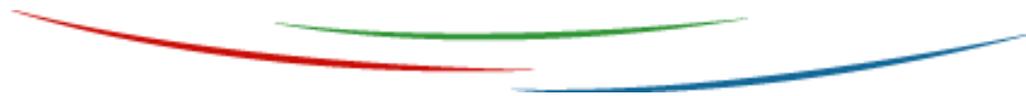




**Vers une cartographie opérationnelle haute
résolution spatiale de l'humidité du sol des surfaces
agricoles à partir d'images radar et optique
(Sentinel-1/2)**

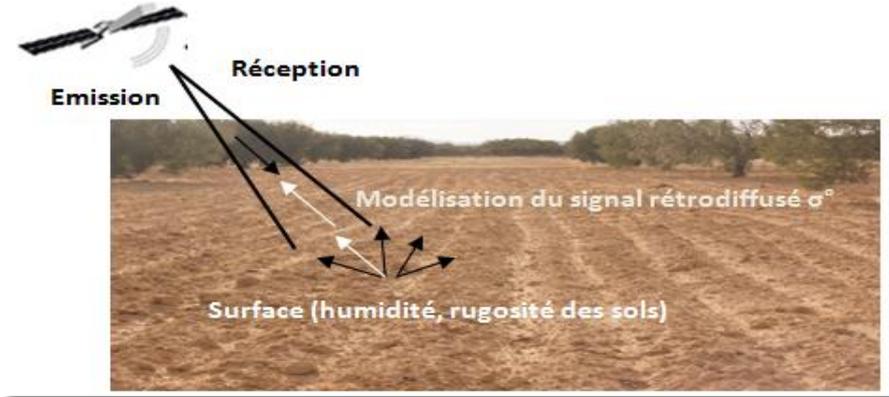


Nicolas Baghdadi, Mohammad El Hajj, Mehrez Zribi

Nicolas.baghdadi@irstea.fr

- L'humidité du sol joue un **rôle important** dans la compréhension de nombreux processus: ruissellement, érosion du sol ...
- La **téledétection radar** permet d'accéder à des paramètres spatialisés pour le suivi de l'humidité du sol
- Les premières capteurs radar: résolution de l'ordre de 30 m, répétitivité de l'ordre du mois, une seule incidence, une seule polarisation, données payantes ...
- Les capteurs actuels: résolution de mieux et mieux, de nombreuses images par mois (**S1: une image tous les 6 jours**), multi-polarisation, données gratuites ... → **adaptés aux applications hydrologiques et agronomiques à des échelles locales ou régionales**
- Produits d'humidité disponibles: issus des capteurs micro-ondes basse résolution spatiale (plusieurs km) par exemple SMOS, et ASCAT/METOP, SMAP → fréquence temporelle de l'ordre de quelques jours et une résolution spatiale d'environ 25-40km.

✓ Remote Sensing
« Radar »



MODELLING RADAR BACKSCATTERING

- Radar observation parameters:
(frequency , incidence angle,...)
- Soil surface parameters:
(soil moisture, roughness...)

Electromagnetic backscattering Models
(Kirchoff, Dubois, Oh, Integral Equation Model ...)

Radar Backscatter σ^0

RADAR SIGNAL INVERSION



- Données S1, **gratuites en HR spatiale et temporelle**, rendent possible le développement de méthodes robustes pour l'estimation de l'état hydrique du sol avec une bonne précision mais aussi avec des **résolutions spatio-temporelles adaptées aux besoins des utilisateurs**
- Simulateur du signal radar = modèles Water Cloud et Integral Equation Model, calibrés en utilisant des données terrain
- Estimation de l'humidité du sol: méthode basée sur la **synergie entre radar S1 et optique S2 → Réseaux de neurones (NN)**
- Apprentissage des NN: simulateur radar calibré génère des bases de données de référence (coefficient de rétrodiffusion) sur une large gamme de valeurs de paramètres de sol (rugosité et humidité) et d'acquisition (polarisation et angle d'incidence)
- Echelle de travail: estimation de l'humidité dès **l'échelle intra-parcellaire (unité homogène de 0.2 hectares et plus)**

(Attema and Ulaby 1978)

