



CNEREE



trema.ucam.ac.ma



ABHT



Suivi des Ressources en Eau en Méditerranée du Sud par Télédétection Spatiale

Quelques résultats pour l'aide à la planification de l'eau d'irrigation

Jarlan L., Khabba S. , Le Page M. , Er-Raki S., Kharrou H., Simonneaux V.
... et al.

Toulouse Space Show 2016

L'observation de la terre en Afrique, enjeux de développement, 30 juin 2016

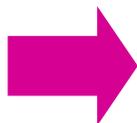
Fonctionnement d'un bassin pluvio-nival en Méditerranée du Sud



Tensift Catchment



- Haut Atlas = **château d'eau** avec un régime mixte pluie/neige
- Eau utilisé principalement par **l'agriculture irriguée** en plaine (~ 85 %)
- **Bassin peu jaugé**: Manteau neigeux ? Recharge des nappes souterraines ? **Prélèvements amonts** et aval ?



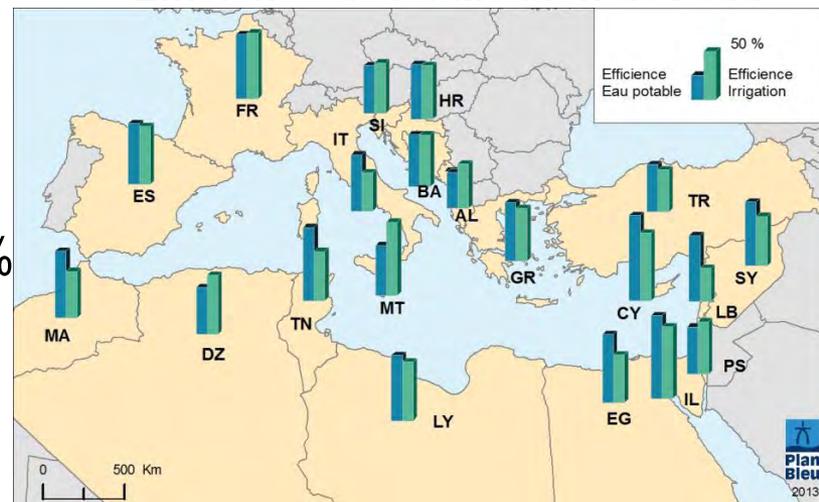
Recours à l'observation spatiale



Ressources en Eau en Méditerranée du Sud

- **Des ressources limitées** et sur-exploitées
 - **83 %** mobilisée par l'agriculture basé sur l'offre disponible
 - **Faible efficacité** : 55% en moyenne, < 50% au Maroc
 - **peu de régulation/contrôle**

