



Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles

Des besoins importants



■ Des besoins importants en information spatiale

Pour comprendre la durabilité de l'agriculture sur un territoire

- Pour évaluer la productivité du système (*agro-industrie vs agriculture familiale, etc.*)
- Pour évaluer les risques environnementaux (*surexploitation des ressources en eau, érosion, etc.*)
- Dans un contexte de changements globaux (climatiques, démographiques, énergétiques ...)

Pour suivre l'état des cultures

- Sécurité alimentaire
- Agriculture de précision

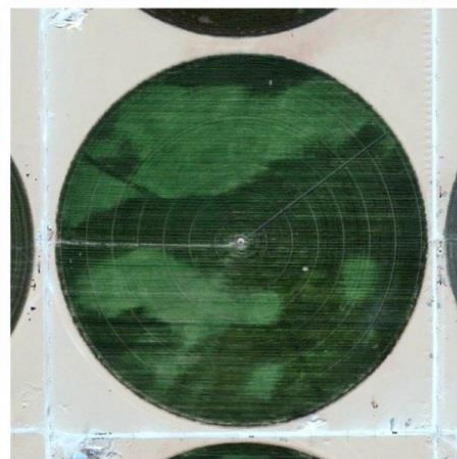




Comment décrire les systèmes agricoles dans l'espace ? ...



dans leur grande diversité ...

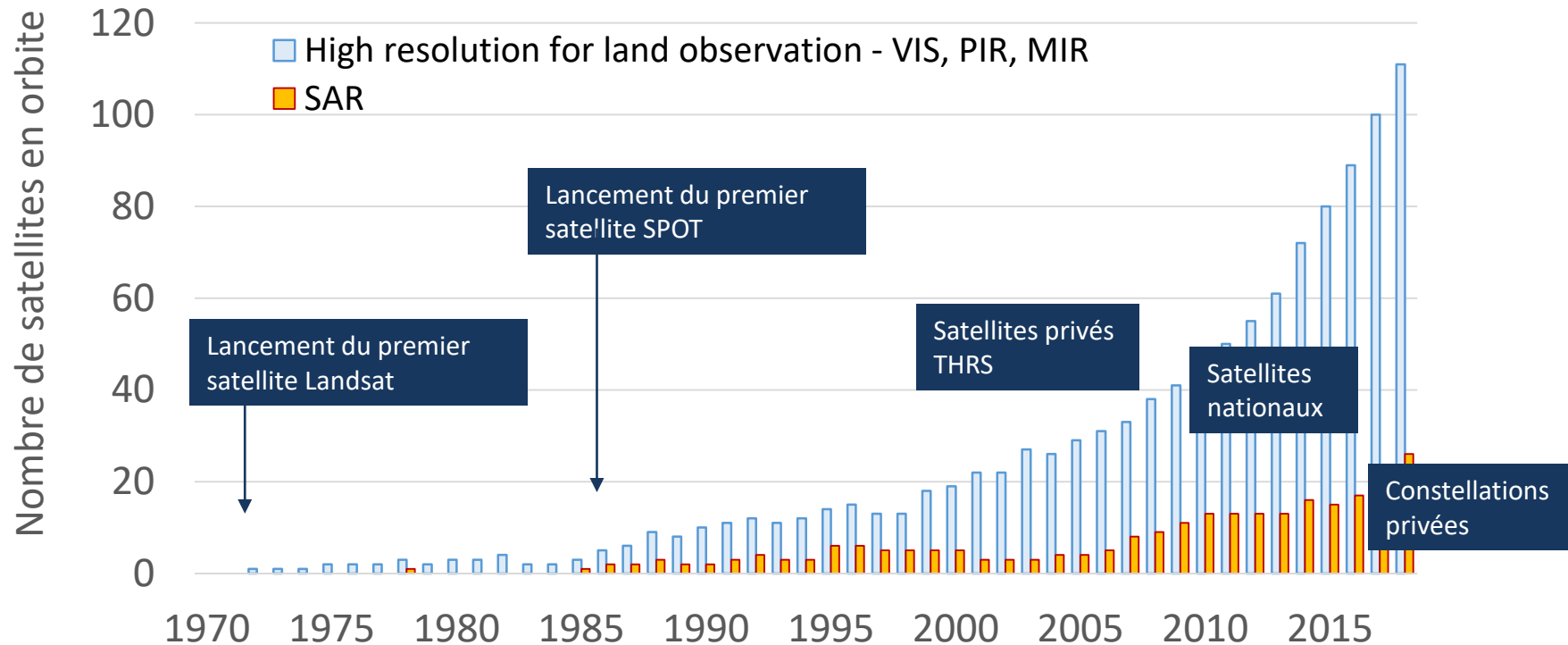


1 km²
Google Earth

Un environnement porteur



Source de données : <https://www.wmo-sat.info/>



Satellites optique et radar, à résolution métrique et décamétrique

L'agriculture... un secteur exigeant



■ Besoin de données à haute fréquence temporelle

- Durée de la campagne agricole -> *suivi saisonnier*
- Rotations des cultures -> *mise à jour annuelle*
- Nébulosité -> *besoin d'un grand nombre d'images*

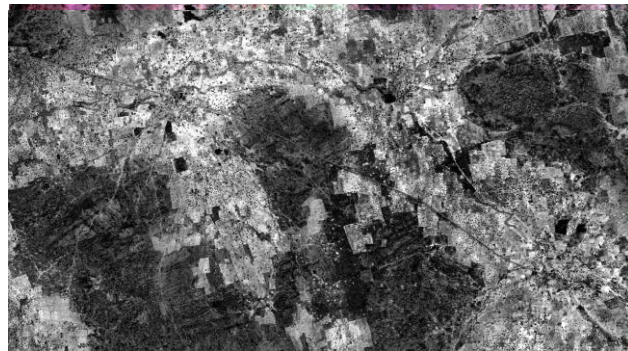
■ Besoin de données à différentes résolutions spatiales

- Diversité des agricultures du monde -> *sub-métrique à hectométrique*

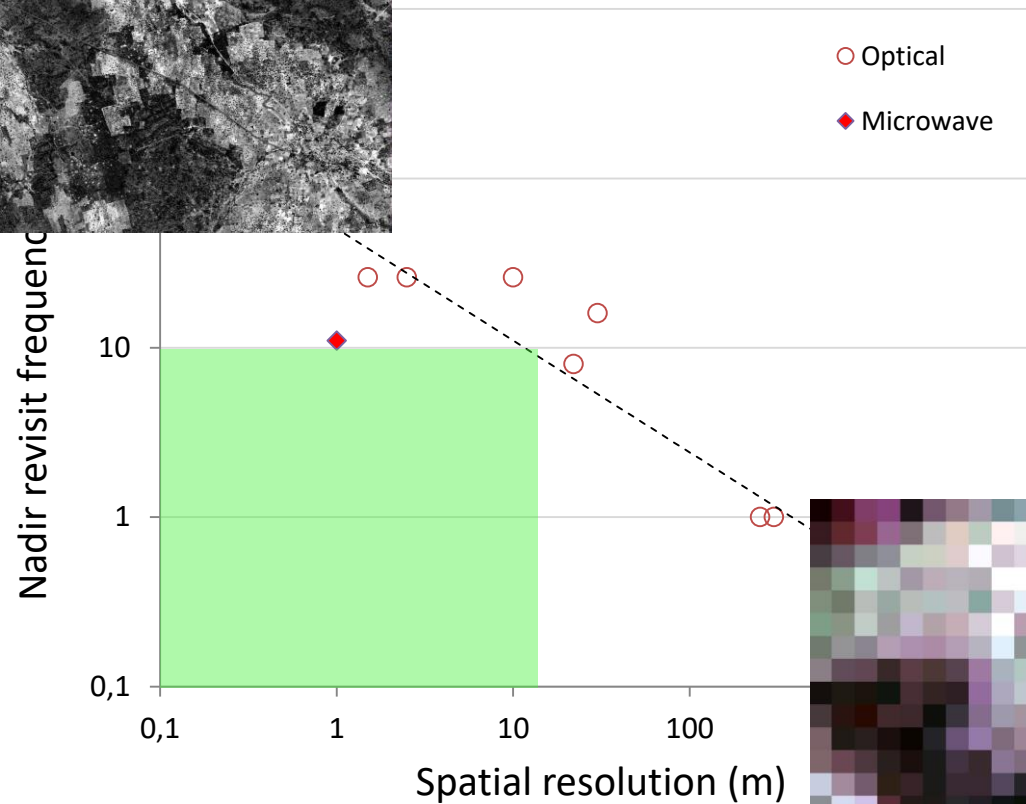
■ Besoin de plusieurs bandes spectrales

- Production biomasse/rendement -> *Visible et proche infrarouge*
- Etat azoté et hydrique des plantes -> *Visible, et infrarouge thermique*
- Humidité du sol -> *Micro-ondes (radar)*
-

Une longue histoire de compromis

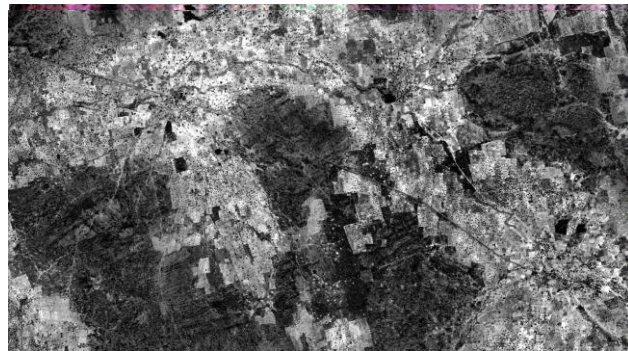


~ ANNUEL

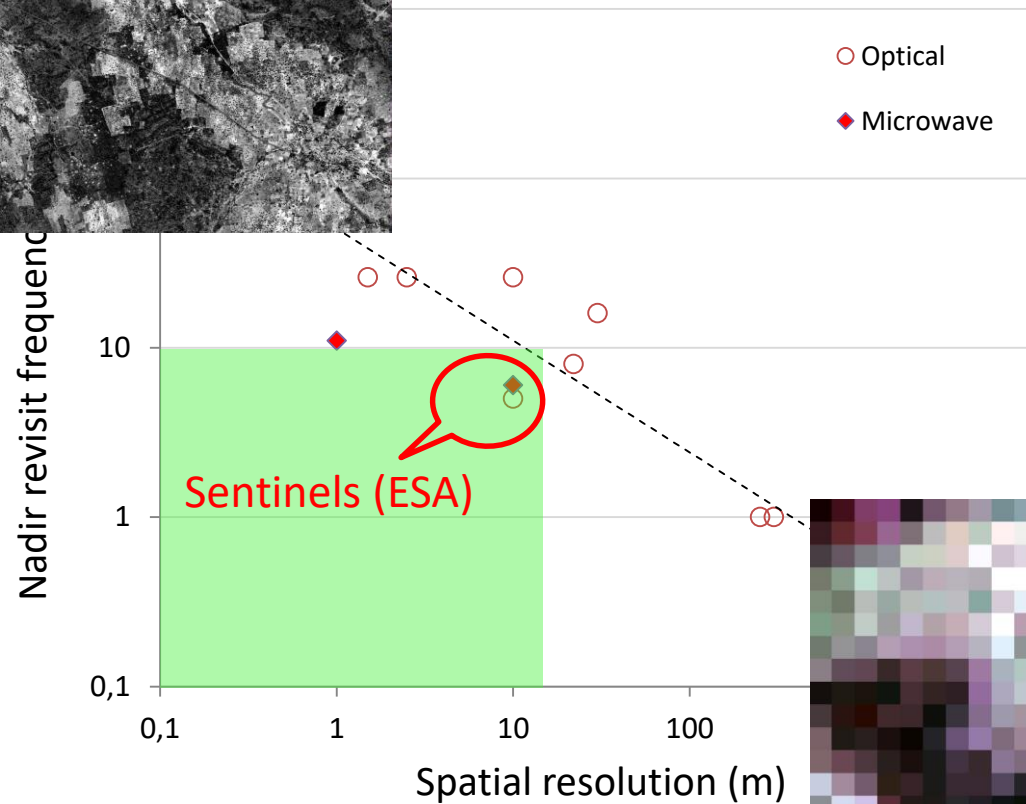


QUOTIDIEN

Une longue histoire de compromis



~ ANNUEL



QUOTIDIEN

Trois exemples



■ Résolution métrique

-> Intensification écologique

■ Résolution décamétrique

-> Cartographie de l'occupation du sol

■ Basse résolution

-> Suivi de la campagne agricole

Pratiques agro-écologiques



■ Rôle des arbres en agro-écologie :

