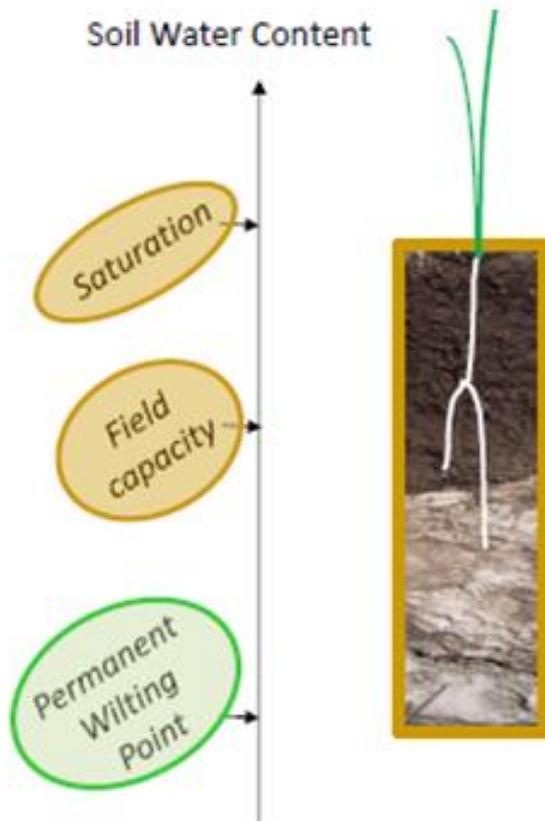


Estimation des composantes de la réserve utile par inversion de modèles de culture à partir de données de télédétection



La Réserve Utile

- ❖ Réserve Utile : quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante



$$AWC = \sum_{i=1}^{i=\max RD} \Delta Z_i (FC_i - PWP_i)$$

AWC:
A mixed « soil-plant » concept

=> Fort enjeu de connaissance de la RU pour les problématiques agro-environnementales

Méthodes de mesure

- ❖ Différents types de méthodes pour estimer ses composantes

Evaluation from a « Plant approach »

- Inverse modeling using soil-plant models



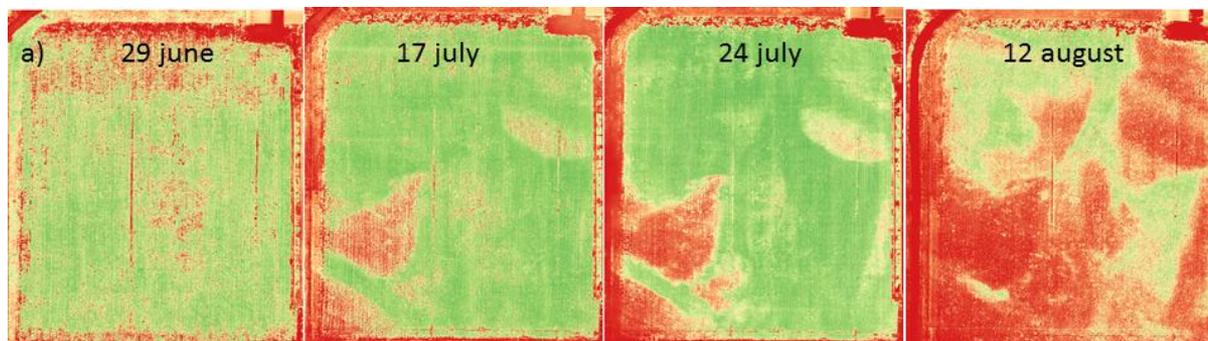
AWC:
A mixed « soil-
plant » concept

Evaluation from a « Soil approach »

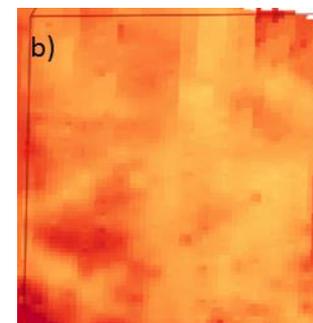
- Soil description and Laboratory measurements
- In situ soil water content monitoring [+ inversion of soil water transfer models]
- Estimation by using Pedotransfer functions
- Digital Soil Mapping

Estimation de la RU par inversion de modèles sol-plante : fondements

- ❖ L'état des plantes peut refléter les composantes de la RU, notamment en situation de stress hydrique



Cartes de NDVI issues de mesures drone d'une culture de tournesol sur le site SFT d'Avignon



Carte de conductivité électrique de la parcelle

- ❖ Télé et proxy-détection permettent d'avoir un suivi de caractéristiques de la végétation à haute fréquence et résolution

Estimation de la RU par inversion de modèles sol-plante : fondements

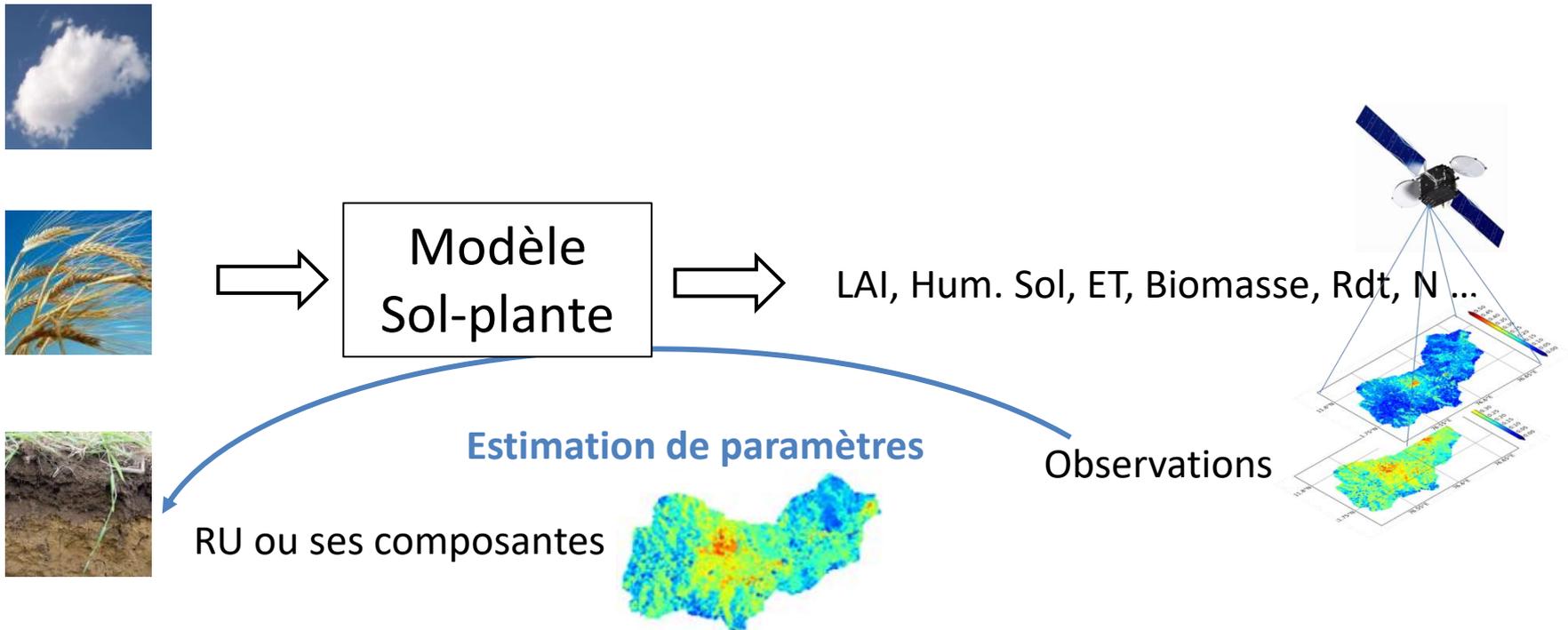
- ❖ Des modèles permettent de simuler la dépendance entre des caractéristiques dynamiques de la végétation et les composantes de la RU sur la zone racinaire



- ❖ Modèles de transfert d'eau dans les sols
- ❖ SVAT / LSM
- ❖ Modèles de culture
- ❖ Modèles agro-hydrologiques
- ❖ ...

