



RGR

Rencontres Géomatique Réunion

2017

Jeudi 16 Novembre

Événement organisé par :



# Cartographie de l'occupation du sol agricole à la Réunion

utilisation d'images gratuites et de logiciels libres

Stéphane Dupuy<sup>1-3</sup>, Mónica Londoño<sup>1-3</sup>, Valentine Lebourgeois<sup>2-3</sup>,  
Guerric Le Maire<sup>4-5</sup>, Annelise Tran<sup>6-7</sup> et Raffaele Gaetano<sup>2-3</sup>,

[stephane.dupuy@cirad.fr](mailto:stephane.dupuy@cirad.fr)

- (1) CIRAD, UMR TETIS, F-97410 Saint-Pierre, Réunion, France.
- (2) CIRAD, UMR TETIS, F-34398 Montpellier, France.
- (3) TETIS, Univ Montpellier, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, IRSTEA, Montpellier, France
- (4) CIRAD, UMR Eco&Sols, 1419 Piracicaba SP, Brazil.
- (5) Eco&Sols, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, IRD, Montpellier SupAgro, Montpellier, France
- (6) CIRAD, UMR ASTRE, F-97491 Saint-Denis, La Réunion, France.
- (7) ASTRE, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier, France.



# Des changements importants...

## ☐ Ouverture de l'accès aux images :

- ✓ **USGS : famille Landsat accessible gratuitement depuis 2013**
  - Archive depuis les années 1970
  - Actuellement : Landsat 8 (revisite de 16 jours)
- ✓ **CNES :**
  - programmes ISIS : Pléiades gratuites
  - Spot World Heritage : ouverture de l'archive Spot dans le monde
  - Kalideos : données THRS sur plusieurs sites dont la Réunion
- ✓ **SEAS-OI : Spot 4 et 5 de 2012 à 2015**
- ✓ **GEOSUD EQUIPEX : Station de réception SPOT6/7 de Montpellier**
- ✓ **ESA : constellation Sentinel développée dans le cadre de Copernicus**
  - Sentinel 1A et 1B (radar)
  - Sentinel 2A et 2B (optique HRS pour le suivi de l'occupation du sol)
  - Sentinel 3A et 3B (optique pour l'océanographie)

## ☐ Outils libres de télédétection en constante amélioration : OTB (CNES), SNAP (ESA)...

## ... comment exploiter toutes ces données ?

### □ Depuis 2013, l'UMR TETIS travaille sur cette problématique:

- ✓ **Au niveau national** dans le Centre d'Expertise Scientifique Occupation des Sols du pôle THEIA (financement CNES)
- ✓ **Au niveau international** dans le cadre du projet SIGMA (financement UE) et de l'initiative internationale GEO-GLAM (GEO-Global Agricultural Monitoring) en lien avec le réseau JECAM (Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring) et du projet Sentinel-2 for Agriculture

### ➔ Mise au point de méthodes de cartographie de l'occupation du sol adaptées aux contextes variés des pays du sud

- Forte variabilité intra parcellaire
- Petite taille des parcelles
- Présence de jachères
- Cultures associées
- Agroforêt
- ...



# Cross-Site Experiment

- ❑ En 2016, décision de basculer tous les traitements sur une chaîne basée sur les outils libres mobilisant Orfeo ToolBox, R et Python
- ❑ Tester la chaîne sur des sites variés : travaux en cours sur 5 sites
- ❑ Données minimum à mobiliser :
  - ✓ 1 image THRS (Pléiades ou Spot6/7) acquise en saison des pluies (cultures visibles)
  - ✓ 1 MNT (SRTM 30 m)
  - ✓ Base de donnée terrain avec nomenclature en 4 niveaux
  - ✓ Série temporelle HRS (Sentinel 2 et Landsat 8)

## → Objectifs l'étude :

- Proposer une méthode reproductible de suivi de l'occupation du sol
- Mesurer l'apport des images satellites
- Identifier les limites et les améliorations potentielles