- En Amazonie : sur les fronts pionniers **l'intensification écologique** passe par la conservation d'espèces forestières natives utiles dans les agrosystèmes (palmiers à large couronne circulaire).
- Au Sénégal : rôle des arbres dans la **régulation écologique** de la mineuse de l'épi du mil (les arbres sont un habitat du prédateur).

Cartographie automatique des arbres en milieu ouvert



Inventaire des ressources



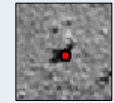
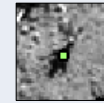
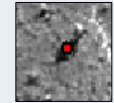
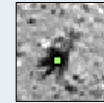
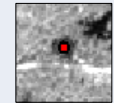
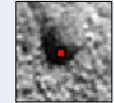
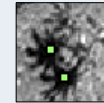
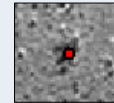
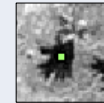
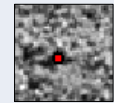
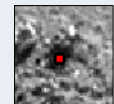
Extraction des ombres (GeoEye)

Classification des ombres

Jeu d'entraînement

Palmiers (75)

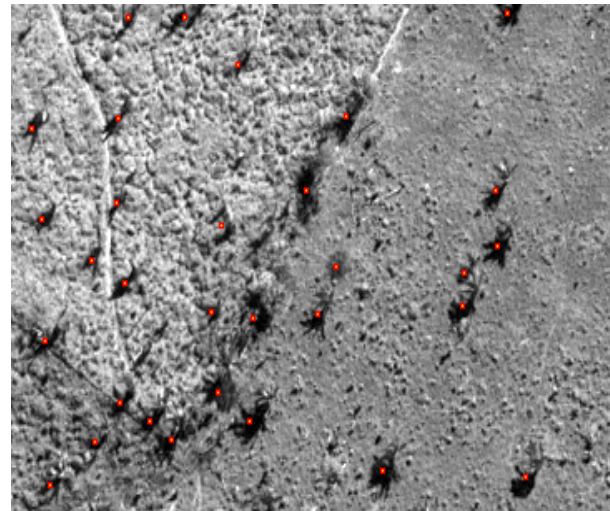
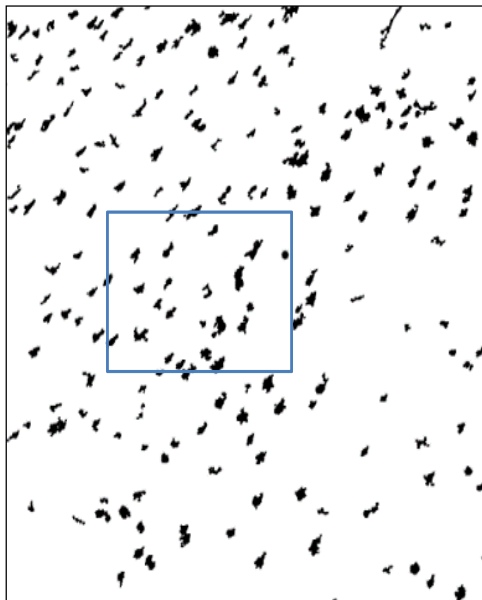
Autres (75)



...

...

75% de détections validées



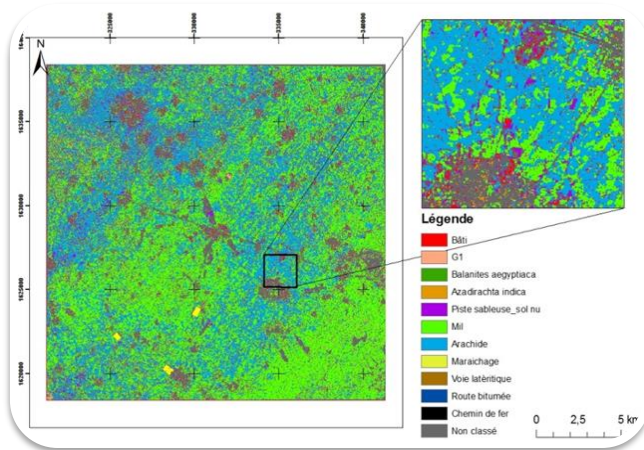
(Santos et al., 2017)



Régulation écologique



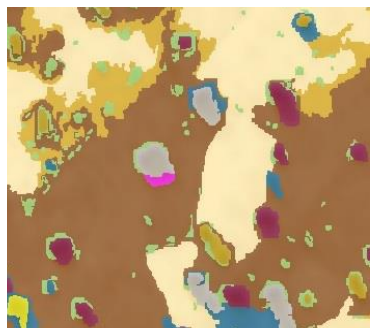
Images Landsat : OS agricole



Extraction de variables paysagères

+ Données entomologiques

Images Pléiades : carte des arbres



- Faidherbia
- Guiera
- Acacia seyal
- Tamarin
- Balanites
- Indéterminé
- Mil
- Arachide
- Sol nu
- Jachère

La régulation augmente :
avec $\uparrow$ de la densité d'arbres
avec $\downarrow$ de la densité des parcelles de mil
dans les paysages hétérogènes et diversifiés.

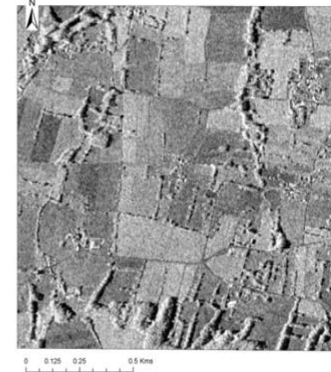
Infrastructures écologiques



(1) Aerial photography



(2) SPOT-5



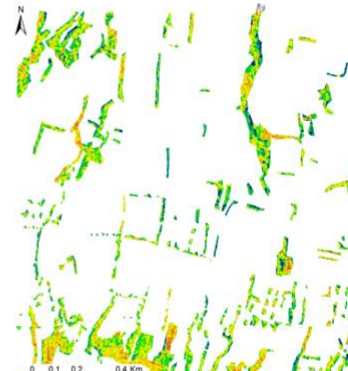
(3) TerraSAR-X



Hedgerow map from aerial
photography



Hedgerow map from SPOT-5



Hedgerow map
from TerraSAR-X

Classification des haies à partir de différentes sources de données
aérospatiales (Betbeder et al., 2014)

Trois exemples



■ Résolution métrique

-> Intensification écologique

■ Résolution décamétrique

-> Cartographie de l'occupation du sol

■ Basse résolution

-> Suivi de la campagne agricole

Sentinel-2, une « révolution »

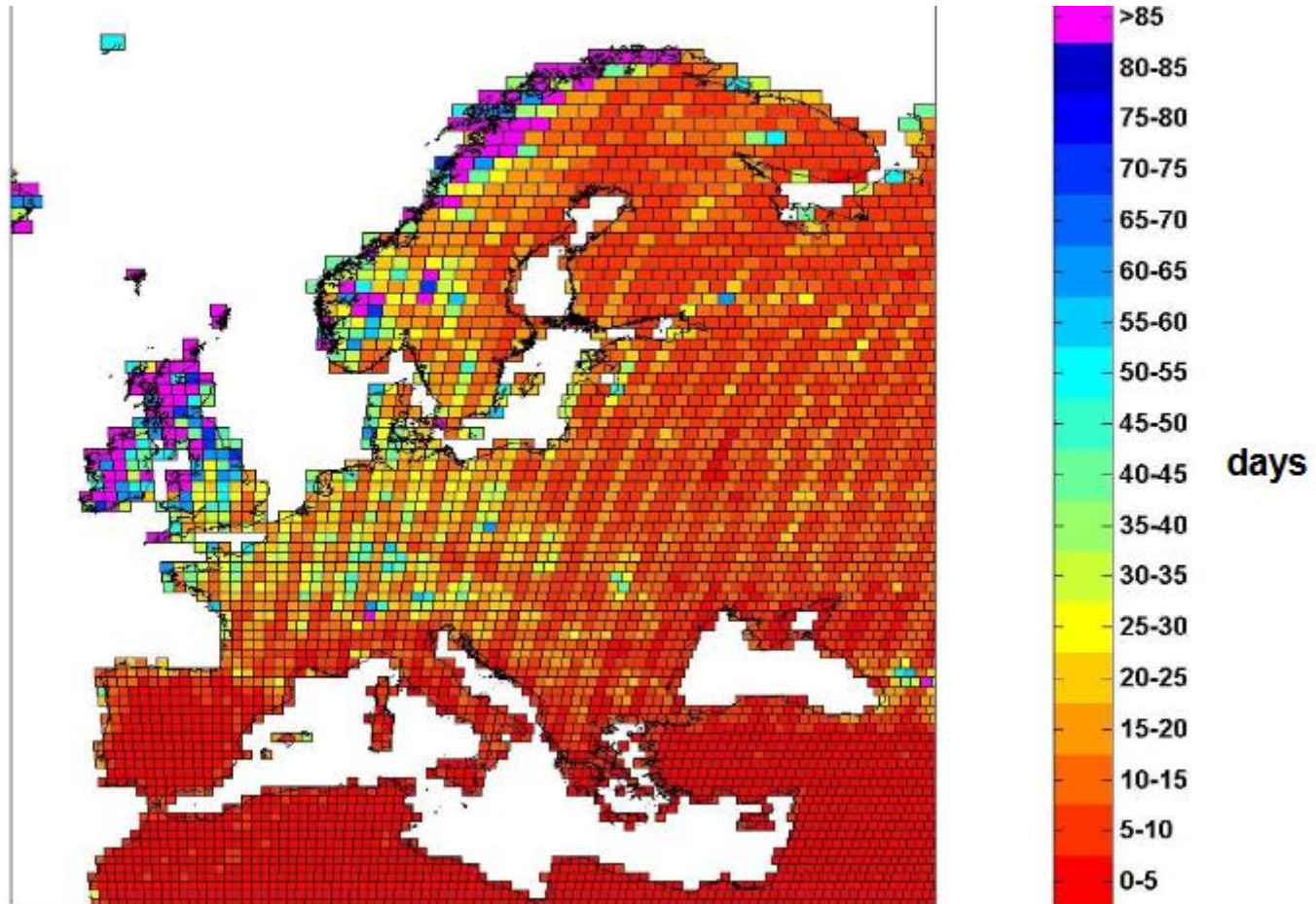


Mission	Observation de la Terre
Dates de lancement	Sentinel-2 A : 23 juin 2015 Sentinel-2 B : 7 mars 2017
Partenaires	ESA, Union Européen, + industriels dont ADS
Instruments	MSI, imageur à 13 bandes
Résolution	10m et 20m
Répétitivité	5 jours avec 2 satellites
Fauchée	290 km
Durée de vie	7 ans + suite

