

APPORT DE LA CONSTELLATION SENTINEL-1 POUR LE SUIVI DE L'ÉTAT HYDRIQUE DU SOL



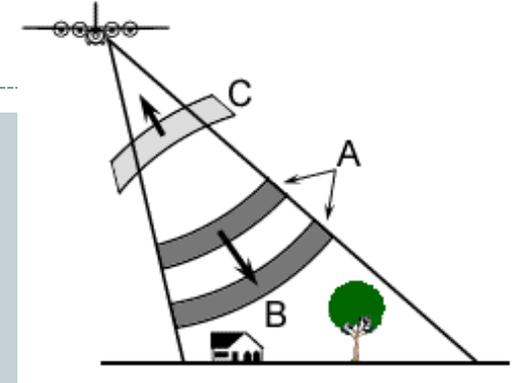
Mehrez Zribi (DR CNRS)

En collaboration avec Nicolas Baghdadi (UMR TETIS)

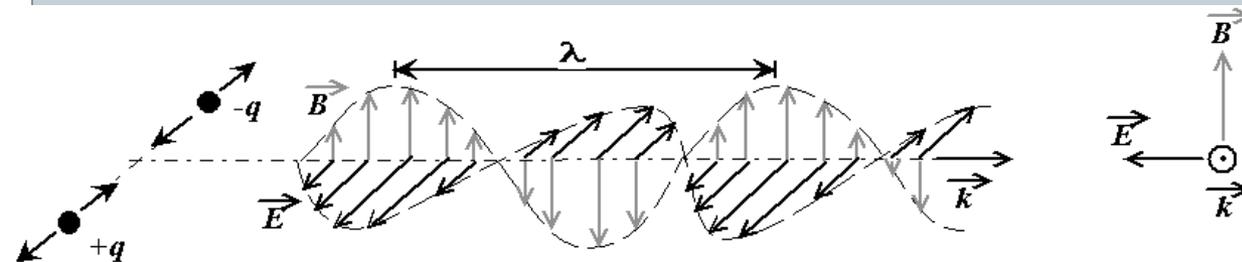
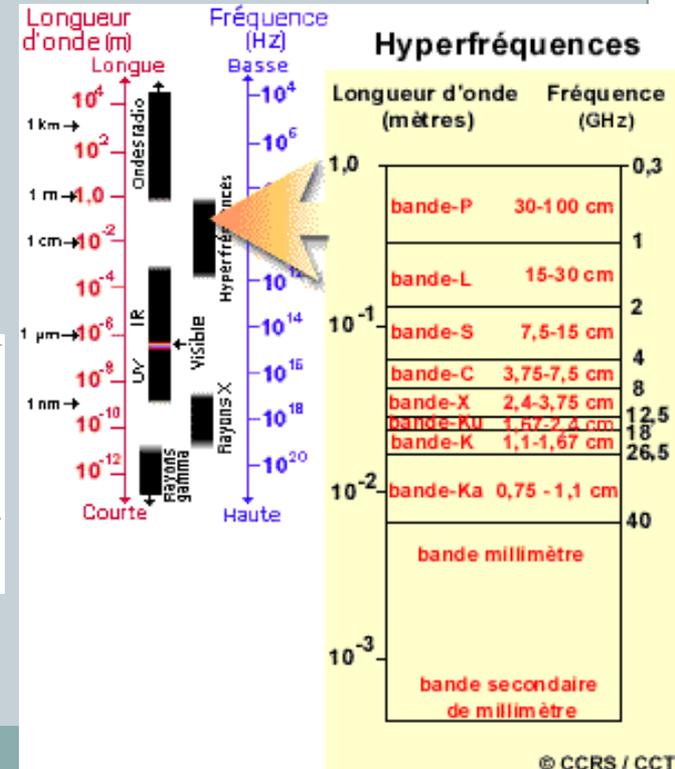


LES SYSTÈMES RADAR

- **RADAR = «RADIO DETECTION AND RANGING»**
- **SYSTEME ACTIF=EMISSION DE LA PUISSANCE ELECTROMAGNETIQUE**
- **IMAGES TOUT LE TEMPS**
- **TRANSPARENCE DE L'ATMOSPHERE**



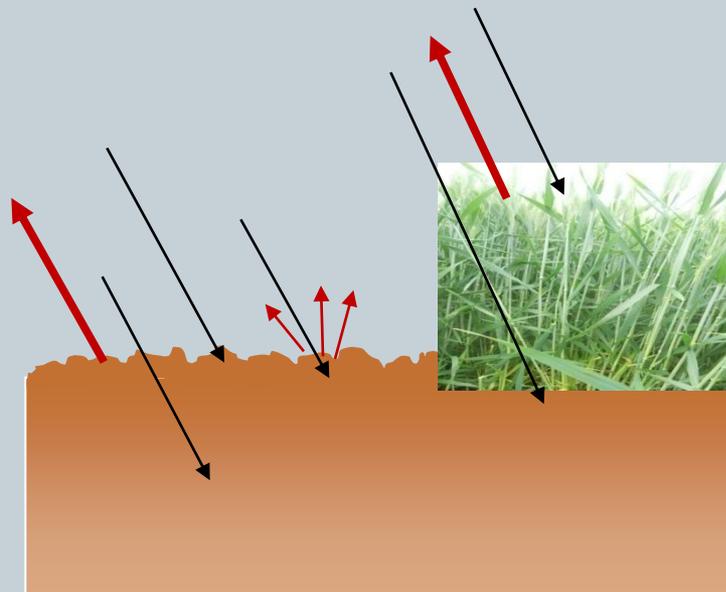
$$\langle Pr \rangle = \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} P_e \frac{1}{r_0^4} \sigma^0(r_0) \iint_{surf.obs.} G_{ek}(r) G_{Rk}(r) dS$$