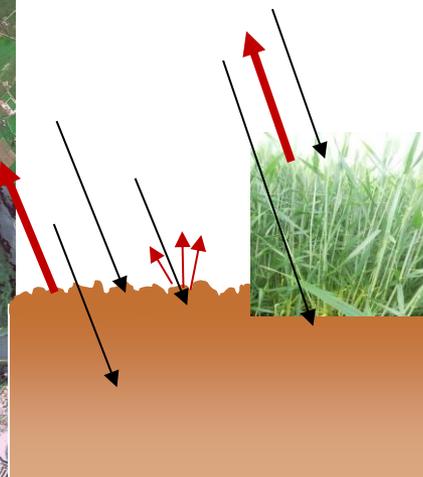
$$\sigma^0_{\text{tot}} = \sigma^0_{\text{veg}} + T^2 \sigma^0_{\text{sol}}$$

$$\sigma^0_{\text{veg}} = A \cdot V_1 \cdot \cos \theta (1 - T^2)$$

$$T^2 = \exp(-2 \cdot B \cdot V_2 \cdot \sec \theta)$$

$$\sigma^0_{\text{sol}} = C(\theta) \exp(D \cdot M_v)$$

Ou en utilisant des modèles plus complexes: IEM, Oh, Dubois

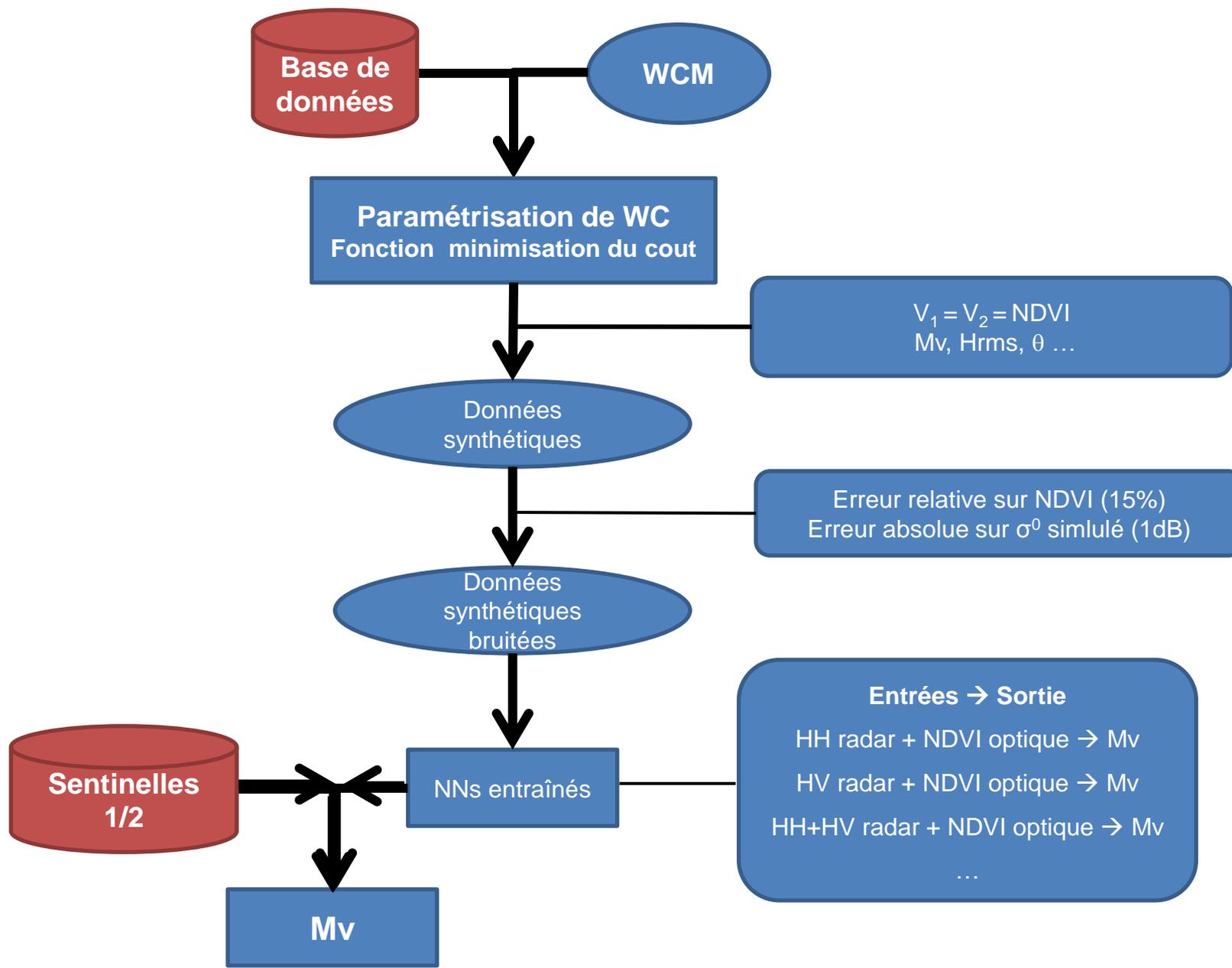


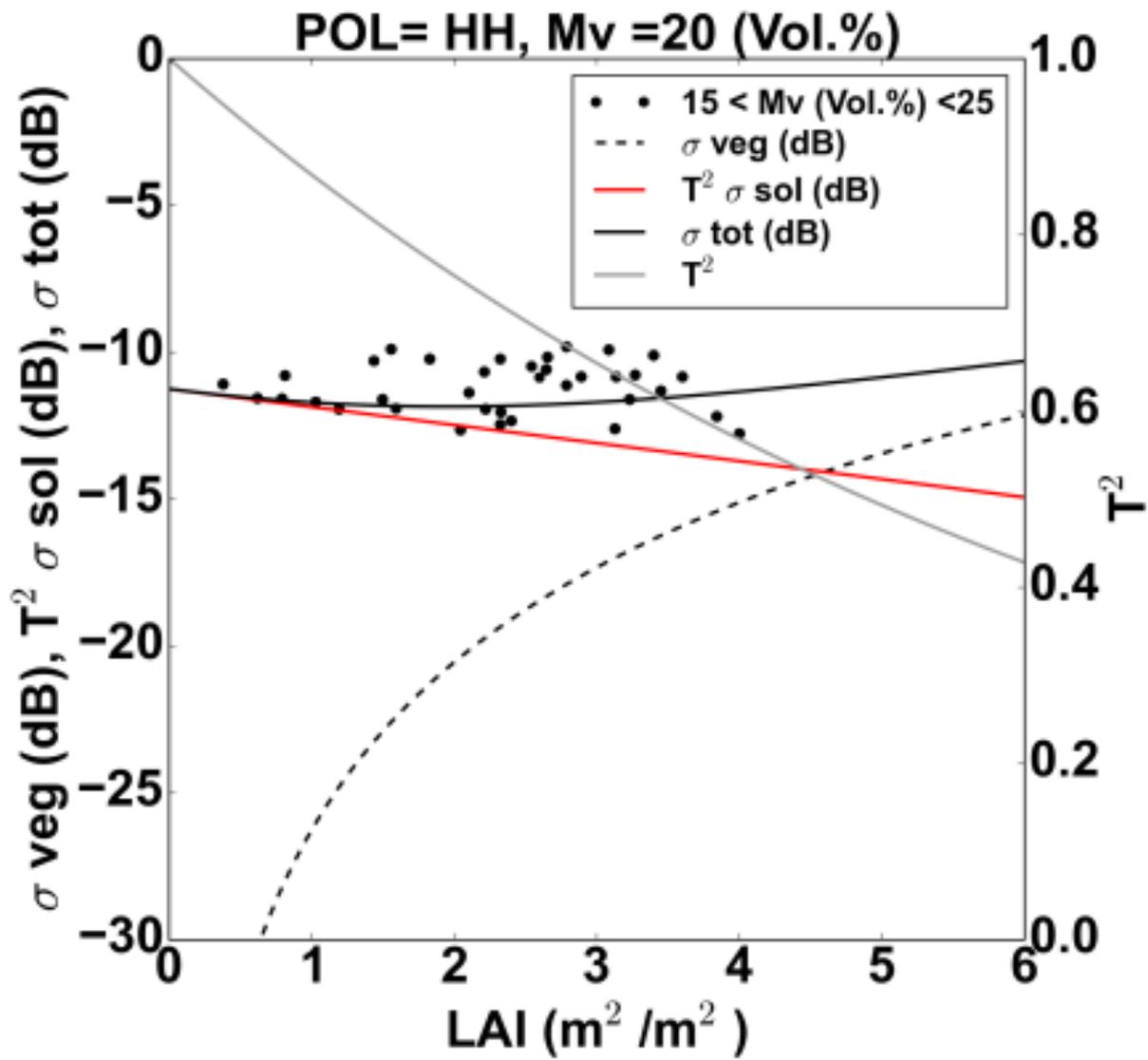
- σ^0_{tot} : Signal rétrodiffusé (unité linéaire)
- σ^0_{veg} : Contribution de la végétation (unité linéaire)
- T^2 : Atténuation
- σ^0_{sol} : Contribution du sol nu (unité linéaire)
- $V_1 = V_2$: Descripteurs de la végétation (BIO (kg/m²), VWC (kg/m²), HVE (m), LAI (m²/m²), FAPAR, FCOVER, and NDVI)
- θ : Angle d'incidence
- **A et B**: Paramètres dépendent de descripteur de la végétation, et des configurations radar
- **C**: Paramètre dépend de rugosité du sol et des paramètres instrumentaux
- **D**: Paramètre qui correspond à la sensibilité du signal radar (unité linéaire) à l'humidité du sol nu (dépend de la configuration radar)
- M_v : Humidité volumétrique du sol