Sentinel-2, une « révolution »



Revisit time over Europe in summer with 2 satellites (considering cloud cover)



Les produits Occupation du Sol

■ Produit France (Inglada et al., RS 2016)



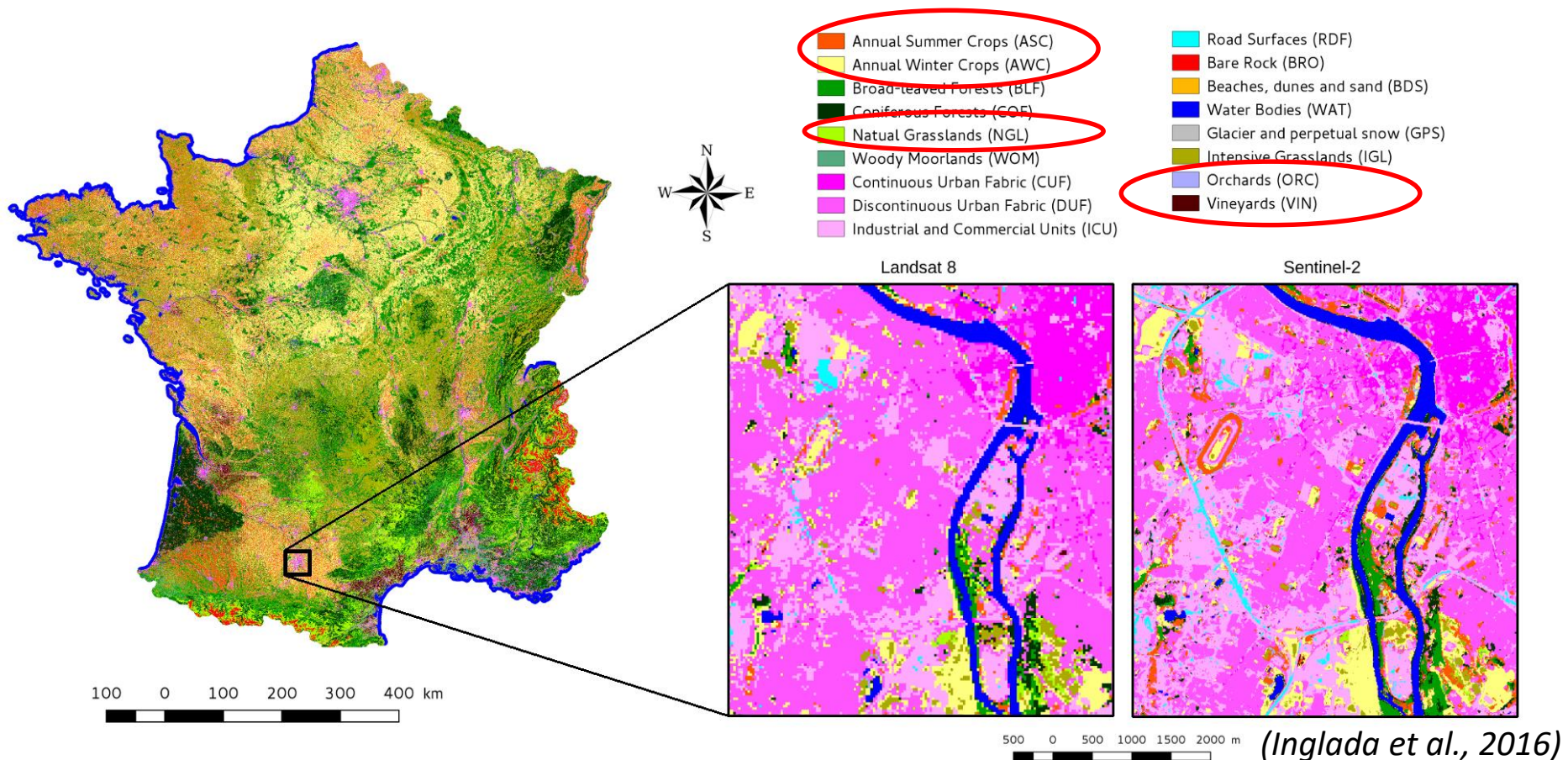
■ Séries temporelles S2 + points terrain

- Echelle nationale
- une nomenclature de 15 à 20 classes (> Copernicus)
- une résolution spatiale entre 10 m et 20 m
- une fréquence de mise à jour annuelle (> Corine Land Cover)

Le produit OSO



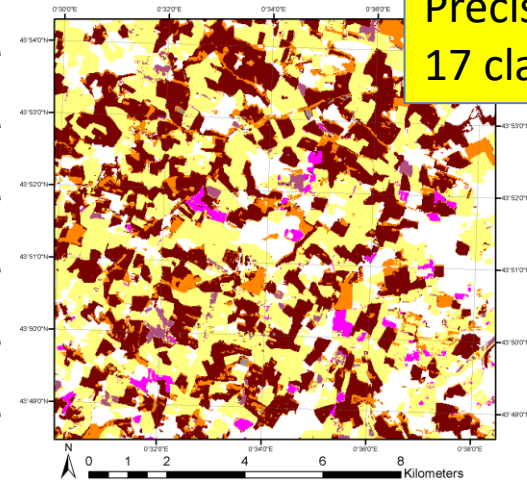
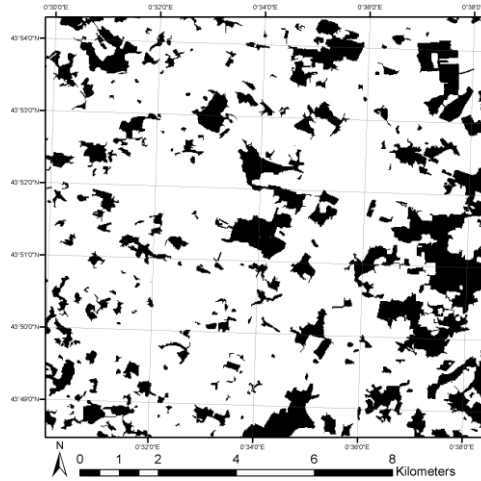
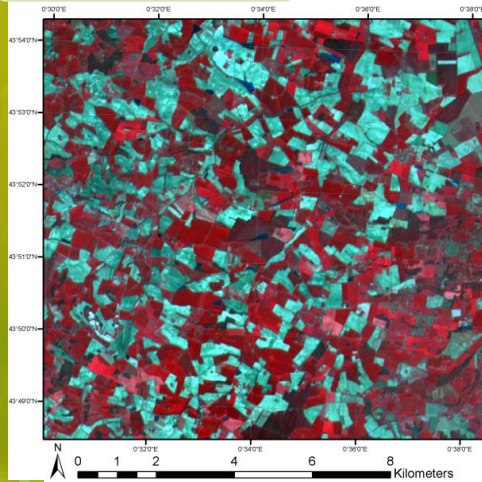
France land cover classification, from Landsat 8 to Sentinel-2.



Le produit OSO



France

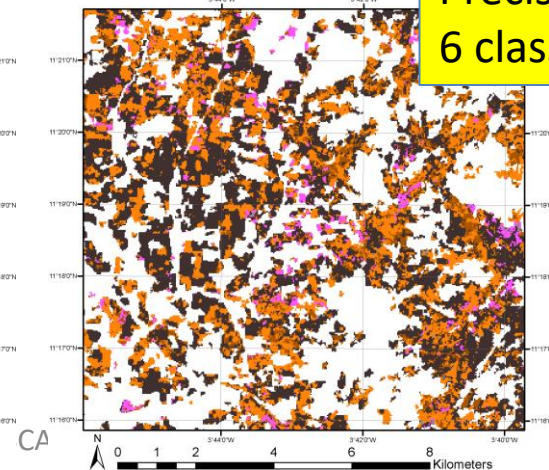
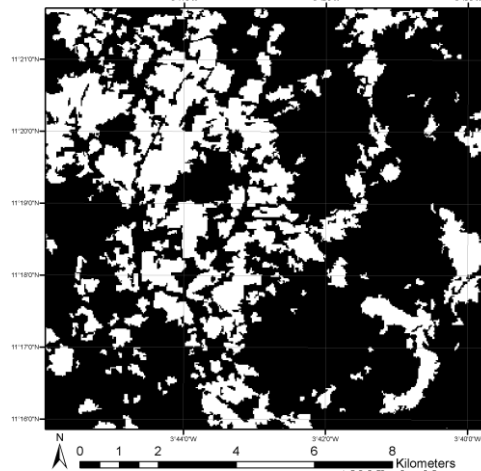
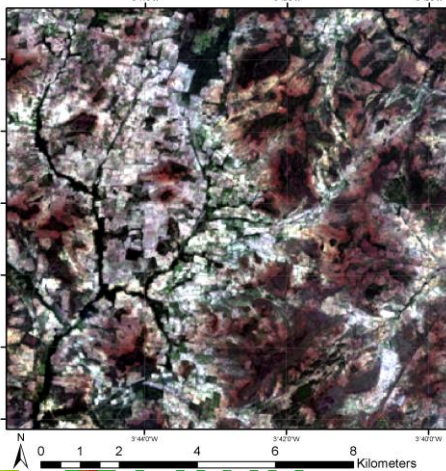


Précision **89%**
17 classes

Legend

- No crop
- Wheat
- Maize
- Barley
- Rapeseed
- Sunflower
- Other annual crops

Burkina Faso



Précision **52%**
6 classes agricoles

Legend

- No crop
- Maize
- Sorghum
- Cow peas
- Other annual crops
- Cotton

mars 2017, Paris

(Inglada et al., RS 2015)



Les produits Occupation du Sol

■ Produit France (Inglada et al., RS 2016)