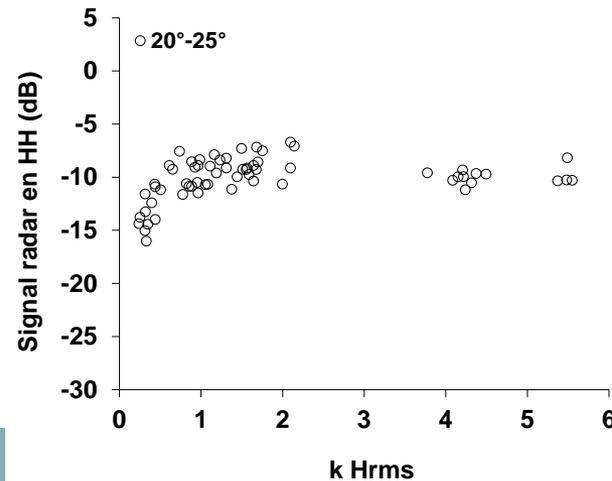
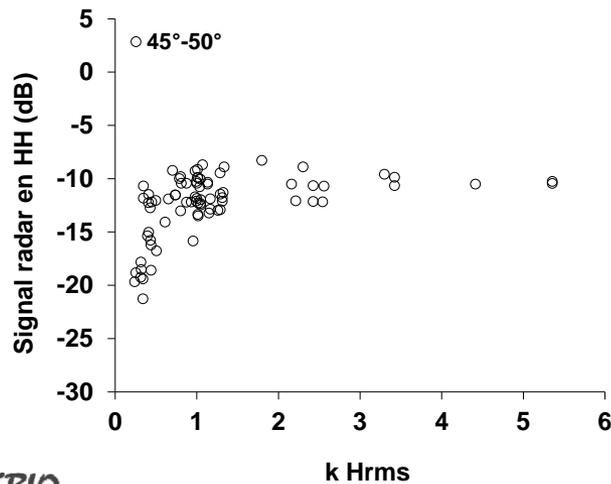
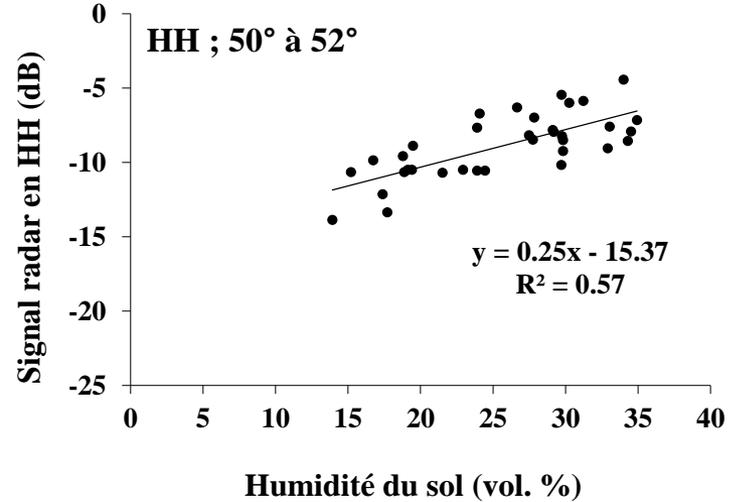
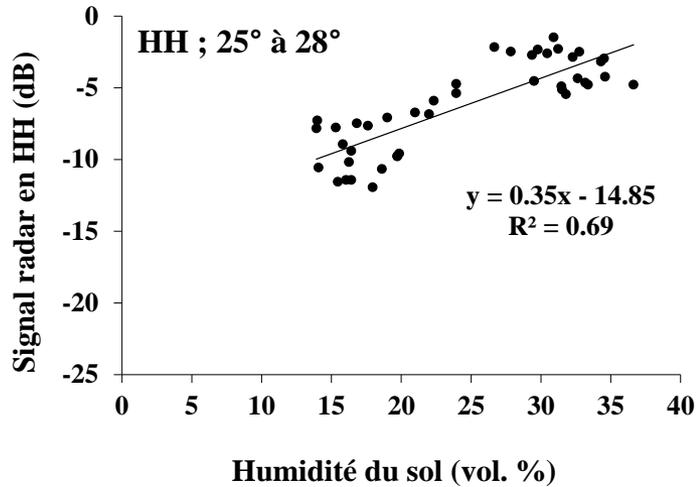
ESTIMATION DES PARAMÈTRES DE SURFACE

PARAMETRES:
RUGOSITE,
HUMIDITE,
VEGETATION

SIGNAL
RADAR



SENSIBILITÉ DU SIGNAL RADAR À L'HUMIDITÉ ET LA RUGOSITÉ DU SOL

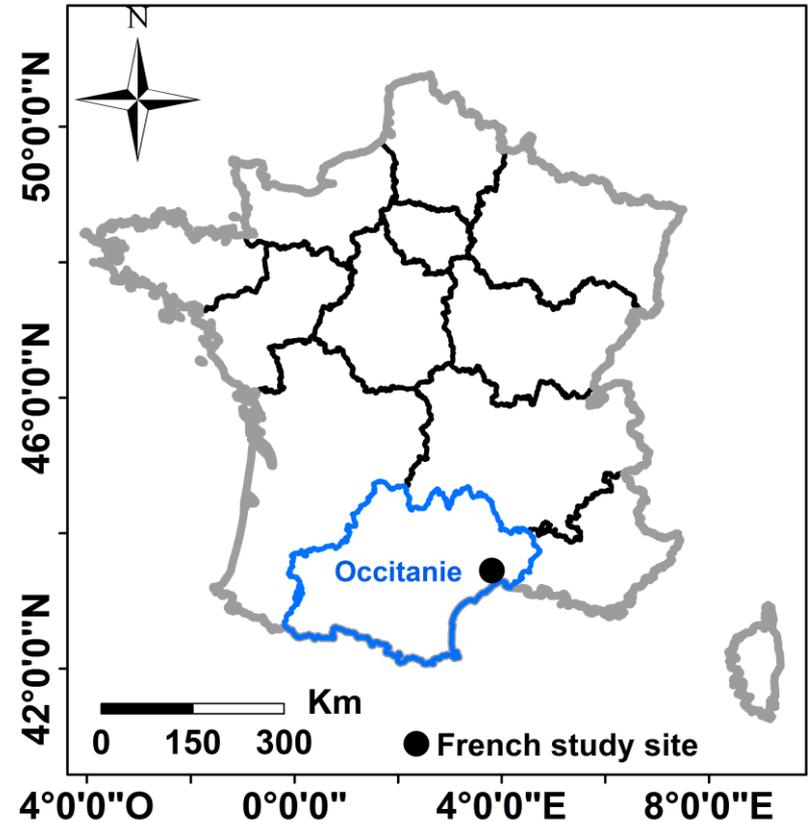


BASES DE DONNÉES



Sud de la France

- Occitanie
- Prairies, parcelles agricole



MODÉLISATION DU SIGNAL RADAR

➤ Sol couvert de végétation (WCM):

