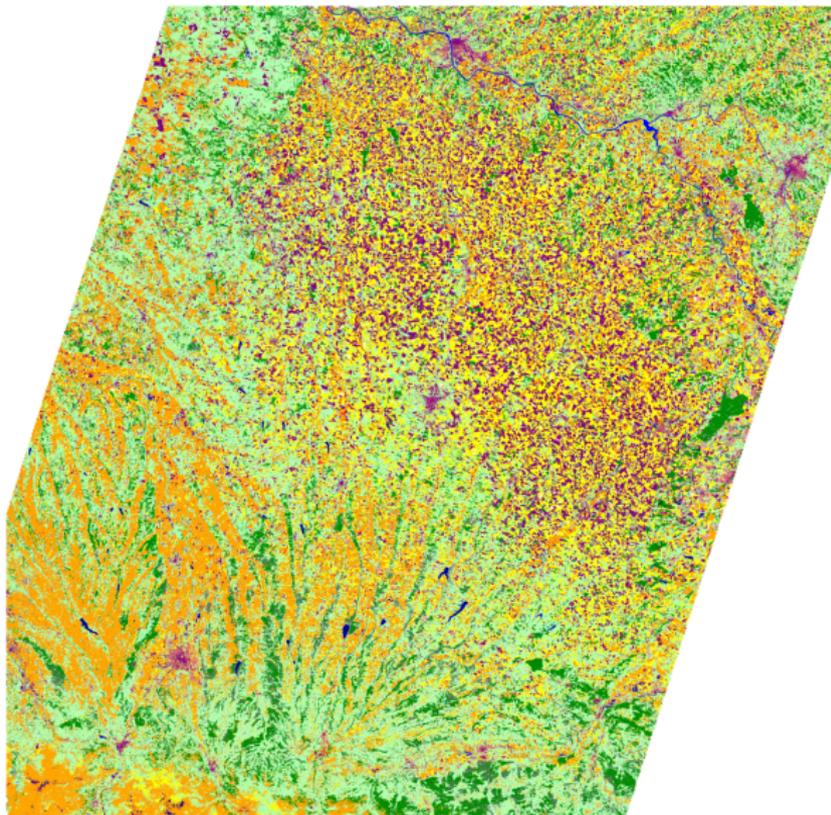


Carte d'OS multi-temporelle

Expérience

- ▶ Cadre : Sentinel-2 Agri (ESA)
 - 13 sites SPOT4 (Take5) à traiter dans la première phase
 - 3 pays entiers avec Sentinel-2 dans 2 ans
- ▶ Données
 - Utilisation de la série sur site Midi-Pyrénées
 - S4-Take5 : 9 dates, 4 bandes, 12500×9500 pixels => 7.7 GO
 - LANDSAT 8 : 8 dates, 4 bandes, 12500×9500 pixels => 6.8 GO
 - Utilisation de campagnes de relevés de terrain (en attendant le RPG 2013)
- ▶ Méthode
 - Classification supervisée Random Forest de l'OTB
 - Méthode de base sans segmentation
 - Diverses stratégies à tester pendant le projet

Carte d'OS multi-temporelle



Feuillus	
Résineux	
Eucalyptus	
Peupliers	
Blé	
Colza	
Orge	
Mais	
Tournesol	
Sorgho	
Soja	
Pois	
Jachère	
Prairies	
Friche	
Eau	
Bâti dense	
Bâti / Industriel	