■ Séries temporelles S2 + points terrain

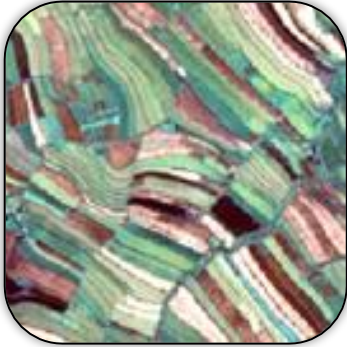
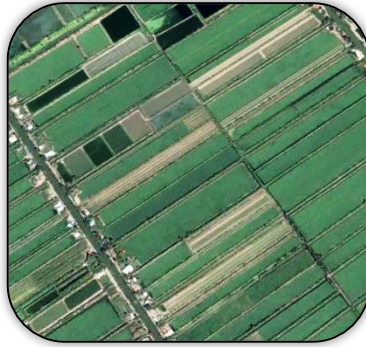
- Echelle nationale
- une nomenclature de 15 à 20 classes (> Copernicus)
- une résolution spatiale entre 10 m et 20 m
- une fréquence de mise à jour annuelle (> Corine Land Cover)

■ Produits « Pays du sud » (Lebourgeois et al, 2017) tetis

■ Séries temporelles S2 + image THRS + points terrain

- Cartes à l'échelle locale
- Une nomenclature agricole et emboîtée (groupe > espèces > pratiques)

Diversité des agricultures du Sud

Madagascar	Burkina Faso	Brésil SP	Vietnam
			
Petites parcelles (0,03 ha)	Hétérogénéité intra-parcellaire Présence nombreux arbres	Pas de calendrier cultural fixe Grand nombre de cultures différentes	Petit parcellaire (mais parcelles conjointes) Cultures séquentielles
+ <i>Nébulosité pendant la campagne agricole</i> + <i>Difficultés acquisition données de terrain possibles</i> + ...			

Ile de La Réunion



Contient des informations © Airbus DS 2016, © Production IRD, Irstea, IGN, tous droits réservés

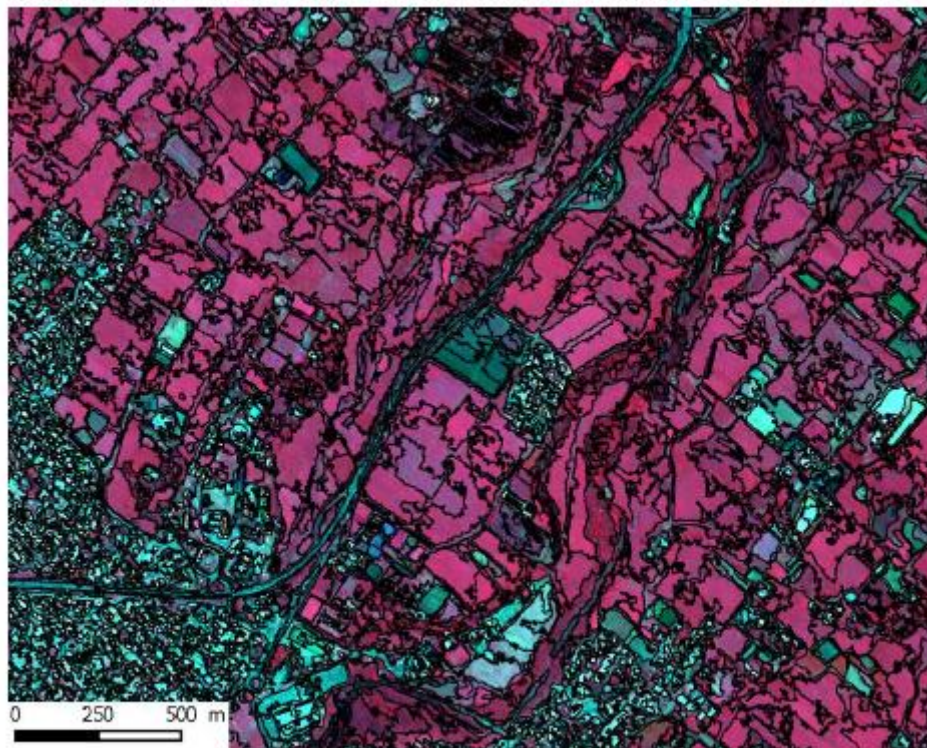


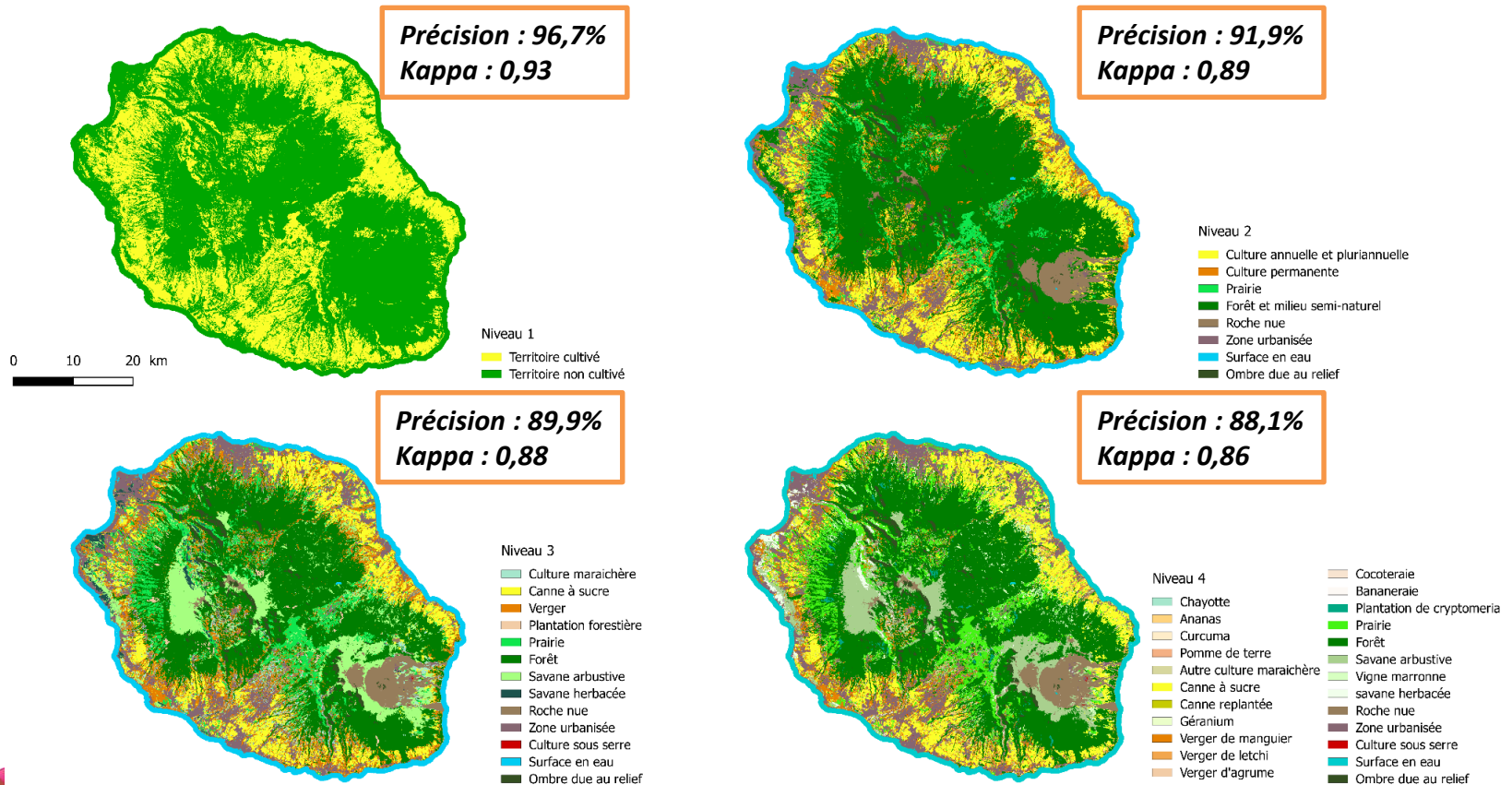
Image Spot 6 du 8 avril 2016 / objet issus de la segmentation
(Ligne Paradis St. Pierre)

Ile de La Réunion



■ Occupation du sol (2 à 24 classes) 2016-17 sur toute l'île

- 1 scène SPOT6/7 (réfl. + textures), séries temp. S2/L8 (réfl. + indices), MNT et pentes
- En attente du retour de la SAFER

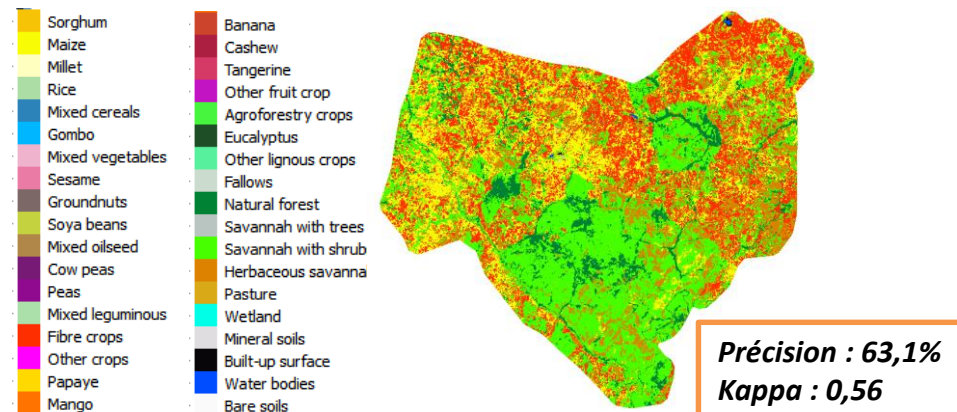
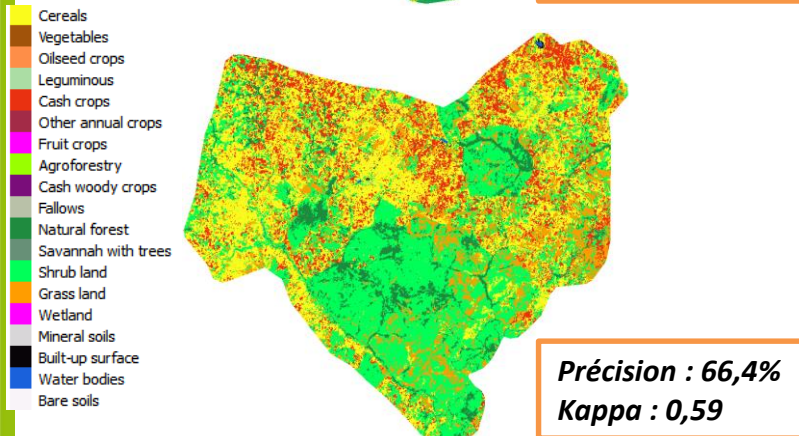
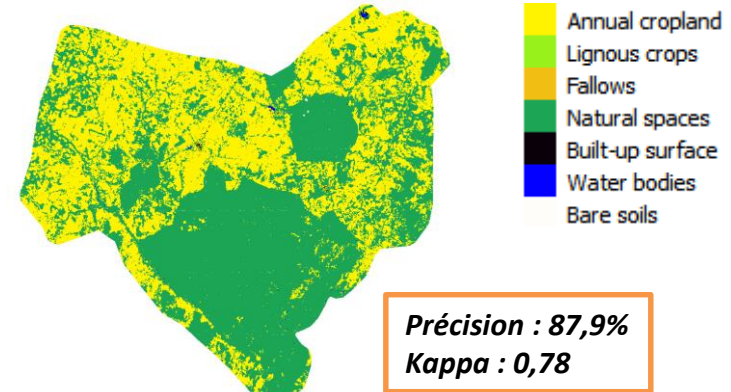
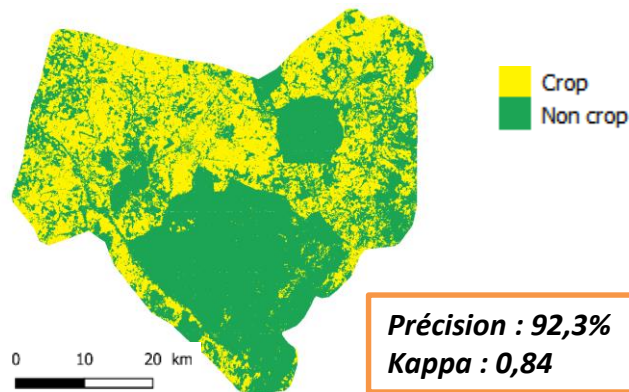