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

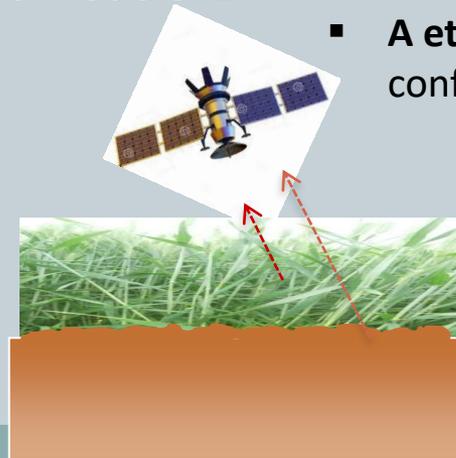
$$\sigma_{\text{veg}}^0 = A \cdot V_1 \cdot \cos \theta (1 - T^2)$$

$$T^2 = \text{Exp} (-2 \cdot B \cdot V_2 \cdot \sec \theta)$$

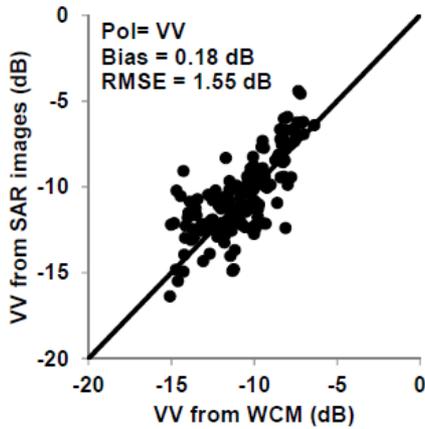
σ_{sol}^0 = modélisé avec le modèle IEM
ou un autre

(Attema and Ulaby 1978)

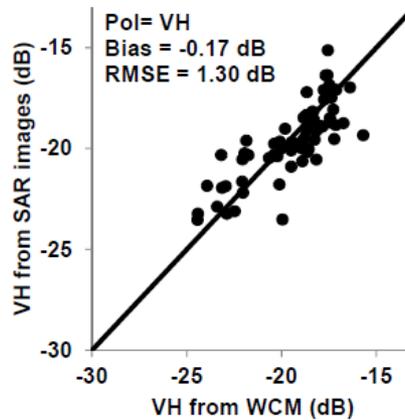
- σ_{tot}^0 : signal radar rétrodiffusé (en linéaire)
- σ_{veg}^0 : Contribution de la végétation (en linéaire)
- T^2 : Atténuation
- σ_{sol}^0 : Contribution du sol (en linéaire)
- $V_1 = V_2$: paramètres du couvert (BIO (kg/m²), VWC (kg/m²), HVE (m), LAI (m²/m²), FAPAR, FCOVER, and NDVI)
- θ : Angle d'incidence
- **A et B** : paramètres à calibrer, dépendant des configurations radar et des paramètres V1 et V2



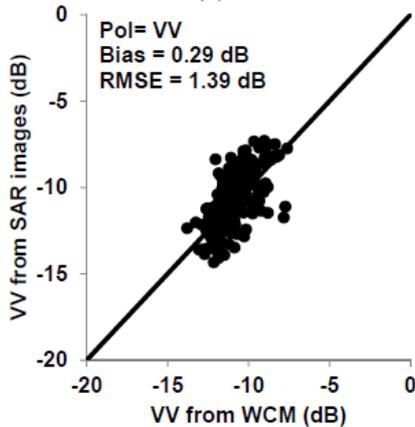
Paramétrisation du WCM



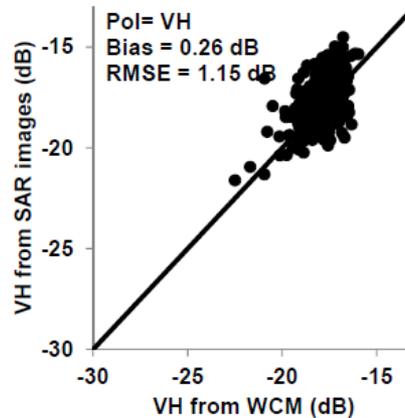
(a)



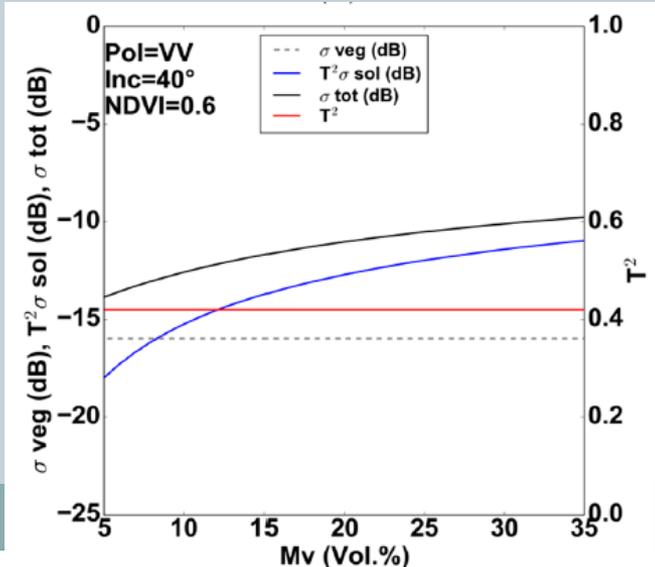
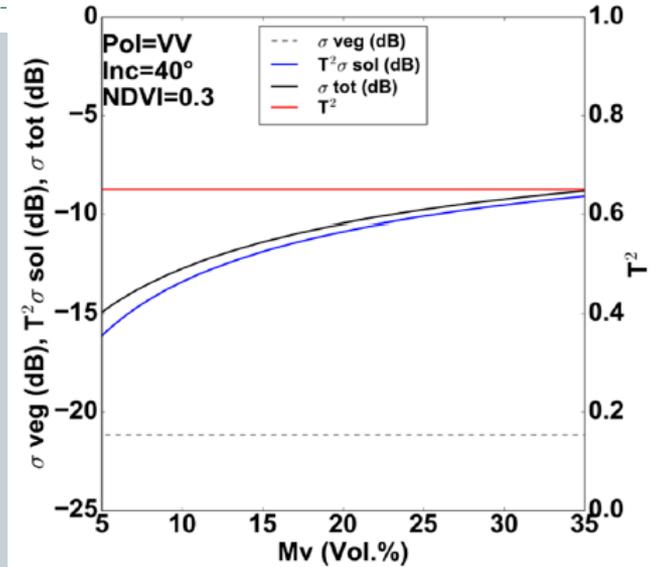
(b)