**Projet GABIR : Etude des échanges de biomasses à l'échelle de l'île : besoin de quantifier et localiser les cultures**

# THRS / MNT / Terrain...

- ❑ 2 images Spot6/7 : 1,5 m pour l'image panchromatique et 6 m pour la multispectrale
- ❑ MNT IGN : RGE ALTI<sup>®</sup> : 1,5m
- ❑ BD de 2650 parcelles : apprentissage (80%) / validation (20%) : constituée à partir de la BOS 2014 + parcelles issues du Cirad et Syndicat du Sucre + sorties terrain

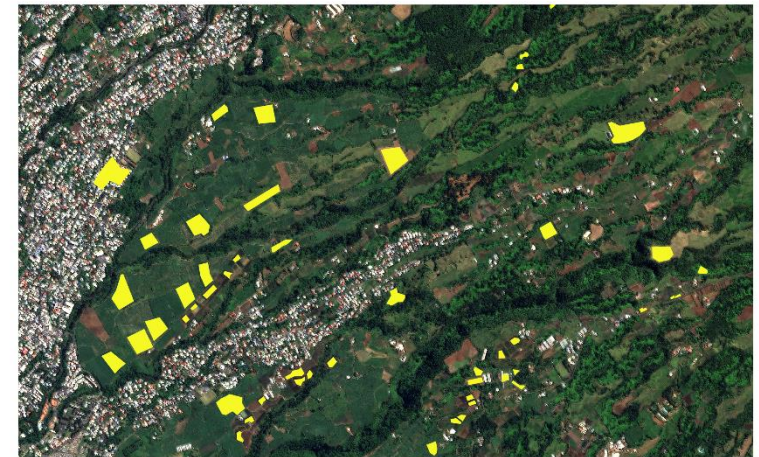
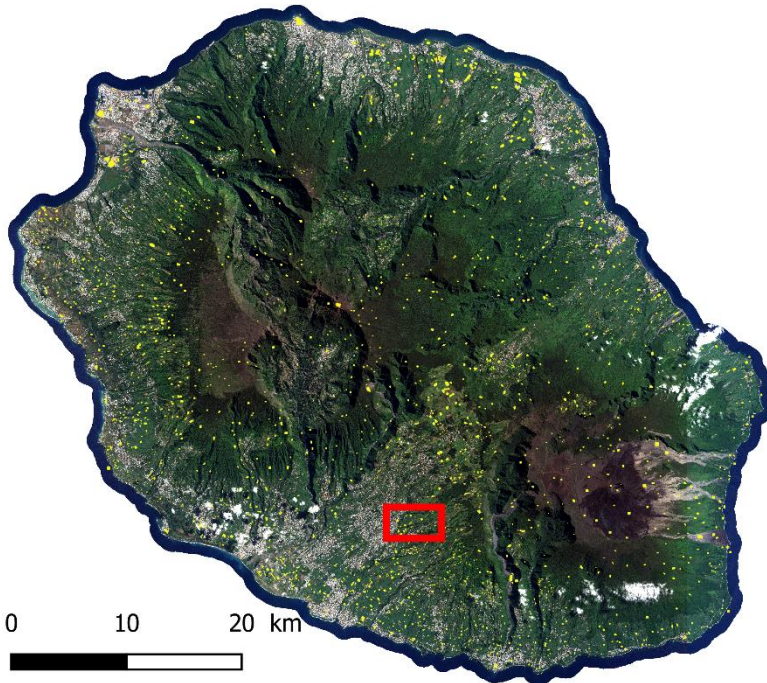


Image Spot6 du 8 avril 2016 (Le Tampon)

