

SPACE STAR'23

October 19th , 2023. Space applications and EO

ACCWA session ACCWA

A set of RS-based Monitoring tools and methods for agricultural and water resources management in semi-arid region: Merguellil case study

By

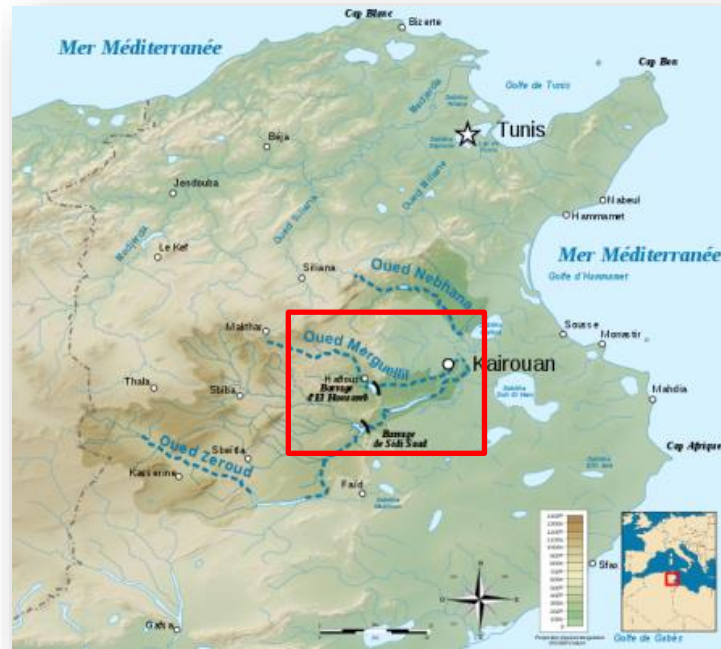
Zohra Lili Chabaane, A. Chahbi, Z Kassouk, S. Bousbih, M. Shabou, A. Gorab, R. Amri, E. Ayari, H. Zayani et M. Zribi
UCAR/ Institut National Agronomique de Tunisie

Lr GREEN-TEAM



GREEN-TEAM

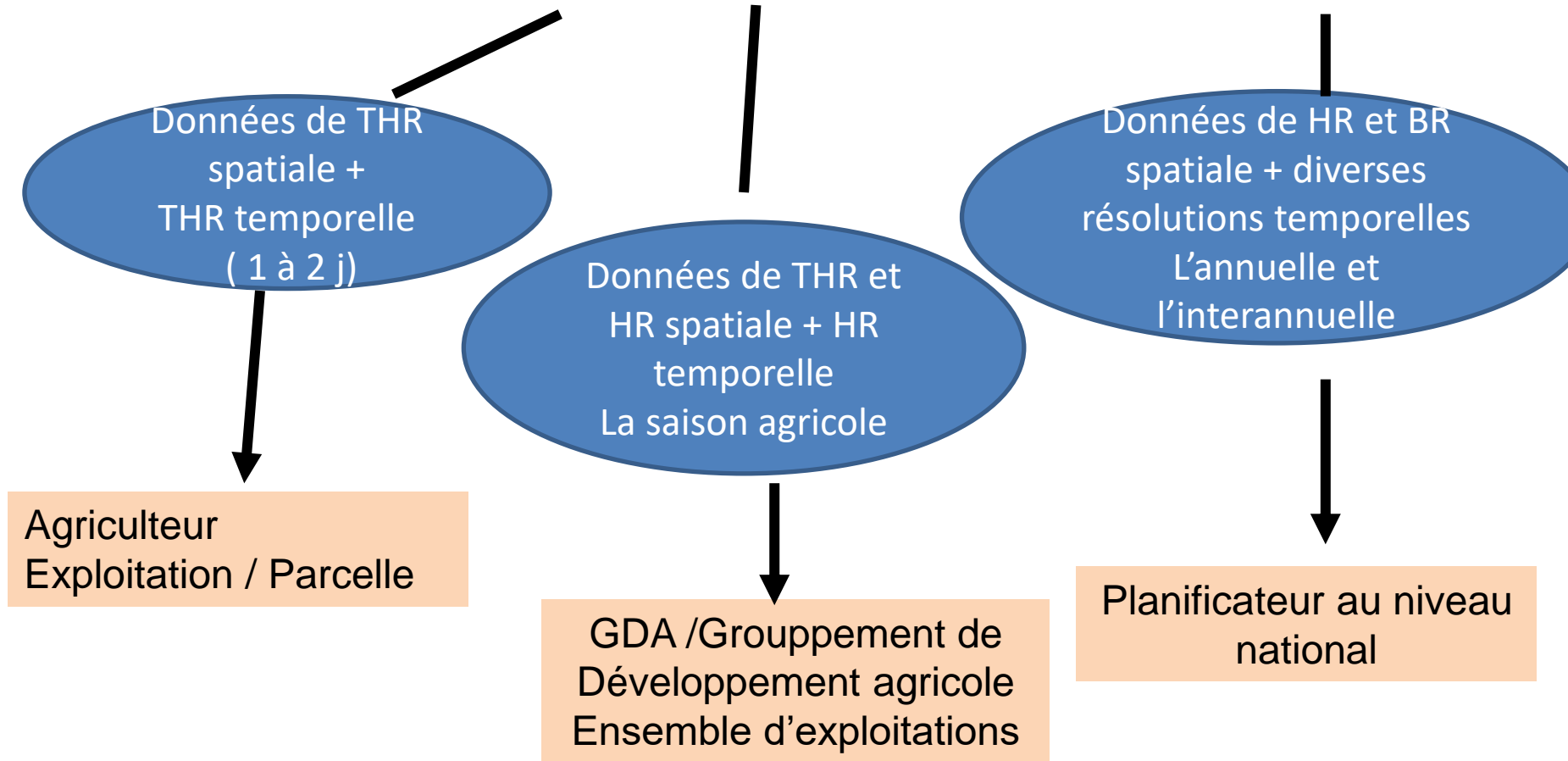
Le site Merguellil : un laboratoire à ciel ouvert pour Le GREEN-TEAM



- Problèmes typiques retrouvés au Maghreb et plus généralement au Sud de la Méditerranée en ce qui concerne la rareté de l'eau et tout ce que cela engendre
- Un cas d'étude de taille moyenne pour le développement de modèle hydro climatiques, l'analyse des secteurs sensibles et stratégiques liés à l'eau (agriculture) et au développement de méthodologies de suivi, de quantification des RE, de leurs usages, de quantification des BE, de caractérisation des états de surfaces pour l'évaluation et l'adaptation à la pénurie en eau.

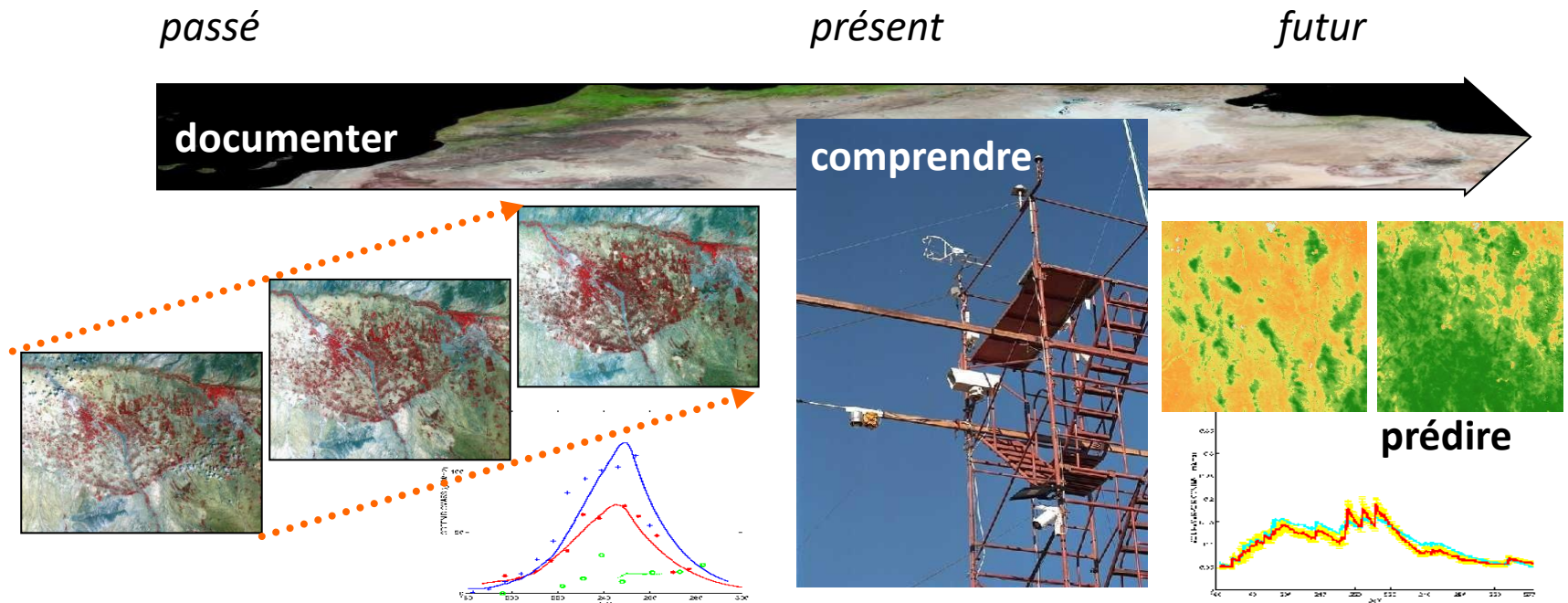
Usage de l'OS en agriculture

Trois échelles temporelles et trois échelles spatiales d'intervention
3 types d'usagers



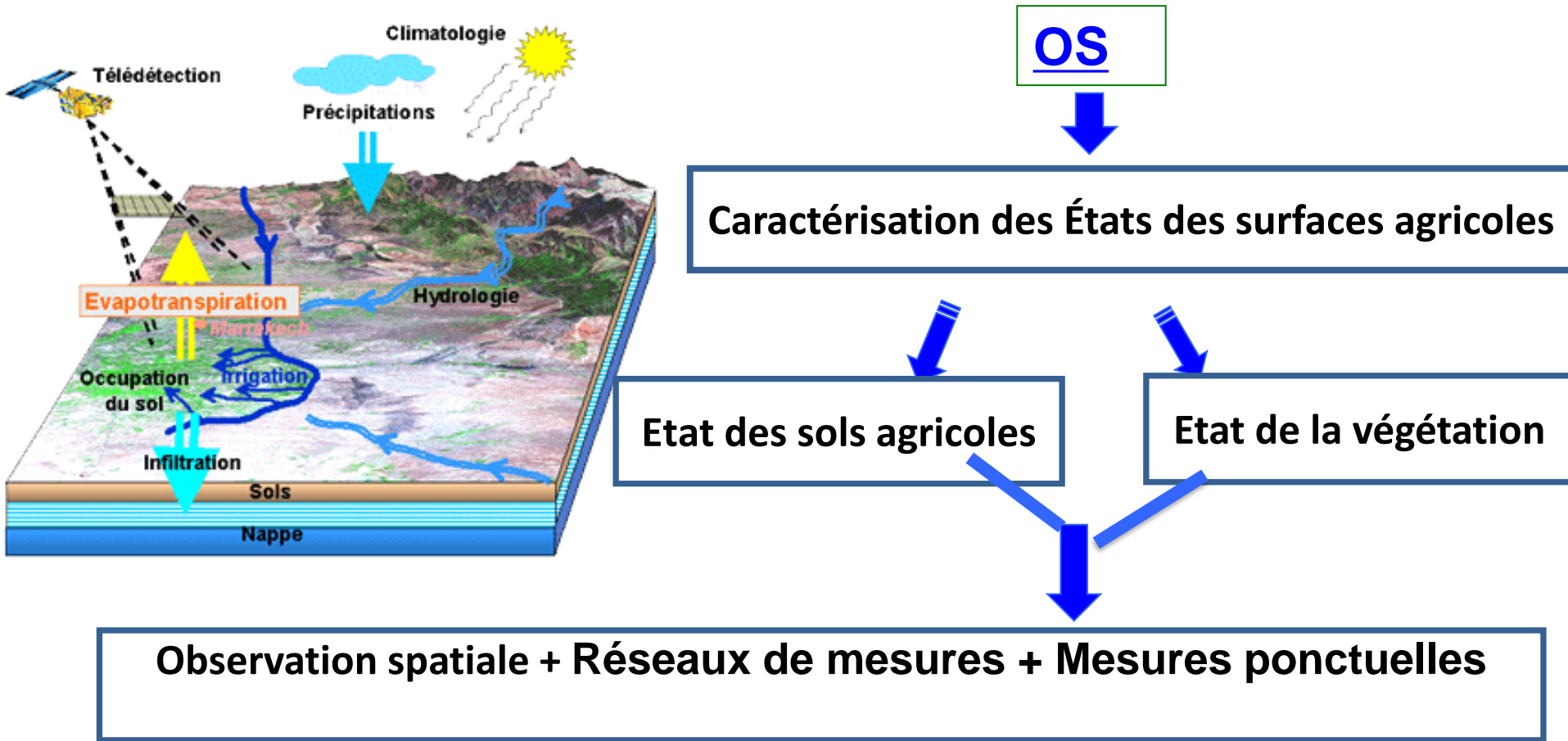
GREEN-TEAM : Télédétection pour la caractérisation des états de surface

- caractériser le milieu
- caractériser les processus
- caractériser les évolutions



GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Caractériser le milieu



Exploitation de la télédétection pour la production d'outils et d'informations utiles pour l'aide à la décision en agriculture et en gestion des ressources en eau

GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Une synergie entre différentes méthodes, données, outils, projets et programmes

Enquêtes



Téledétection Optique et Radar



Archives

Les inondations de septembre-octobre 1969 en Tunisie:

Partie I: Etude pédologique
par J. Pias

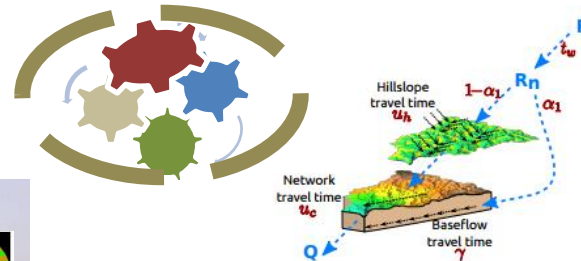
Partie II: Effets morphologiques
par G. Stuckmann

décembre 1969

Mesures ponctuelles

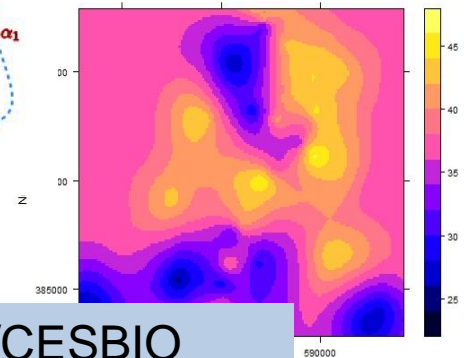


Modélisation



Geostatistiques

Estimated SWC (0-100cm) values using Ordinary Kriging

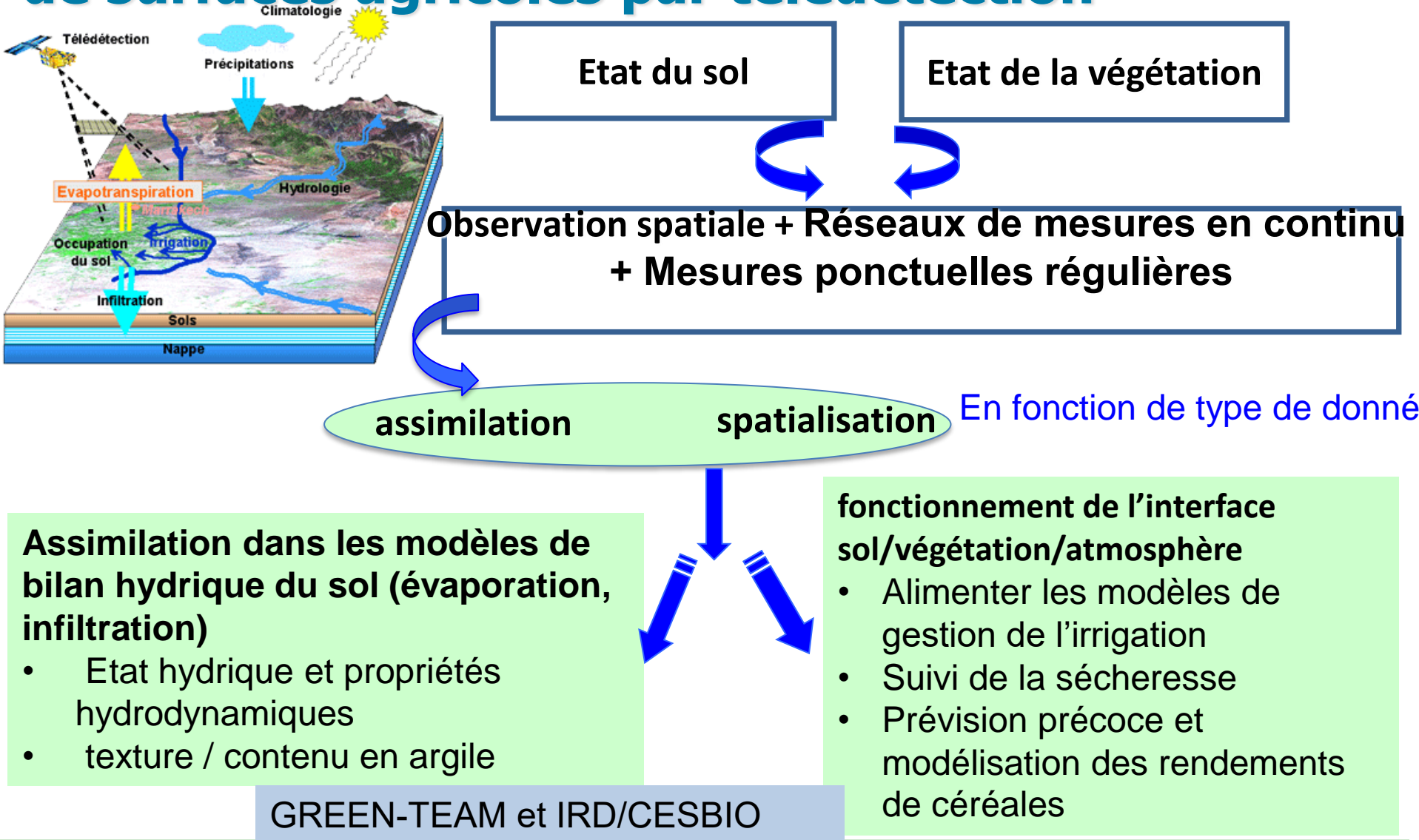


GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Z. Lili Chabaane et al 2023. **A set of RS-based Monitoring tools and methods for agricultural and water resources management in semi-arid region**

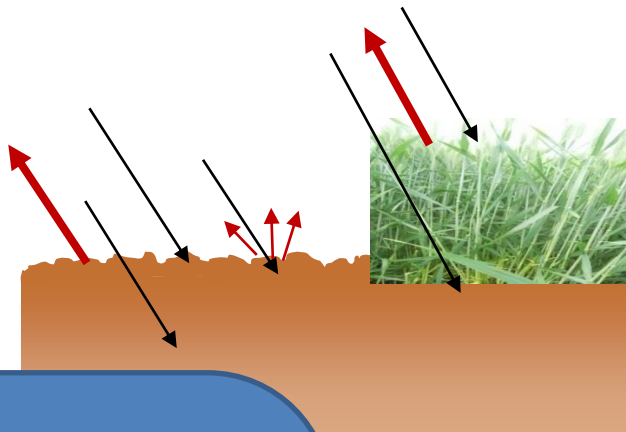
SPACE4 STAR'23 Sousse, 19 octobre 2023

Documenter le milieu : caractérisation des états de surfaces agricoles par télédétection



Larges échelles spatiales, temporelles et spectrales

Synergie multi-capteurs, multi-résolutions

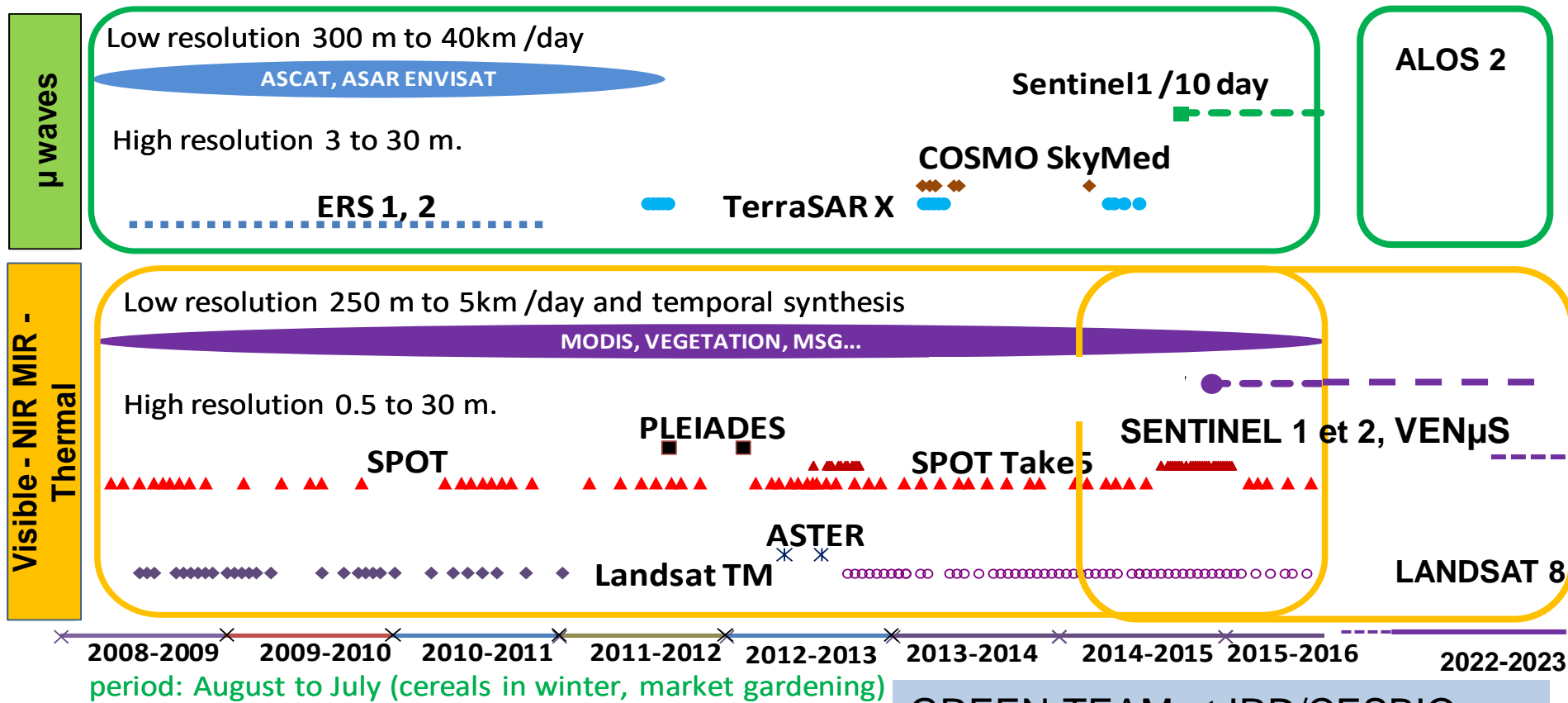


- ### Développements méthodologiques:
- Modélisation de l' inversion des mesures multi-capteurs pour le suivi de l' état hydrique du sol ;
 - Meilleure identification des occupations agricoles (annuelles et saisonnières à différentes échelles) ;
 - Meilleure description de la rugosité et la texture de la surface ;
 - Suivi de l'état hydrique du couvert végétal et du sol ;
 - Evaluation de l' évapotranspiration réelle
 - Estimation précoce et spatialisation des rendements des céréales
 - Productivité de l'eau des céréales

GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Diverses données de satellites utilisées

Spatialisation et cartographie : occupation du sol, humidité du sol, texture et caractéristiques hydro-dynamiques des sols, dynamique des aménagements CES à l'amont du barrage El Houareb, ...



Z. Lili Chabaane et al 2023. **A set of RS-based Monitoring tools and methods for agricultural and water resources management in semi-arid region**

SPACE4 STAR'23 Sousse, 19 octobre 2023

Activités expérimentales pour caractériser les états de surfaces agricoles par télédétection (plaine de Kairouan)

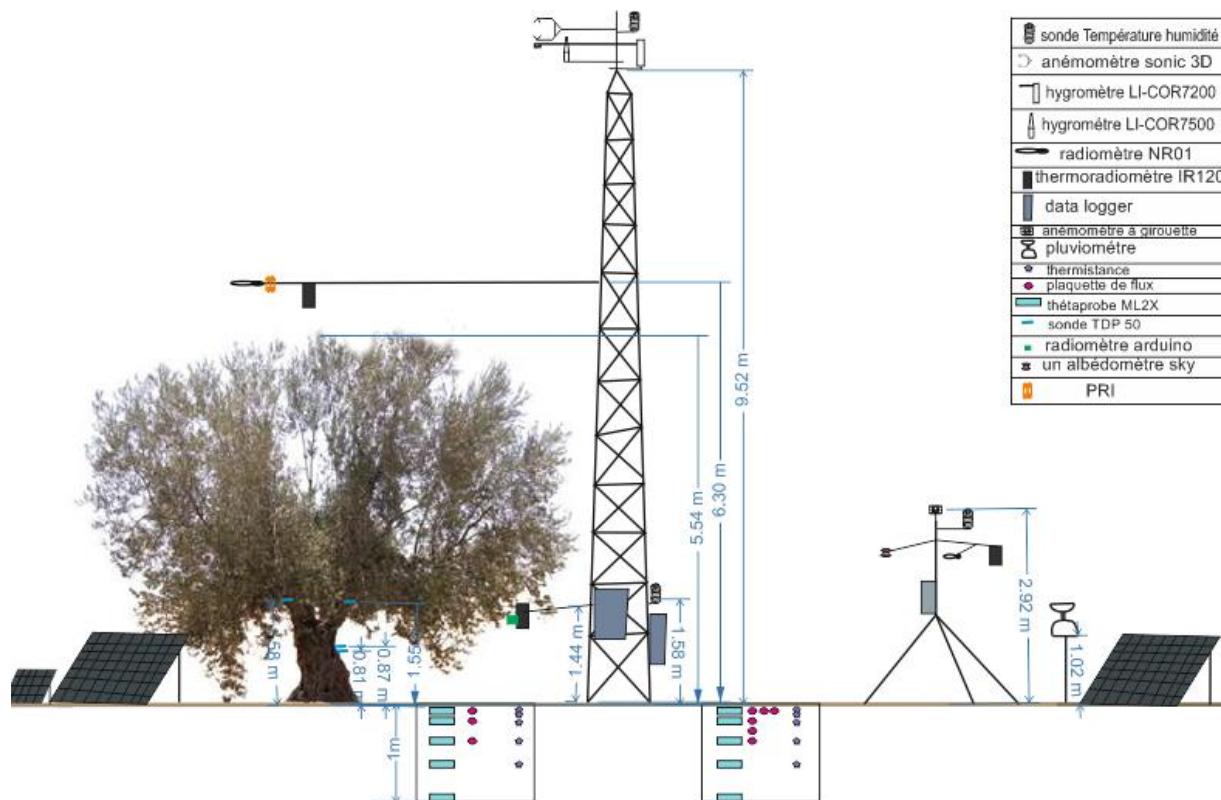


8 Stations de mesure du contenu en eau du sol À différentes profondeurs

Mesures pluviométriques (30 stations)

GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Site Nasrallah : une parcelle d'oliviers en pluvial



	sonde Température humidité
	anémomètre sonic 3D
	hygromètre LI-COR7200
	hygromètre LI-COR7500
	radiomètre NR01
	thermoradiomètre IR120
	data logger
	anémomètre à girouette
	pluviomètre
	thermistance
	plaquette de flux
	thétaprobe ML2X
	sonde TDP 50
	radiomètre arduino
	un albedomètre sky
	PRI

Etudier le comportement hydrique de l'olivier

GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Variables météorologiques

Ta, Rn, Vv, HR, pluie

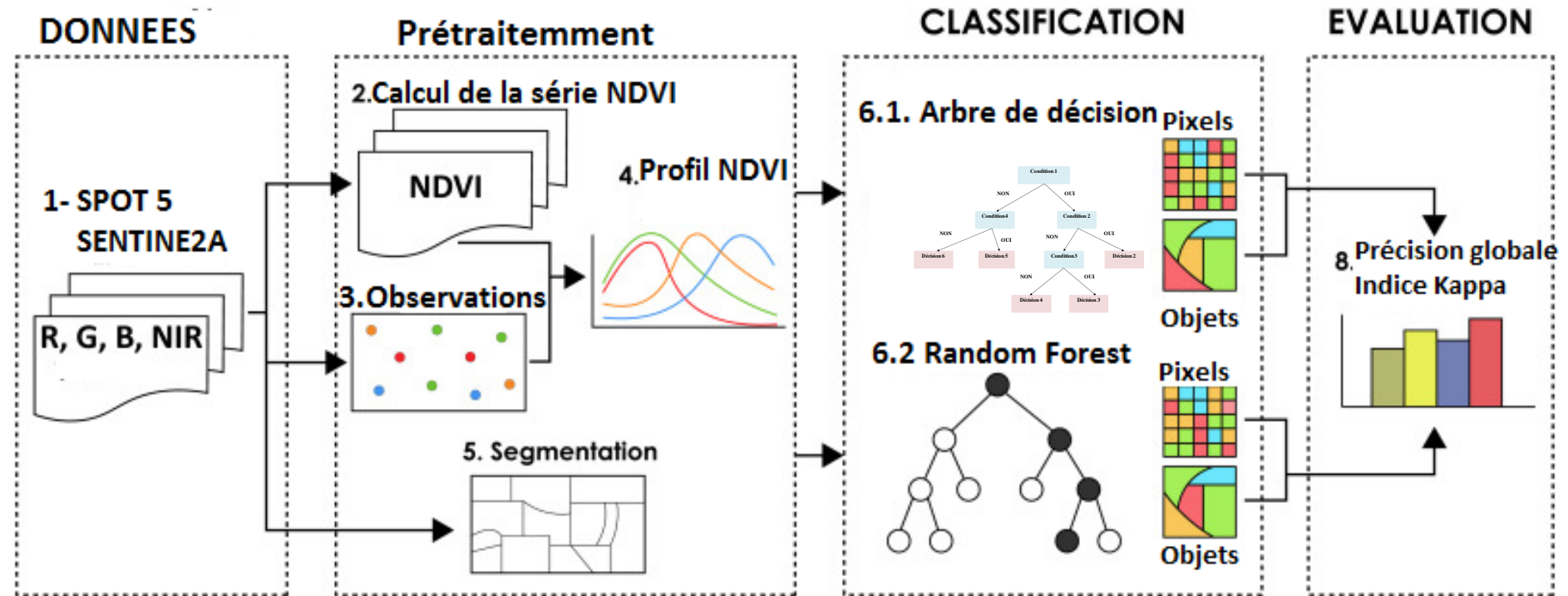
Variables liées au fonctionnement de l'arbre

Tv, NDVI, PRI, pression de turgescence, flux de sève, allométrie, ET

Variables liées au fonctionnement du sol nu

Ts, température et humidité à différentes profondeurs, G, albédo

Cartes annuelles et saisonnières des occupations agricoles / méthodologies développées et/ou utilisées

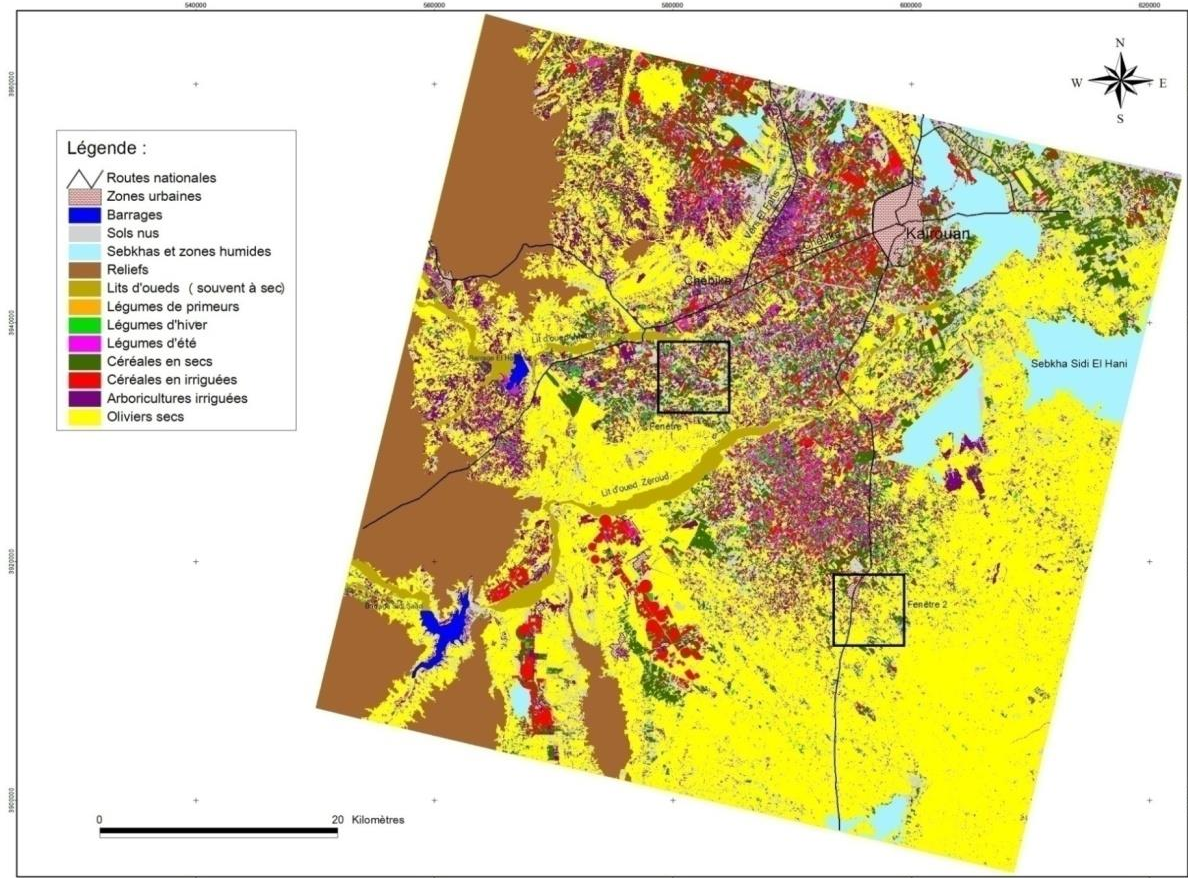


Démarches adoptées par l'équipe du Lr GREEN-TEAM et IRD/CESBIO

Occupation des sols (annuelle) depuis 2008/2009 – jusqu'à 2023

Méthodologie

- Arbre de décision
- 4 images SPOT/HRV
- huit classes
- Validation sur plus de 100 parcelles
- Précision >90%



Occupation du sol

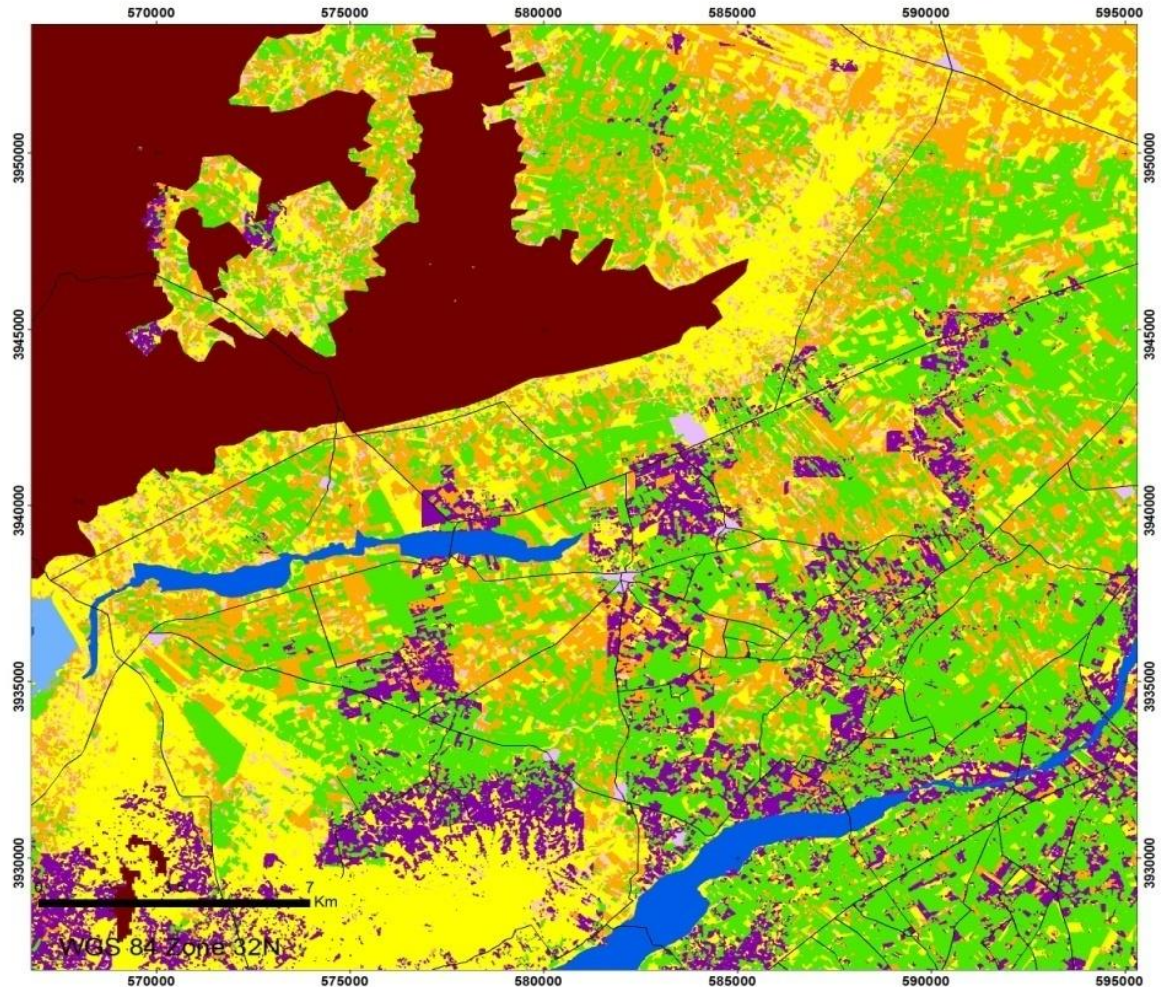
Travaux de l'équipe
GREEN-TEAM , INAT
et IRD/CESBIO



OA=92.1 %
Kappa= 0.72

Légende

- Réseaux routiers
- Non classé
- Zones urbaines
- Reliefs
- Oueds
- Barrage
- Cultures céréalières
- Arboricultures
- Sols nus
- Légumes d'hiver
- Oliviers



Résultats de l'équipe GREEN-TEAM et IRD/CESBIO (2018)