Estimation de la RU par inversion de modèles sol-plante : principe

- ❖ Utiliser les processus modélisés pour estimer des caractéristiques du sol sur la couche racinaire à partir d'observations de surface (état des plantes [et du sol])



Elements de bibliographie

- ❖ Inversions de différents types de modèles sol-plante :

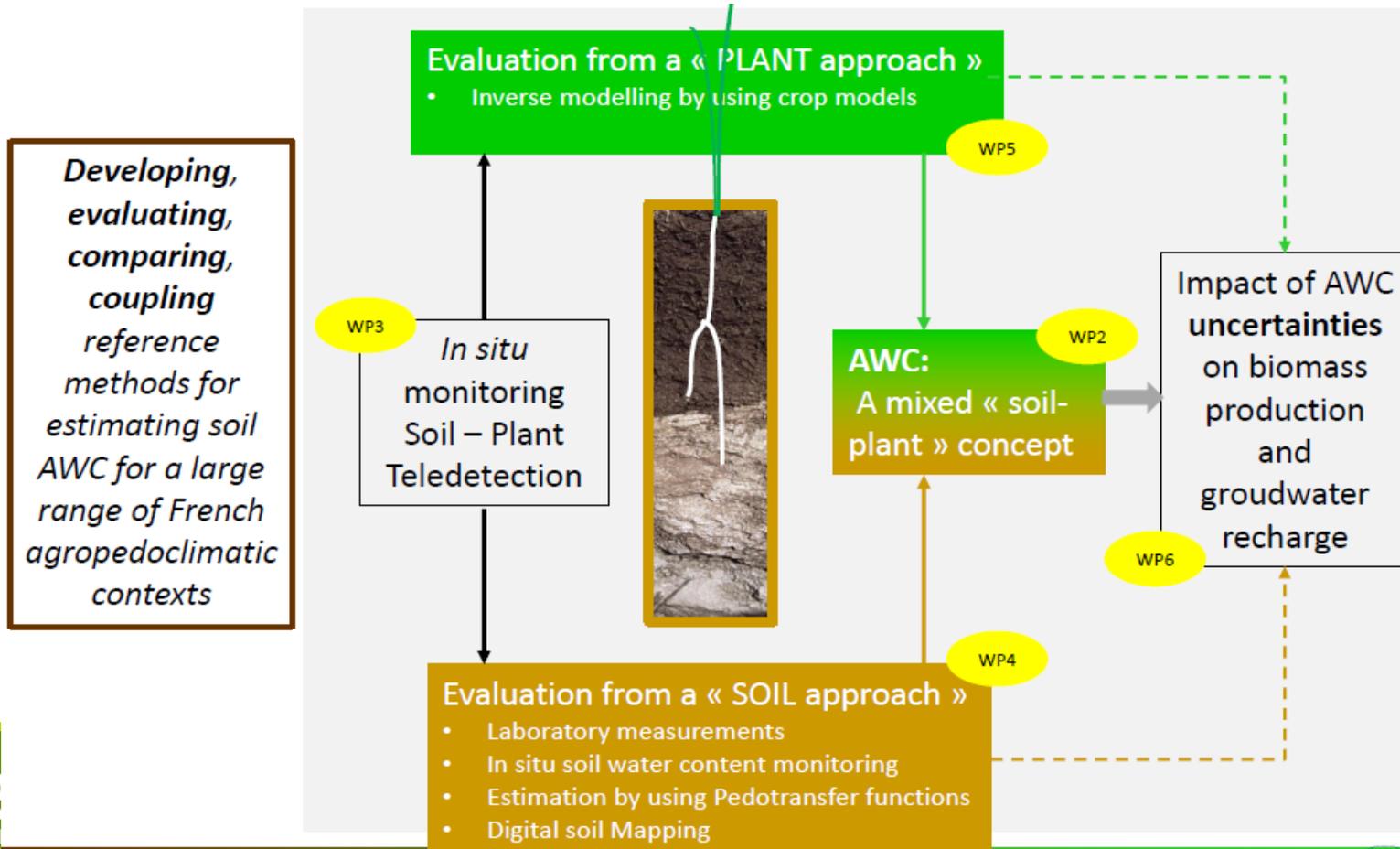
SVAT / LSM (SWAP : Jhorar et al., 2002, 2004 ; Charoenhirunyingyos et al 2011, ... ; JULES : Bandara et al., 2013, 2014, 2015), modèles de culture (STICS : Varella et al 2010a, 2010b ; Sreelash et al 2012, 2017 ; APSIM: Florin 2011, ...), modèle agro-hydrologiques (TNT2 : Ferrand 2016)

- ❖ A partir de différents types d'observations accessibles par télédétection : LAI, ET, plant N, SSM, ...

- ❖ Estimer les composantes de la RU à partir d'observations de télédétection reste challenging :

- ❖ La qualité des résultats dépend fortement des conditions agro-environnementales (Varella et al. 2010 ; Sreelash et al., 2017)
- ❖ Pb d'équifinalité / compensation entre paramètres (Jhorar et al., 2002 ; Ferrant et al., 2016) + impact des erreurs modèle et d'observation (Jiang et al, 2008 ; Florin et al., 2011)

Le projet RUEdesSOLS



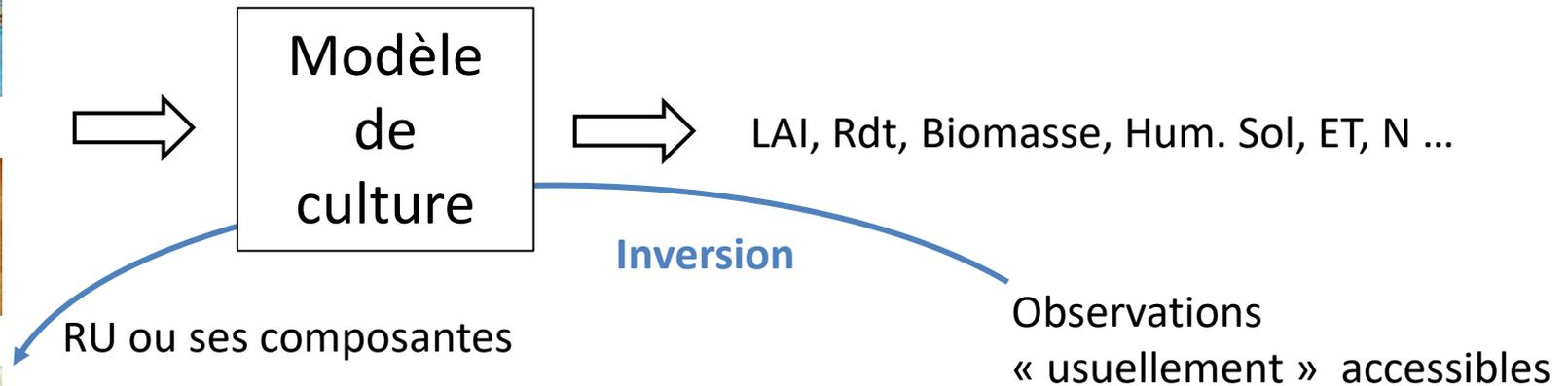
RUEdesSOLS WP5



Impact de la complexité ?

Paramétrer finement la RU est-il un avantage ou un inconvénient ?

La finesse de description de certains processus permet-elle d'améliorer les estimations ?

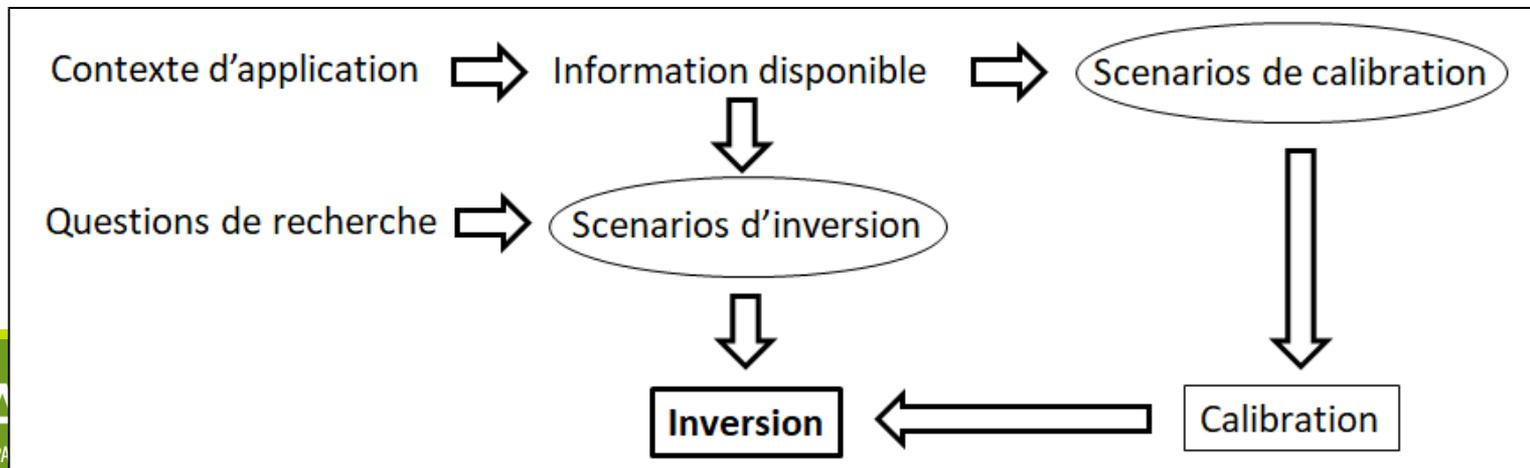


Contraintes Lesquelles ? Comment ? Quel impact ?

Observations L'apport de contraintes permet-elle d'améliorer la qualité des inversions ?
Quel est l'intérêt des approches directes récentes dans ce contexte ?