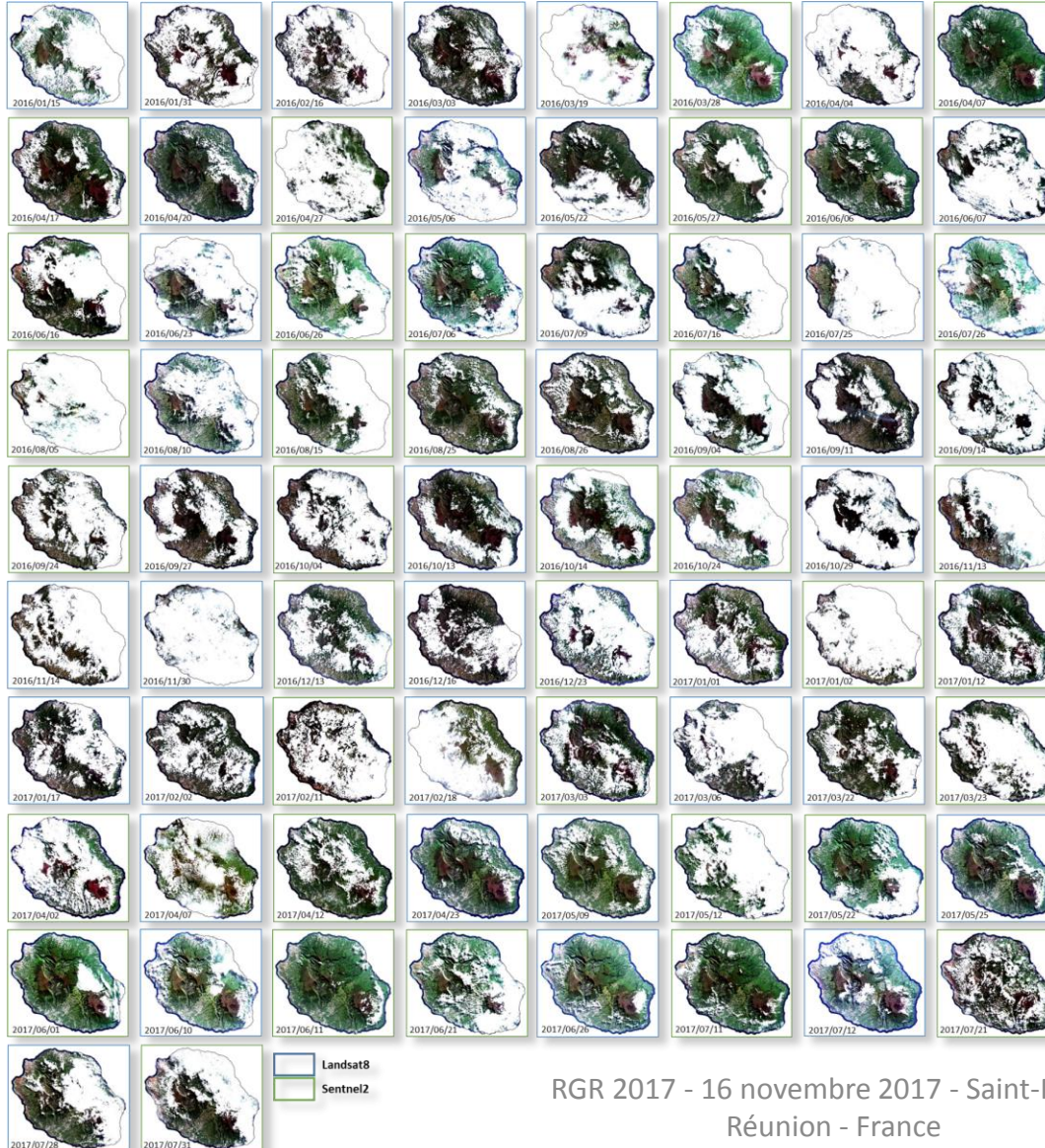
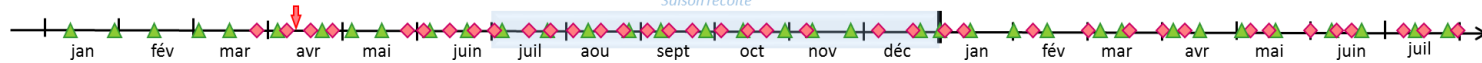
Parcelle pour apprentissage et validation