Burkina Faso (Koumbia)



■ Occupation du sol 2017 (2 à 23 classes) sur zone agricole

- 1 scène SPOT6/7 (segmentation), séries temp. S2/L8 (réfl. + indices)
- Réalisé **3 semaines** après le retour de la mission de terrain

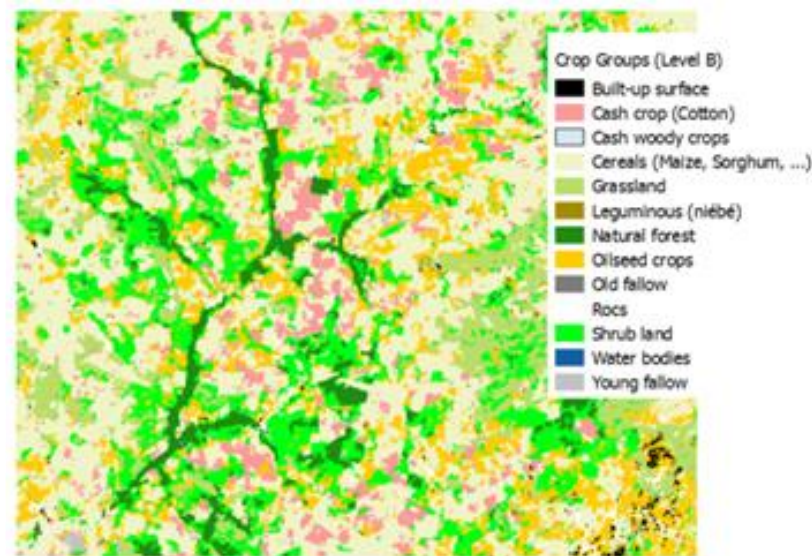


Burkina Faso (Koumbia)



■ Occupation du sol 2017 (2 à 23 classes) sur zone agricole

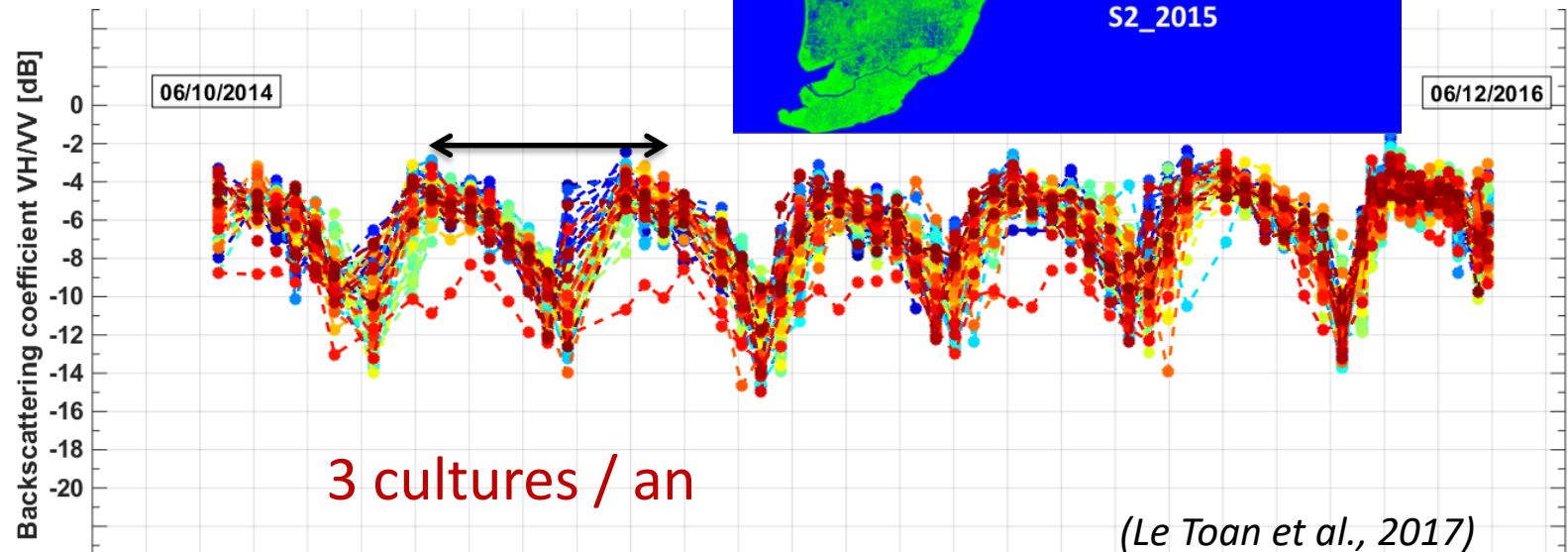
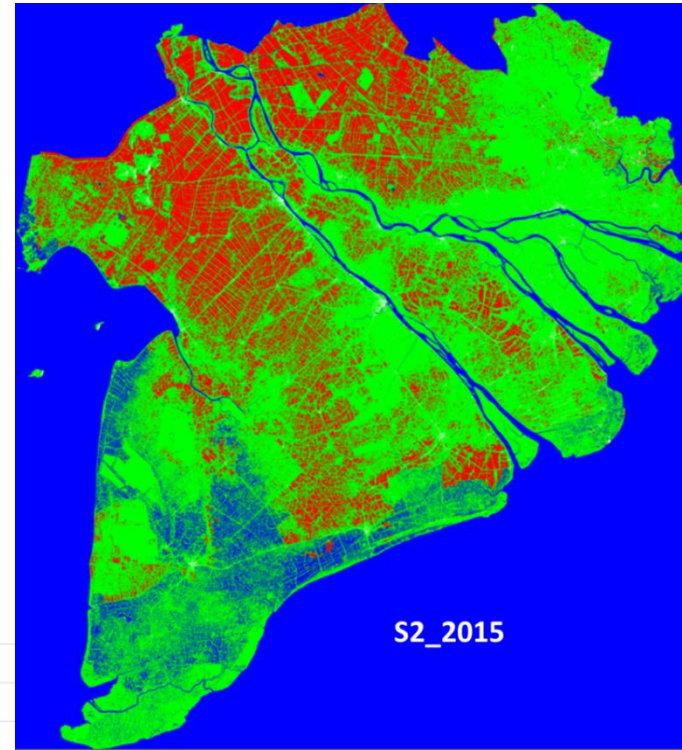
- 1 scène SPOT6/7 (segmentation), séries temp. S2/L8 (réfl. + indices)
- Réalisé **3 semaines** après le retour de la mission de terrain



Vietnam (Delta du Mékong)



/ 6 jours depuis oct 2016 (S1 A&B)



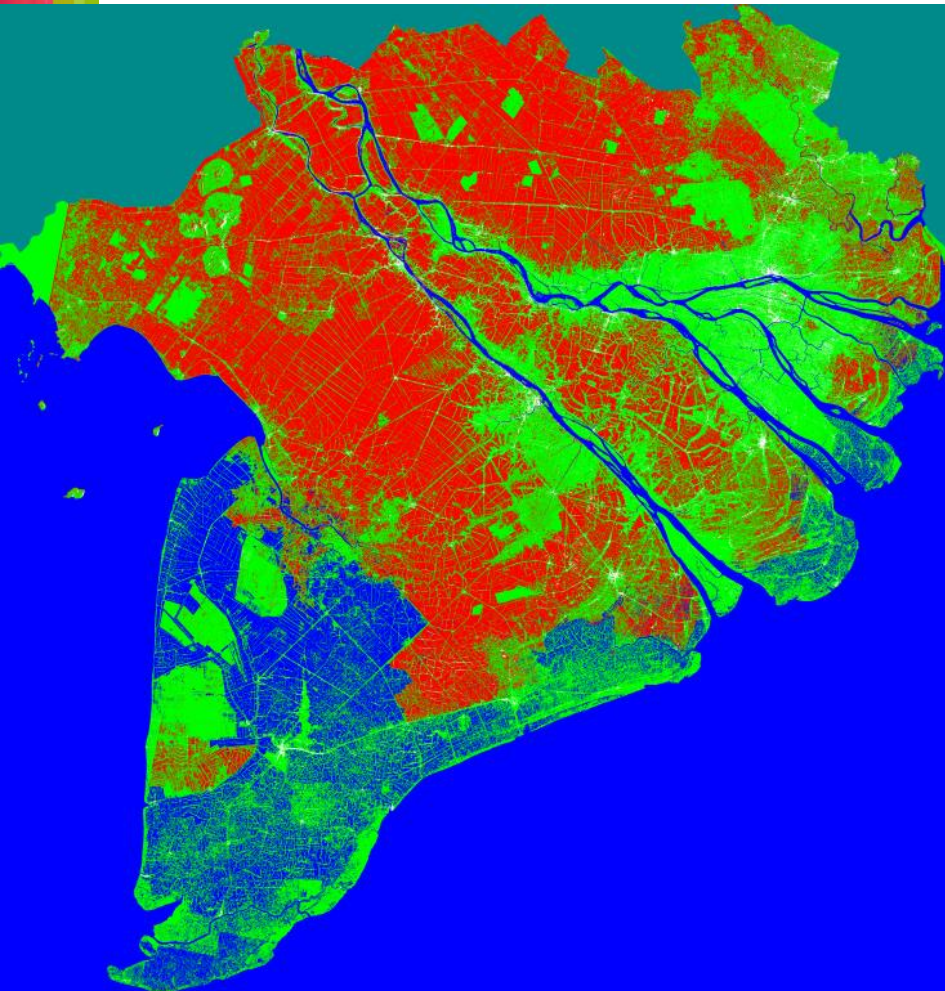
3 cultures / an

(Le Toan et al., 2017)