Approche

- ❖ Se placer dans des contextes se rapprochant de conditions opérationnelles => information disponible
- ❖ A partir des informations disponibles :
 - ❖ Calibrer les modèles
 - ❖ Réaliser les inversions selon différents scenarios :
 - ❖ Avec des modèles de complexités différentes
 - ❖ Avec différents niveaux de paramétrisation de la RU
 - ❖ Avec ou sans contraintes

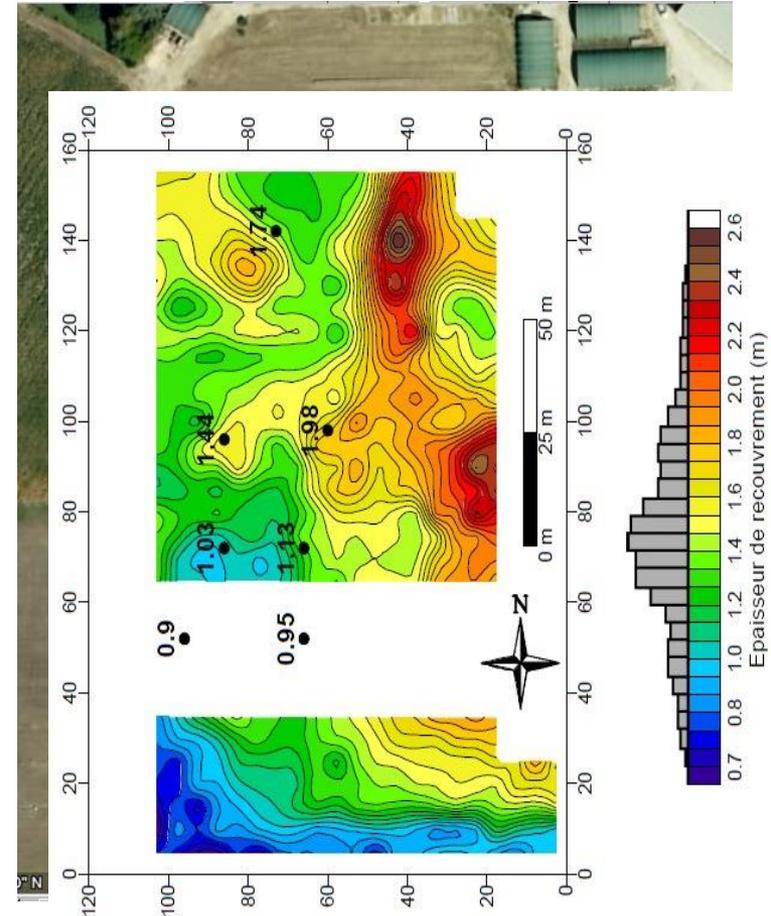


Site d'étude



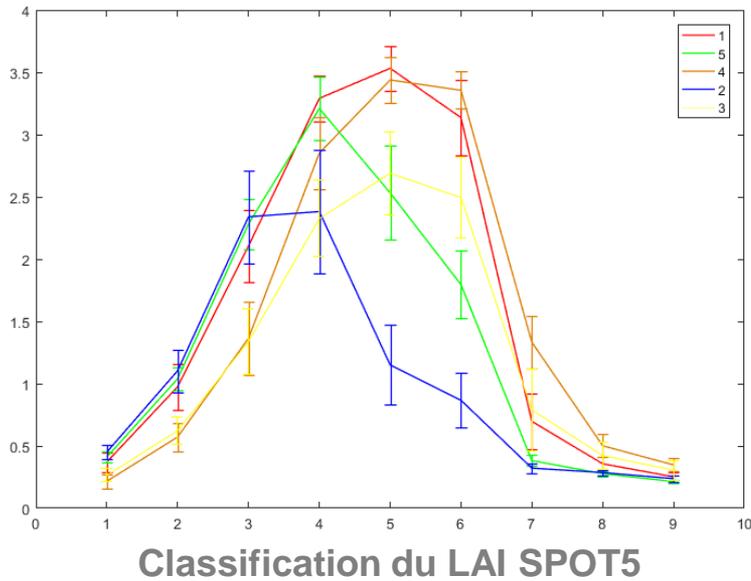
Site SFT d'Avignon :

- ❖ Situation : une parcelle de 1.8 ha (parcelle de type observatoire multi-instrumentée suivie depuis une dizaine d'années)
- ❖ Système de culture : diverses cultures (blé dur, maïs, tournesol, sorgho) en système conventionnel
- ❖ Sol :
 - ❖ issu d'alluvions récente de la Durance de limons argileux
 - ❖ Forte hétérogénéité de la profondeur de sol (oscillations du plancher caillouteux entre 0.65 et 3m de profondeur)

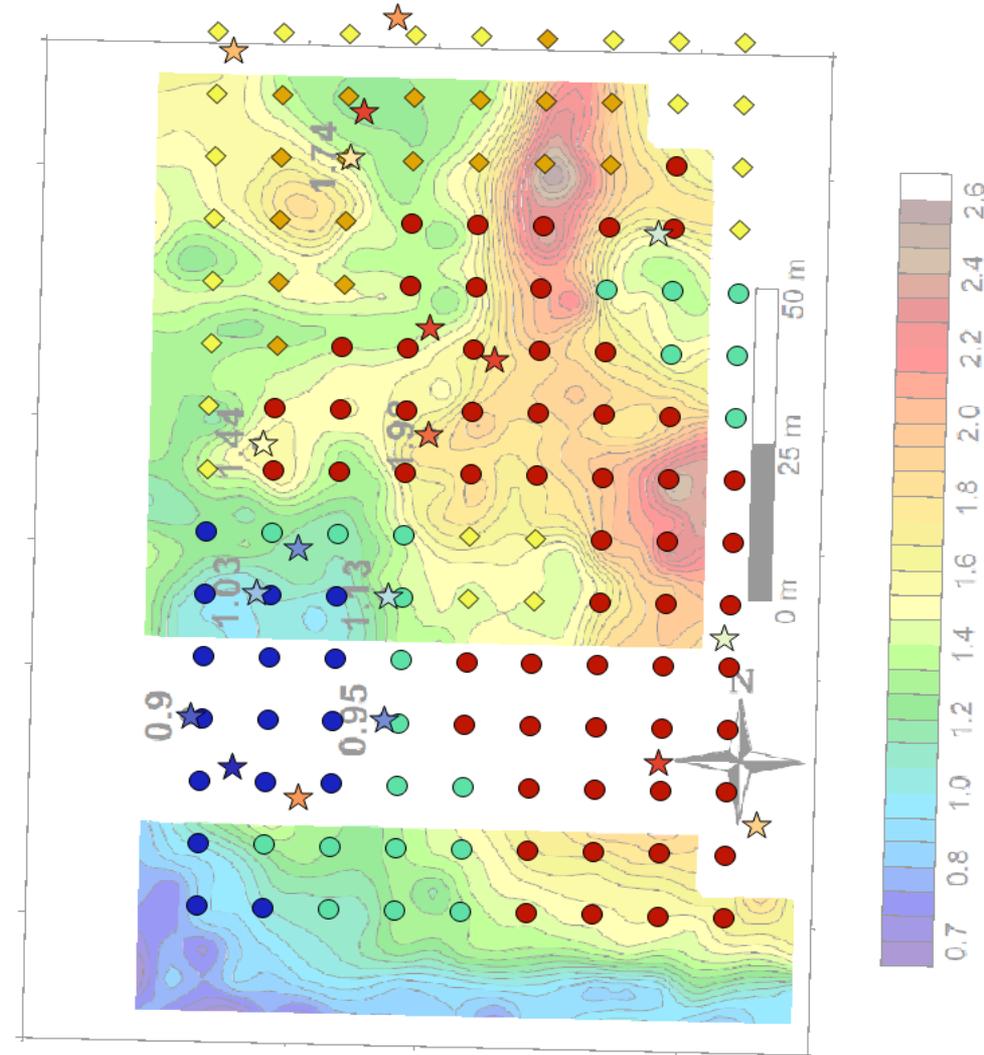


Données Tournesol 2015

- ❖ Bonne expression de la RU sur la végétation (culture d'été + année sèche)



→ Structure spatiale du LAI en cohérence avec la profondeur du sol et la RU



Données Tournesol 2015

❖ Données disponibles :

- ❖ LAI et FaPAR SPOT5 à 9 dates
- ❖ Données météo issue d'une station in-situ
- ❖ ITK connu
- ❖ Carte des sols 1/50000^e + BDD associée
- ❖ Cartes de propriétés des sols Global Soil Map
- ❖ Analyses de sol et suivis hydriques sur 2 placettes (sol profond, sol peu profond)
- ❖ Carte de profondeur du sol issue de résistivité