0 1000 2000 m

2016

Saison récolte

2017



- ▲ LANDSAT 8 – 15m (USGS)
- ◆ Sentinel 2 – 10m (ESA)
- ▼ Spot6 – 1,5m (Geosud/Kalideos/SEAS-OI)

## 74 images correspondant aux critères de téléchargement :

- de 80% de nuage sur la tuile
- + de 75% de recouvrement de la zone d'étude

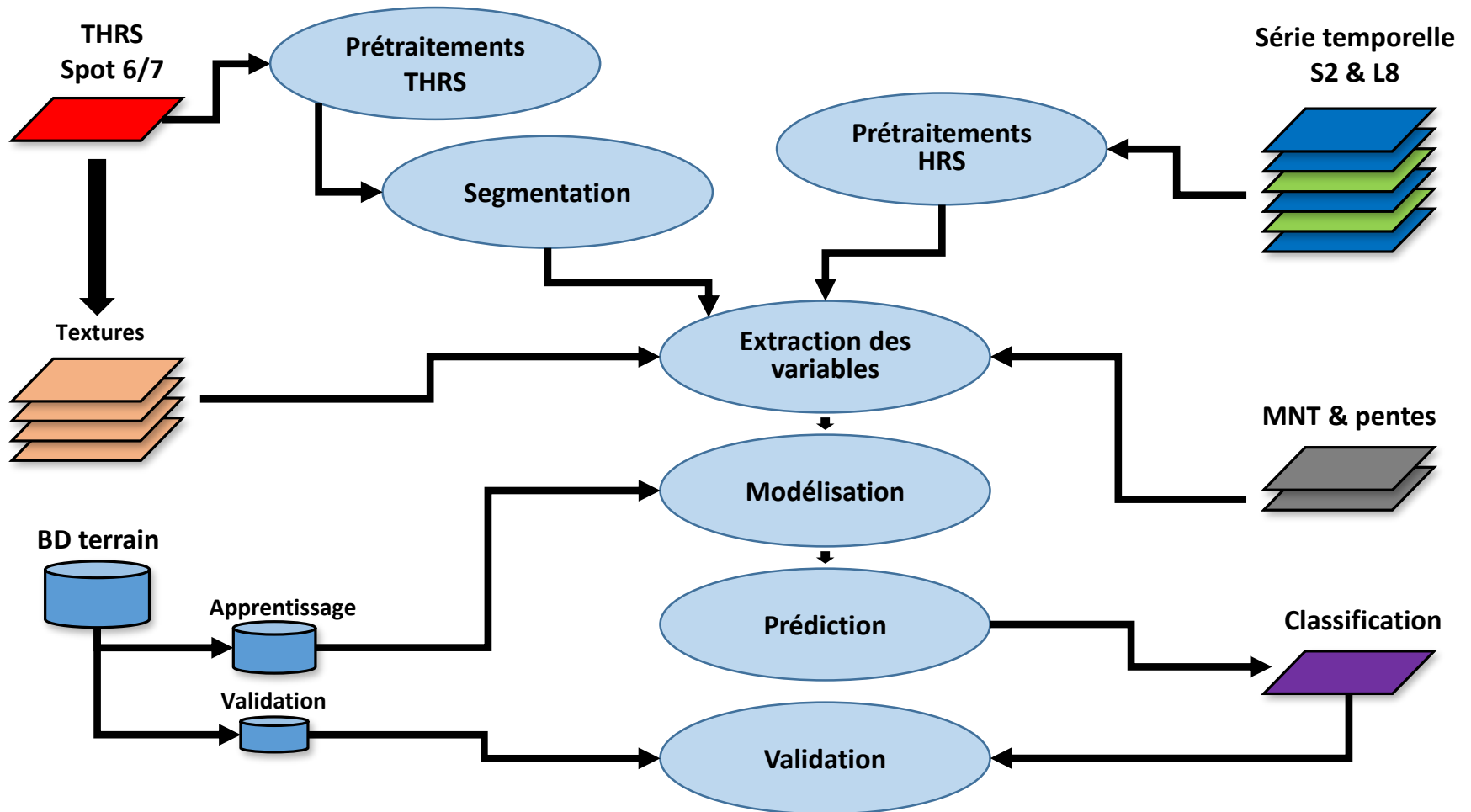
### ➤ 36 images Landsat8 (USGS) :