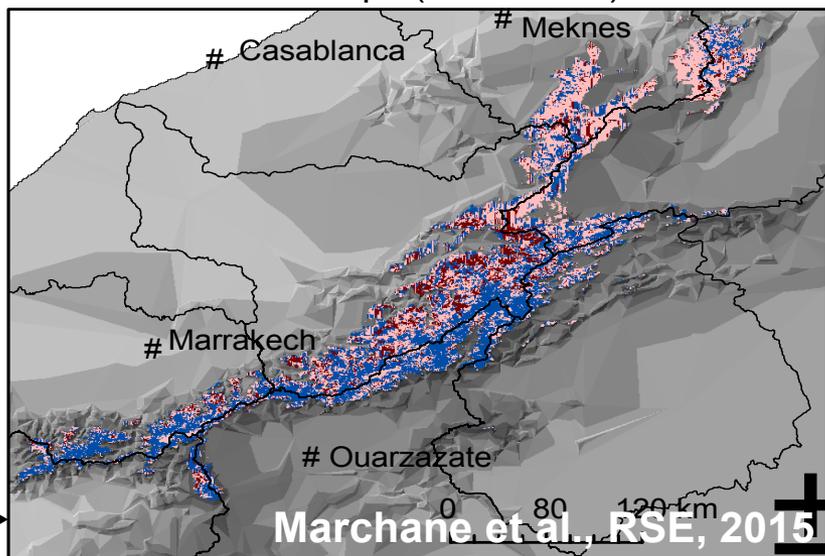
Efficiency de l'utilisation de l'eau



plan bleu 2012

Tendance sur le nombre de jours enneigés

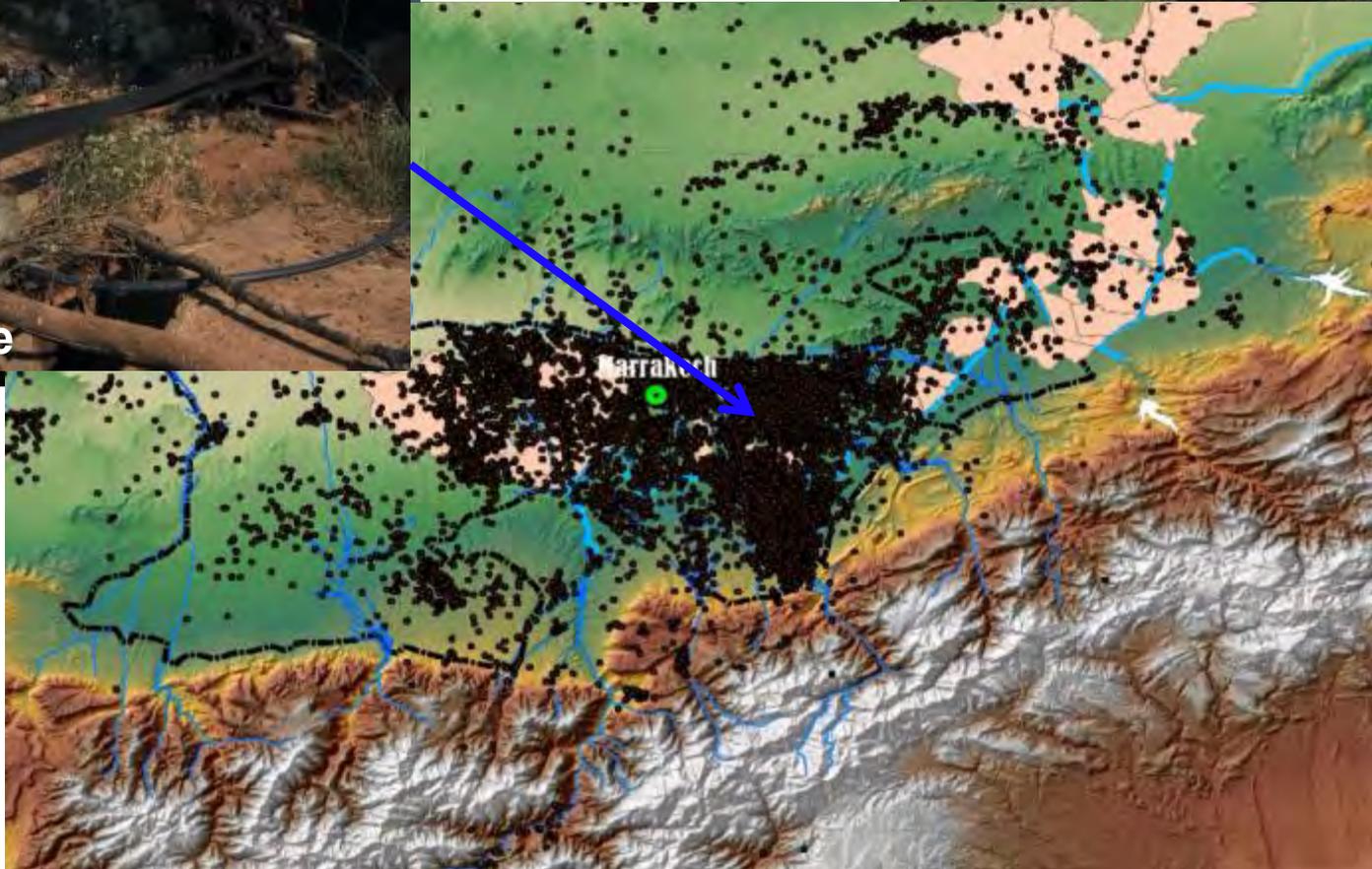
Printemps (2001-2015)



■ Changements globaux

- ➡ **précipitation hivernale** (>2050) , ↗ température (dés 2021-2050)
 - **Diminution des apports d'eau de surface**
- **Demande en augmentation** (extension et intensification agricole)

Un système d'irrigation complexe et une irrigation basée sur l'offre



Nécessité de développer des outils pour l'estimation des besoins en eau et l'aide à la décision



Analyse expérimentale du bilan hydrique des cultures irriguées

Bilan hydrique de 10 ans de mesure *in situ* sur les cultures irriguées de la plaine du Haouz: **pertes par évaporation et infiltration**

Culture	Blé R3	Olivier R3	Olivier d'Agdal	Oranger Saada 1	Oranger Saada 2	Oranger D'Agafay
Fraction du couvert (f_c)	0 - 1	0.25	0.6	0.7	0.3	0.35
Type d'irrigation	Gravitaire	Goutte-à-goutte	Gravitaire	Goutte-à-goutte	Gravitaire	Goutte-à-goutte
Irrigation + Pluie (mm)	303	1084	1154	1172	713	1101
Perte par infiltration	27.4 %	41 %	26 %	29 %	31 %	35 %
Perte par évaporation	-	18 %	14-28 %	-	-	22 %