Carte d'OS multi-temporelle



trace ouest



trace est

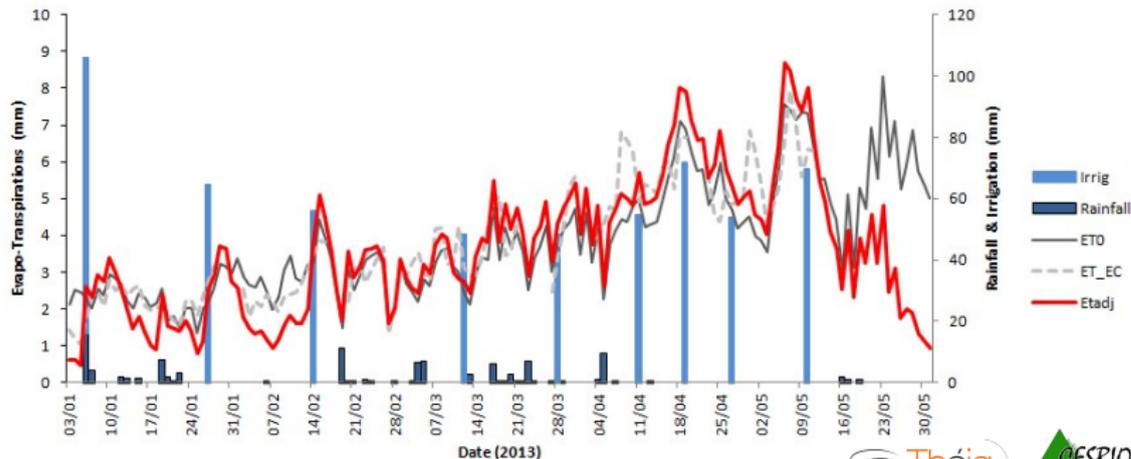
Conclusions

- ▶ Traitement rapide (Apprentissage 2mn, Classification 70 mn) grâce à l'OTB
- ▶ Bonnes performances (Kappa = 0.81)
- ▶ Le projet S2-Agri ne fait que commencer...

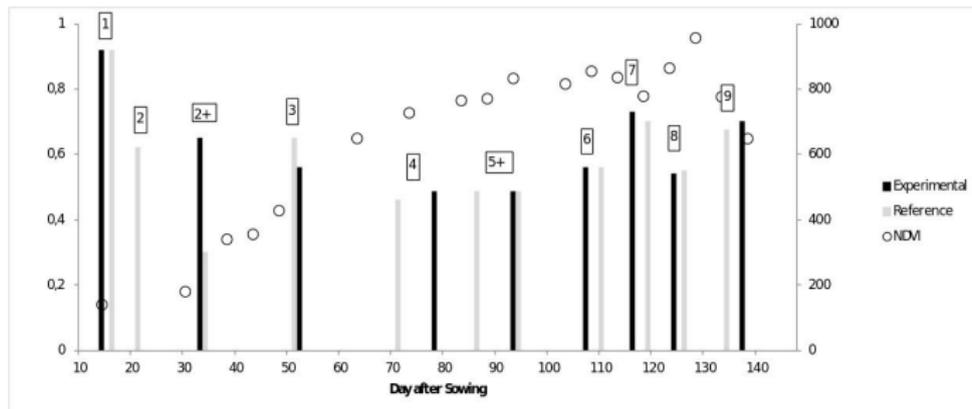
Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc

Expérimentation

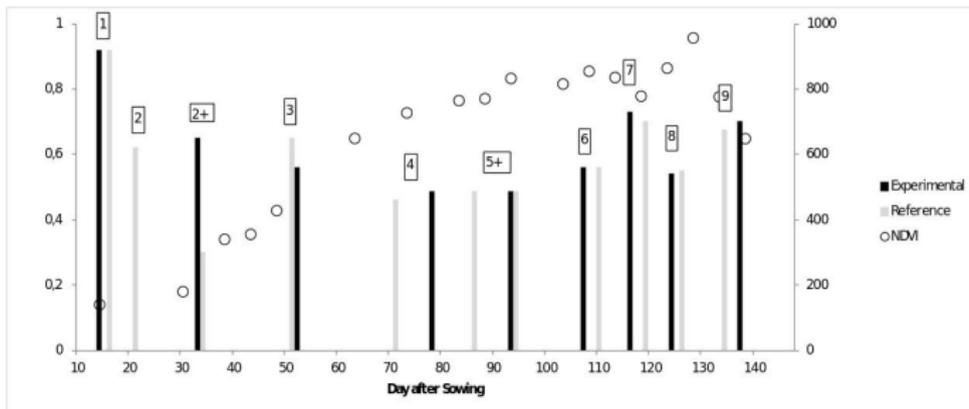
- ▶ Une parcelle de blé dont l'irrigation est pilotée par le CESBIO/UCAM
- ▶ Une parcelle de référence voisine irriguée sur décision de l'agriculteur
- ▶ Utilisation d'un modèle d'évapo-transpiration piloté par données météo
- ▶ Développement de la végétation fourni par les images Take5 en "temps réel"



Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc



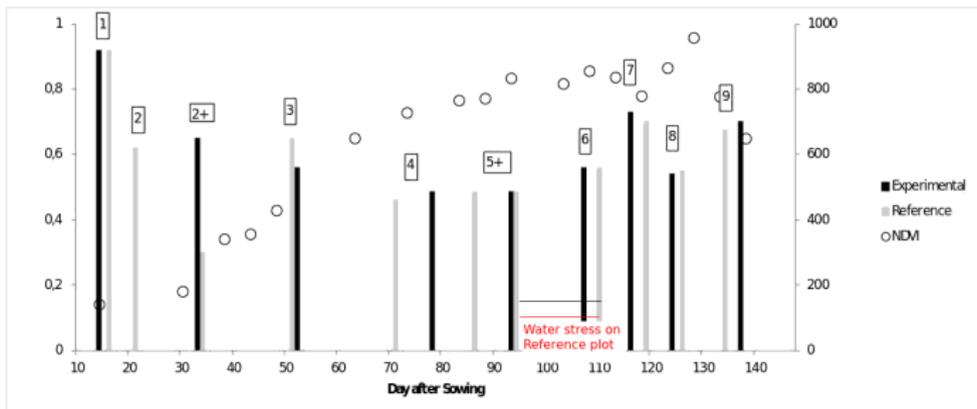
Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc



Résultats

- ▶ Le labo ne savait pas qu'il faut une double irrigation après semis
 - Agriculteur 1 - 0 Satellite

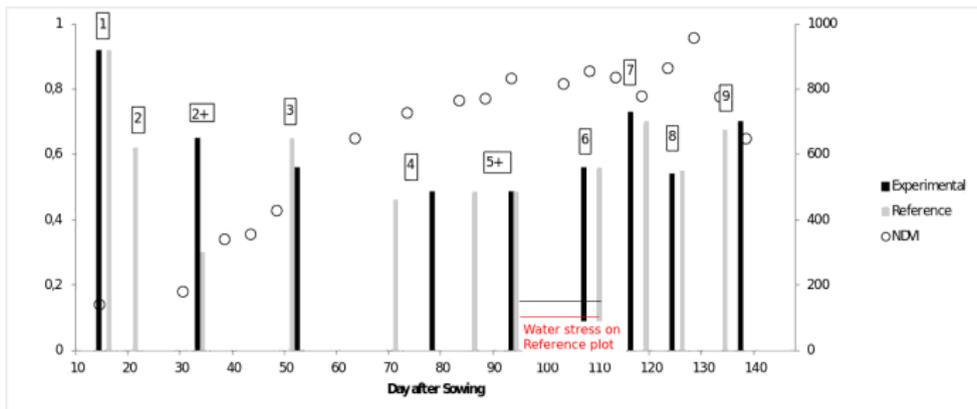
Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc



Résultats

- ▶ Le labo ne savait pas qu'il faut une double irrigation après semis
 - Agriculteur 1 - 0 Satellite
- ▶ La parcelle de référence a subi une période de stress hydrique
 - Agriculteur 1 - 1 Satellite

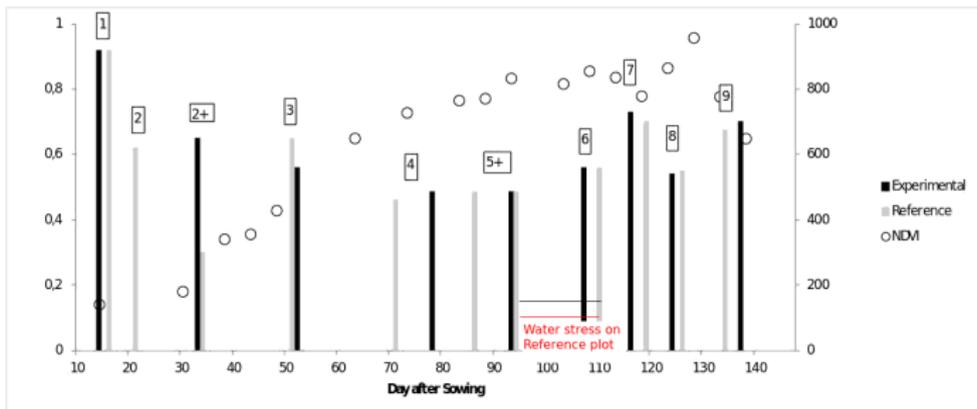
Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc



Résultats

- ▶ Le labo ne savait pas qu'il faut une double irrigation après semis
 - Agriculteur 1 - 0 Satellite
- ▶ La parcelle de référence a subi une période de stress hydrique
 - Agriculteur 1 - 1 Satellite
- ▶ apport d'eau de 560 mm pour parcelle expérimentale, 640 mm pour référence
 - Agriculteur 1 - 2 Satellite

Pilotage d'irrigation en temps réel au Maroc



Résultats

- ▶ Le labo ne savait pas qu'il faut une double irrigation après semis
 - Agriculteur 1 - 0 Satellite
- ▶ La parcelle de référence a subi une période de stress hydrique
 - Agriculteur 1 - 1 Satellite
- ▶ apport d'eau de 560 mm pour parcelle expérimentale, 640 mm pour référence
 - Agriculteur 1 - 2 Satellite
- ▶ le pilotage de l'irrigation en milieu semiaride avec Sentinel-2 semble possible

Après SPOT4-(Take5)

Fin du projet SPOT4-Take5

- ▶ Données toujours disponibles
 - 45 sites dont 12 en France, tous les 5 jours, à 20 m
 - Merci d'envoyer vos publications, communications, posters au CNES
 - Atelier SPOT4-Take5 les 18 et 19 Novembre 2014
 - Numéro Spécial MDPI Remote Sensing ?