(c)



(d)

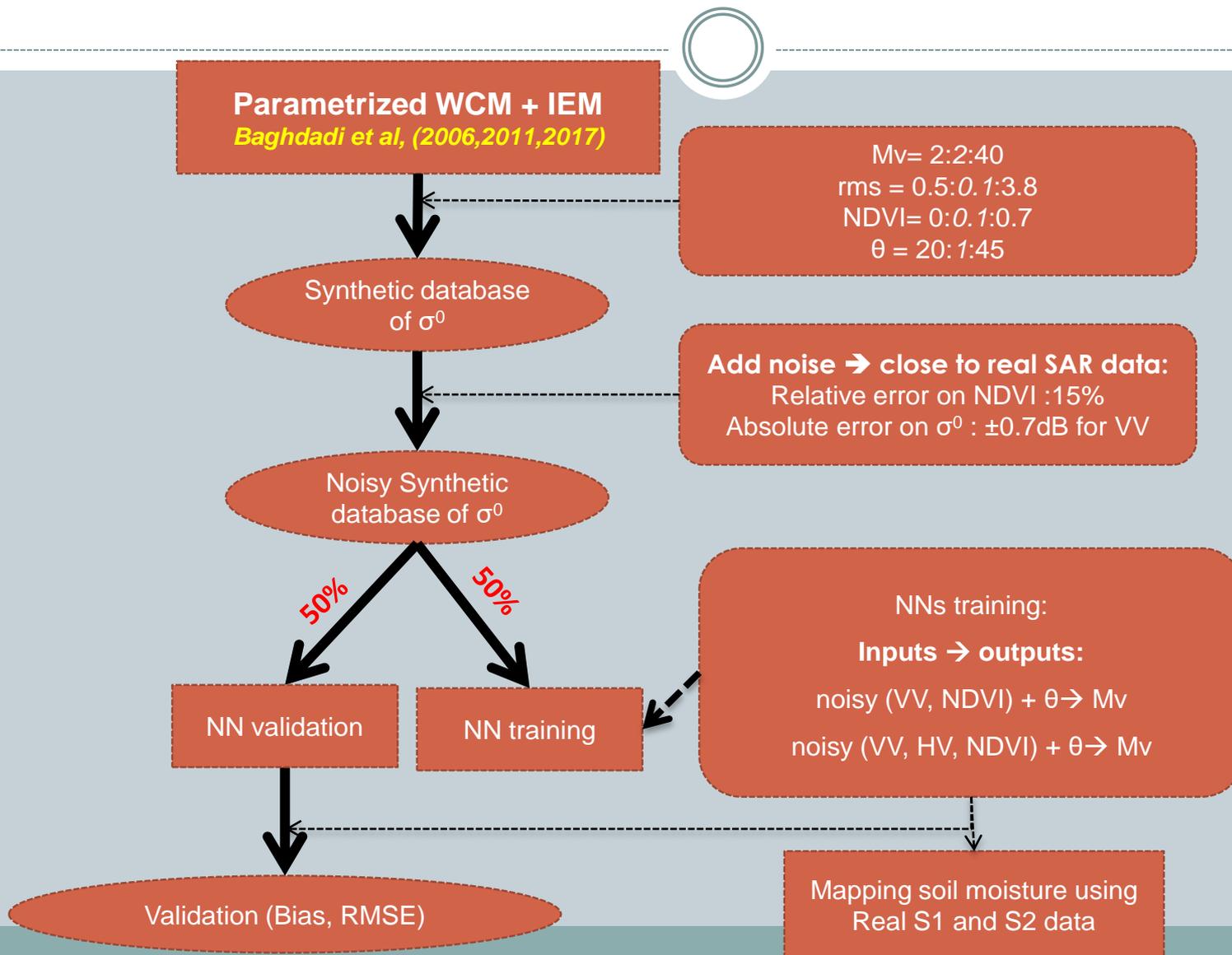


Approches d'inversion testées



- Réseaux de neurones
- Détection de changement

Approche 1: RÉSEAUX DE NEURONES



Les approches d'inversion testées



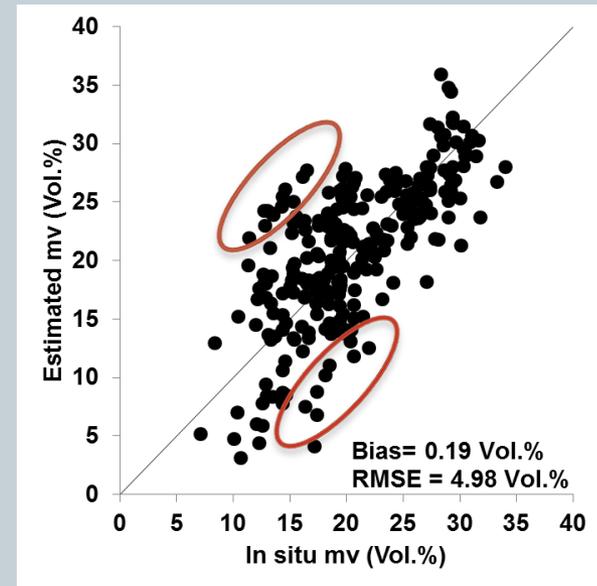
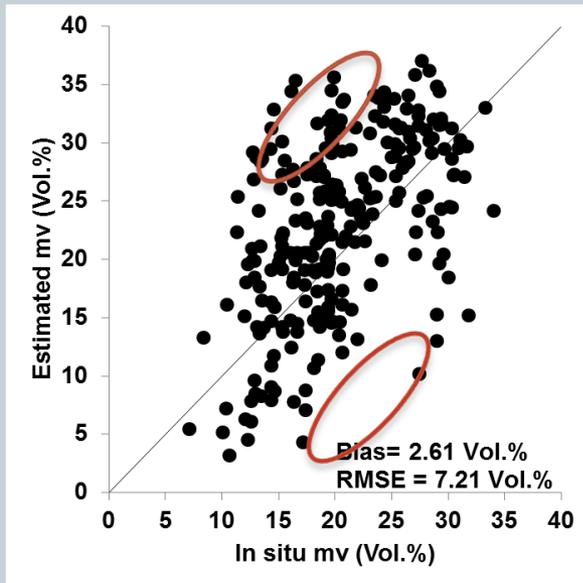
- Améliorer l'estimation de l'humidité → une connaissance a priori sur l'humidité
- Facilement définie à partir des conditions météorologiques (précipitation et température) et connaissances du terrain
 - ✓ Sol sec à moyennement humide : pas de précipitations avant l'acquisition SAR
 - ✓ Sol très humide : précipitations fortes avant l'acquisition SAR
- Importance: contraindre les estimations des humidités par RN
- Ainsi →

| Case | RN | BD bruitée apprentissage | BD bruitée pour la validation | Vecteur en entrée | sortie |
|----------------------------|---------|--------------------------|-------------------------------|--|--------|
| Sans a priori | NN1 | $2 \leq mv \leq 40$ | $2 \leq mv \leq 40$ | $\theta, \sigma^{VV}, NDVI$ | mv |