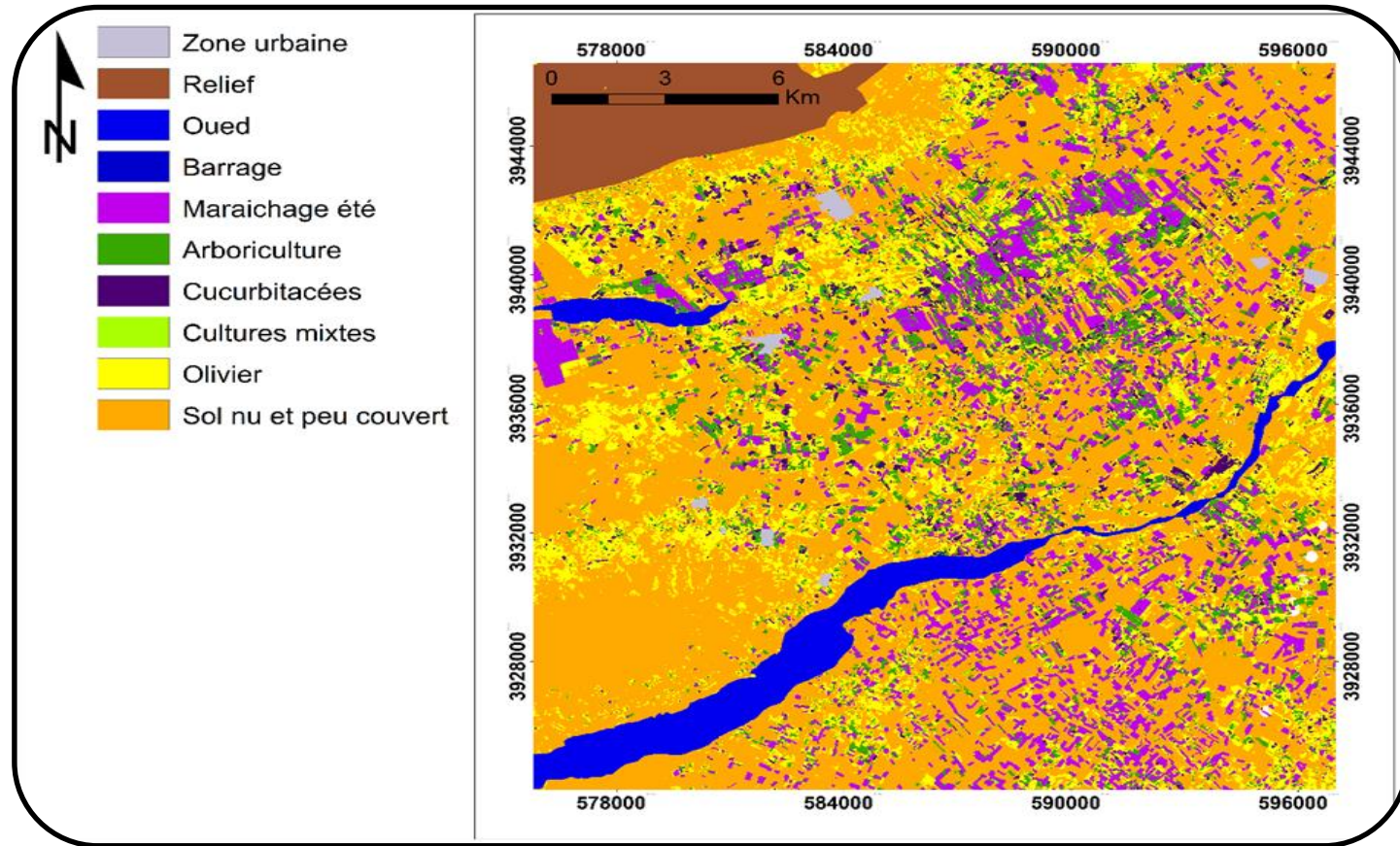
Exemple de résultats très utiles pour la gestion et la planification en agriculture (usage de l'eau, ...)

Réalité terrain

- 12/07/2018
- 24,25/09/2018
- 11/10/2018

Images Sentinel 2

- 17/08/2018
- 14/07/2018
- 30/07/2018
- 09/08/2018
- 10/09/2018
- 01/10/2018



Carte d'occupation agricole de la plaine de Kairouan (été 2018)
 Classification selon Arbre de décision selon les profil des NDVI
 Précision globale = 83,33 % et Kappa = 0,72

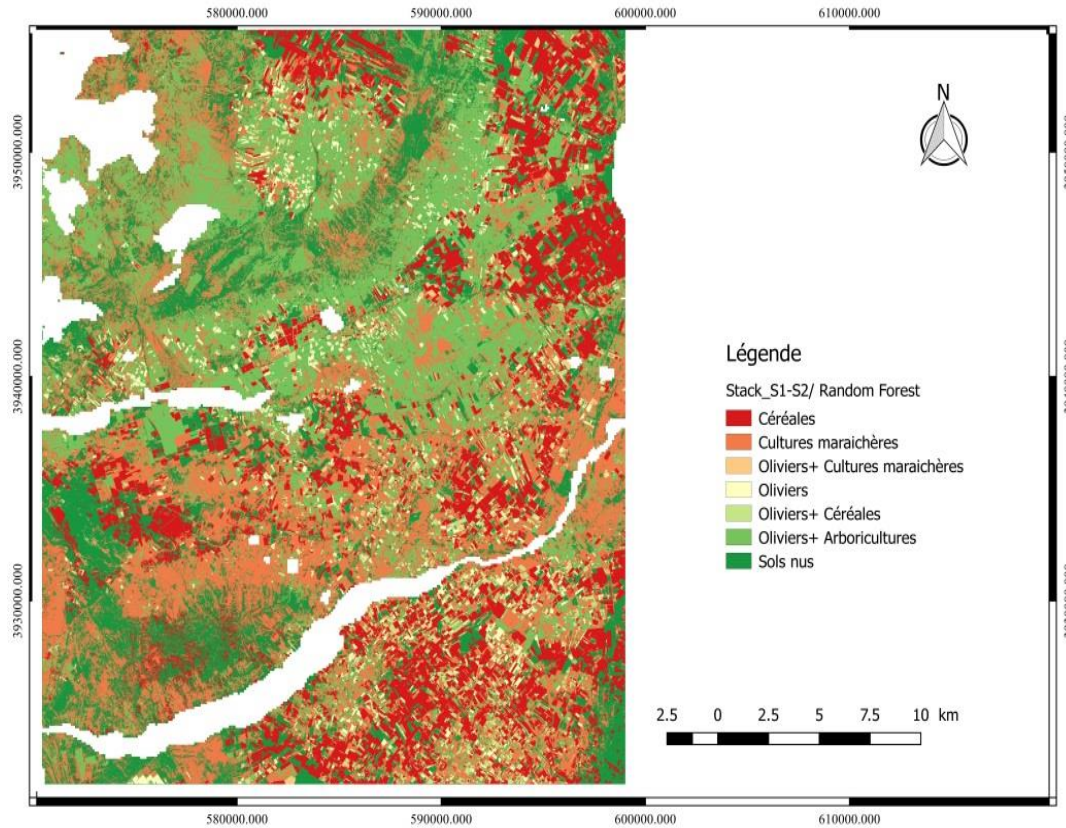
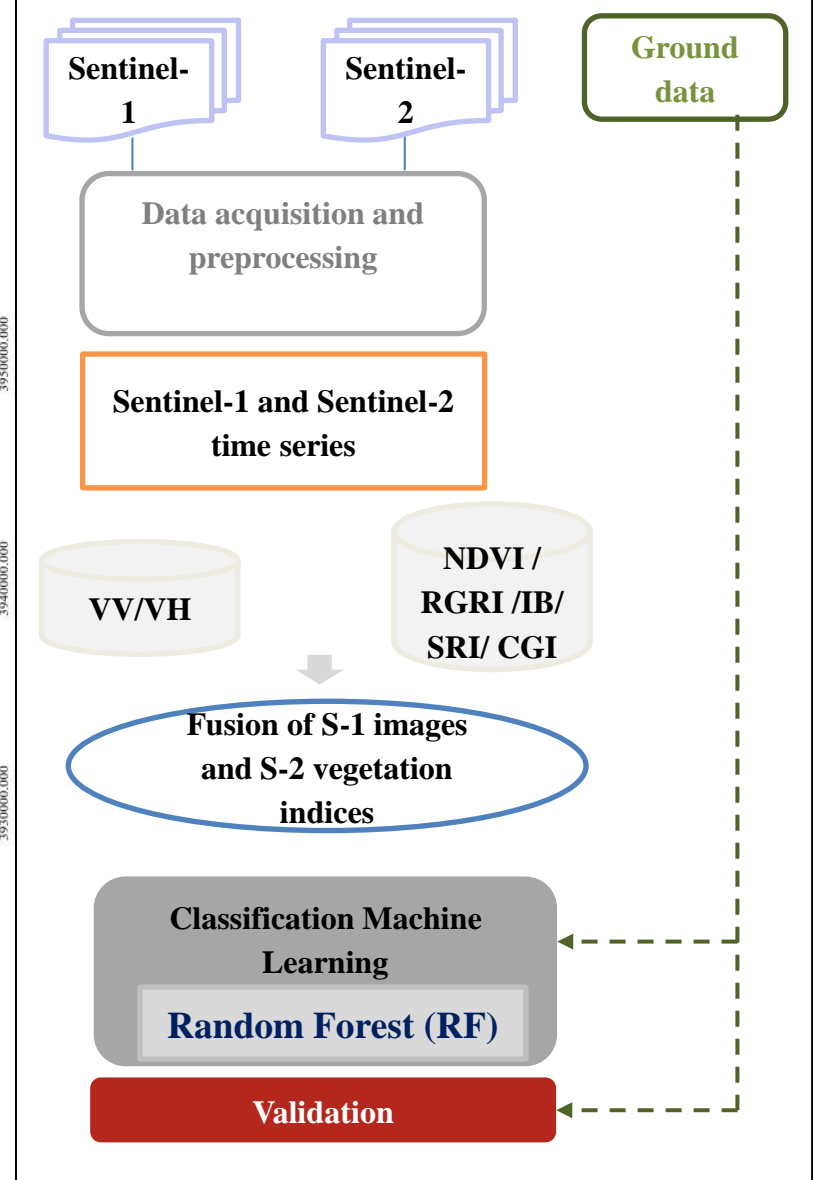


Figure4: Resulting map of the classification of olive tree farming practices by RF method established in the Merguellil plain using four Sentinel-2 vegetation indices and Sentinel-1 data for two agricultural years 2017/2018 and 2018/2019 (Overall accuracy = 83.20%)

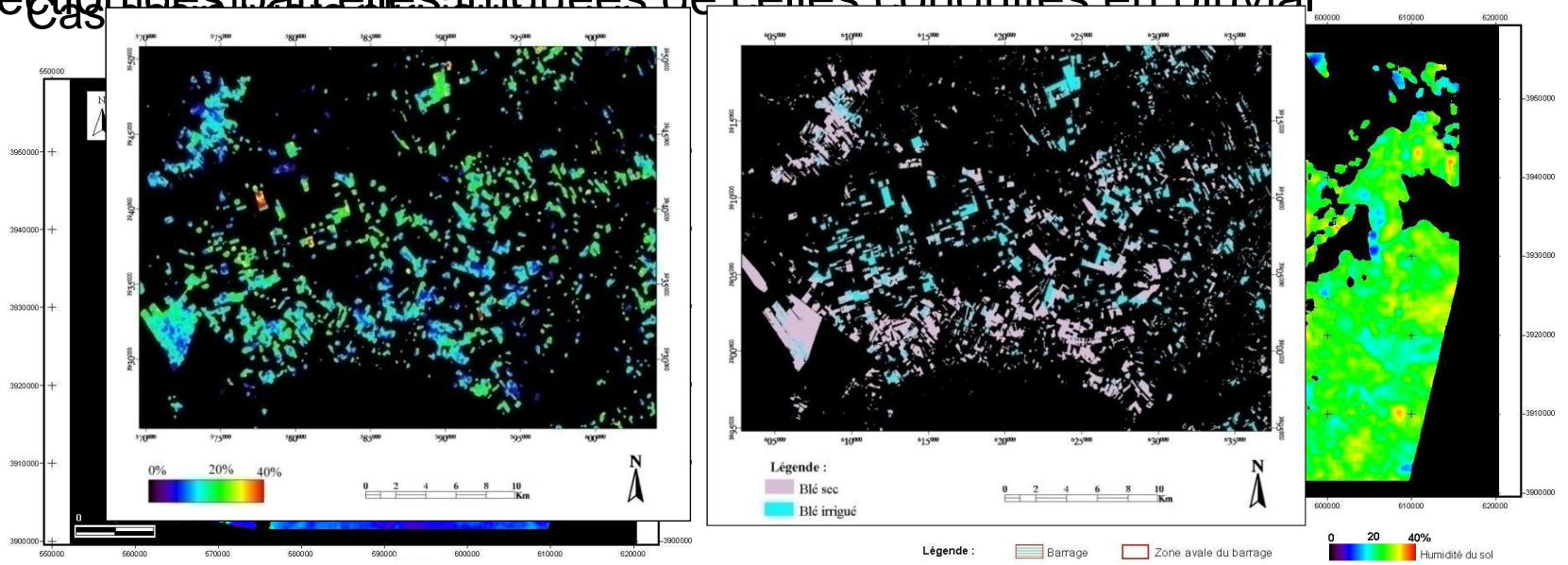


Classification steps of Sentinel-1 and Sentinel-2 image using the Random Forest algorithm

Estimation de l'état hydrique à l'échelle de la parcelle agricole (ASAR/ENVISAT data de résolution = 12,5m)

Cartographie de l'état hydrique des parcelles agricoles (oliviers et cultures annuelles)

- Détection des parcelles irriguées de celles conduites en pluvial



➤ Cartographie de l'état hydrique des parcelles de cultures annuelles
 État hydrique le 11/04/2009 à 21h.

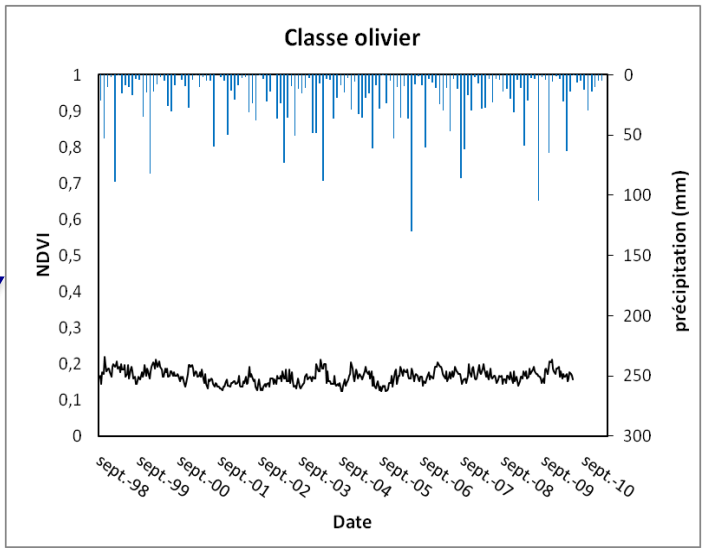
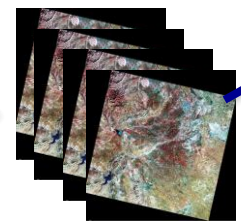
➤ Détection des parcelles irriguées
 État hydrique le 12/04/2009 à 9h.