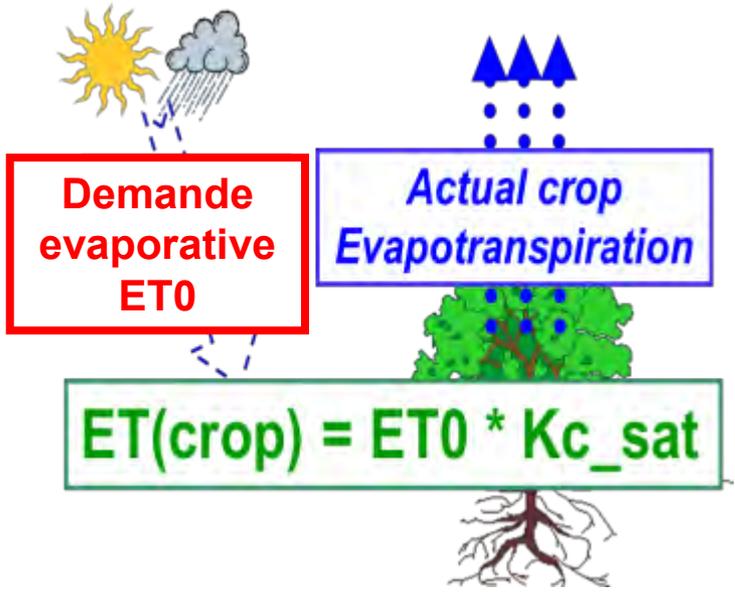
Source: Khabba et al., 2013



Evapotranspiration des cultures irriguées de plaine par télédétection spatiale

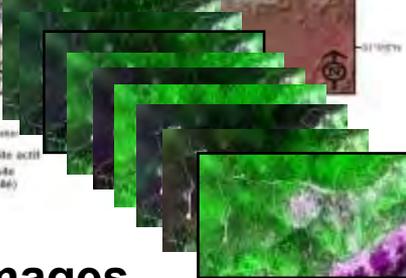
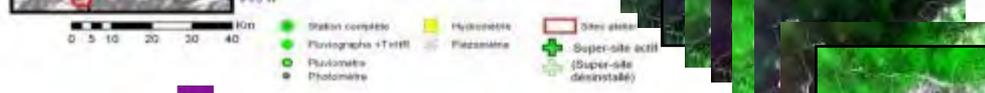
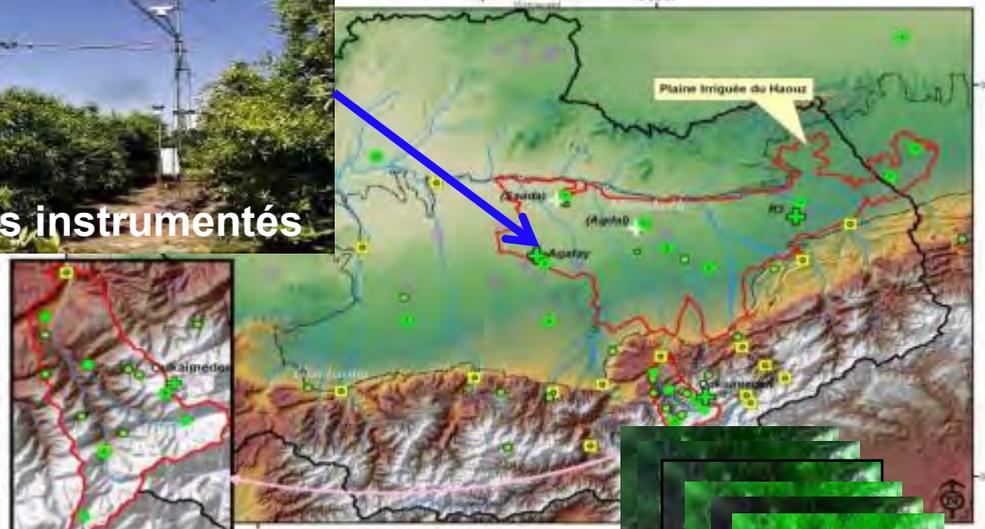
■ Approche simple et robuste: la méthode FAO-56 double coefficient

Calibration et validation de l'approche FAO-56



Sites instrumentés

Observatoire Tensift



HR images



SATellite Monitoring of Irrigation (SAMIR software)





Application de l'approche FAO-56 en conditions réelles (SPOT4/take5)