| | NN2 | $2 \leq mv \leq 40$ | $2 \leq mv \leq 40$ | $\theta, \sigma^{VV}, \sigma^{VH}, NDVI$ | mv |
| A priori: sec à peu humide | NN1_dry | $2 \leq mv \leq 30$ | $2 \leq mv \leq 25$ | $\theta, \sigma^{VV}, NDVI$ | mv |
| | NN2_dry | $2 \leq mv \leq 30$ | $2 \leq mv \leq 25$ | $\theta, \sigma^{VV}, \sigma^{VH}, NDVI$ | mv |
| A priori: très humide | NN1_wet | $20 \leq mv \leq 40$ | $25 < mv \leq 40$ | $\theta, \sigma^{VV}, NDVI$ | mv |
| | NN2_wet | $20 \leq mv \leq 40$ | $25 < mv \leq 40$ | $\theta, \sigma^{VV}, \sigma^{VH}, NDVI$ | mv |

Resultats du RN avec des données réelles



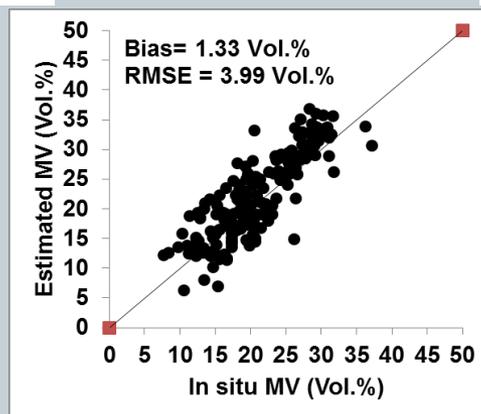
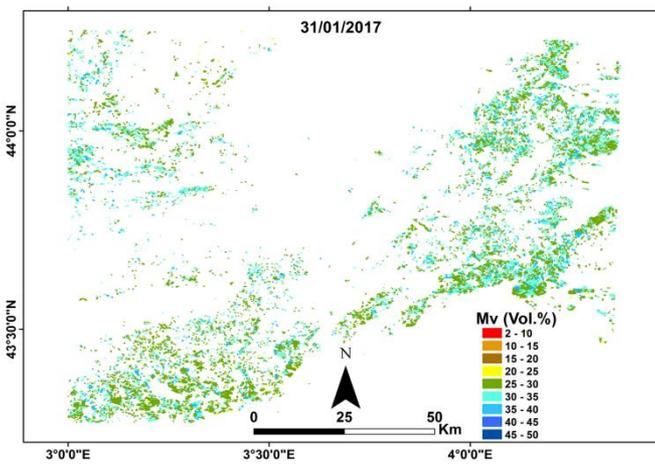
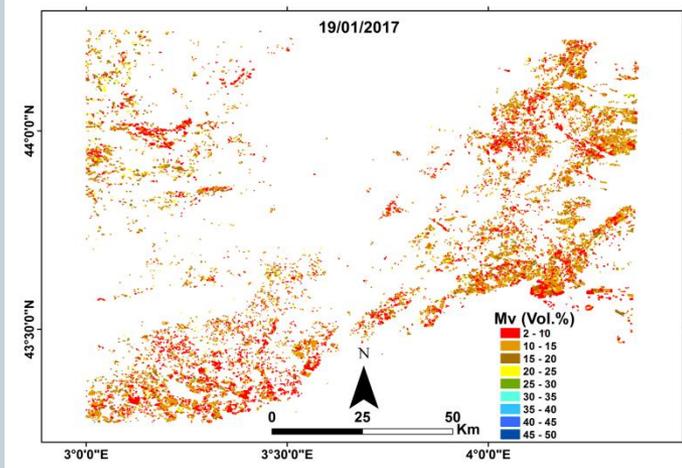
NN 1 : VV + NDVI + θ → Mv



Inversion appliquée sur les données réelles S1, NDVI estimé à partir des données S2

Le NDVI est calculé à partir des images S2 (reflectance de surface calculée avec l'algorithme MAJA (<http://www.theia-land.fr/fr/produits/r%C3%A9flectance-sentinelle-2>))