Mastère de Aicha Chahbi (2010) INAT

Profil NDVI caractéristique du couvert végétal et de son état hydrique : images basse à résolution SPOT VEGETATION (résolution spatiale 1km)



Épisodes de sécheresse



**Thèse de Rim Amri (2013)
INAT**



Suivi de la dynamique de végétation

Développement d'un indice d'anomalie de la végétation (VAI)

$$VAI_i = \frac{NDVI_i - (NDVI_i)_{mean}}{\sigma_i}$$

Vegetation Anomaly Index

VAI>0 Absence de stress

VAI<0 présence de stress

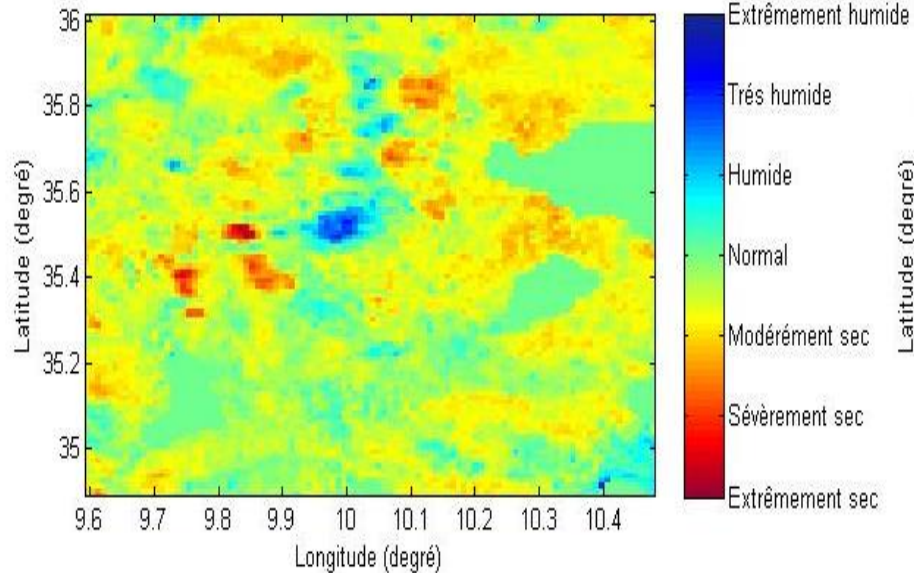
NDVI_i : NDVI au mois i ; (NDVI_i)_{mean} : NDVI moyen du mois i ; σ_i : écart type de NDVI .

Le VAI a été validé et comparé à d'autres indices de stress basés sur les précipitations ou sur des mesures de télédétection.

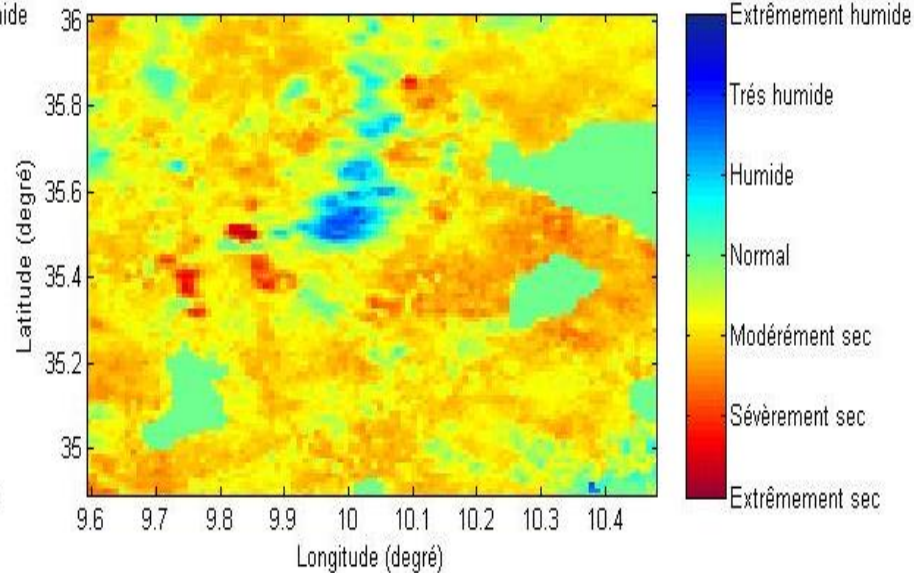
Il a été également calculé via l'exploitation d'image TERRA MODIS (tous les 16j depuis 2000

Thèse Rim Amri (2013) INAT

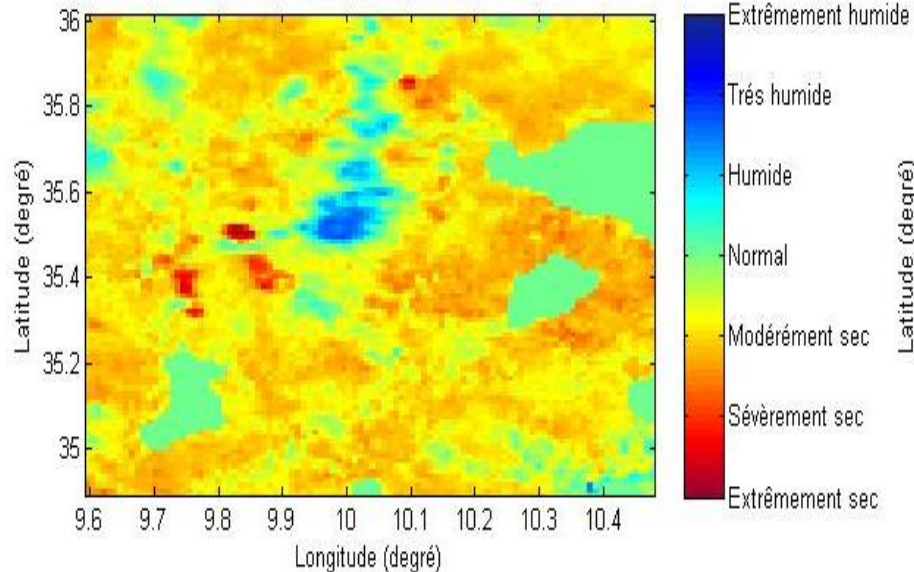
carte du VAI Janvier 2013



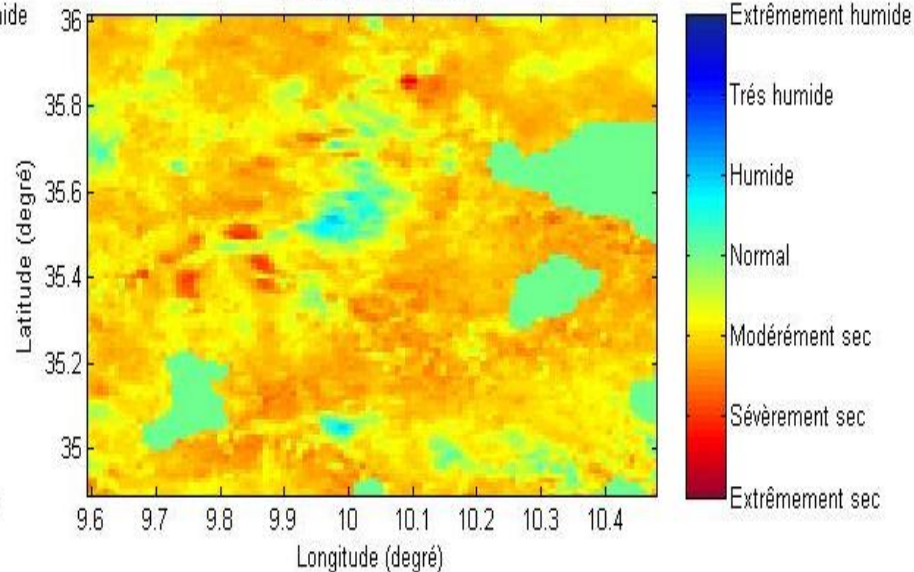
carte du VAI Février 2013



carte du VAI Mars 2013

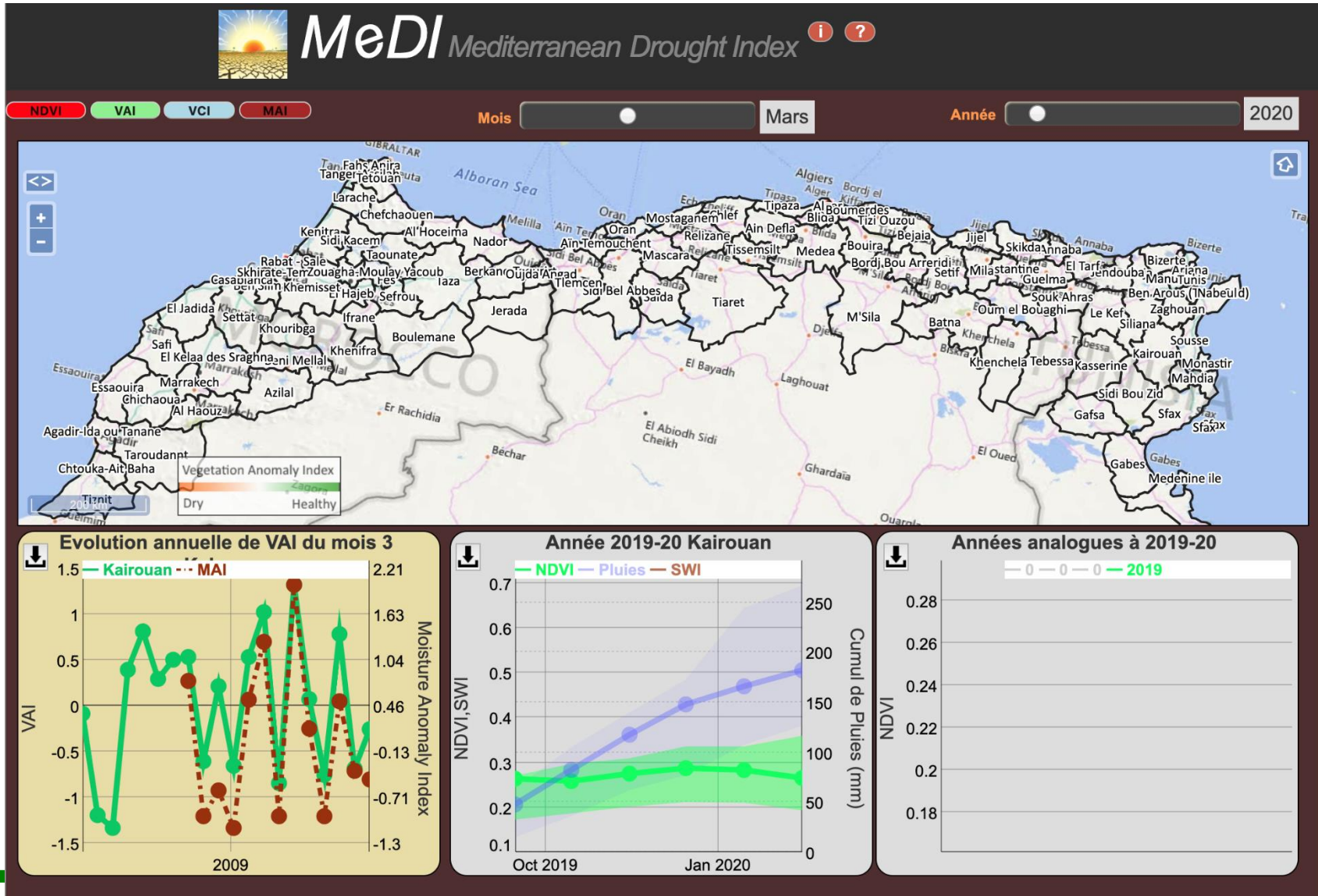


carte du VAI Avril 2013



Exemple de carte mensuelle du VAI (images SPOT VEGETATION)

Applications agronomiques : indicateurs de sécheresse

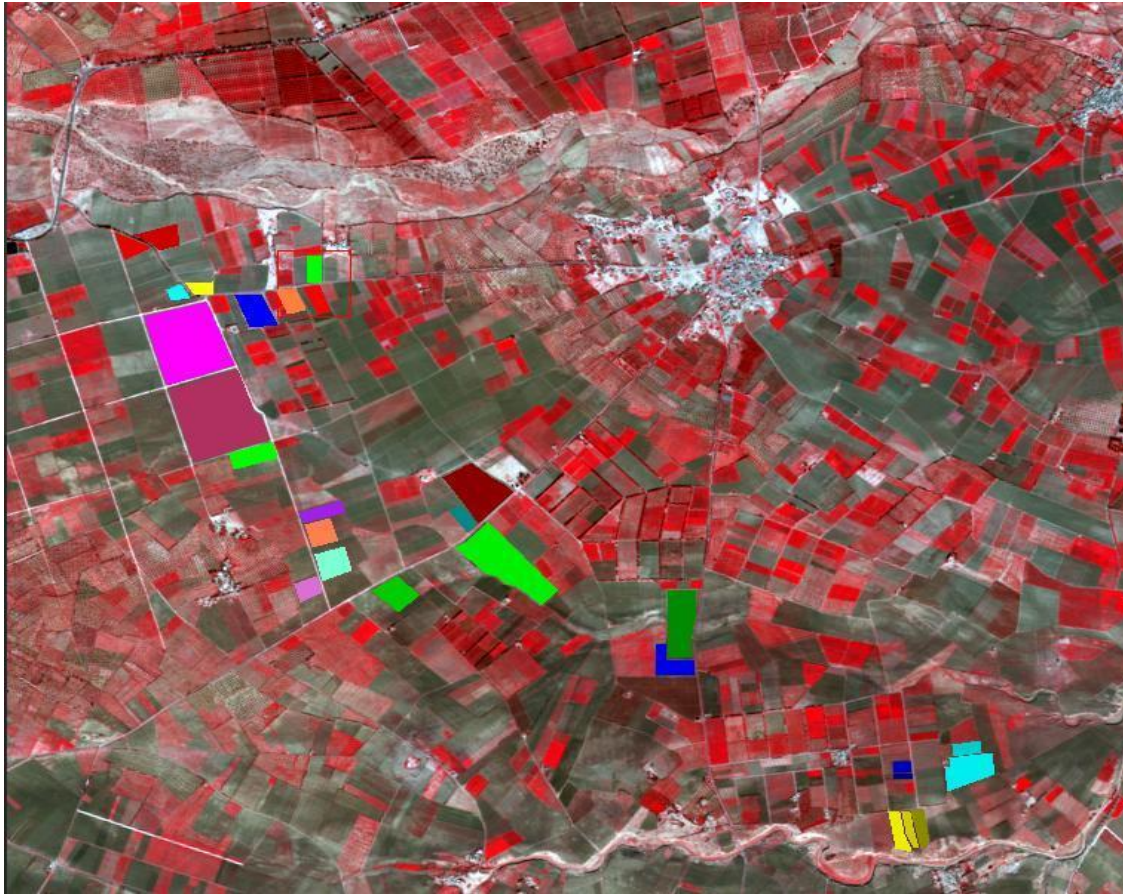


Estimation précoce des rendements des céréales

Données satellitaires : 8 images Spot5 (résolution 10m) en 2010-2011.