- ✓ 15 m et 30 m
- ✓ 6 bandes spectrales utilisées
- ✓ répétitivité 16 jours

### ➤ 38 images Sentinel 2A (ESA) :

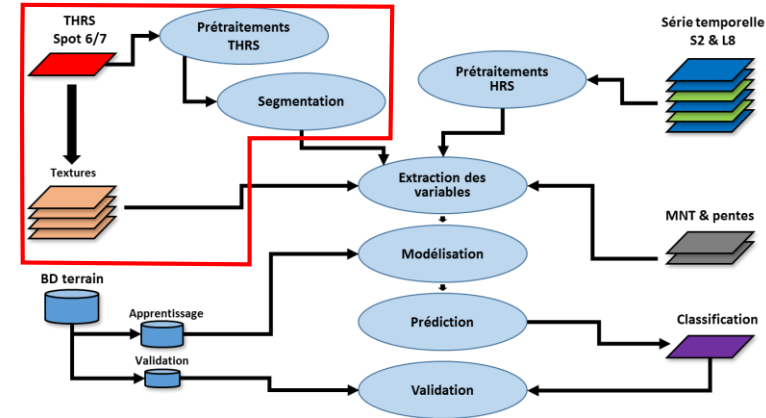
- ✓ 10 m et 20 m
- ✓ 10 bandes spectrales utilisées
- ✓ répétitivité de 10 jours (5j avec S2B)

# Schéma général



# Traitements THRS

- ❑ Orthorectification + extraction de points homologues sur référence
- ❑ Fusion panchromatique + multispectral (Bayes)
- ❑ Segmentation avec LSGRM (Large Scale Generic Region Merging)
  - ❑ Scale : 450
  - ❑ Shape : 0,1
  - ❑ Compactness : 0,9
- ❑ Calcul de texture (Haralick) :
  - ❑ 3 indices : Energy, Contrast et Variance
  - ❑ 2 tailles d'élément structurant 3x3 et 11x11 pixels



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

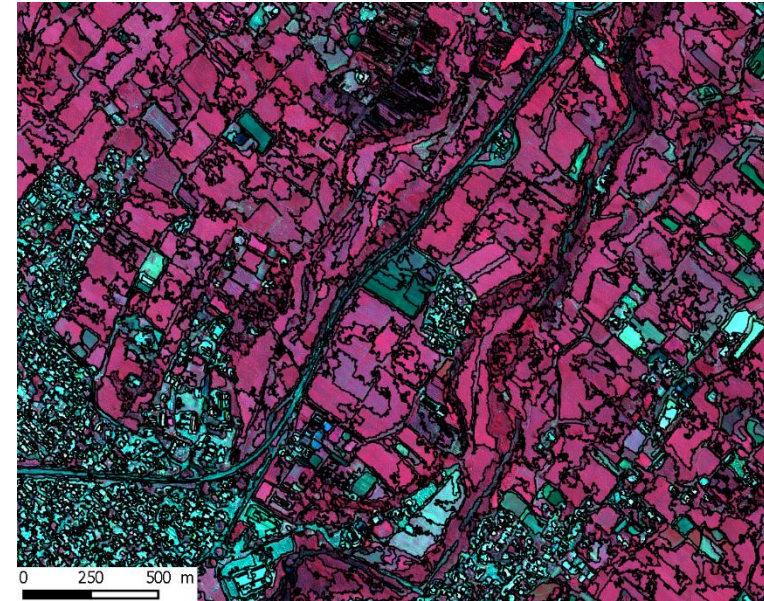
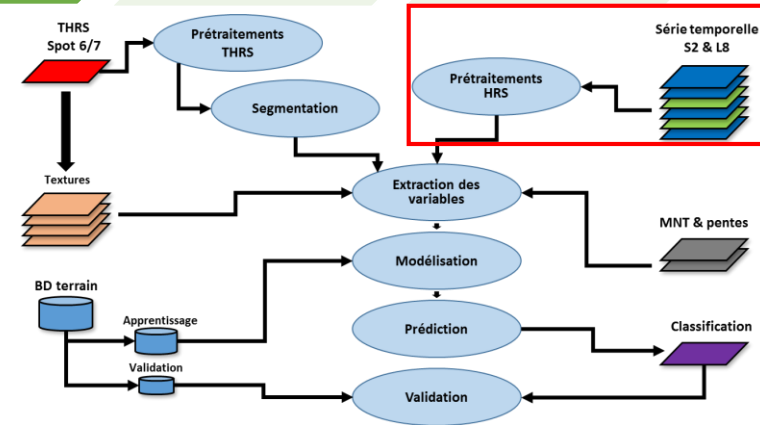