Récolte 2012-2013

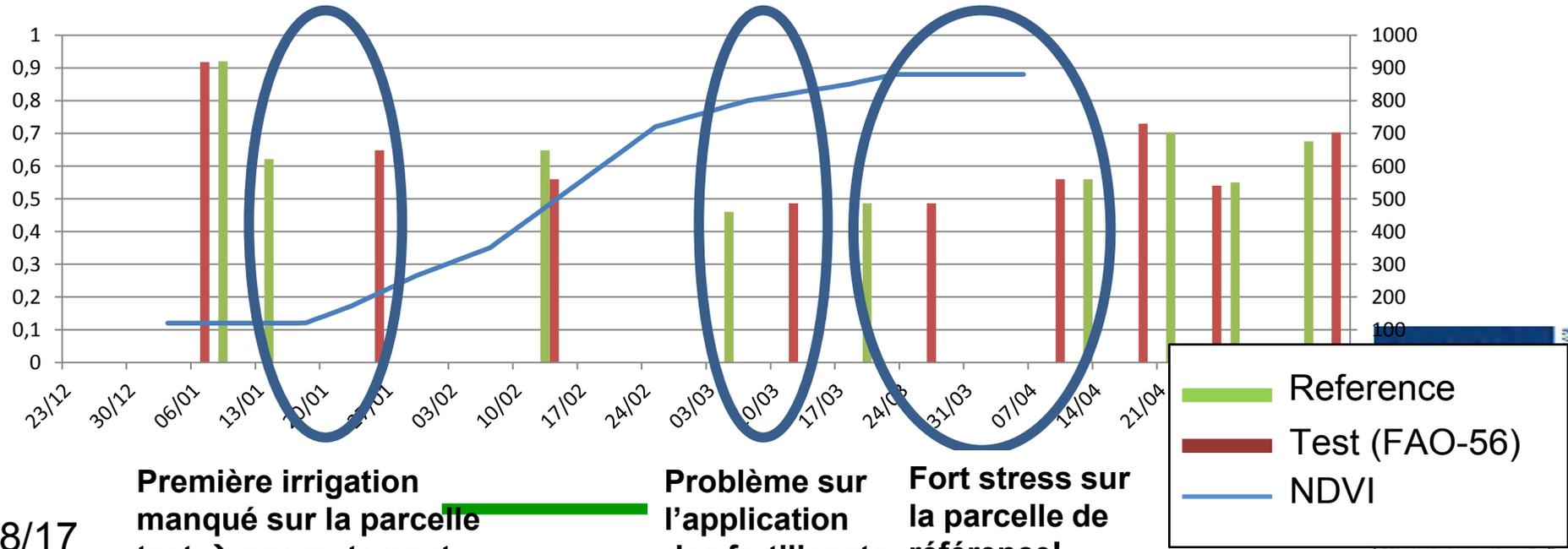


Application of the FAO-56 approach in live: results

Une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau ...

Yields	Grain(Qt/ha)	Aerial biomass (Qt/ha)	Water amount (m3/ha)	Water Productivity (kg/m3)
FAO-56	43	18	5620	7.7
Reference	46	24	6400	7.1

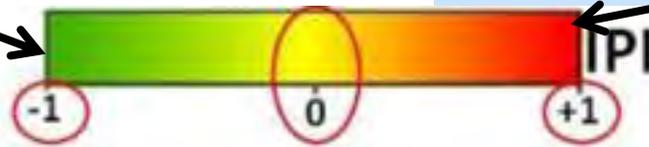
... malgré des conditions initiales très défavorables





Aide à la décision pour la planification des tours d'eau à l'échelle des périmètres irrigués

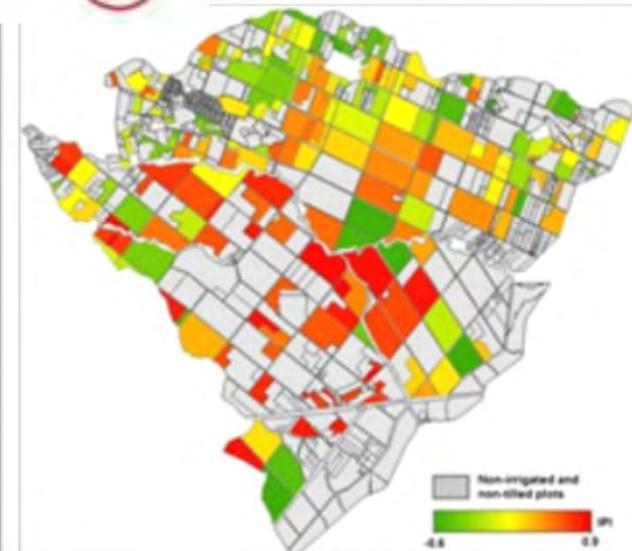
- **Nombreuses contraintes de réseau** (ordre d'irrigation des parcelles imposé, débit fixe) et de main d'œuvre (ouverture des vannes ...)
- Irrigation tardive
Parcelle stressée
- Irrigation précoce
Parcelle non stressée