5 images Spot5 (résolution 10m) en 2011-2012

Mesures terrain : on a 30 parcelles test en 2010/2011 et 56 en 2011/2012 + 100 de INGC.



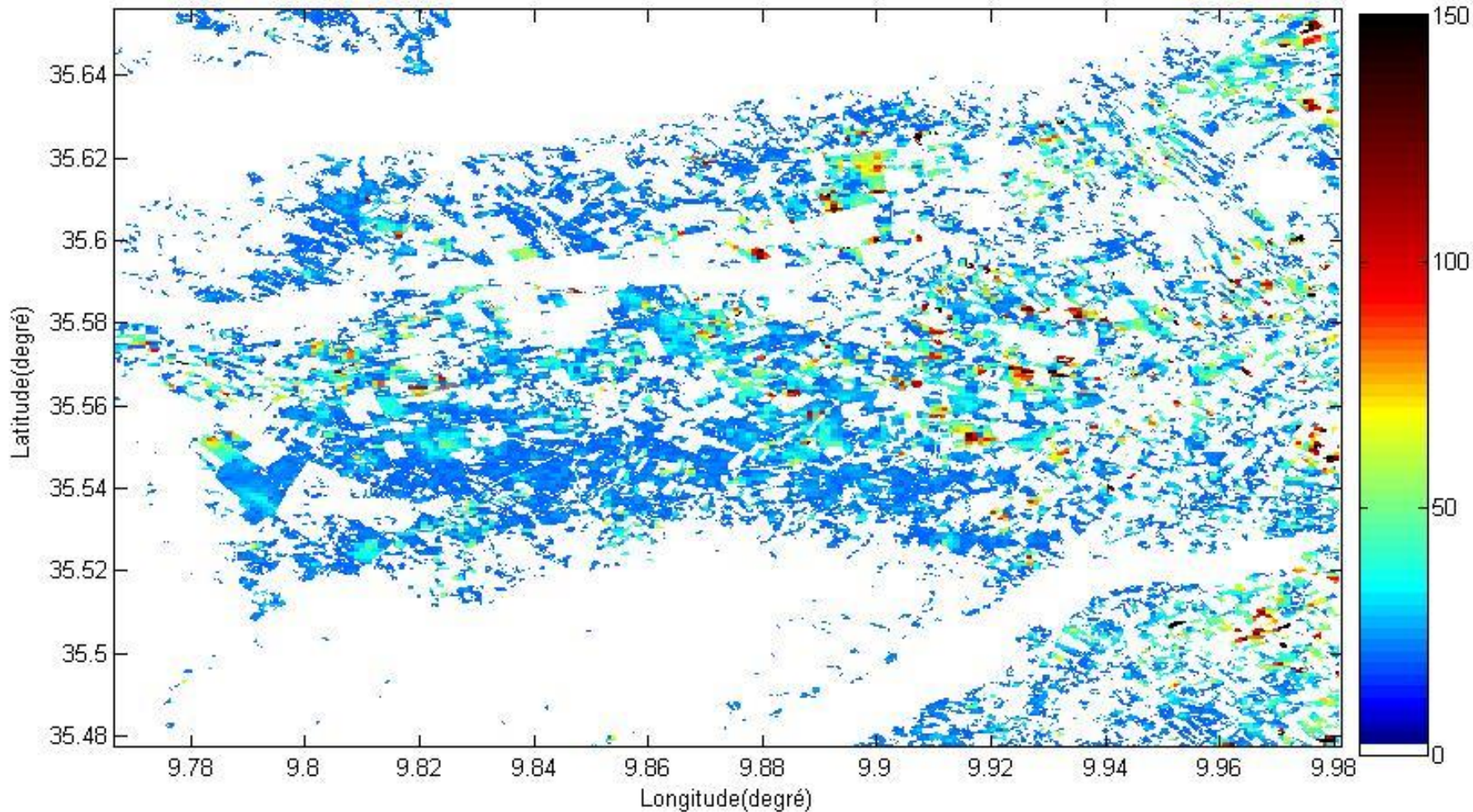
Mesures des paramètres du sol :

- Mesure humidité par Thetaprobe
- Mesure gravimétrique
- Mesure densité

Mesures de la végétation :

- Mesures LAI ;
- Mesures hauteur du blé ;
- Mesure du contenu en eau et de la densité pour $0.5m^2$;
- Densité linéaire
- Paramètres du rendement

thèse de Aicha Chahbi (2015), INAT

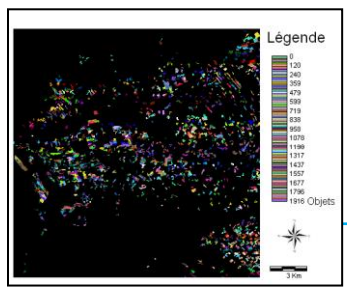


Carte du rendement des céréales en grain pour l'année agricole 2011/2012 (unité : qt).

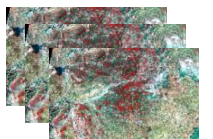
Thèse de Aicha Chahbi (2015)

Forecasting of Cereal Yields in a Semi-arid Area Using the Simple Algorithm for Yield Estimation : (SAFY) Agro-Meteorological Model Combined with Optical SPOT/HRV Images

Masque céréale :
Classification Orienté
Objet

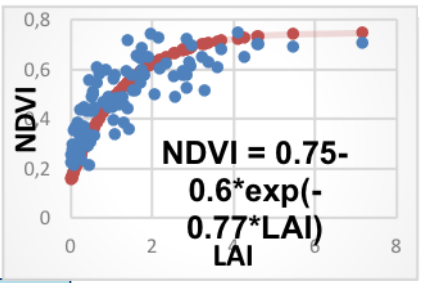


Segment = parcelle céréale



NDVI-SPOT

Inversion
NDVI-LAI

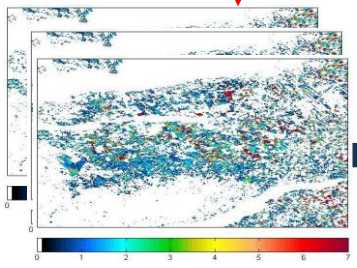


Spatialisation
du Modèle
SAFY

Module optimisation

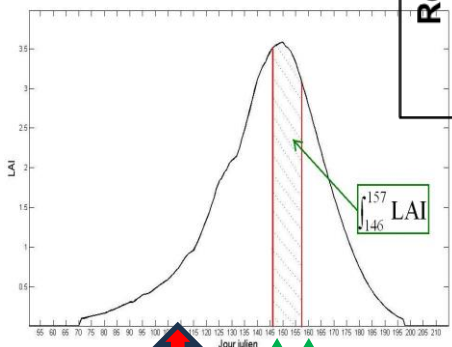
Variable
climatique
Rg , Ta

LAI-f(t)
Pour les
parcelles de
céréale



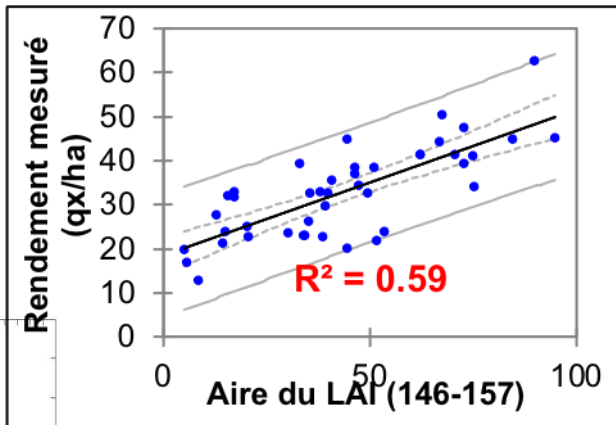
$$\left(\int_{146}^{157} LAI \right)_{\text{segment}}$$

Segment = parcelle céréale



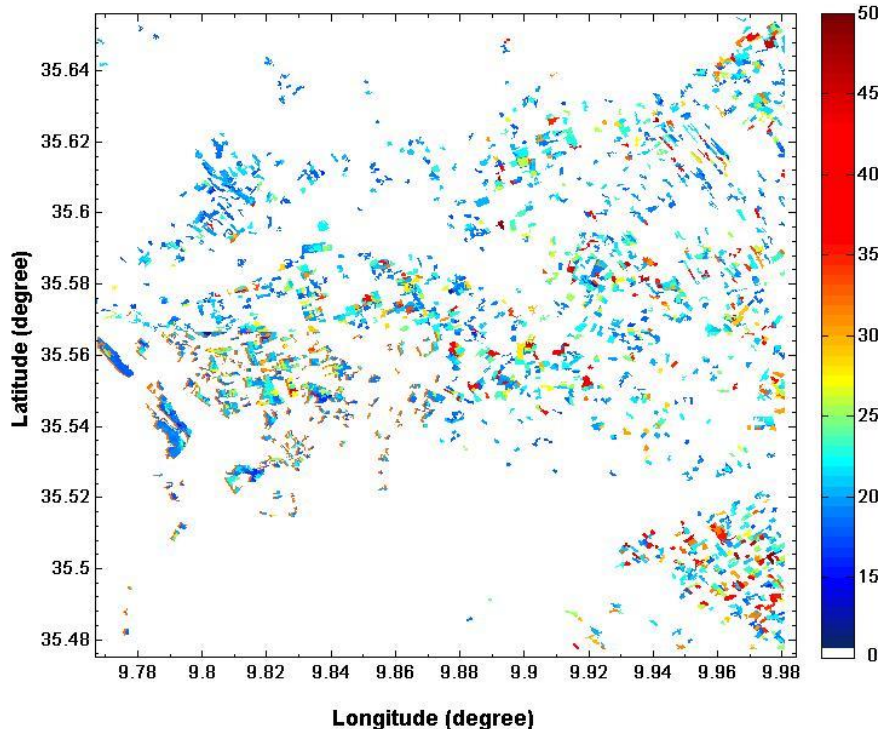
25 mars - 05 avril

Le rendement des céréales s'exprime en fonction de l'aire du LAI dans la période de développement entre le **25 mars et le 05 avril**



SAFY : Modèle agrométéo des cultures, à l'échelle de la parcelle.

Forecasting of Cereal Yields in a Semi-arid Area Using the Simple Algorithm for Yield Estimation (SAFY) Agro-Meteorological Model Combined with Optical



Cereal yield map produced by combining SPOT/HRV multi-temporal acquisitions with SAFY-modeled yields computed with the LAI corresponding to the period of maximum growth.

→ Prendre en considération l'aire du LAI simulé par SAFY de la période de développement maximal (entre le 25 mars et le 05 avril) dans le calcul du rendement en grain des céréales.

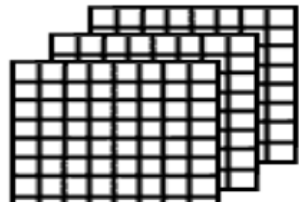
→ Une bonne corrélation existe entre les rendements mesurés et estimés ($R^2_{\text{céréale}} = 0.59$, $R^2_{\text{blé}} = 0.62$ et $R^2_{\text{orge}} = 0.63$).

→ Cette approche est robuste pour une analyse multi-annuelle.

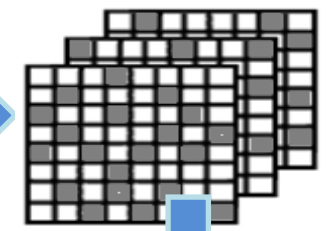
Article: Chahbi A., Zribi M., Lili-Chabaane Z., Mougenot B. (2018). Forecasting of Cereal Yields in a Semi-arid Area Using the Simple Algorithm for Yield Estimation (SAFY) Agro-Meteorological Model Combined with Optical SPOT/HRV Images. *Sensors* 2018, 18, 2138. ; doi:10.3390/s18072138.