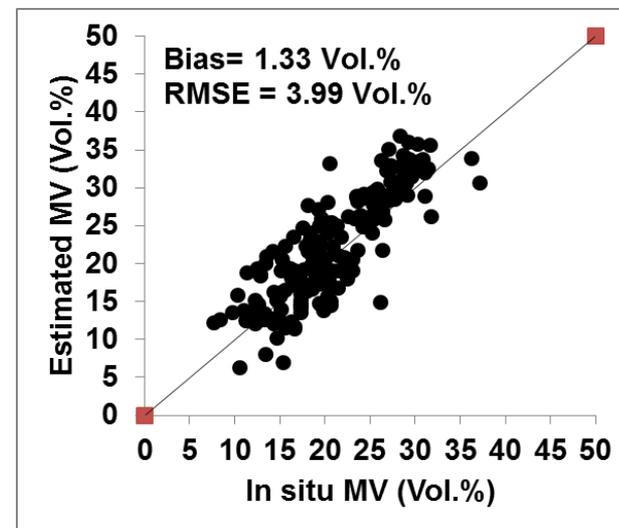
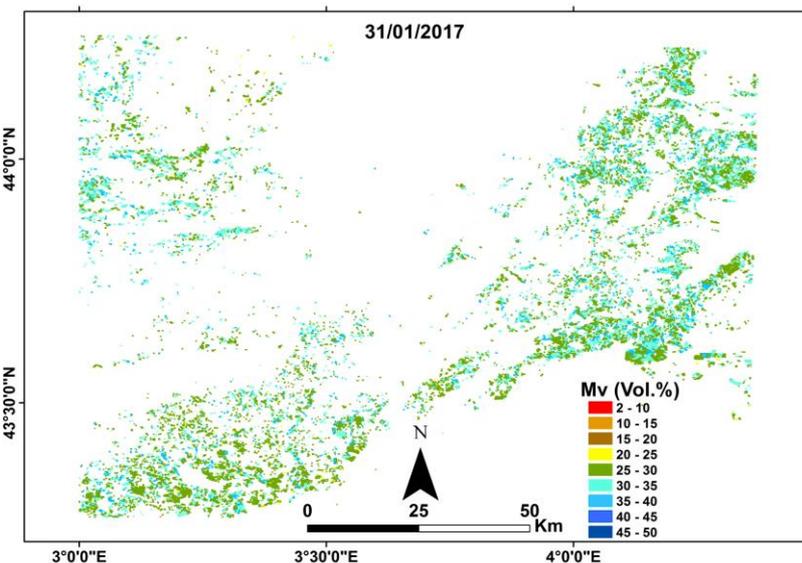
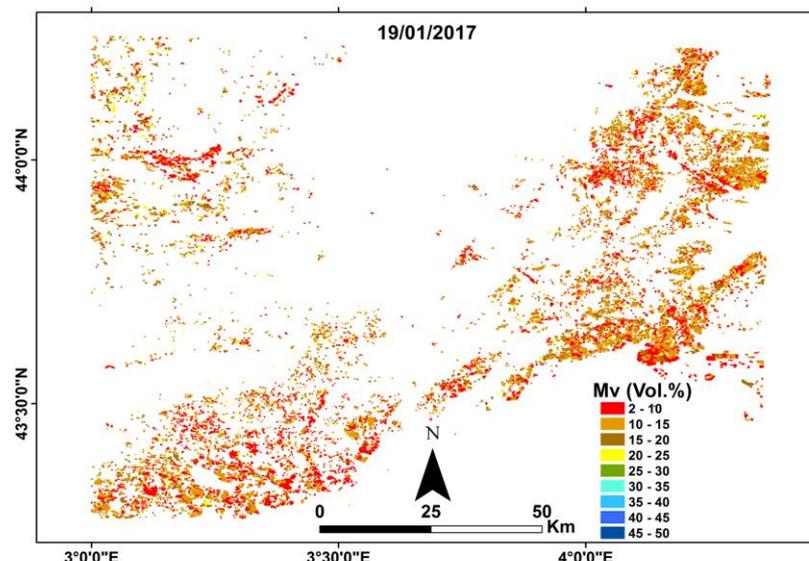
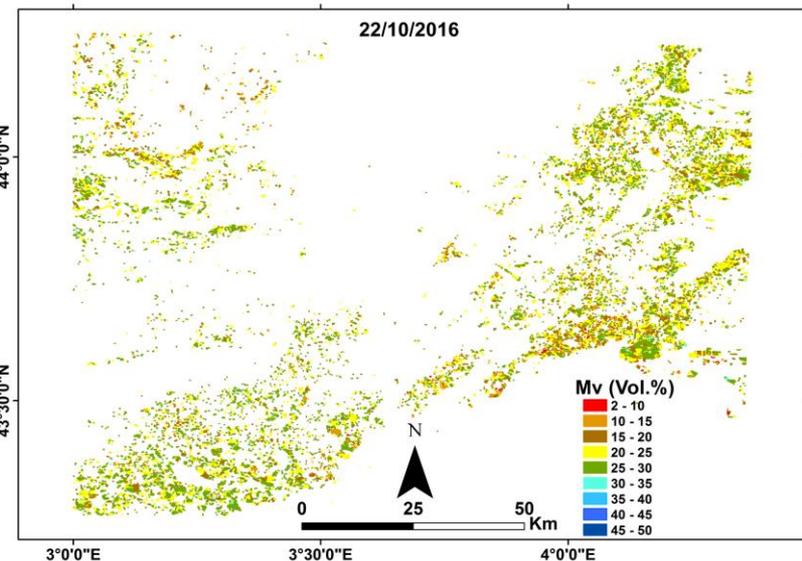
- **De nombreux modèles de rétrodiffusion radar existent** pour relier le signal radar aux paramètres instrumentaux (longueur d'onde, angle d'incidence, polarisation) et aux paramètres du sol (rugosité et humidité/constante diélectrique): Dubois, Oh, IEM, ...
- Les études de sensibilité des modèles montrent une **faible corrélation entre modèles et données in situ** + trop de paramètres en entrée → ce qui rend difficile le développement d'algorithmes pertinents d'inversion du signal radar à des échelles fines
- Des tentatives pour améliorer certains modèles: Baghdadi et al. [BAG 06, BAG 11a, BAG 11b, BAG 15] proposaient une amélioration du modèle IEM + une réduction des paramètres d'entrée
- **La composante sol du signal radar est fournie en utilisant IEM calibré (Baghdadi et al.)**
- S1: bande C (~6 cm de longueur d'onde)