- Nouvel indice pour évaluer **la planification basée sur** (1) le stress de la culture et (2) le temps par rapport au début du tour d'eau

$$IPI_i = \frac{K_{s,i} - K_{s,\min}}{K_{s,\max} - K_{s,\min}} - \frac{t_i}{T}$$

Irrigation Priority Index (IPI)

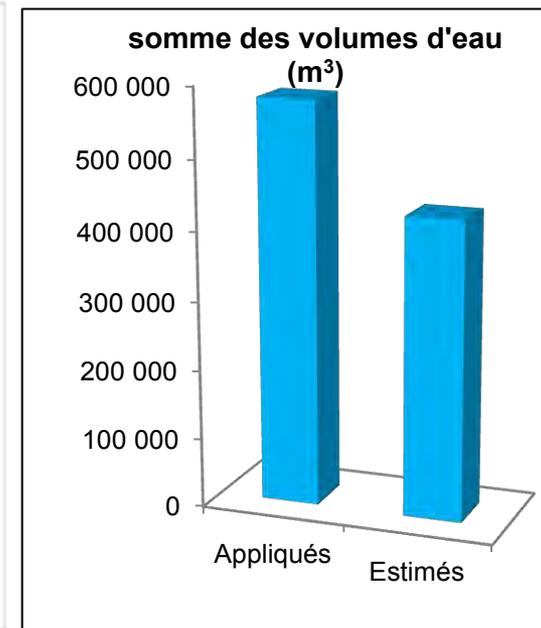
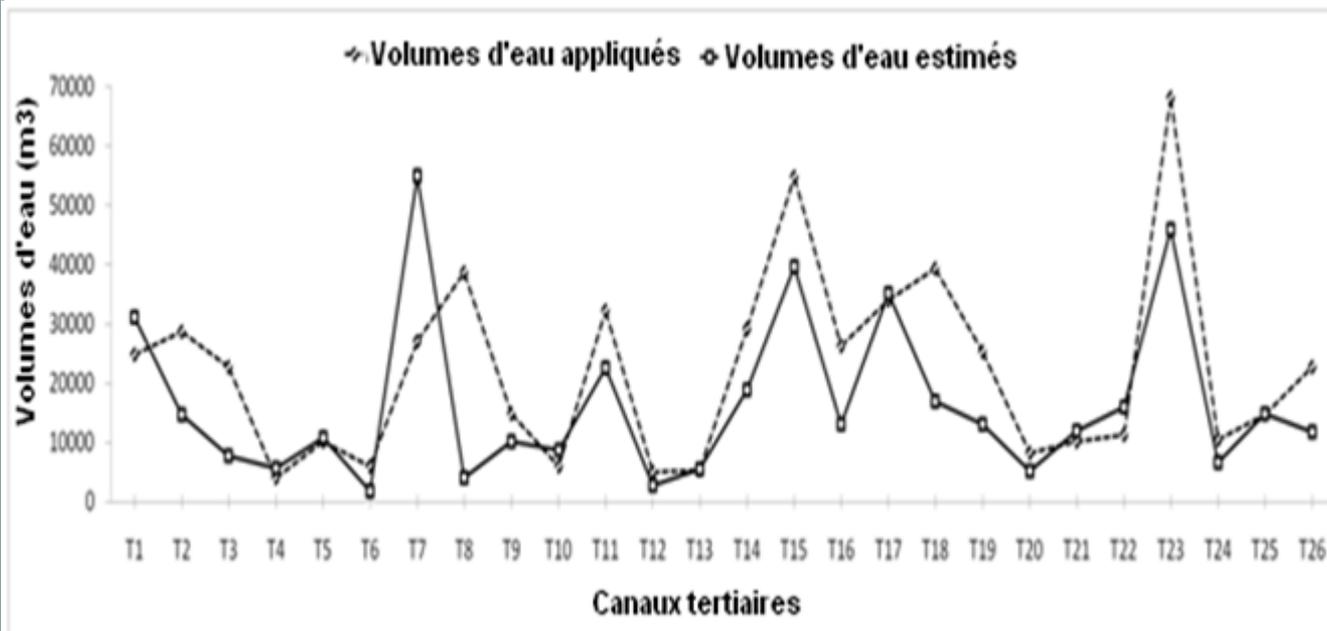


IPI image pour le 2^{ème} tour d'eau 2012-2013, périmètre R3 (Marrakech)