Image Spot 6 du 8 avril 2016 / objet issu de la segmentation (Ligne Paradis St. Pierre)

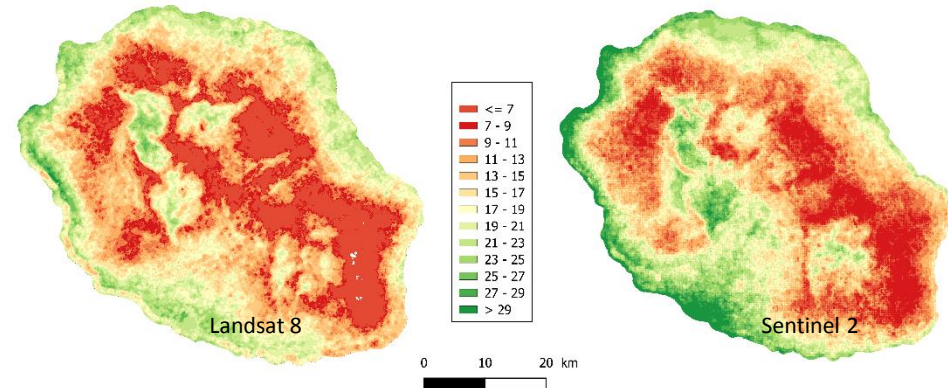


# Prétraitements HRS

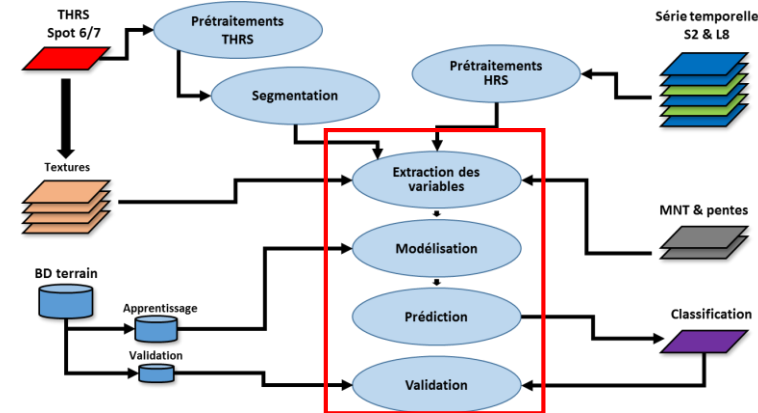
- ❑ Téléchargement (site Amazon)
- ❑ Masque de nuages (Fmask pour L8 / Muscate pour S2)
- ❑ L8 : fusion panchromatique + multispectrale
- ❑ S2 : ré-échantillonnage à 10m + concaténation des bandes
- ❑ Recalage / THRS (recherche automatique de points homologues)
- ❑ Découpage / masque nuages
- ❑ Interpolation des zones sous nuages
- ❑ Calcul des indices : Brillance, NDVI, MNDVI, NDWI, RNDVI