Cartographie de l'état hydrique du sol



El Hajj et al., Remote Sensing, 2017

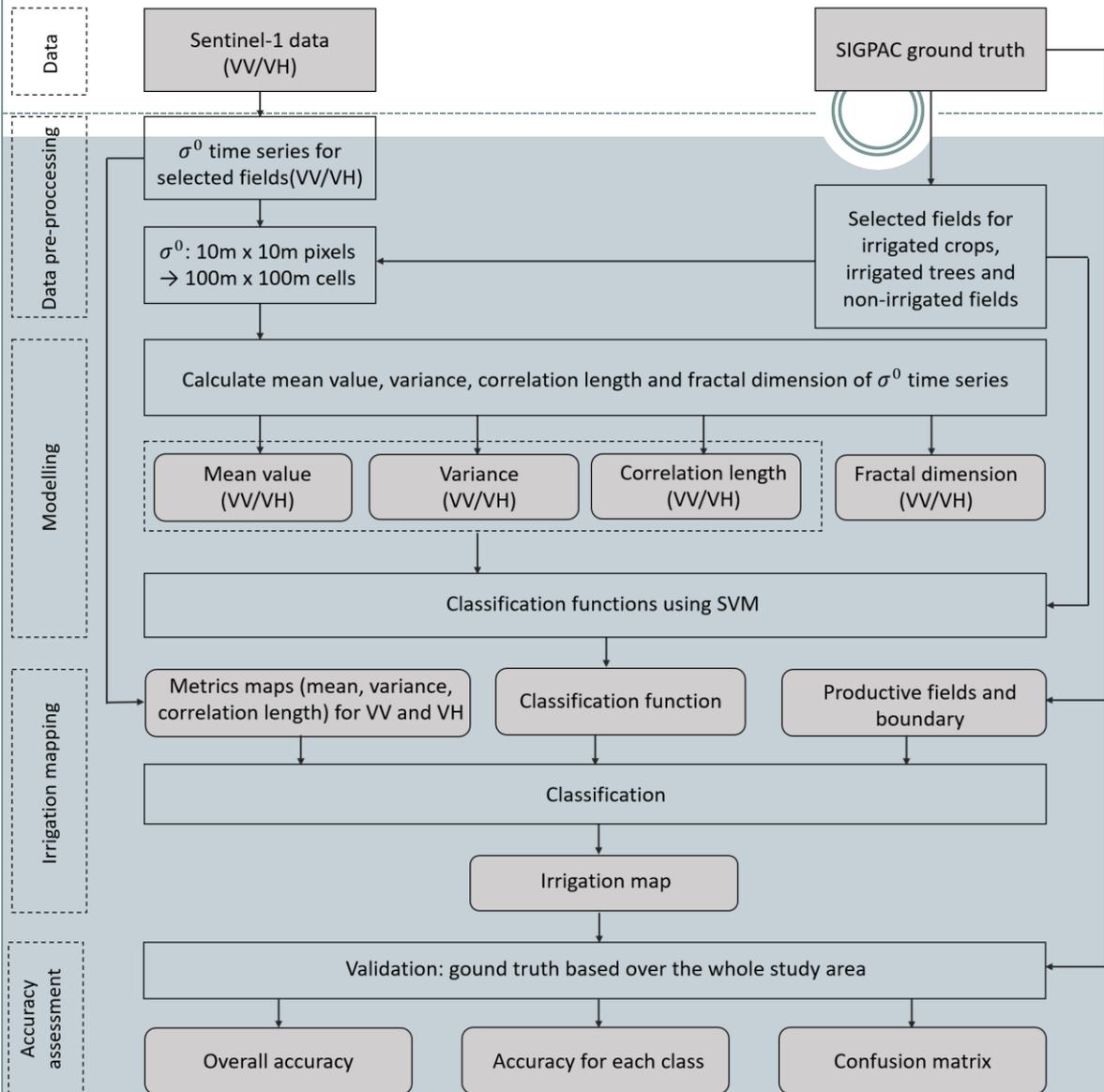
- Application sur des parcelles segmentées (Sentinel-2)
- Cartographie de l'humidité sur l'Occitanie (2016-2018, Temps : 6 jours, échelle parcelle)

Résumé sur les algorithmes testés



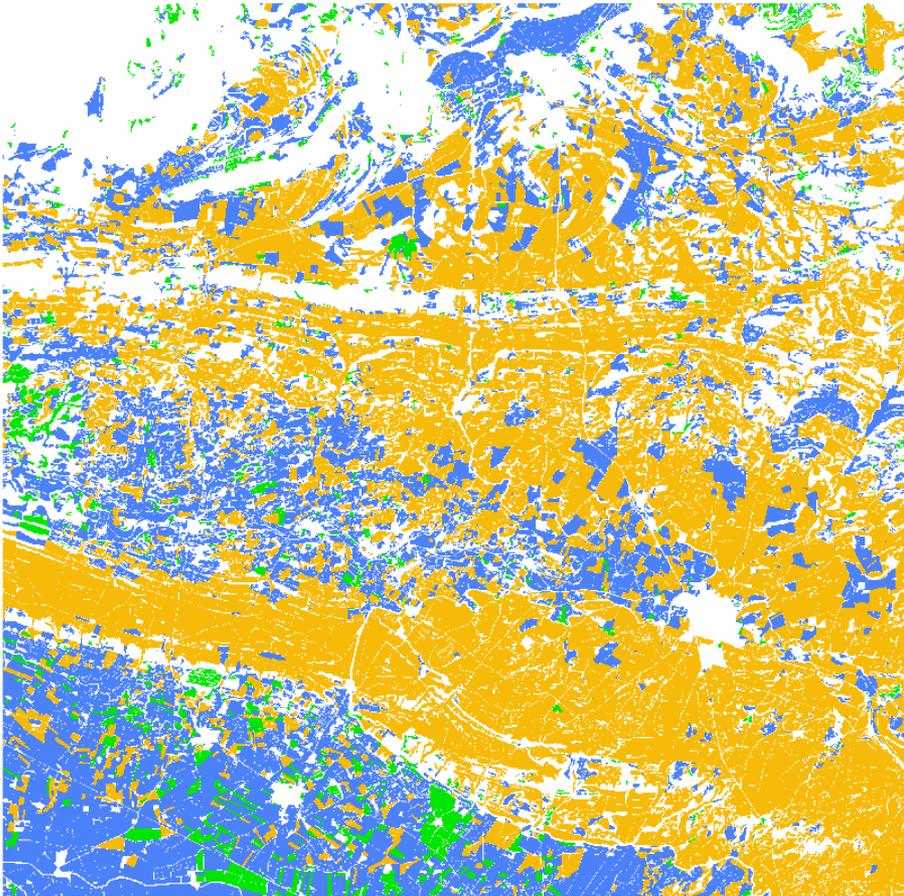
| | Avantages | Inconvénients |
|--|--|---|
| Réseaux de neurones (El Hajj et al., 2017) | Adapté à l'opérationnel Bonne précision | - |
| Détection de changement méthode 1 (Gao et al., 2017) | Peu de besoins en calibration, amélioration avec la taille des séries temporelles | Effet de la rugosité pas pris en compte |
| Détection de changement méthode 2 (Gao et al., 2017) | Peu de besoins en calibration | Effet de la rugosité pas pris en compte, faible précision |