Calibration préalable de la phénologie sur un pixel

« potentiel » avec un sol non-limitant
inversions

Evaluation des résultats

Scénarios d'inversion

Nom du scenario		NC1-NDRU1-DS1	NC1-NDRU1-DS2	NC1-NDRU2-DS1	NC1-NDRU2-DS2	NC3-NDRU2-DS3	
Niveau de connaissance du sol		1	1	1	1	3	
Niveau de finesse de description RU		1	1	2	2	2	
Niveau de discrétisation du sol		1	2	1	2	3	
Modèle		STICS / SUNFLO		SAFYE / STICS / SUNFLO		STICS	
Entrées du modèle	N° de couches	1	2	1	2	n	
	HCC / HPF terre fine par couche	ESTIME	ESTIME	ESTIME	ESTIME	Fixé aux mesures	
	Densité Apparente par couche	Fixé = 1	Fixé = 1	ESTIME	ESTIME	Fixé aux mesures	
	Epaisseur des couches	ESTIMEE	Epaisseur couche 2 estimée	ESTIMEE	Epaisseur couche 2 estimée	ESTIMEES	
	% de cailloux par couche	Fixé = 0	Fixé = 0	Fixé = 0	Fixé = 0	Fixé = 0	
	Argile, calcaire, Norg, albedo horizon 1	Fixés à partir de BDD régionale en fonction du type de sol de surface				Fixés, à partir de mesures ponctuelles moyennées	
	CI	CI azote par couche	Fixé = 0				
		CI eau	Fixé à vide à la fin de l'été précédent				
		CI plante	Date de levée simulée ou estimée				
	ITK	résidus de récolte	Fixés				
variété, date semis, densité, date de levée, dates et doses irrigation et fertilisation							
Variables observées utilisées dans l'inversion		Lai et/ou Fapar SPOT5					
A priori / contraintes sur les paramètres estimés		lois uniformes, bornes larges					

Méthode d'estimation des paramètres

❖ Differential Evolution Adaptive Metropolis (DREAM ; Vrugt, 2016)

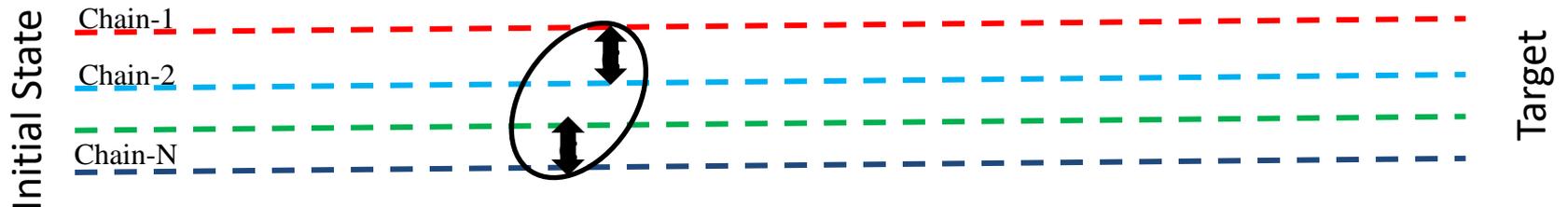
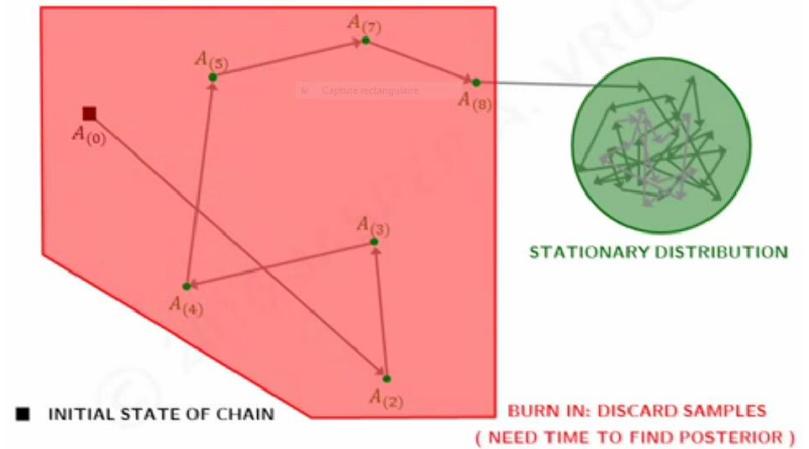
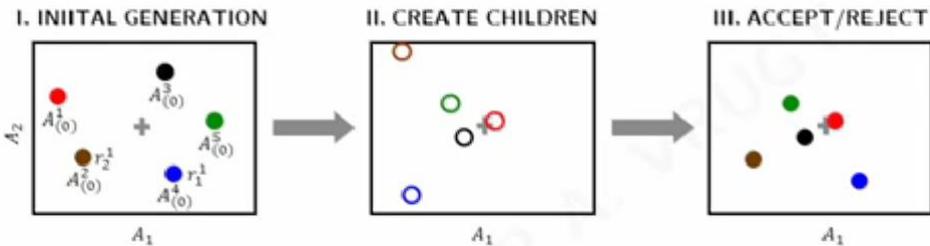
❖ Méthode Bayésienne