Spatialisation de la texture du sol (VIS-MIR)

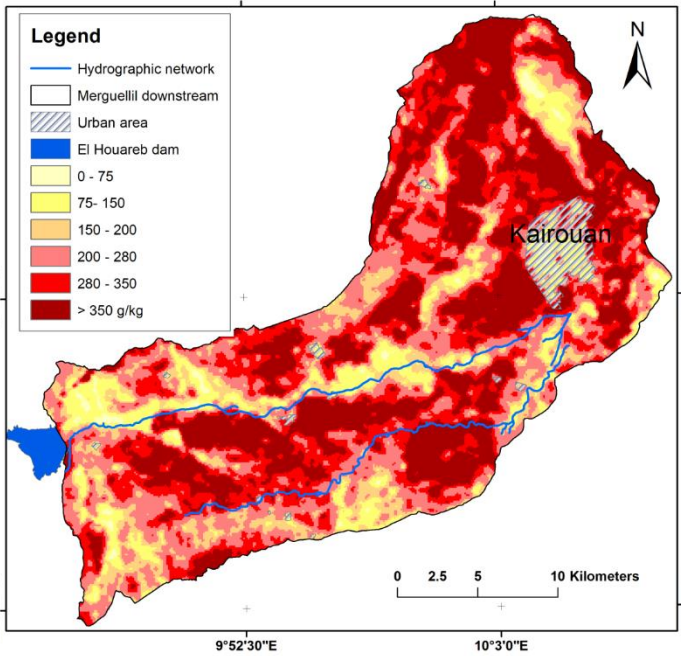
Série multitemporelle Landsat TM



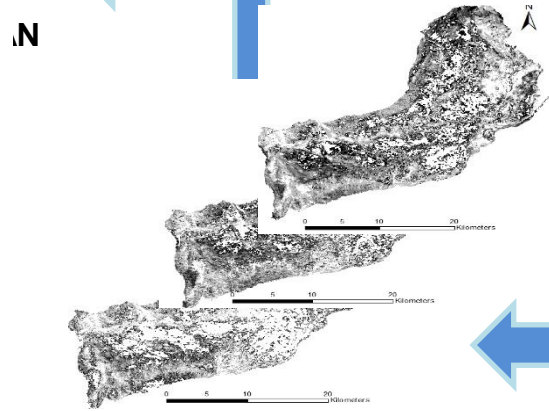
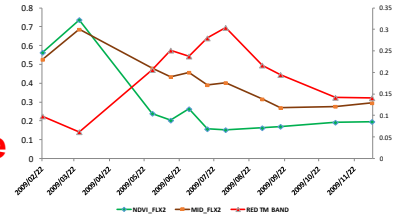
Masques + seuillages NDVI => sols nus



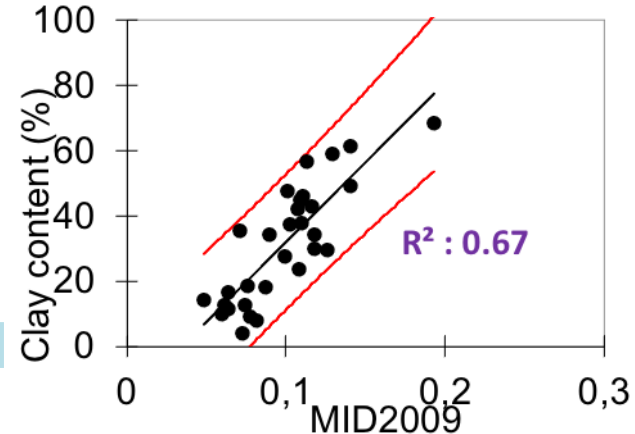
$$\text{Indice MIR} = \frac{\text{TM5} - \text{TM7}}{\text{TM5} + \text{TM7}}$$



cokrigage

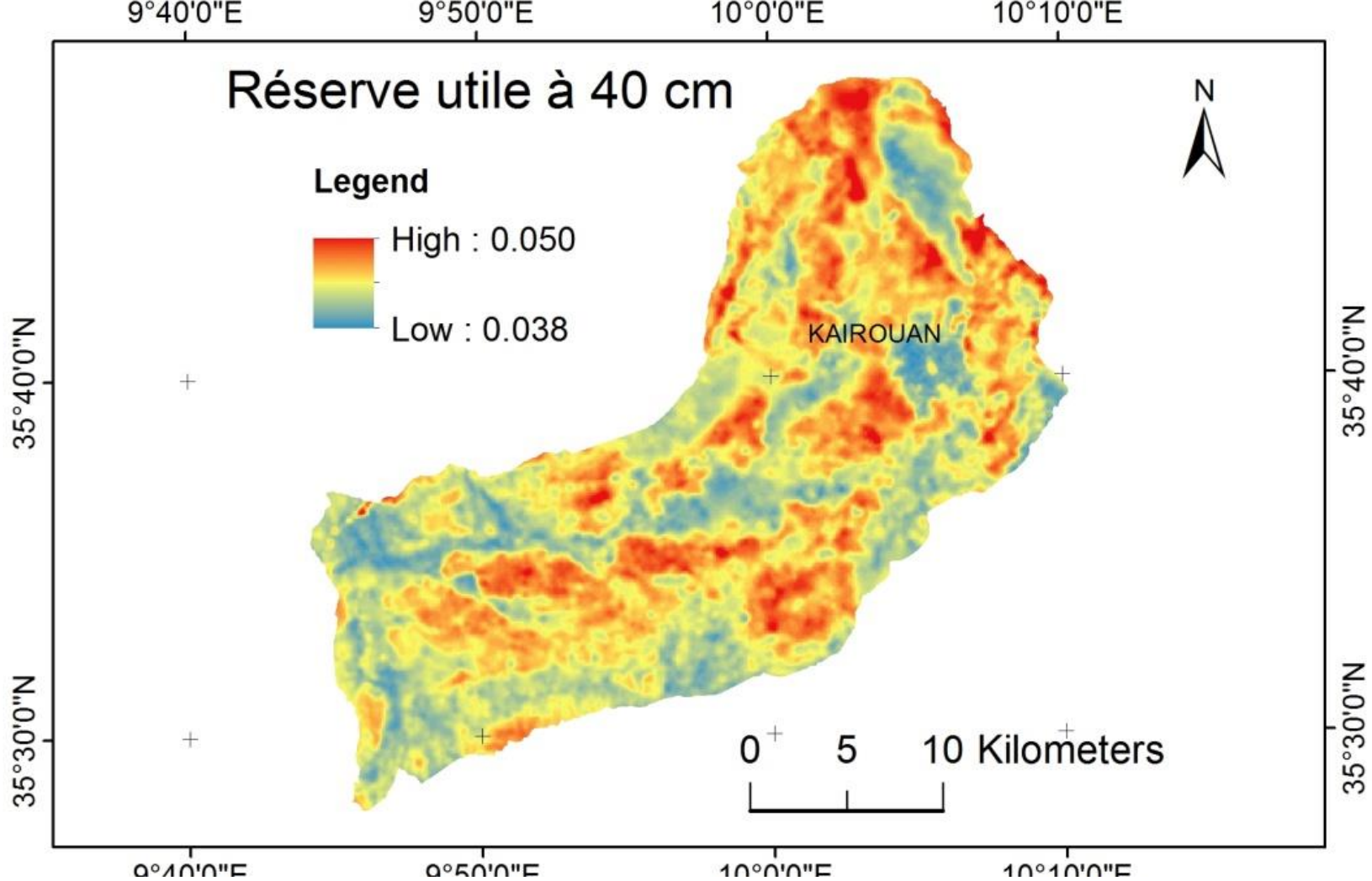


Cartes par date du contenu en argile (30m)



Relation entre contenu en argile et indice MIR

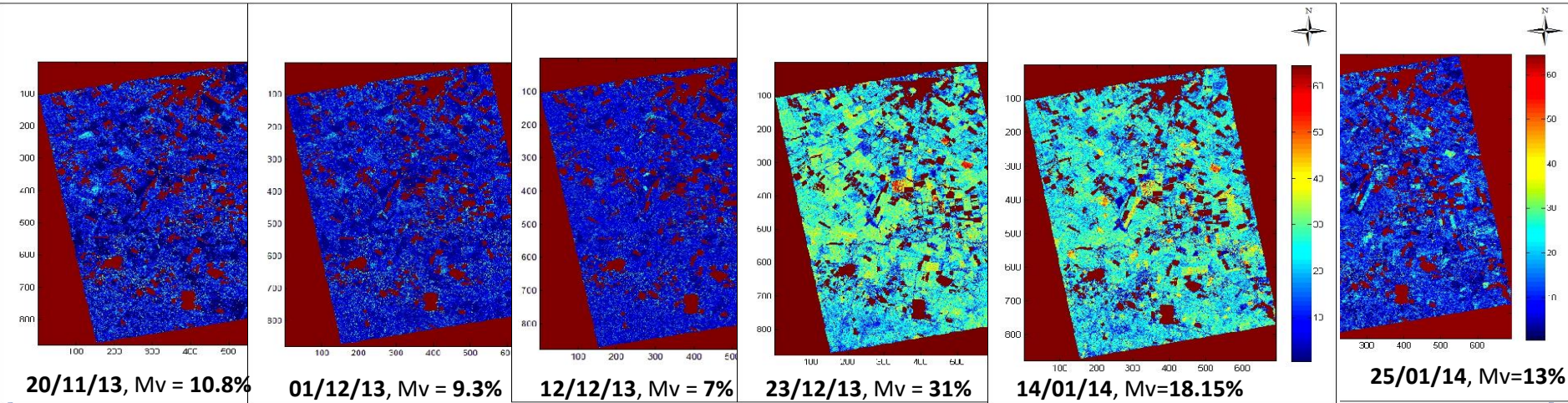
Shabou et al., 2015



Thèse de Marouen Shabou, INAT

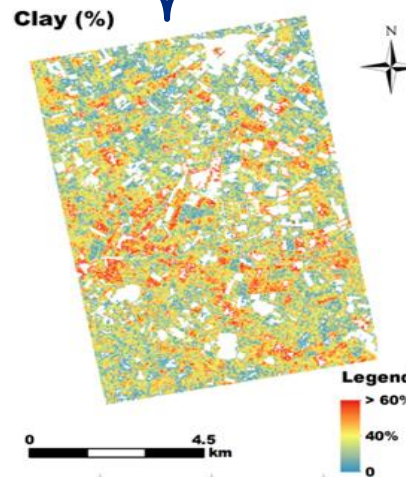
Estimation et cartographie de la texture des sols

Spatialisation de % argile = fct (Moyenne des cartes d'humidité de surface)



(Gorrab et al., 2015b, Remote Sensing)

Carte du contenu en argile du sol

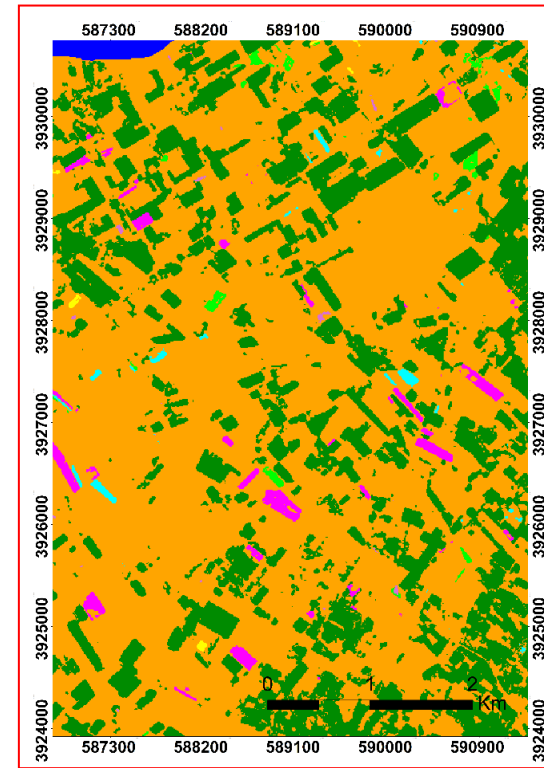
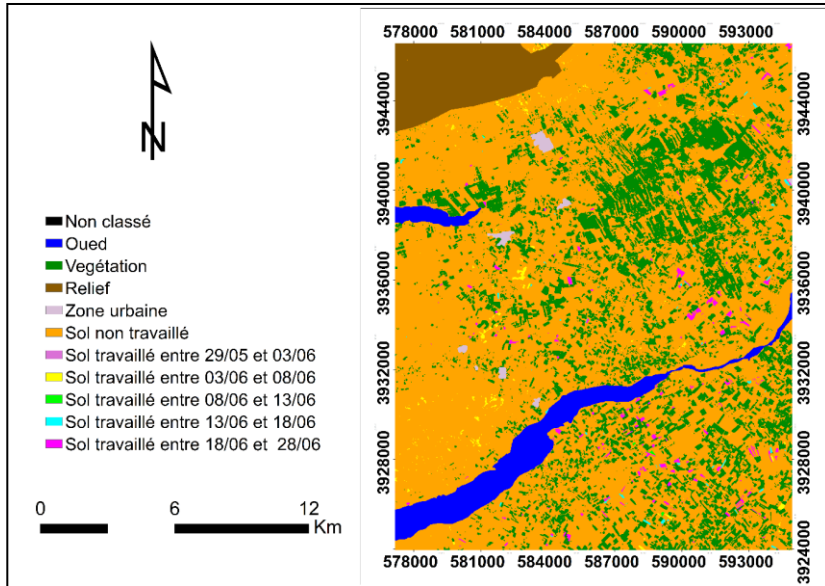