Méthodologie





Cartes d'humidité



Cartes d'humidité à une échelle intra-parcelaire (zones d'homogènes de 0.2 hectares et plus) obtenues à partir de données Sentinel 1/2.

- **Estimation de l'humidité sur parcelles agricoles même quand la végétation est bien développée**
- Estimation de l'humidité avec une **précision de l'ordre de 5 vol.%** avec une légère dégradation quand le NDVI est élevé (cultures mures) → Reste à quantifier cette précision en fonction des gammes de valeurs de NDVI
- Une **carte tous les 6 jours**
- Echelles: **parcellaire, sub-parcellaire, mailles de 1 km x 1 km ...**
- **Cartes sur la région Occitanie d'ici septembre: site web Theia → échelle sub-parcellaire et sur des mailles de 1km x 1km**



Télédétection pour l'observation des surfaces continentales

série de 6 volumes sous la direction de
Nicolas Baghdadi, IRSTEA Montpellier
et Mehrez Zribi, CESBIO Toulouse



L'utilisation de la télédétection pour observer notre environnement a fondamentalement révolutionné la façon dont nous modélisons les processus et systèmes environnementaux. Cette série regroupe les travaux de près de 200 chercheurs de renommée internationale en six volumes pour nous présenter une « boîte à outils » complète des méthodes et actions scientifiques les plus modernes en terme d'utilisation de l'observation spatiale.