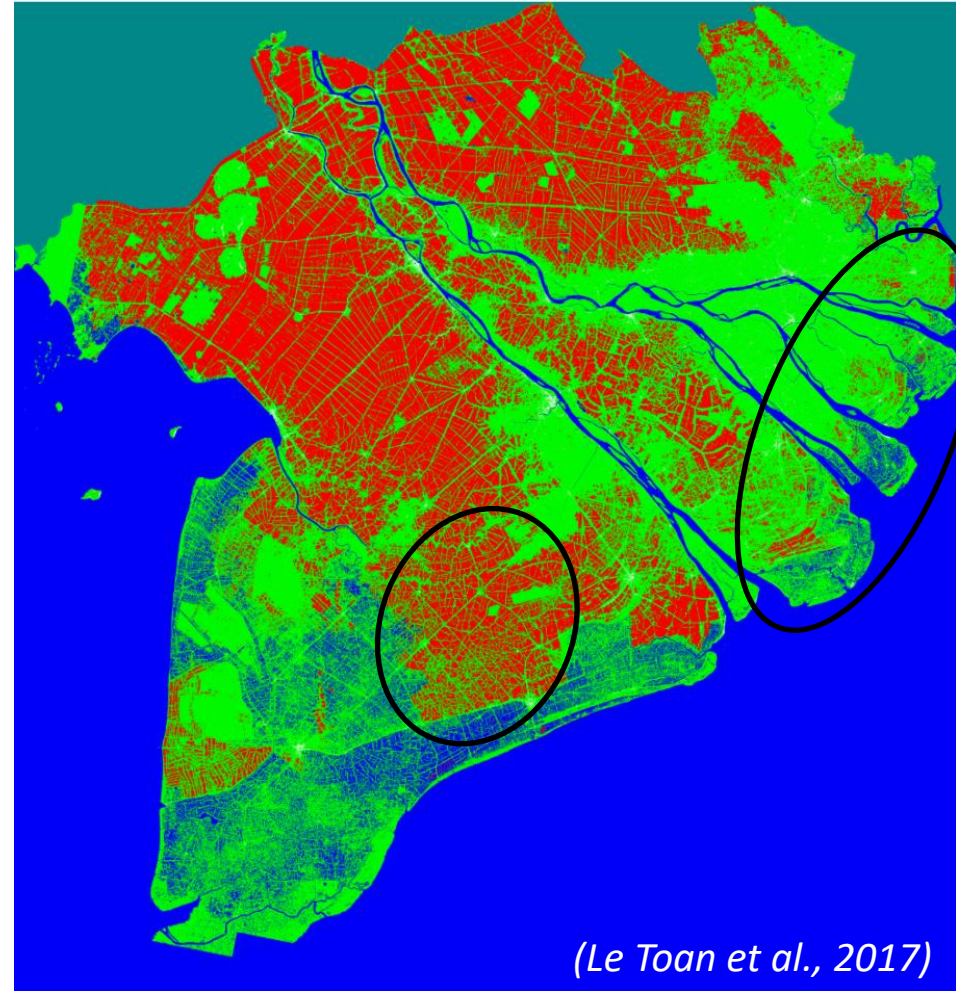


Variabilité inter-annuelle

Winter-Spring 2015 (S3-2015)

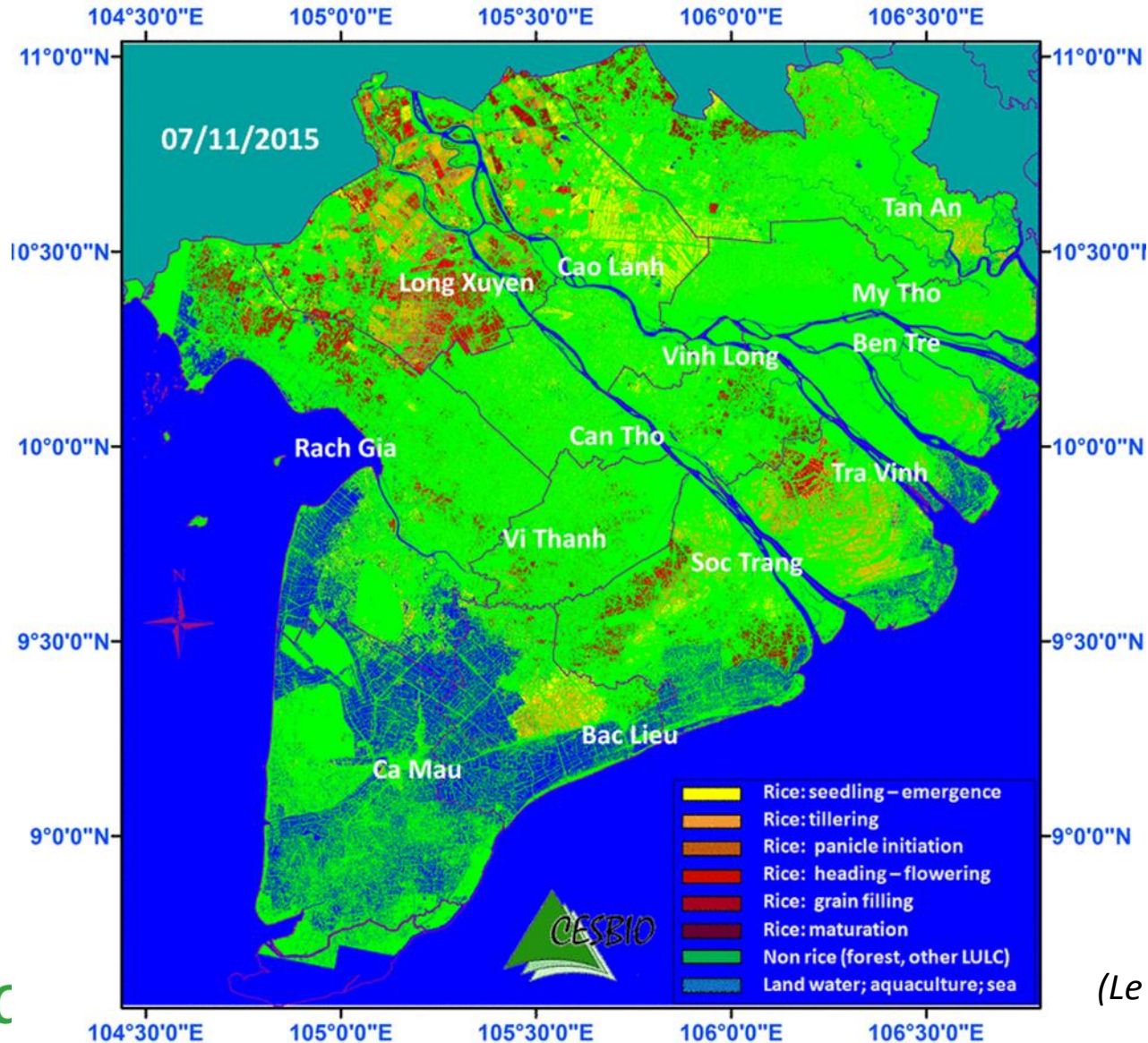


Winter-Spring 2016 (S3-2016)

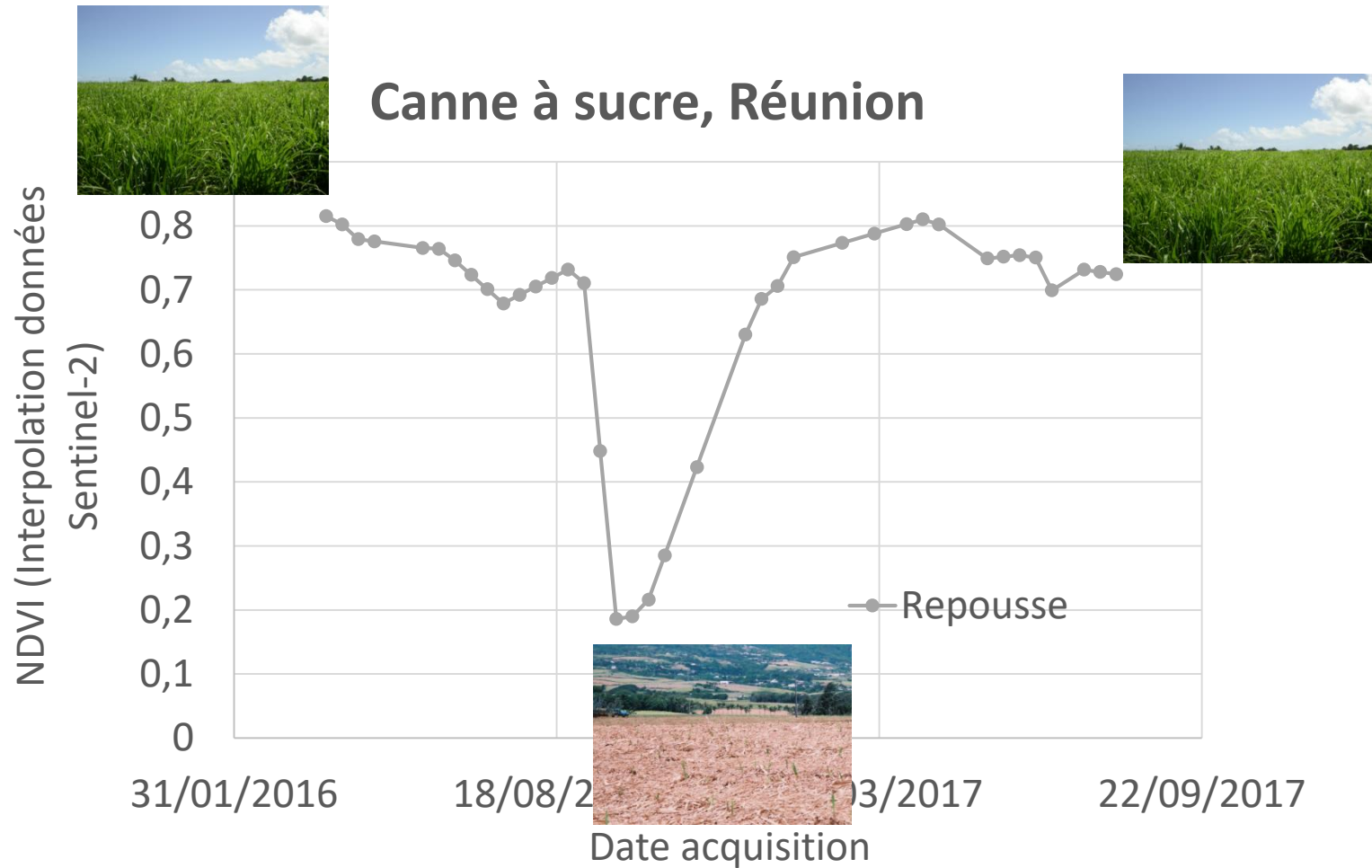


(Le Toan et al., 2017)