Algorithme pour la cartographie de l'irrigation (à partir des séries radar)



Application sur le site Urgell

Cartographie de l'irrigation



- Parcelles non irriguées
- Arbres irrigués
- Cultures annuelles irriguées

La validation est effectuée avec la base SIGPAC sur le site d'étude (26.434 parcelles).

Précision globale = 81,08%

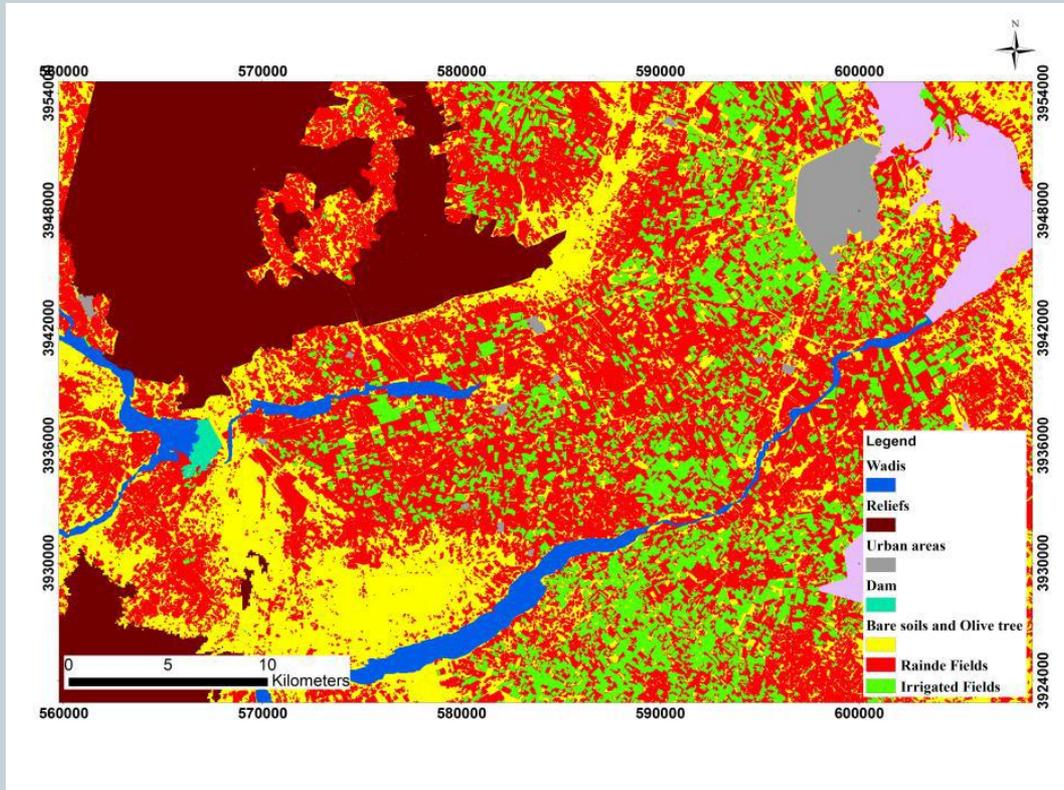
Précision des non irrigués = 83,27%

Précision arbres irrigués = 73,49%

Précision cultures irriguées = 77,53%

Gao et al., 2018, Remote Sensing

Carte d'irrigation, S1&S2



* Avec le NDVI
Précision globale: 58.1 %

* Avec l'humidité
Précision globale: 77%

* Avec humidité & NDVI
Précision globale: 71.8%

Conclusions

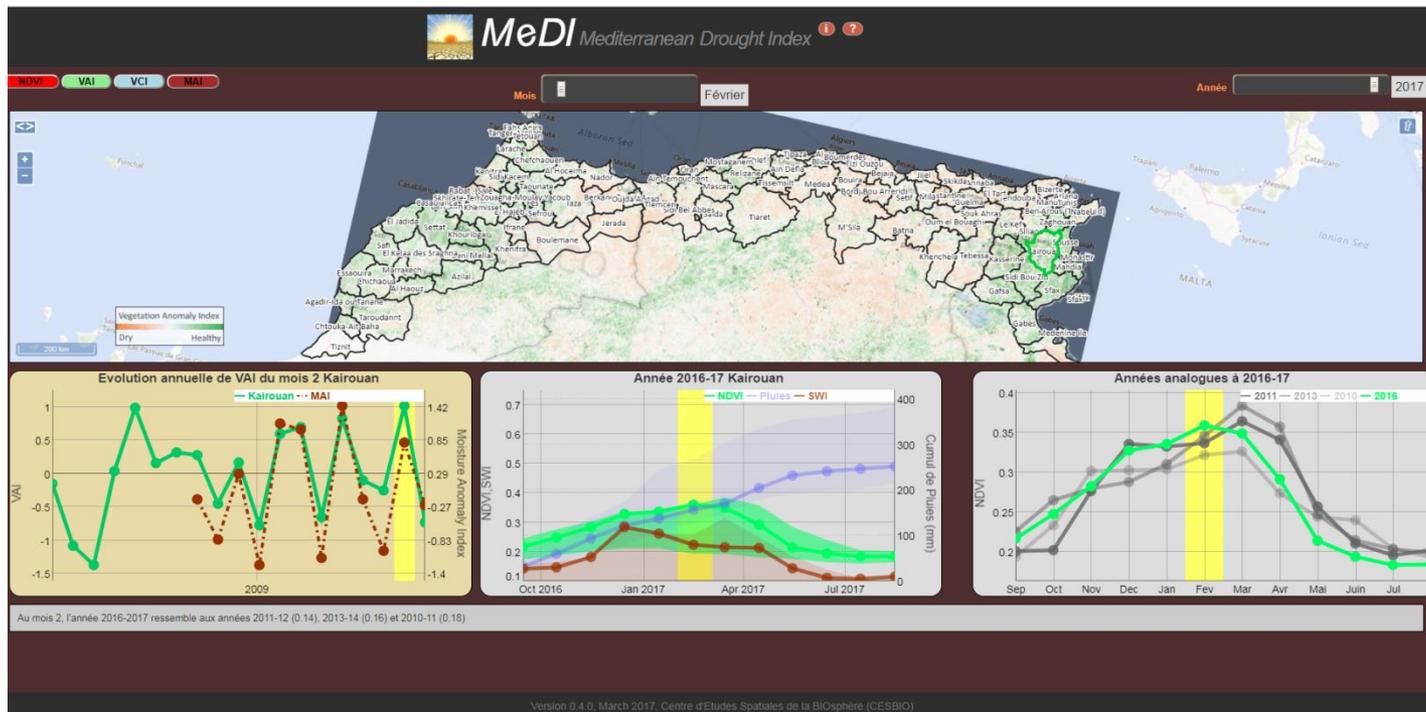


- Forte sensibilité des données Sentinel-1 aux paramètres des surfaces (humidité, rugosité, végétation)
- Deux types d'algorithmes d'inversion sont présentés (RN, CD)
- Un produit opérationnel est disponible sur l'Occitanie (site du Pole Theia)