Aide à la décision pour la planification des tours d'eau

- **Optimisation de l'IPI** en tenant compte des contraintes du réseau existant



Comparaison des apports d'eau avant et après l'optimisation



Réduction potentielle des apports de 25%



Vers un service web pour la planification de l'irrigation

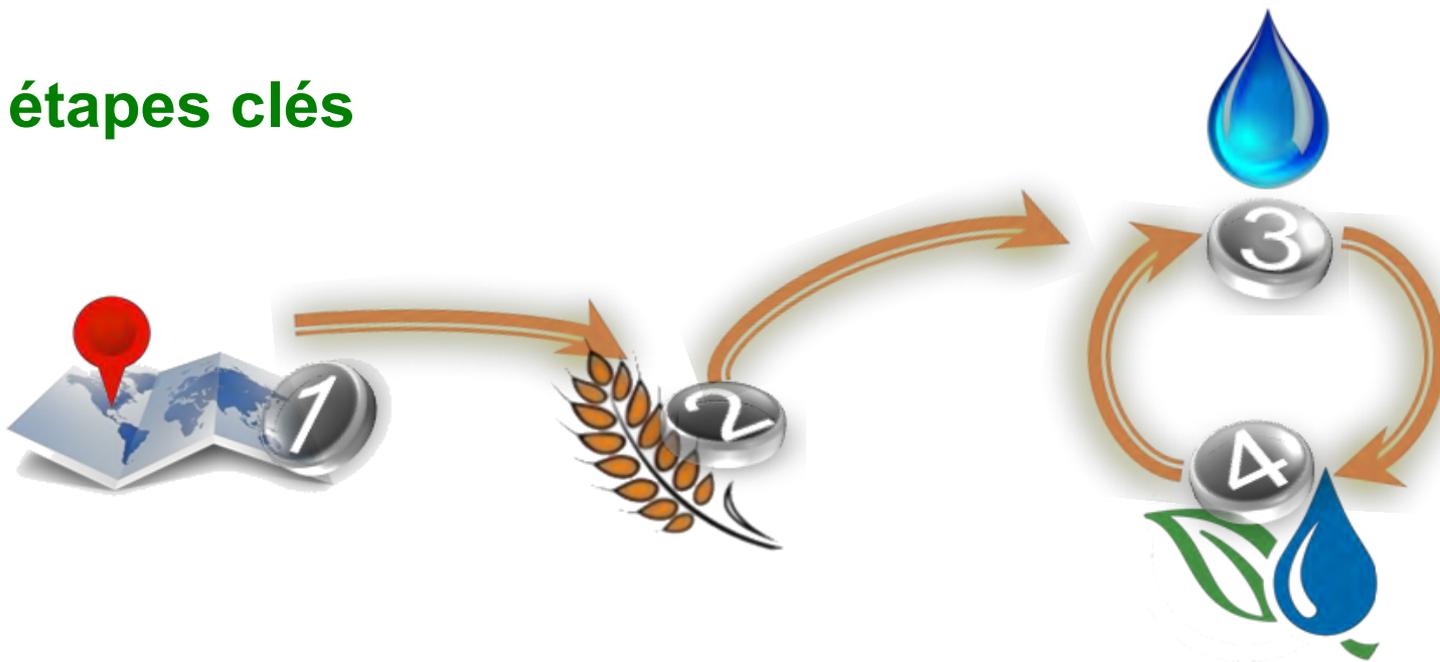
- **Outil SAMIR:**
 - Outil convivial mais demande quelques compétences et matériel
 - Basé sur des outils commerciaux (= payant !)
 - Quelques limites à son utilisation: acquisition satellite et traitement
 - Outil de bureau pour les gestionnaires
- **Développement d'un outil en ligne pour l'aide à la planification à l'échelle de la parcelle**
 - Facilement accessible de n'importe où
 - Simple (toutes les opérations sont transparentes pour l'utilisateur) → Données Sentinel-2
 - Économe en stockage, calcul, bande passante



Vers un service web pour la planification de l'irrigation

- Prototype en ligne: <http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/Satirr/>

4 étapes clés





Prototype en cours de test

(1) Dessin des parcelles



SAT IRR *Satellite for Irrigation scheduling*

Alter sur une parcelle | **Créer une parcelle**

200m

Initialisation de la Parcelle

Nom de la Parcelle: Ma parcelle
Description:
Date de semi: 2015-01-01
Votre culture: Blé Sudmed
Votre sol: Limon argilo_limoneux
Irrigation: Irrigation gravitaire

Ok! Annuler

Vous pouvez modifier, consulter (graphes ou tables) et irriguer vos parcelles en cliquant sur les logos!