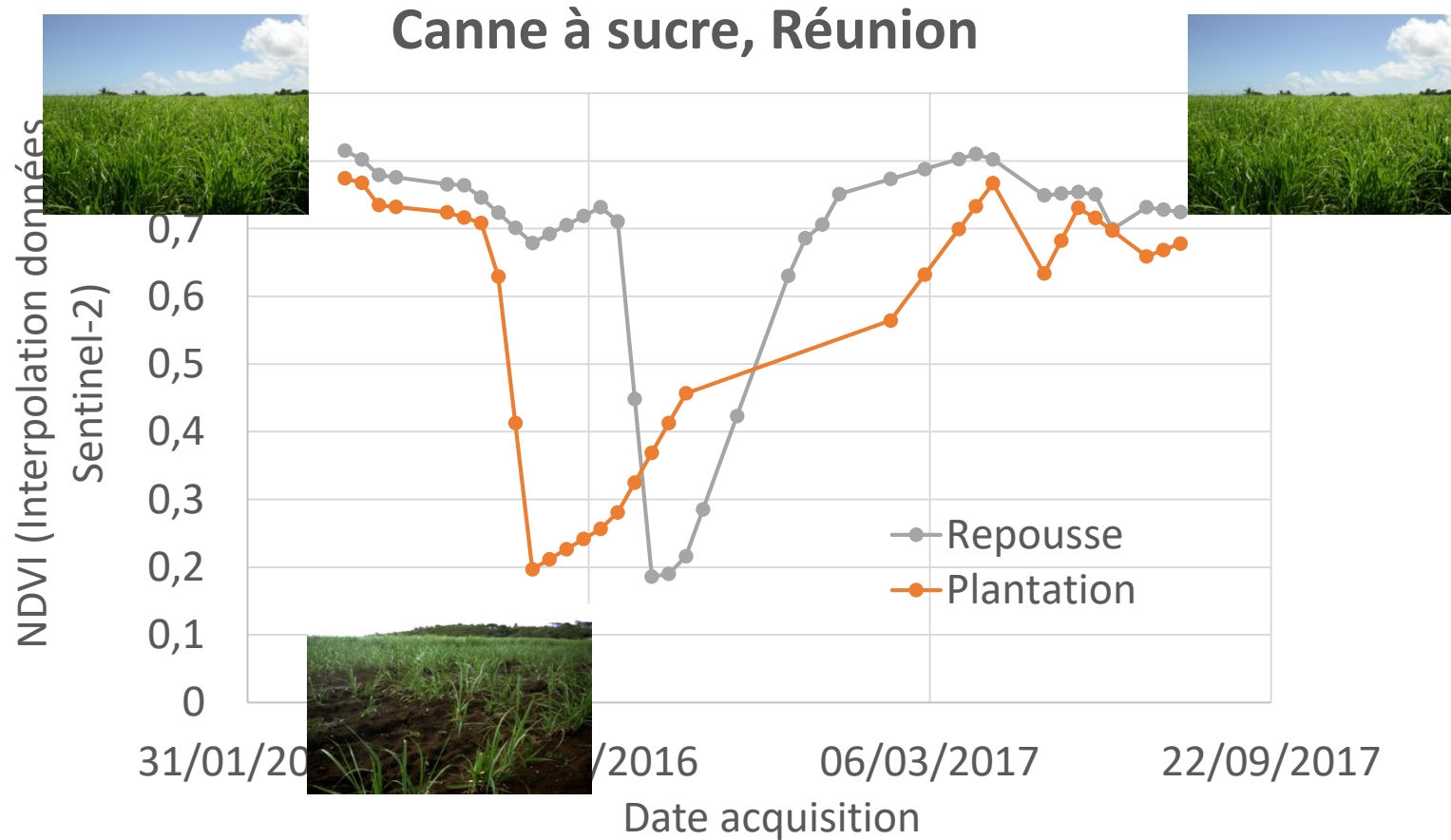
Carte stades phénologiques



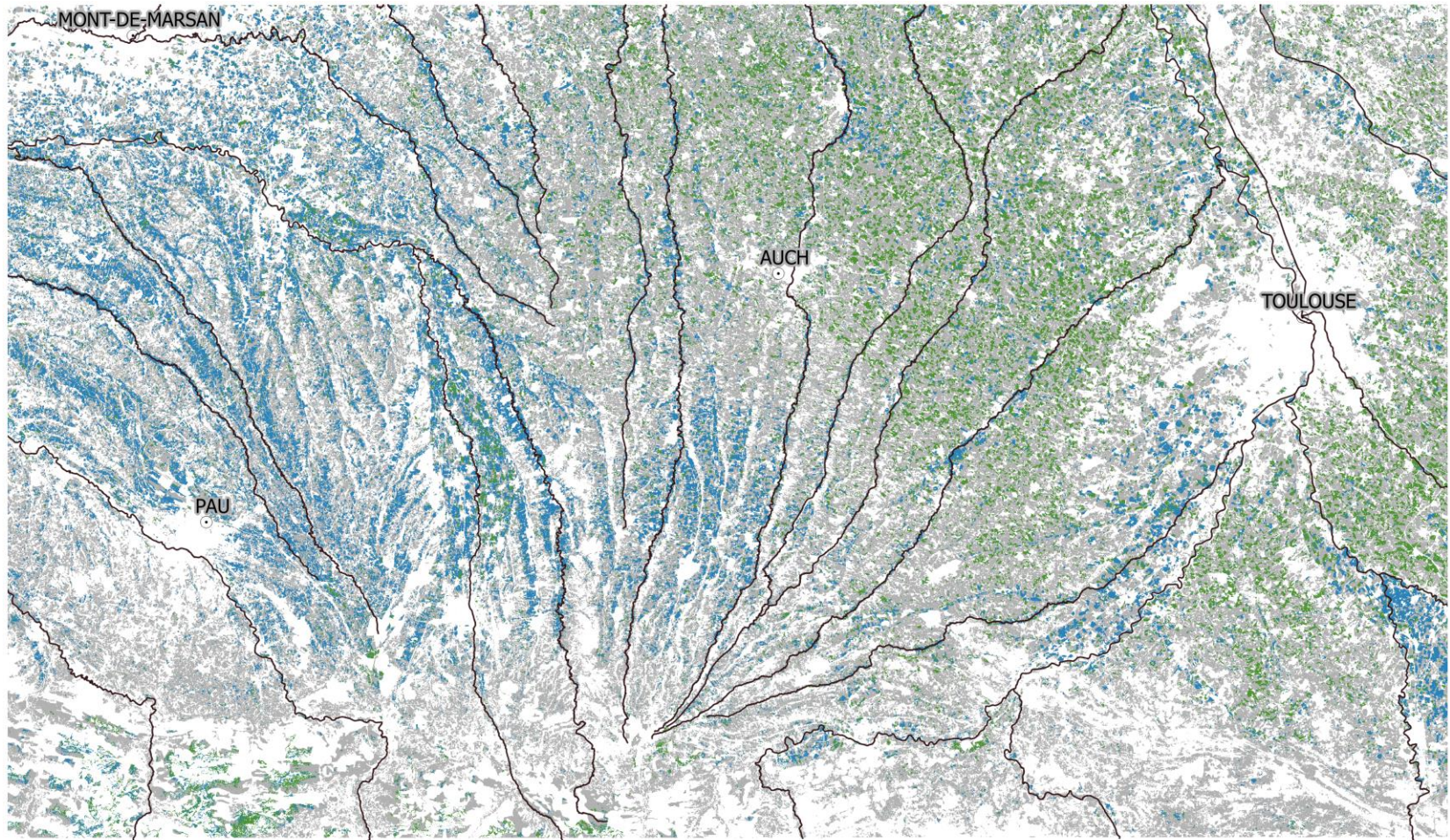
Détection des coupes



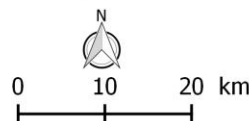
Détection des coupes



Détection des surfaces irriguées



Emprises: Landsat8-Theia
Tuiles: France-MétropoleD0004H0002-D0005H0002
Acquisitions: Mars à Octobre 2015
Traitements: CESBIO
EPSG: 2154
Réalisation: Florian Helen



- Cultures d'été détectées comme irriguées
- Cultures d'été détectées comme non irriguées
- Cultures d'hiver
- Cours d'eau de classe 1



Trois exemples



■ Résolution métrique

-> Intensification écologique

■ Résolution décamétrique

-> Cartographie de l'occupation du sol

■ Basse résolution

-> Suivi de la campagne agricole

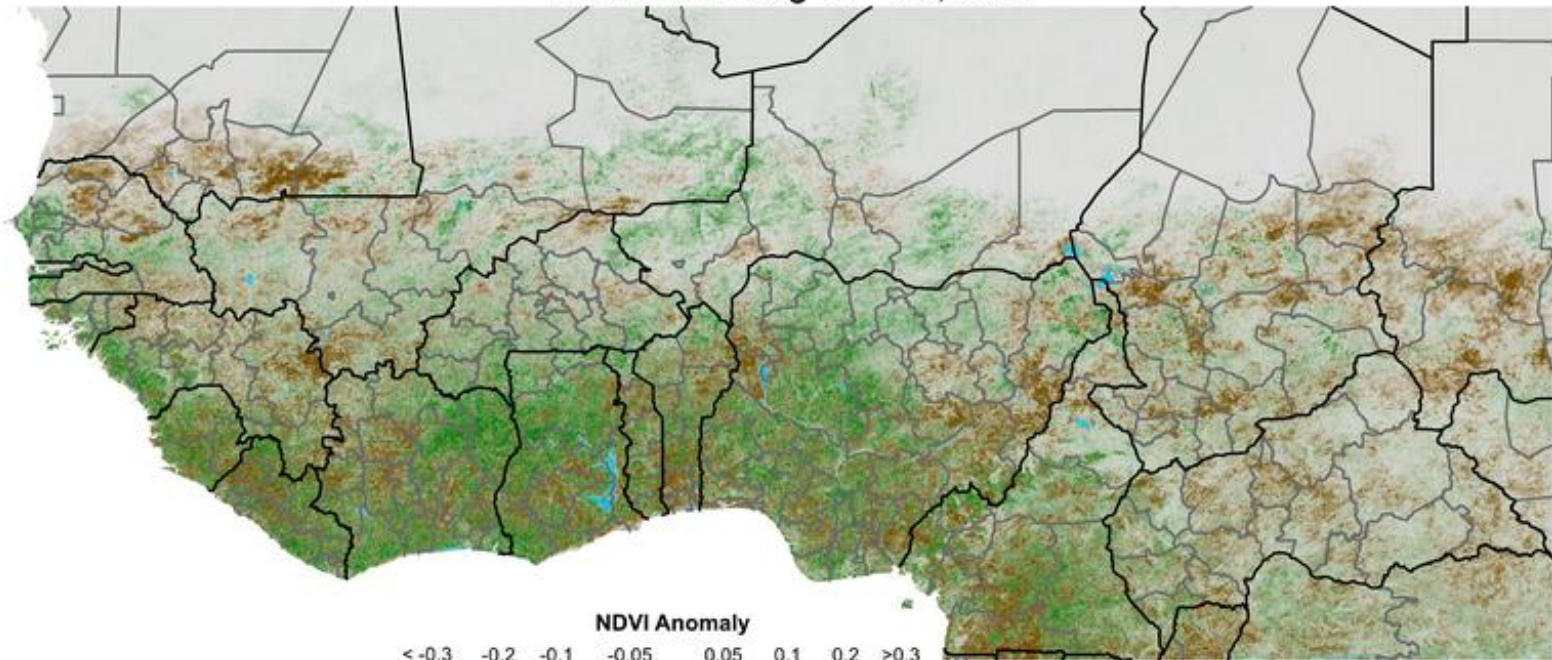
Systeme d'alerte précoce



West Africa eMODIS 250m NDVI Anomaly

2017 minus Median (2007 - 2016)