=> Prise en compte d'information a priori

=> Approximation de la distribution a posteriori des paramètres estimés

$$P(\theta|y) = \frac{P(y|\theta)P(\theta)}{P(y)}$$

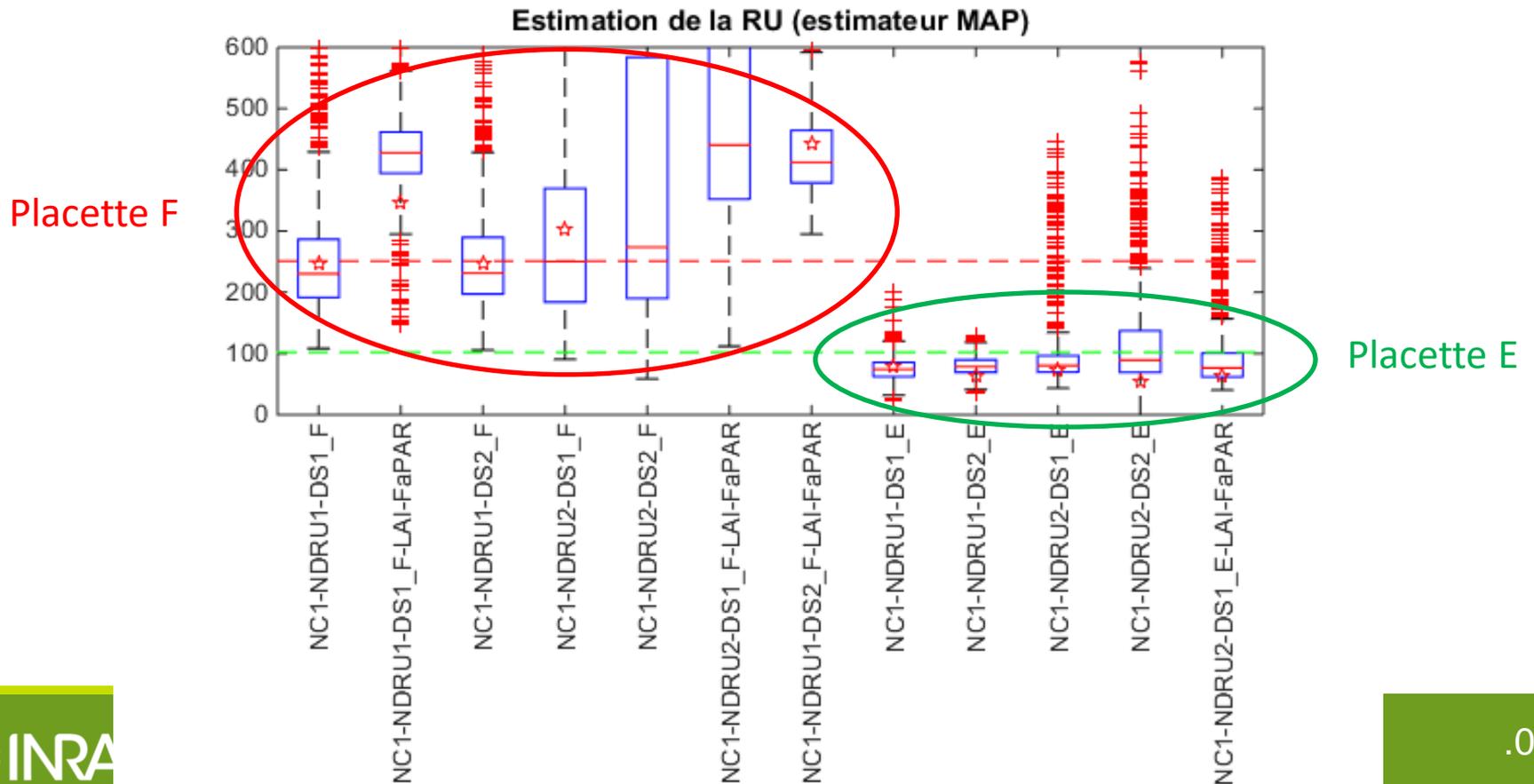
❖ Méthode MCMC multi-chaines



Résultats

Estimation de la RU sur 2 placettes

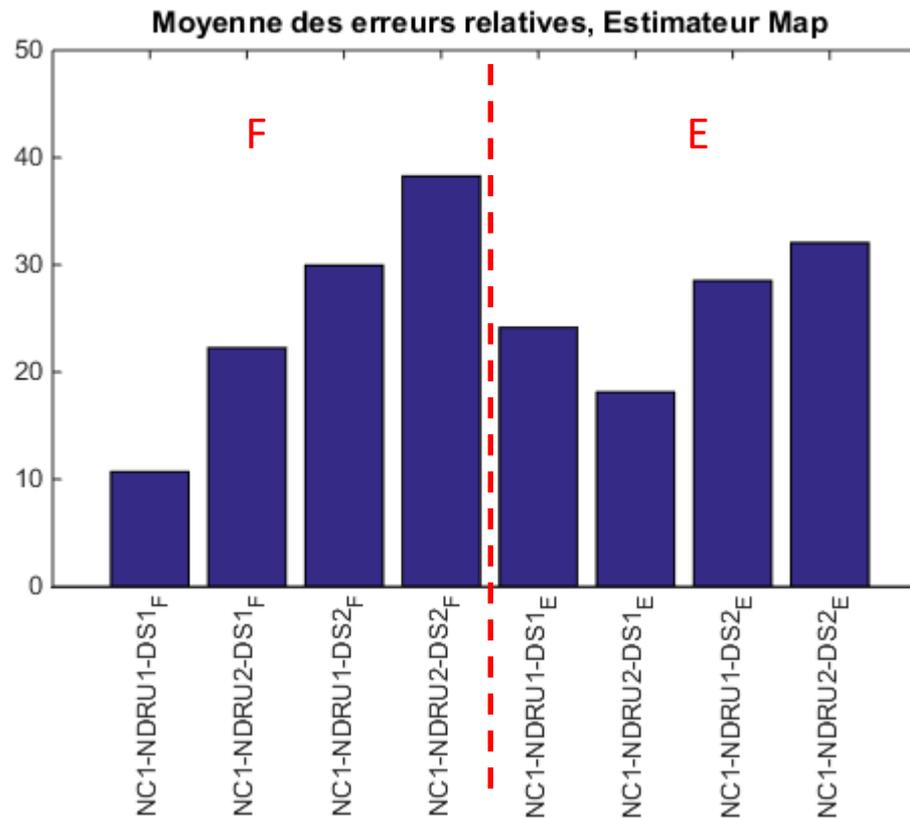
- ❖ L'inversion de STICS discrimine bien la RU entre les placettes E et F et les résultats sont plutôt bon sur E mais de qualité variable sur F



Résultats

Impact du niveau de discrétisation de la RU

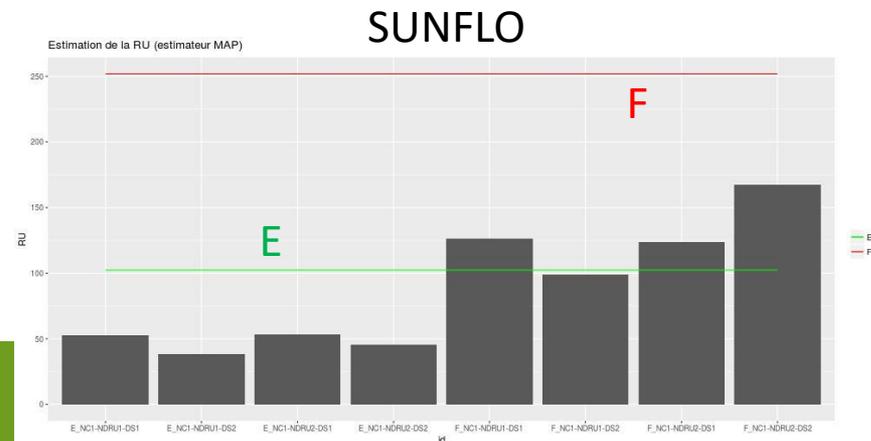
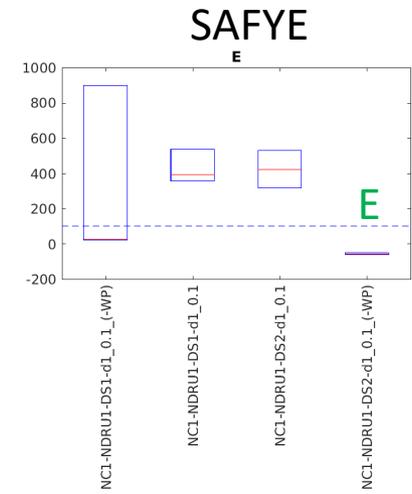
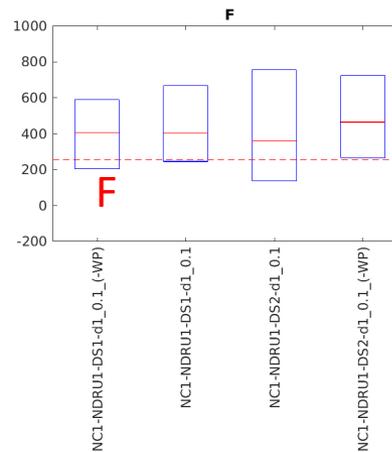
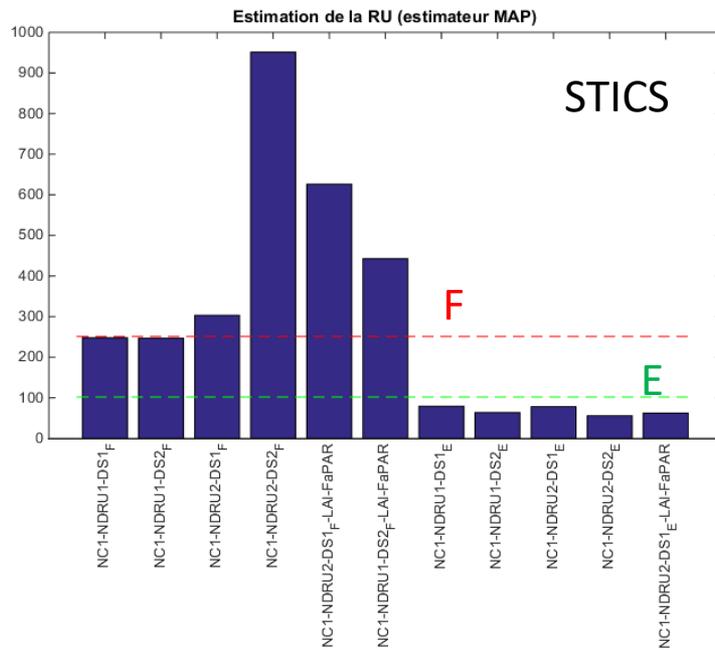
- ❖ La qualité d'estimation des paramètres est variable et plus il y a de paramètres à estimer, moins les composantes sont bien estimées : perfs $RU1-DS1 > RU2-DS1 > RU1-DS2 > RU2-DS2$



Résultats

Impact de la complexité des modèles

- ❖ C'est avec le modèle le plus complexe que l'on obtient les meilleures estimations de la RU



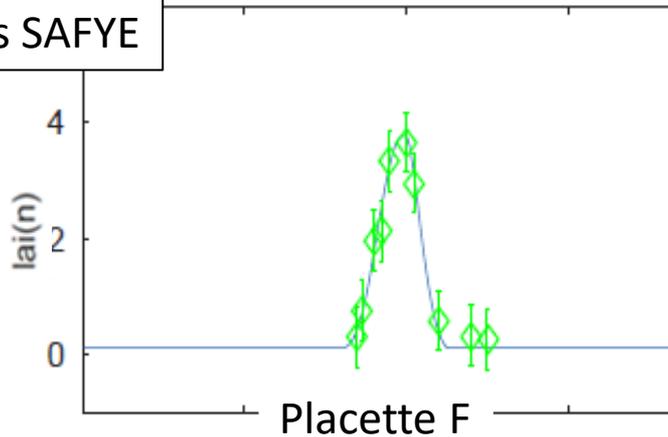
Résultats

Impact de la complexité des modèles

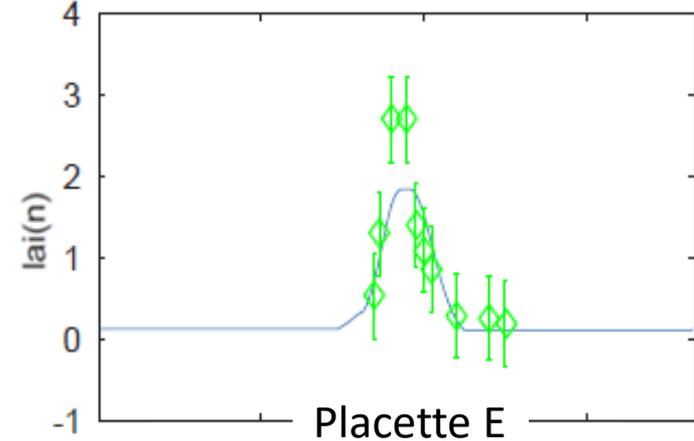
- ❖ Il faut un minimum de finesse dans la description du stress hydrique pour bien reproduire son effet sur la dynamique de végétation :