	Nom	Culture	Date de semi	Station Meteo	Supprimer	Modifier	Irriguer!	Graphe	Table
	test2	Pomme de terre	2014-12-01	KAIROUAN					00279 01712 61224



Prototype en cours de test



(2) Description des parcelles

SAT-IRR - Mozilla Firefox
File Edit View History Bookmarks Tools Help
SAT-IRR phpPgAdmin
http://localhost/Satirr/Acceuil/EAU/calcul/Formulaire.php?id=83 javascript chiffer en ca

SAT IRR *Satellite for Irrigation scheduling*

ACCUEIL QUI SOMME NOUS ACCÈS UTILISATEUR CARTE CONTACT

Bonjour ouiaâ sayad younes

Description des Parcelles

Description parcelle

Parcelle
Choisissez une parcelle

Culture
Choisissez la culture

Sol
Choisissez le type de sol

Mode d'irrigation



Prototype en cours de test



(3) Prescription irrigation

SAT IRR *Satellite for Irrigation scheduling*

Test2 2014-12-01

Irrigation de la parcelle

Choisissez une parcelle:

Dose en Millimètres:

Date:



Prototype en cours de test

(4) Consultation des résultats



SAT IRR *Satellite for Irrigation scheduling*



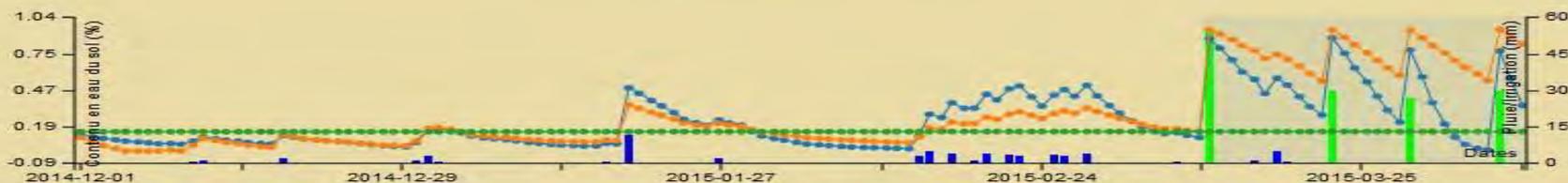
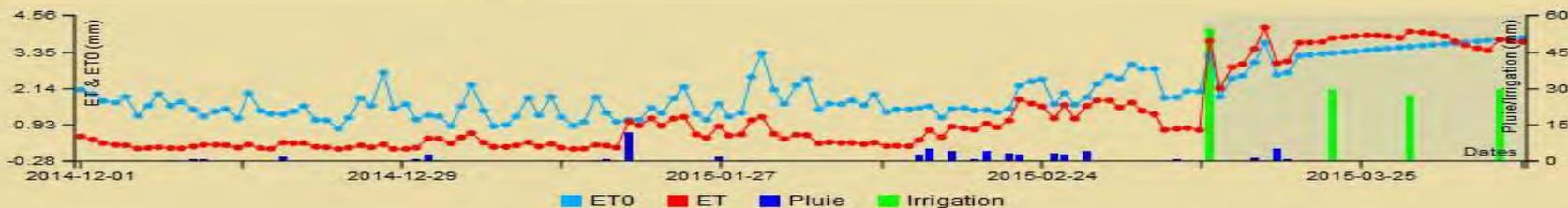
18

Test2

2014-12-01



86229
1712
61224





Conclusion et perspectives

- La contribution de la télédétection pour la gestion de l'eau agricole est indéniable (besoin en eau, efficacité de l'utilisation de l'eau, aide à la planification ...) ...
- ... mais doit être accompagnée de formations pour les agriculteurs et d'une régulation renforcée de l'utilisation de l'eau
 - Importance des sciences sociales
- L'implication des gestionnaires est essentielle très tôt dans le processus
- Perspectives
 - **Développement et Valorisation de l'outil**: Assimilation Sentinel-1 / Expérimentation en conditions réelles à l'échelle d'un périmètre irrigué
 - **Fonctionnement hydrologique intégré** : prise en compte des scénarios d'irrigation indispensable pour établir des scénarios d'évolution des ressources

Quelques références

Belaqziz, S. et al., 2014, Computer and Electronics in Agriculture.

Jarlan, L. et al., 2015, Int. J. Remote Sens.

Khabba, S. et al., 2013, Procedia Environmental Sciences.

Le Page M. et al., 2014, Remote Sens.