Validation sur 37

Thèse Azza Gorrab (Juin 2016), INAT

Cartes du travail du sol

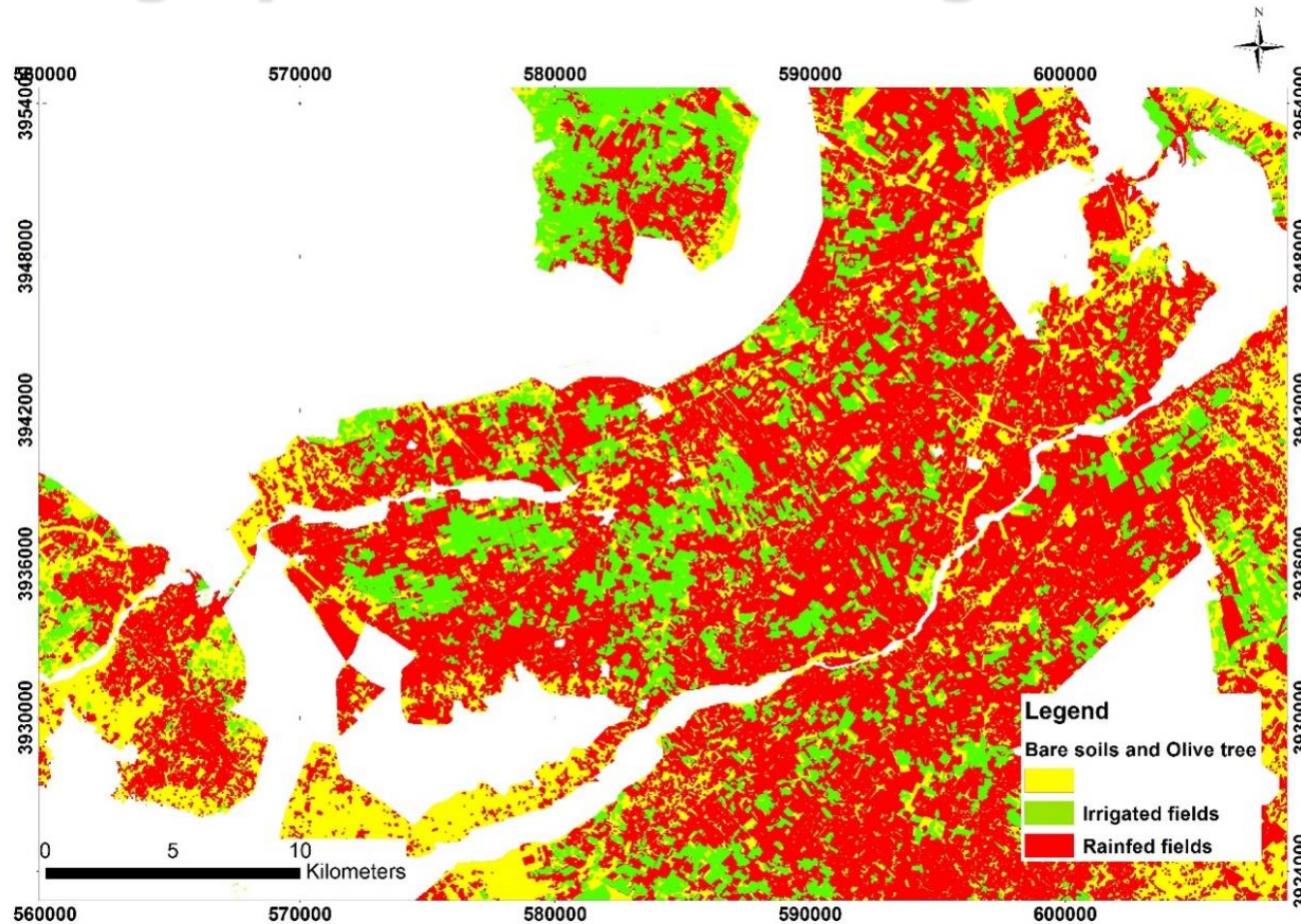
Carte du travail du sol (plaine de Kairouan, juin 2018)



Précision globale : 92.3% , Coefficient de kappa : 0.68.

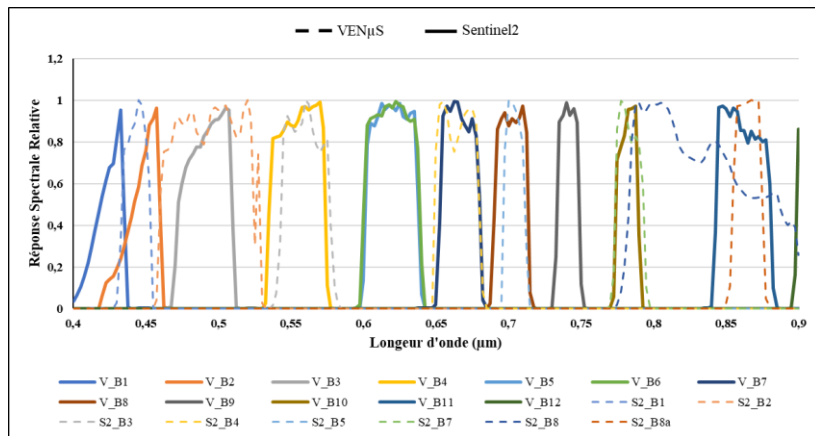
Mastère H. Zayani (2018), GREEN-TEAM et CESBIO

Synergie optique/Radar S2/S2 pour la cartographie des zones irriguées



Thèse de Safa Bousbih, 2019

Exploitation des données satellitaires à haute résolution spatiale et temporelle VEN μ S en synergie avec Sentinel 2 pour la cartographie de l'état de surface / cartographie de l'arboriculture



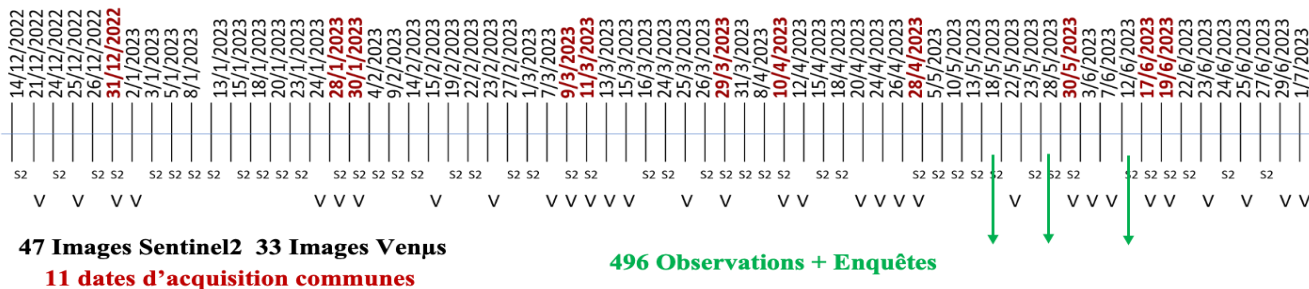
Les principales caractéristiques de **Sentinel 2**

- sa résolution Spatiale : de 10m, 20m ou 60m.
 - son champ de prise de vue large : 290 km
 - Acquisition de données tous les 2 jours
 - la disponibilité de 13 bandes spectrales dont 3 (MIR).
- Acquisition de données de 5 jours par S2A (2015) ou S2B (2017).
Possibilité de 2 jours sur certaines zones

Identification des principales cultures

Les caractéristiques de **Ven μ S**

- résolution : 5m
- champ de prise de vue assez étroit : 28 km
- Acquisition de données tous les 2 jours
- disponibilité de 12 bandes spectrales.



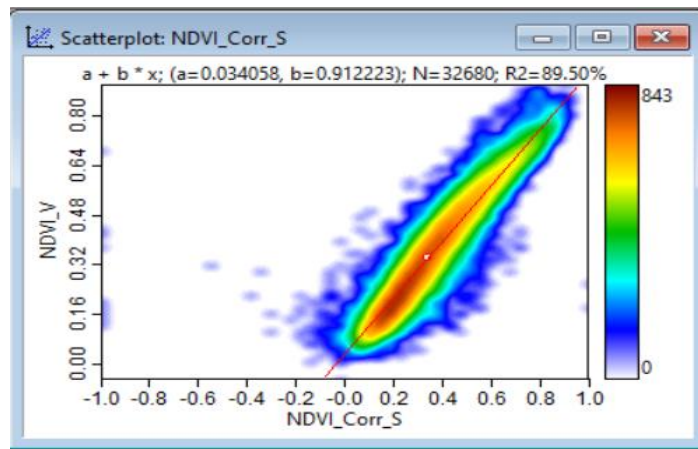
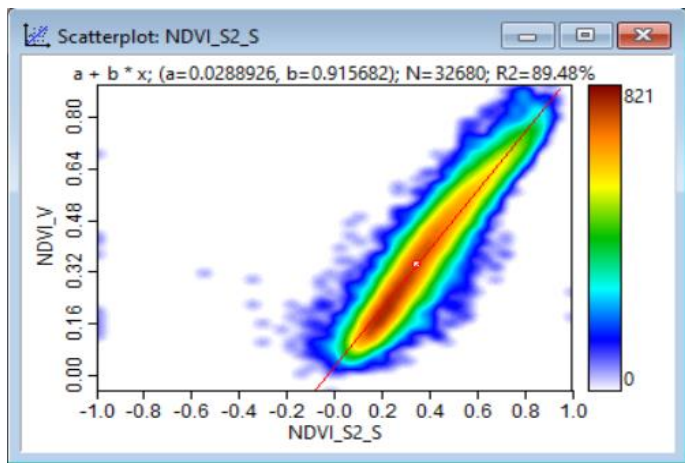
Séries temporelles des images observations de terrain

Stage M2 GEOMAG Fatma Maghrebi (en cours)
Encadrement Zeineb Zassouk (INAT), Valerie Le Dantec Vincent Simonneaux (CESBIO)

Z. Lili Chabaane et al 2023. **A set of RS-based Monitoring tools and methods for agricultural and water resources management in semi-arid region**

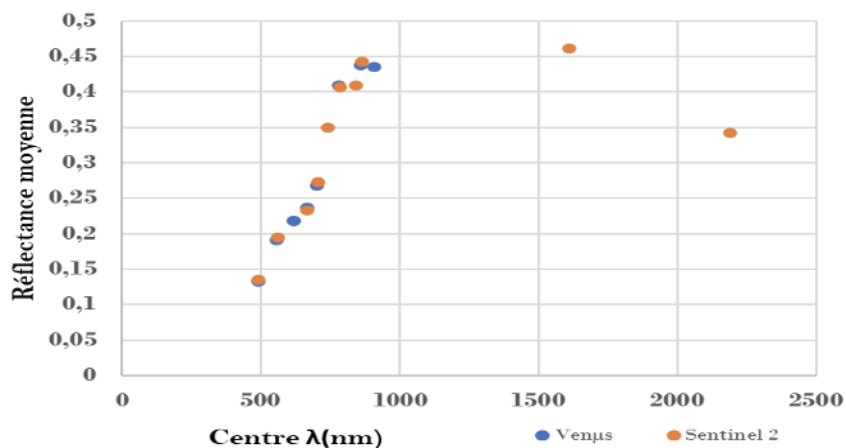
SPACE4 STAR'23 Sousse, 19 octobre 2023

Analyse de l'indice NDVI (S2) avant et après correction par Venus

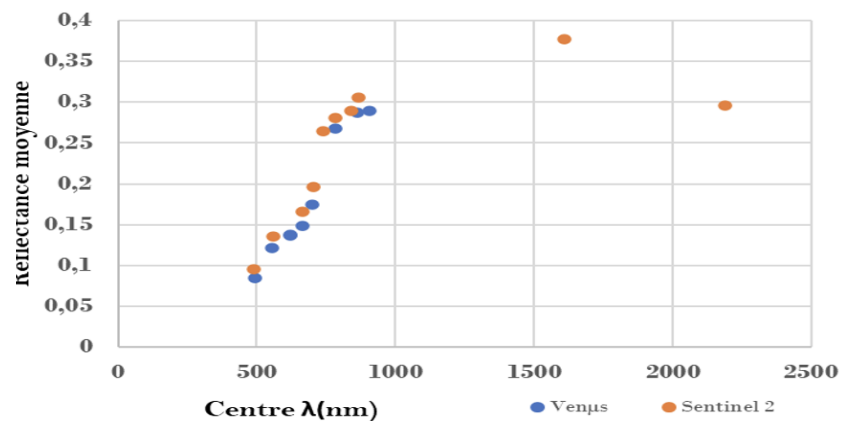


Reconstitution d'une image composite après calibrage géométrique et radiométrique

Réflectance moyenne d'un sol nu _ 19/06/2023



Réflectance moyenne d'une parcelle à densité moyenne végétative _ 19/06/2023



Thèses en Télédétection réalisées sur le bassin de Merguellil

1. **Emna Ayari (A soutenir le 3 Novembre 2023)**. Synergie SENTINEL1&ALOS-2&SENTINEL2 pour l'estimation des états des surfaces continentales en zones semi-arides.
2. **Hayfa Zayani (A soutenir le 7 novembre 2023.)**. Couplage des indices spectraux in situ et satellitaires pour évaluer l'impact des pratiques agricoles sur les propriétés fonctionnelles du sol.
3. **Manel Khelif (en cours)**. Évaluation des états de surface et de la productivité de l'eau des cultures annuelles (céréales) par télédétection
4. **Hajer Aatallah (en cours)**. Multi-objective optimization for integrated water resources management in the Kairouan plain
5. **Marouen Shabou (en cour)**. Caractérisation des sols agricoles par télédétection.
6. **Wafa Chebbi (2019)**. Caractérisation des échanges d'eau et d'énergie dans une oliveraie pluviale en zone aride : modélisation et intégration des données de télédétection. Thèse en cotutelle entre l'Institut National Agronomique de Tunisie et l'université Paul Sabatier.
7. **Sameh Saadi (2018)**. Estimation spatialisée de l'évapotranspiration réelle et des volumes d'irrigation à l'aide de modèles de bilans hydrique et énergétique forcés par des données de la télédétection optique (VIS/PIR/IRT). Thèse en cotutelle entre l'Institut National Agronomique de Tunisie et l'université Paul Sabatier.
8. **Azza Gorraab (2016)**. Développement et validation de méthodologies pour le suivi des états de surface des sols agricoles nus par télédétection radar (bande X). Thèse en cotutelle entre l'Institut National Agronomique de Tunisie et l'université Paul Sabatier 3.
9. **Aicha Chahbi (2015)** : Préviation du rendement des céréales à partir des mesures de télédétection, application sur le bassin de Merguellil. Thèse de doctorat GREF de l'INAT, soutenue à l'INAT le 13 juillet 2015.
10. **Rim Amri (2013)** : Analyse multi-échelles de l'évapotranspiration sur la plaine de Kairouan à partir de données satellites multi-capteurs. Thèse en cotutelle entre l'Institut National Agronomique de Tunisie et l'université Paul Sabatier 3

Merci pour votre attention