rmse=0.20 ef=0.98 md=0.00

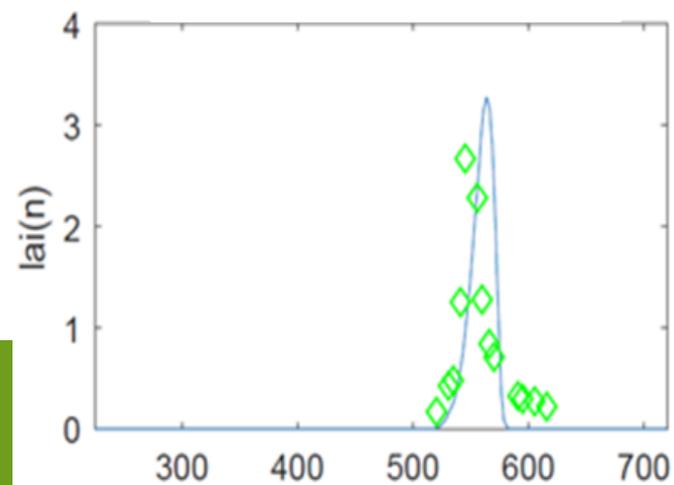
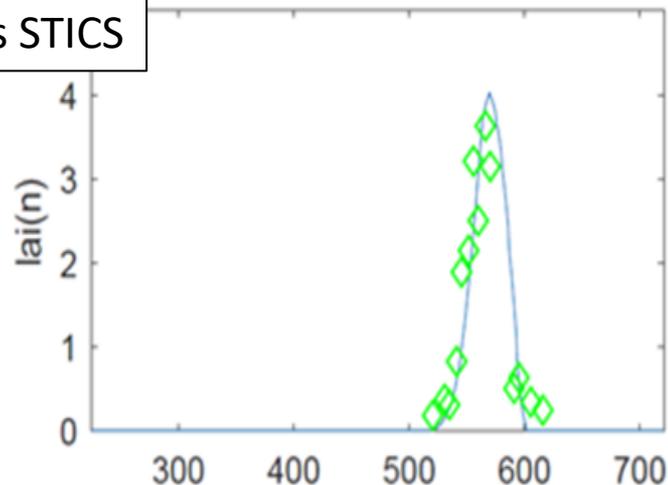
Inversions SAFYE



rmse=0.50 ef=0.68 md=0.12



Inversions STICS

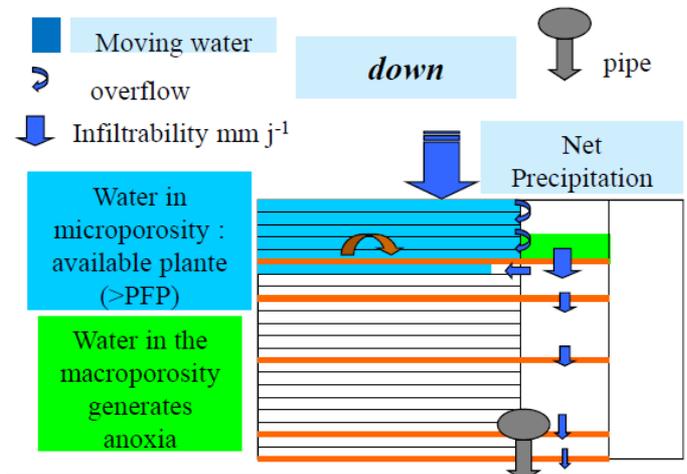


Résultats

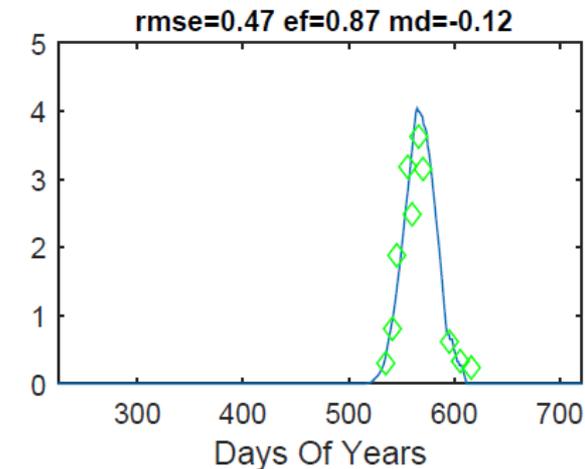
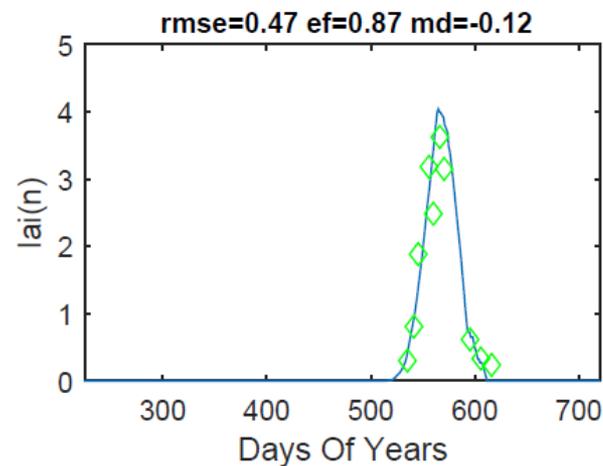
Impact de la complexité des modèles

❖ Intérêt de la discrétisation fine du sol :

- ❖ Avec SAFYE et SUNFLO, un sol profond peut engendrer du stress en diminuant la quantité d'eau accessible par les racines
- ❖ Avec STICS ce n'est pas le cas, l'eau s'écoule par couche de 1cm -> pas de sensibilité du LAI à la profondeur du sol au-delà de la profondeur maxi des racines



Prof des racines 150cm



Prof du sol 258cm

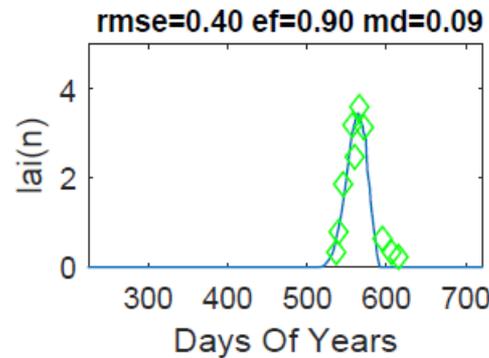
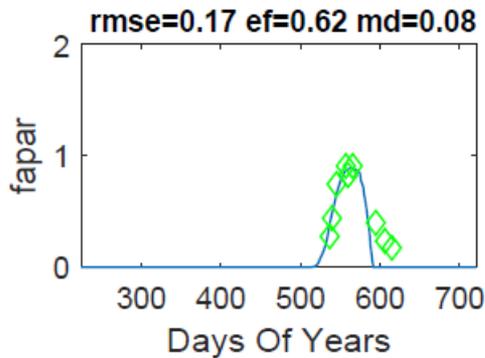
Prof du sol 160cm

Résultats

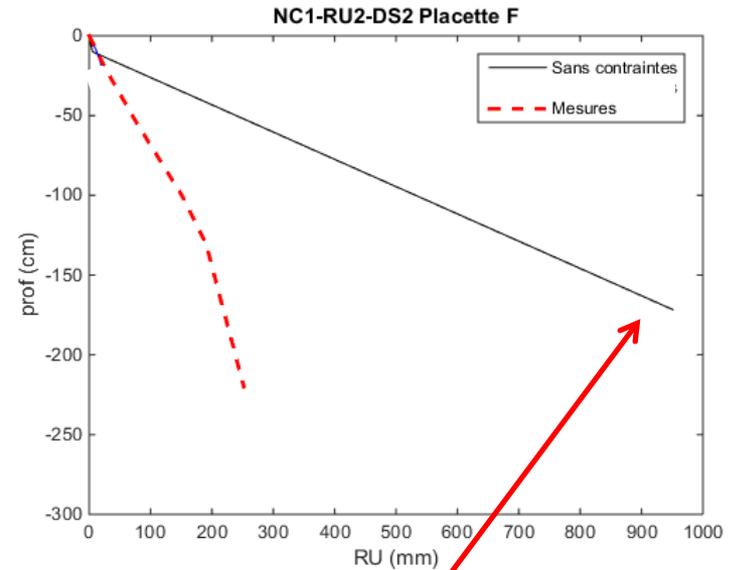
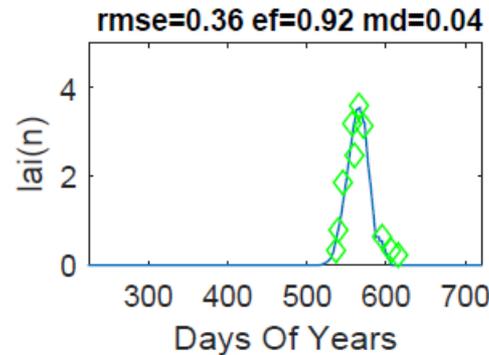
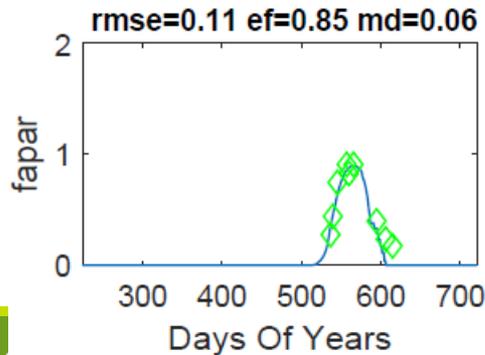
Impact de la complexité des modèles