Les deux premiers volumes décrivent les principes physiques des différentes techniques couvrant le spectre des fréquences. Le troisième volume illustre des applications de l'observation spatiale destinées à l'agriculture et la forêt. Le volume quatre présente des applications de l'observation spatiale en hydrologie.

Le cinquième volume est dédié à l'observation des zones urbaines et côtières, et le dernier volume présente l'application de l'observation spatiale à la compréhension et à l'évaluation des risques.

DÉTAIL DES VOLUMES DE LA SÉRIE

Volume 1 (352 pages – 70,00 € – ISBN 9781784051563)

Observation des surfaces continentales par télédétection optique : techniques et méthodes

Volume 2 (408 pages – 85,00 € – ISBN 9781784051570)

Observation des surfaces continentales par télédétection micro-onde : techniques et méthodes

Volume 3 (368 pages – 95,00 € – ISBN 9781784051587)

Observation des surfaces continentales par télédétection : agriculture et forêt

Volume 4 (456 pages – 90,00 € – ISBN 9781784051594)

Observation des surfaces continentales par télédétection : hydrologie continentale

Volume 5 (364 pages – 70,00 € – ISBN 9781784051600)

Observation des surfaces continentales par télédétection : urbain et zones côtières

Volume 6 (360 pages – 70,00 € – ISBN 9781784051617)

Observation des surfaces continentales par télédétection : environnement et risques

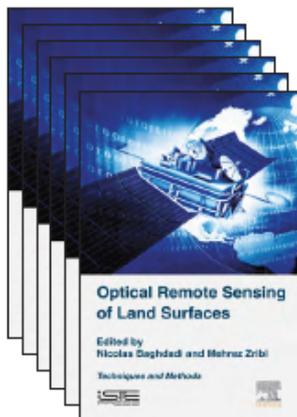
Tous les titres de la série seront disponibles fin novembre 2016 auprès de votre libraire ou d'Amazon.fr



Remote Sensing Observations of Continental Surfaces

A 6 volumes set edited by

**Nicolas Baghdadi, IRSTEA Montpellier
et Mehrez Zribi, CESBIO Toulouse, France**



Remote sensing observations is one of the key disciplines that allow the analysis and provide access to the understanding of the functioning of our environment.

This Set mobilized almost 200 internationally recognized researchers to propose a comprehensive "toolkit", describing the latest scientific methods and actions in terms of the implementation of spatial observation.

The first two volumes describe the physical principles underlying various techniques which cover the frequency spectrum ranging from visible to microwaves.

The third volume illustrates the agricultural and forestry applications of spatial observation.

The fourth volume presents the applications of spatial observation in the field of continental hydrology.

The fifth volume is dedicated to the observation of urban and coastal areas, whereas the final volume presents the implementation of spatial observation within the context of risk assessment and understanding.

The volumes

Optical Remote Sensing of Land Surfaces

Techniques and Methods

ISBN 9781785481024 • 2016 • 388 pages

Microwave Remote Sensing of Land Surfaces

Techniques and Methods

ISBN 9781785481598 • 2016 • 448 pages

Land Surface Remote Sensing in Agriculture and Forest

ISBN 9781785481031 • 2016 • 496 pages

Land Surface Remote Sensing in Continental Hydrology

ISBN 9781785481048 • 2016 • 502 pages

Land Surface Remote Sensing in Urban and Coastal Areas

ISBN 9781785481604 • 2016 • 392 pages

Land Surface Remote Sensing

Environment and Risk

ISBN 9781785481055 • 2016 • 384 pages

About the Authors

Nicolas Baghdadi is

Research Director at IRSTEA in France. He is currently the scientific director of the French Land Data Centre (Theia).

Mehrez Zribi is Research Director at CNRS in France.

He is currently active at CESBIO in Toulouse where he is also responsible for the team of observation systems.