Nombre d'acquisition sans nuage pour la série temporelle utilisée



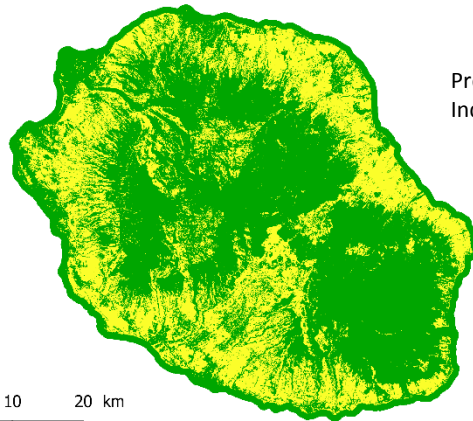
# Classification et validation



- ❑ **Extraction des variables** pour chaque objet de la segmentation (série temporelle + textures + MNT + pentes)
- ❑ **Modélisation / BD apprentissage** : algorithme Random Forest (profondeur maximale de l'arbre 10 / nombre max d'arbres 400)
- ❑ **Prédiction** sur l'ensemble des objets issus de la segmentation
- ❑ **Validation / BD validation** : matrice de confusion + précision globale + indice Kappa + précisions par classe

# 1 résultat / niveau de la nomenclature

Culture / Non Culture

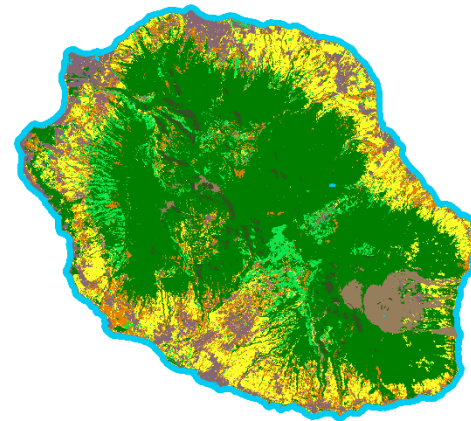


Précision globale : 96,76 %  
Indice de Kappa : 93,49 %

Niveau 1

- Territoire cultivé
- Territoire non cultivé

Grands groupes d'occupation du Sol

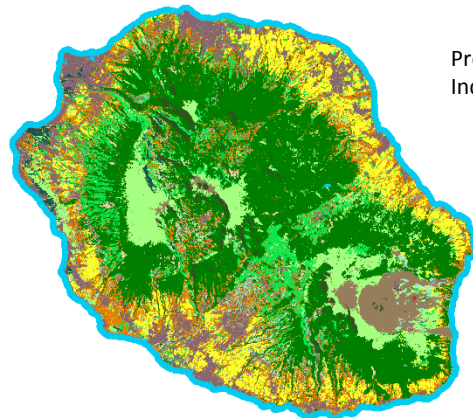


Précision globale : 91,88 %  
Indice de Kappa : 89,69 %

Niveau 2

- Culture annuelle et pluriannuelle
- Culture permanente
- Prairie
- Forêt et milieu semi-naturel
- Roche nue
- Zone urbanisée
- Surface en eau
- Ombre due au relief

Groupes de culture

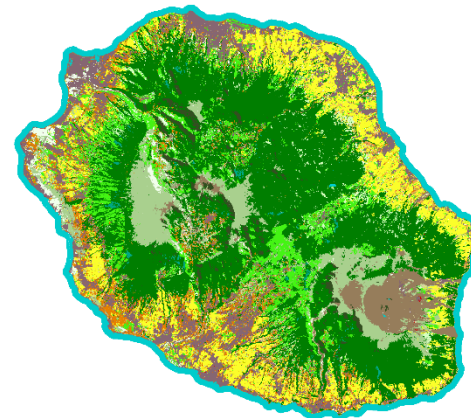


Précision globale : 89,91 %  
Indice de Kappa : 88,01 %

Niveau 3

- Culture maraichère
- Canne à sucre
- Verger
- Plantation forestière
- Prairie
- Forêt
- Savane arbustive
- Savane herbacée
- Roche nue
- Zone urbanisée
- Culture sous serre
- Surface en eau
- Ombre due au relief