- ❖ La plasticité du modèle STICS peut entraîner un overfitting des observations en créant des situations extrêmes

Simulation à partir des mesures



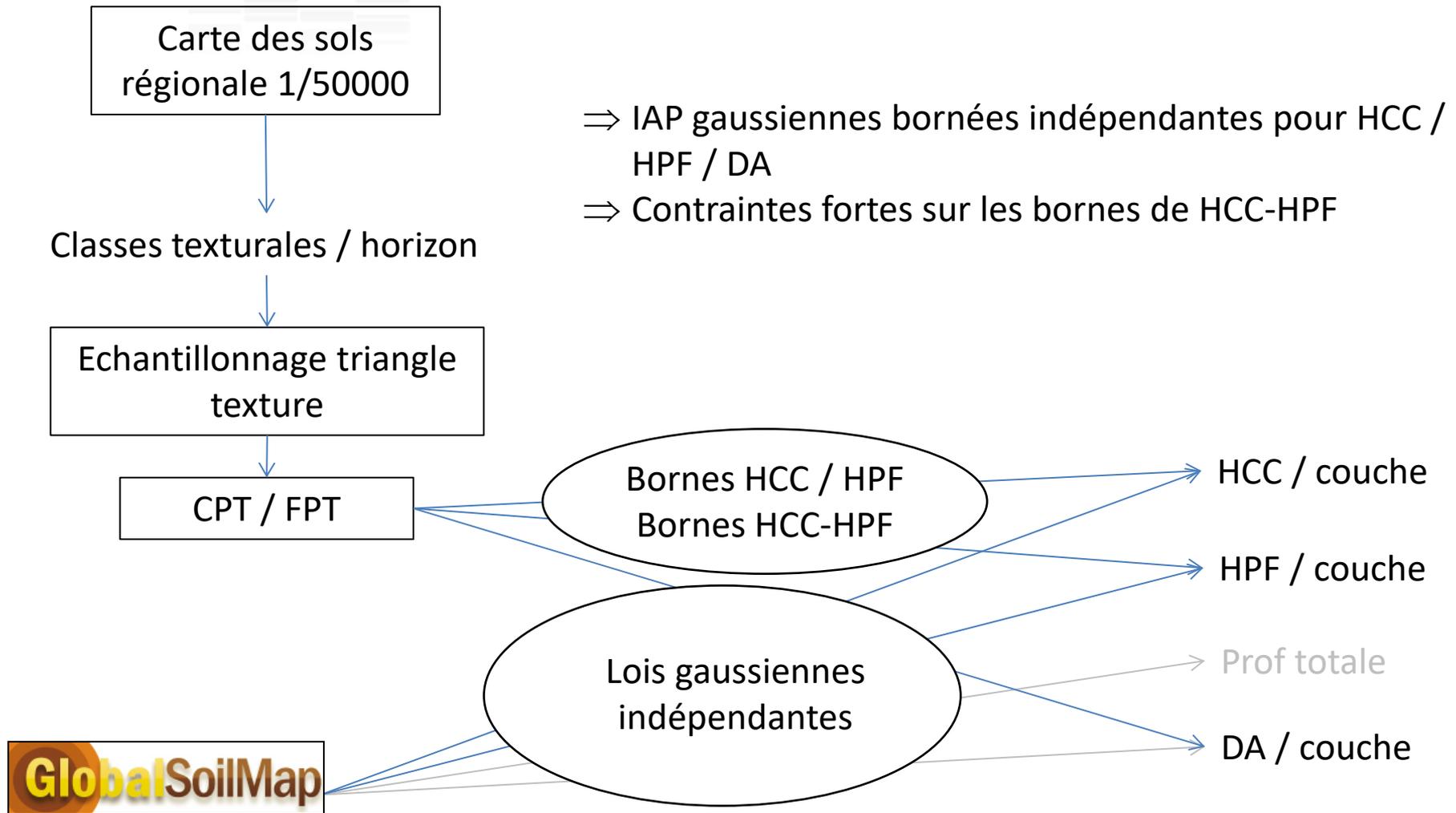
Inversion sans contraintes



Profondeur sous-estimée
Très forte RU entièrement accessible
par les racines

Prise en compte des contraintes

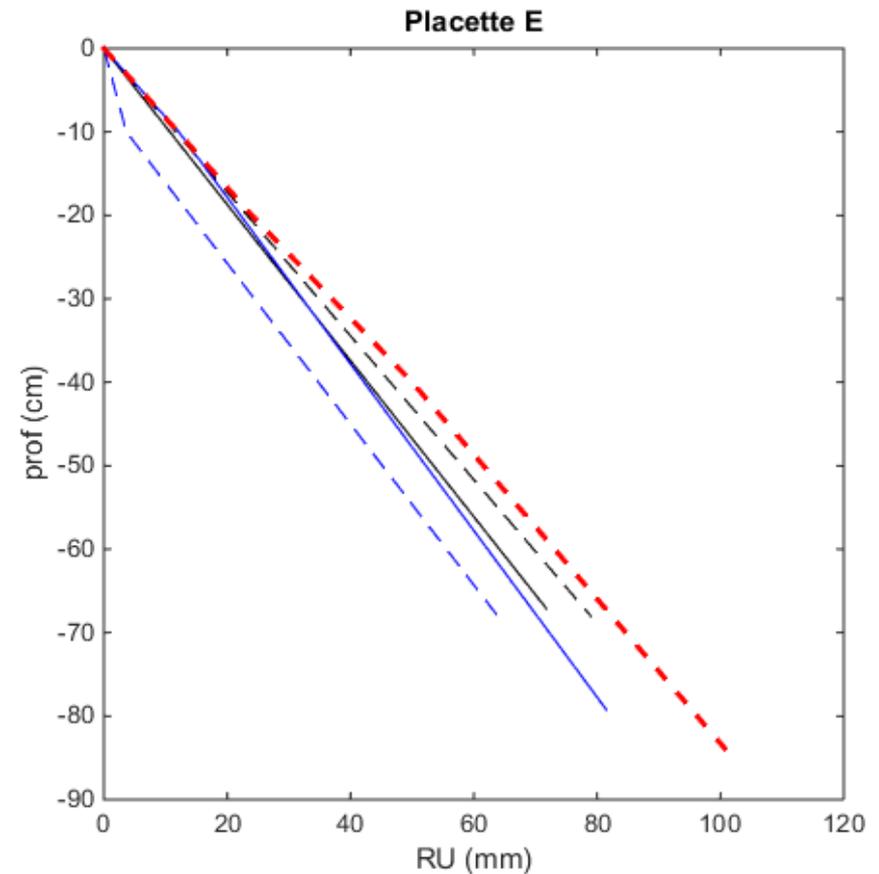
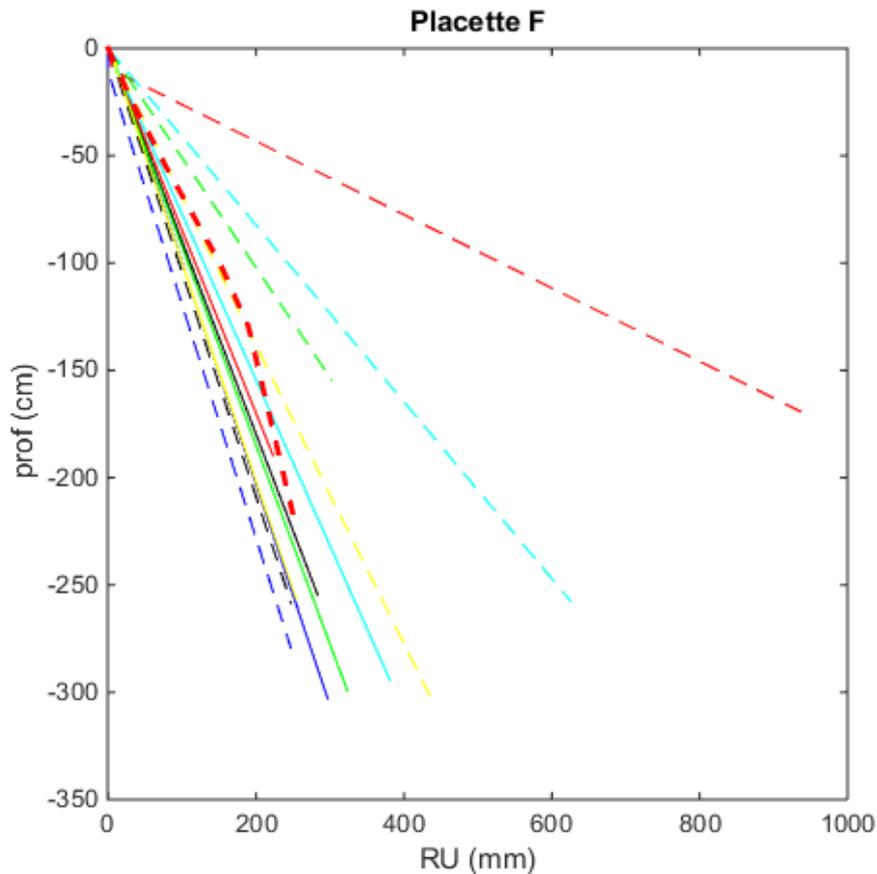
Source de données et définition des contraintes