- Applications: irrigation, indicateurs pour inondation, indices de sécheresse, zones humides, criquets, santé



MEDI Mediterranean Drought Index

La détection précoce de la sécheresse est un élément décisif pour la gestion de l'eau. **MEDI** est un outil en ligne conçu pour l'exploration spatiale et temporelle des indicateurs de sécheresse.

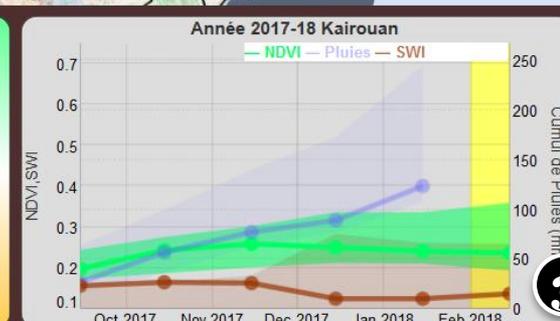
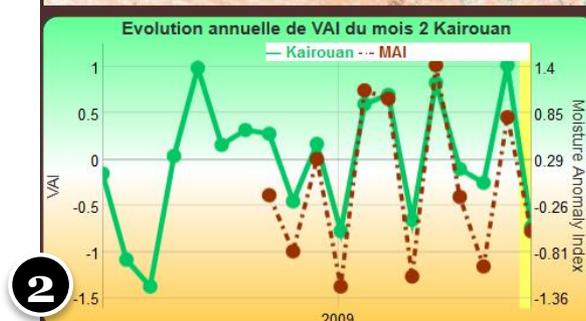
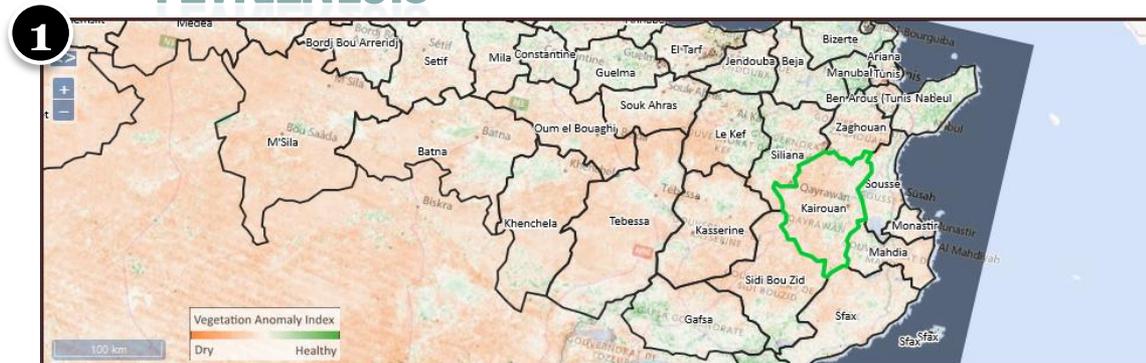


<http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/medi/>

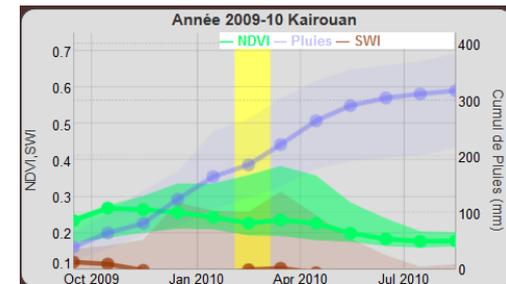
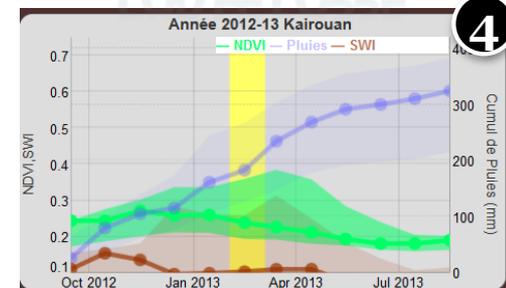
Exemple: Février 2018 à Kairouan

L'anomalie d'humidité du sol et de végétation sont tous deux très négatifs en février 2018 (2). La carte montre une situation homogène sur l'ensemble du gouvernorat (1). Il est probable que la végétation de cette année (3) ne se rétablira pas comme dans les années précédentes de 2009 and 2012. (4)

FEVRIER 2018



SITUATIONS SIMILAIRES PAR LE PASSÉ





MERCI POUR VOTRE ATTENTION

MEHREZ.ZRIBI@CESBIO.CNES.FR