Period 23 / Aug 11 - 20, 2017



Map Produced by USGS/EROS

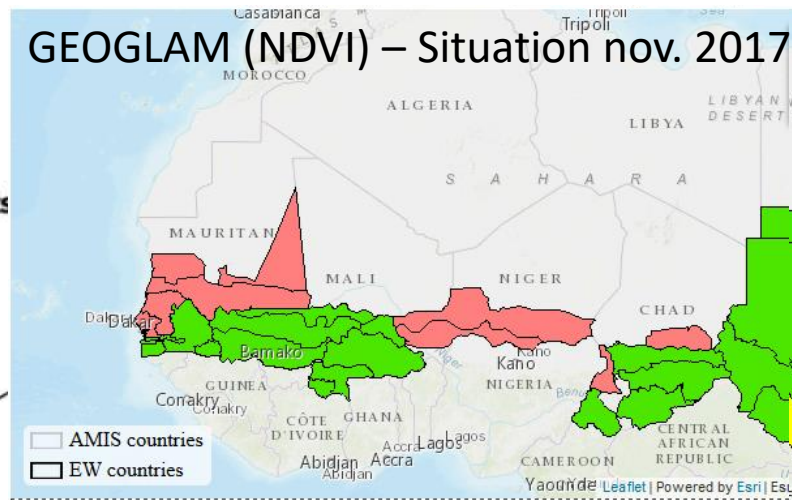
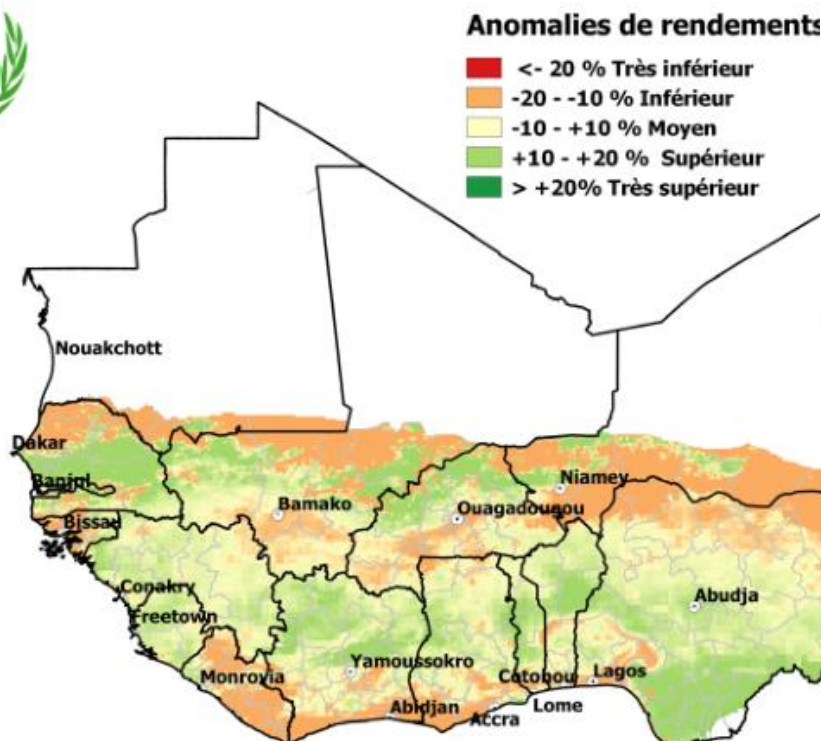
Negative

No Difference

Positive



Systeme d'alerte précoce



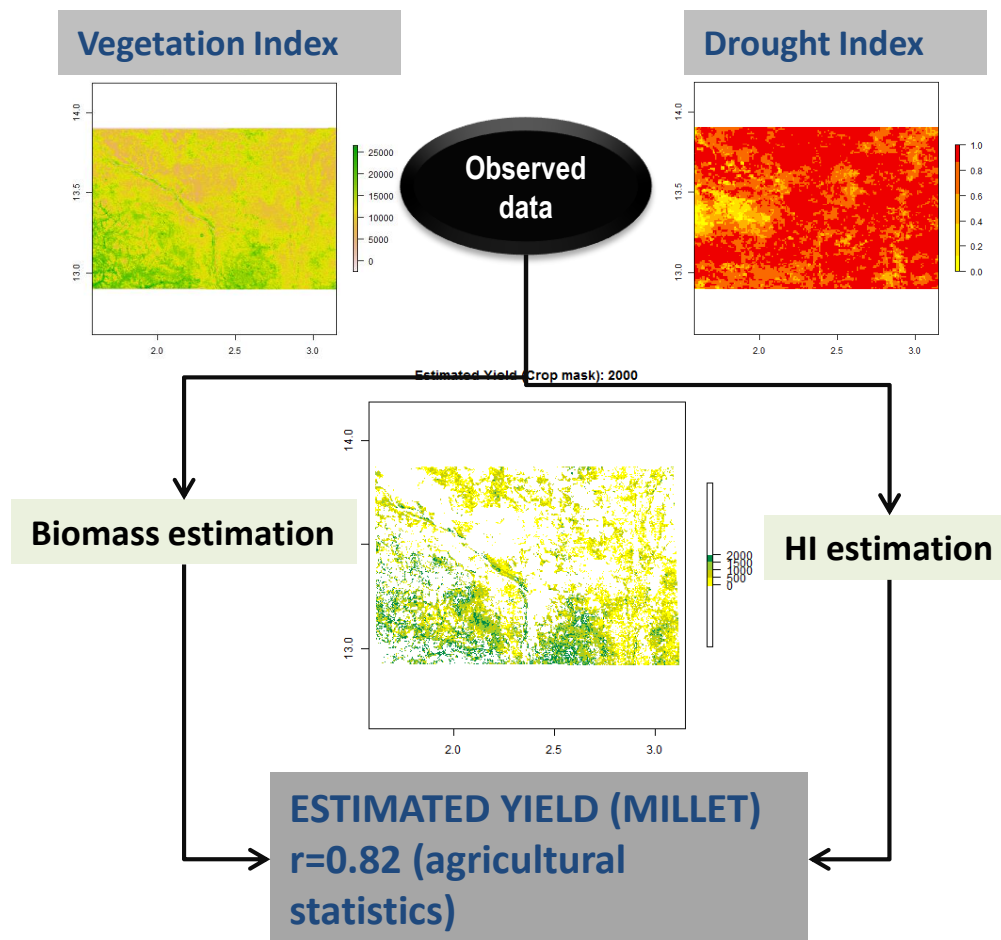
Extrait du bulletin Août 2017
<http://www.agrhymet.ne/bulletin.html>

Figure 3.2 : Anomalies de rendements prévus (% par rapport à la moyenne des cinq dernières années) pour un mil photopériodique cultivé dans des bonnes conditions phytosanitaires dans les pays de l'espace CILSS/CEDEAO. Campagne agricole 2017-2018.

Estimation des rendements



- Mil
- NDVI et LST intégrés sur la période productive

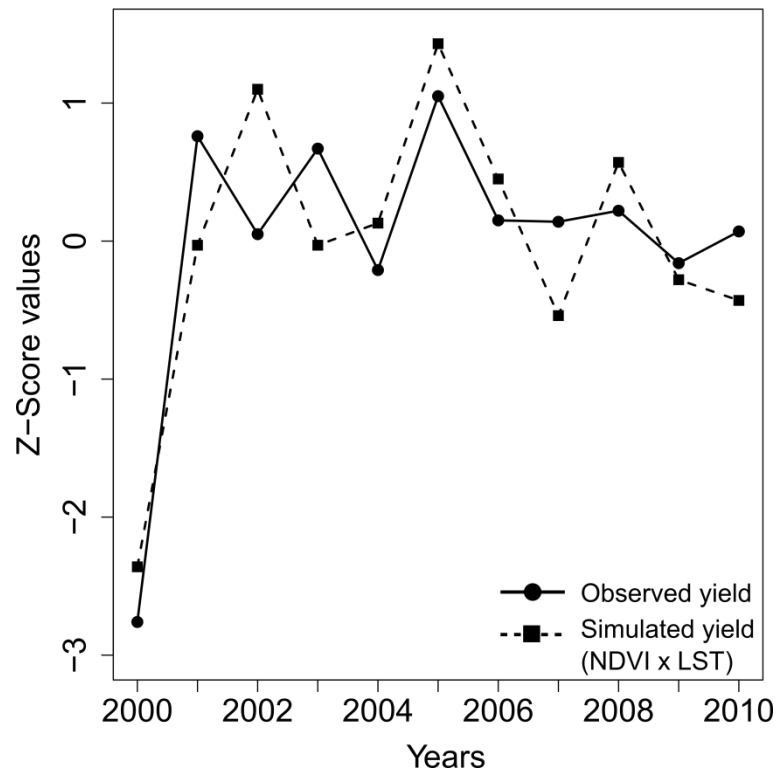


Leroux et al., 2016

Estimation des rendements



Statistiques agricoles: Rendements annuels de Mil pour le département de Kollo
[AGRHYMET]



Leroux et al., 2016

Principales avancées



■ Cartes d'utilisation du sol

- Du domaine cultivé
- Des principales cultures
- De pratiques agricoles : Irrigation vs pluvial, cultures séquentielles (doubles ou triple culture), détection des coupes, détection arbres en milieu ouvert et saison sèche, rotation, infrastructures agro-écologiques, etc.

■ Vers les estimations de rendement

- A l'échelle parcellaire
- Couplage image-modèle de plante

Principaux défis



■ Pour la recherche

- Données d'apprentissage (Utilisation sol ou rendement)
- Généricité des méthodes vs adaptation des méthodes à la complexité des paysages
- Données multi-source, dont expertise
- Gestion des données (très gros volumes)
- Production de données utiles, utilisables et utilisées
- Offre « Google »

Principales opportunités



■ Contexte technologique

- Offre spatiale (multi-capteur)
- Techniques de Deep Learning
- Traitement déportés
-

■ Contexte institutionnel

- Initiatives nationales : Equipex Geosud, Pole THEIA
- Programmes internationaux : ODD



Merci