Résultats

Impact de l'ajout des contraintes sur l'estimation de la RU

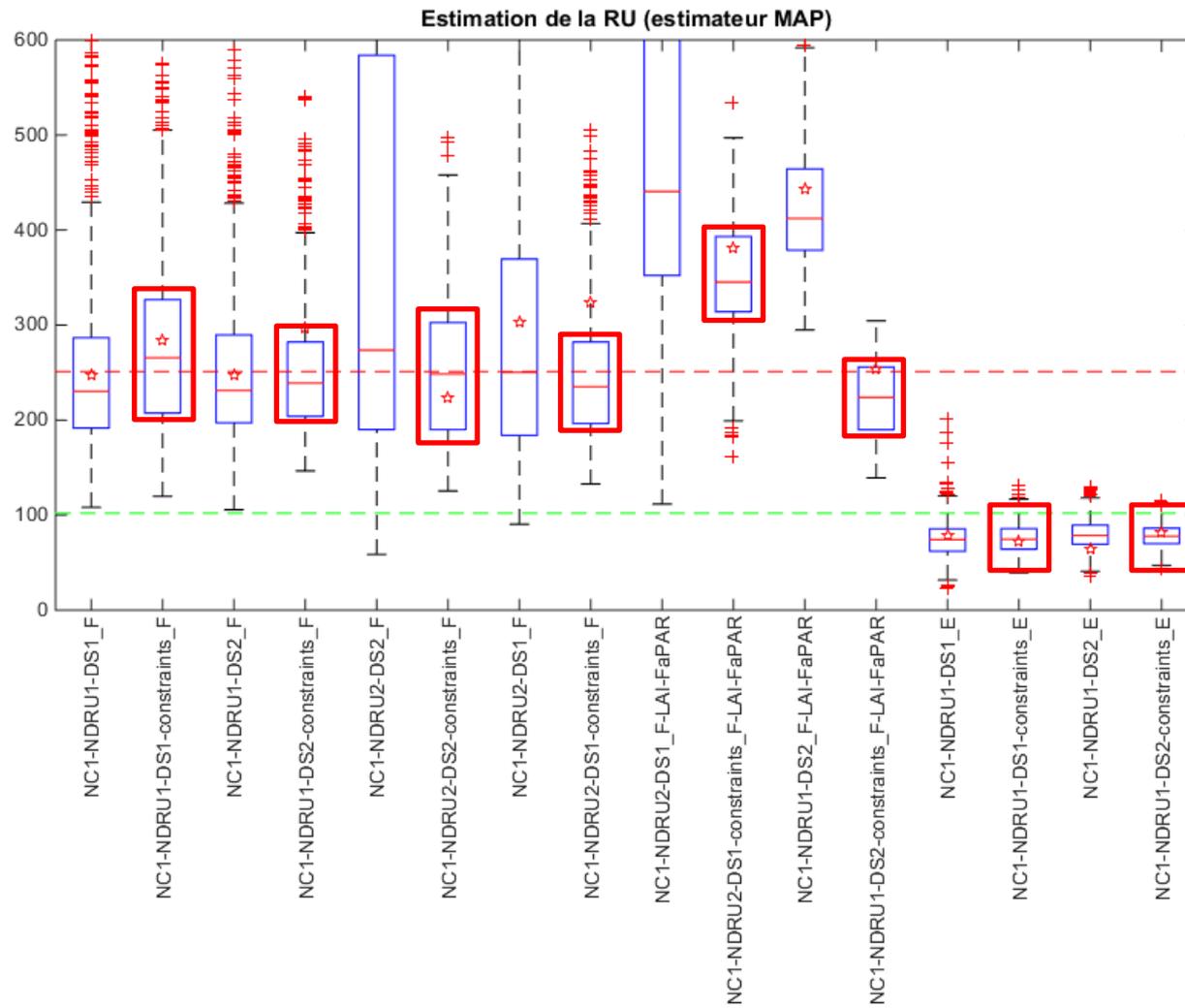
- ❖ RU et profondeur sont souvent plus proches des mesures



Résultats

Impact de l'ajout des contraintes sur l'estimation de la RU

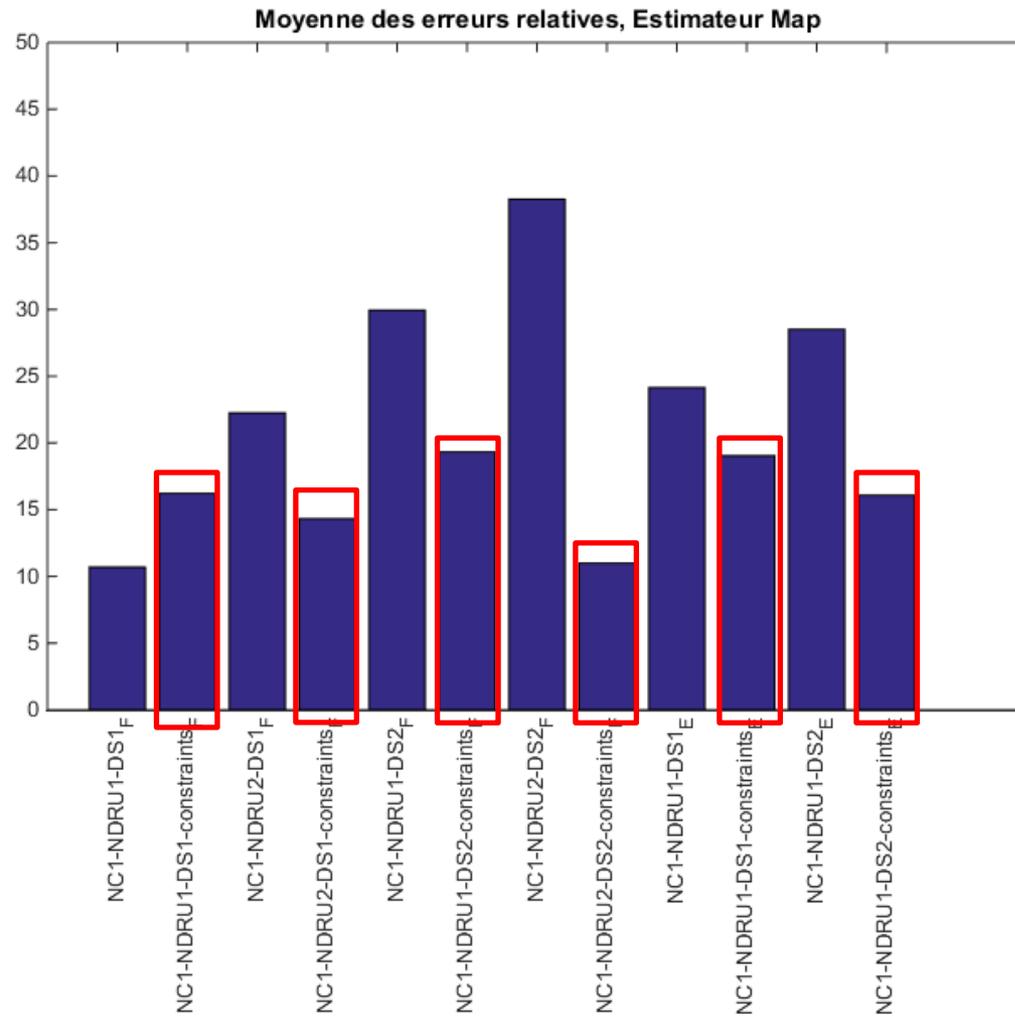
- ❖ Les incertitudes sur la RU sont réduites



Résultats

Impact de l'ajout des contraintes sur l'estimation de la RU

- ❖ Les erreurs relatives sur les paramètres estimés sont réduites



Résultats

Impact de l'ajout des contraintes sur un cas d'overfitting

❖ Scenario NC1-RU2-DS2

Profondeur, propriétés hydriques et RU beaucoup plus en accord avec les mesures