Types de culture



Précision globale : 88,18 %  
Indice de Kappa : 86,06 %

Niveau 4

- Chayotte
- Ananas
- Curcuma
- Pomme de terre
- Autre culture maraichère
- Canne à sucre
- Canne replantée
- Géranium
- Verger de manguiers
- Verger de letchi
- Verger d'agrumes
- Cocoteraie
- Bananeraie
- Plantation de cryptomeria
- Prairie
- Forêt
- Savane arbustive
- Vigne marronne
- savane herbacée
- Roche nue
- Zone urbanisée
- Culture sous serre
- Surface en eau
- Ombre due au relief

# Validation

Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3		Niveau4		
Territoire cultivé	96,94%	Culture annuelle et pluriannuelle	94,40%	Culture maraichère	72,12%	Chayotte	32,22%	
						Ananas	64,63%	
						Curcuma	36,13%	
						Pomme de terre	74,12%	
						Géranium	28,80%	
		Autre culture maraichère	96,50%					
		Culture permanente	78,72%	Verger	79,59%	Canne à sucre	96,84%	73,97%
						Canne replantée	61,99%	
						Verger de manguier	64,18%	
		Prairie	89,35%	Prairie	91,13%	Verger de letchi	79,21%	90,68%
Verger d'agrume	0,00%							
Cocoteraie	29,15%							
Territoire non cultivé	96,55%	Forêt et milieu semi-naturel	94,07%	Forêt	91,89%	Plantation de cryptomeria	83,13%	
						Savane arbustive	77,71%	
						Savane herbacée	82,86%	
		Roche nue	76,69%	Roche nue	76,14%	75,88%		
		Zone urbanisée	92,72%	Zone urbanisée	90,17%	90,40%		
		Surface en eau	98,60%	Culture sous serre	40,59%	43,83%		
		Ombre due au relief	97,70%	Ombre due au relief	96,28%	Surface en eau	96,96%	96,96%
						Ombre due au relief	95,76%	
		Kappa index	93,49%	89,69%	88,01%	86,06%		
		Overall accuracy index	96,76%	91,88%	89,91%	88,18%		

# Conclusion

- ❑ Méthode reproductible sans achat de licence logiciel
- ❑ Bons résultats pour une méthode supervisée : 88% de précision globale pour le niveau le plus détaillé

# Perspectives

- ❑ Mise en service de Sentinel 2B = diminution des problèmes de nébulosité
- ❑ Améliorations envisageables :
  - classification hiérarchique (stratification)
  - augmentation du nombre de parcelles d'apprentissage
  - Pour les classes minoritaires : remplacer Spot6/7 par Pléiades (50 cm) : **meilleure discrimination du petit parcellaire** et des vergers mais **augmentation de la taille et du nombre d'images = augmentation des temps de traitement**
- ❑ Démarrage de la thèse d'Arthur Crespin-Boucaud : « Suivi des systèmes de culture par analyse de séries temporelles d'images satellite à très haute résolution et modélisation spatialisée : Application à La Région des Hautes Terres, à Madagascar ».

**RGR 2017 - 16 novembre 2017**

**Saint-Pierre Réunion**

**France**

Cartographie de l'occupation du sol agricole à la Réunion  
utilisation d'images gratuites et de logiciels libres

**Merci pour votre attention!**

**Stéphane Dupuy**

[stephane.dupuy@cirad.fr](mailto:stephane.dupuy@cirad.fr)

**Mónica Londoño**

**Valentine Lebourgeois**

**Guerric Le Maire**

**Annelise Tran**

**Raffaele Gaetano**

**Remerciements :**

- Ce travail a bénéficié de la contribution financière du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » du Ministère de l'agriculture.
- Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Programme Investissements d'Avenir pour le projet EQUIPEX GEOSUD portant la référence ANR-10-EQPX-20.
- Ce travail a bénéficié des images Spot6/7 du programme KALIDEOS financé par le CNES.
- Ce travail a bénéficié des images Spot6/7 de la station SEAS-OI.
- Nous remercions le Syndicat du Sucre de la Réunion pour sa participation à la constitution de la base de donnée d'apprentissage.