SPOT5-Take5 ?

- ▶ Appel d'offres du TOSCA pour expérience de fin de vie de SPOT5 en cours
- ▶ Période possible d'expérience : Avril - Juillet 2015
- ▶ Probabilité de succès faible ... comme pour SPOT4
- ▶ Envoyer demandes de sites à olivier.hagolle@cnes.fr (coordonnées + 5 lignes)

Après SPOT4-(Take5)

Production à venir à THEIA

- ▶ Démarrage de la production de niveau 2A LANDSAT 8 (France entière)
 - Traitement de 2013, Données disponibles d'ici quelques jours
 - Traitement au flot de 2014 pour fin juin
- ▶ Production de données LANDSAT 5&7 sur 2009-2011
 - Données disponibles fin juin
- ▶ Production de 100 000 images SPOT d'archive sur la France
 - Toutes les images de plus de 5 ans, avec moins de 50% de nuages
- ▶ Et l'an prochain, Sentinel-2 !

Pour en savoir plus

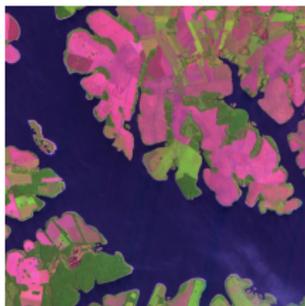
Informations officielles THEIA

- ▶ <http://www.theia-land.fr/>

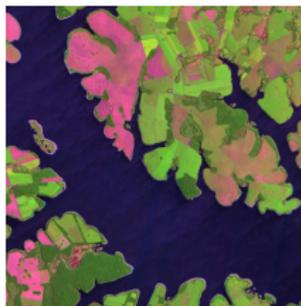
Nouvelles informelles, avec détails techniques

- ▶ <http://www.cesbio.ups-tlse.fr/multitemp/>

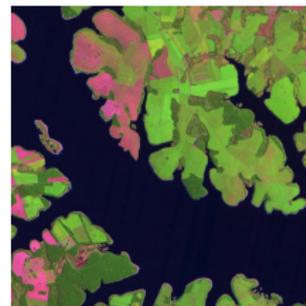
► **Merci pour votre attention**



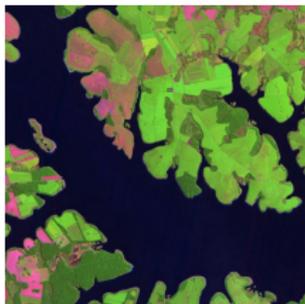
2013/03/10



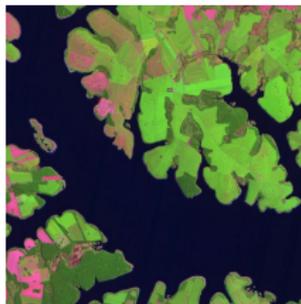
2013/03/30



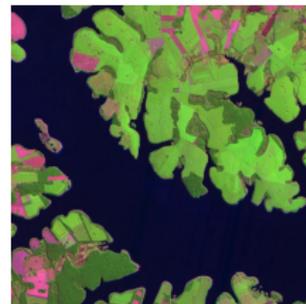
2013/04/09



2013/04/14



2013/04/19



2013/05/09

► **from SPOT4(Take5) Paraguay site**

Un peu d'orbito

L'orbite de SPOT est phasée

- ▶ SPOT repasse au même endroit tous les 26 jours
- ▶ après avoir parcouru 369 orbites : $369/26 = 14.19$ orbites par jour
- ▶ Pourquoi ce cycle à 26 jours ?
 - Champ de vue de 116 km avec deux instruments
 - Couverture totale du globe au nadir en 26 jours ($116 \times 26 \times 14.19 = 43000 \text{ km}$)

Nouvelle orbite, 3 km plus bas

- ▶ On passe à exactement 14.2 orbites par jour
- ▶ Soit exactement 71 orbites en 5 jours => Cycle de 5 jours