Documentaire :
<https://www.youtube.com/watch?v=p2ZlqBarOgk>

Financial support



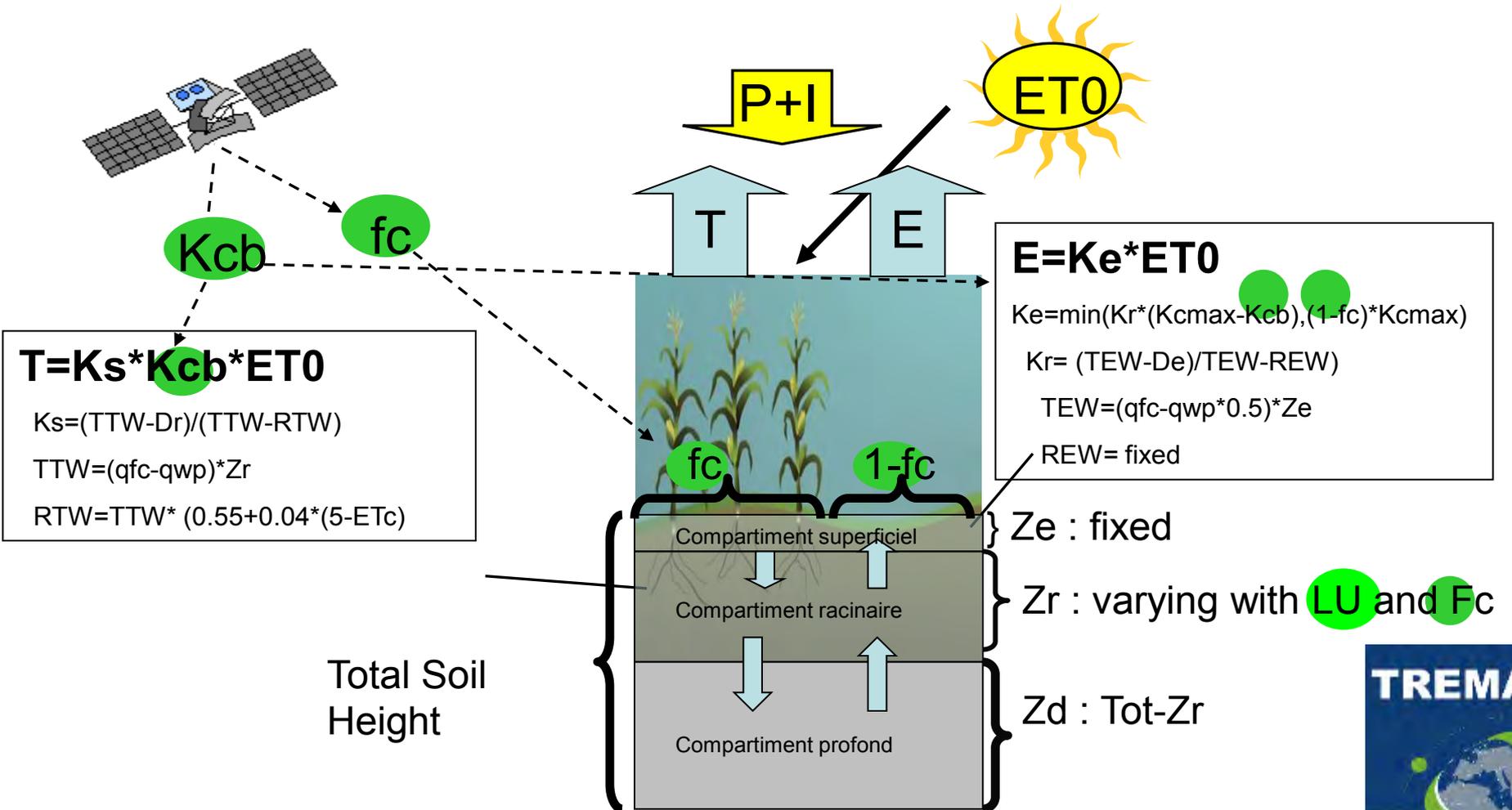
<http://trema.ucam.ac.ma>





Evapotranspiration des cultures irriguées de plaine

La méthode FAO-56 double coefficient

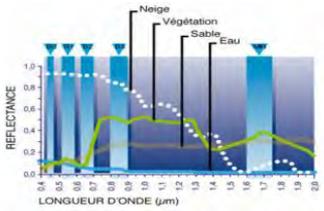




Suivi des surfaces enneigées à l'aide du produit MODIS journalier (MOD10 A1)

Tendance de la durée d'enneigement (2001-2013)

MODIS
Band B4 and B6
Band MIR/B3/B0
Journalier

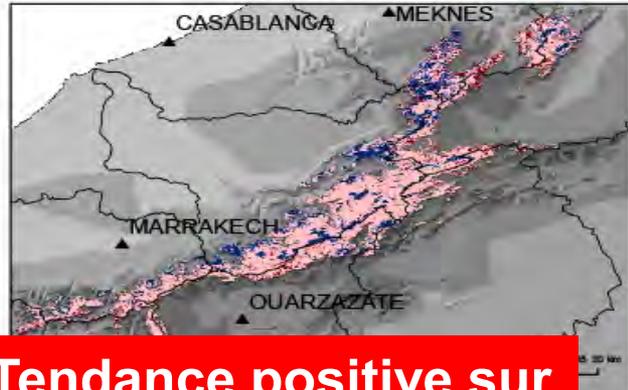


Indice de neige: NDSI



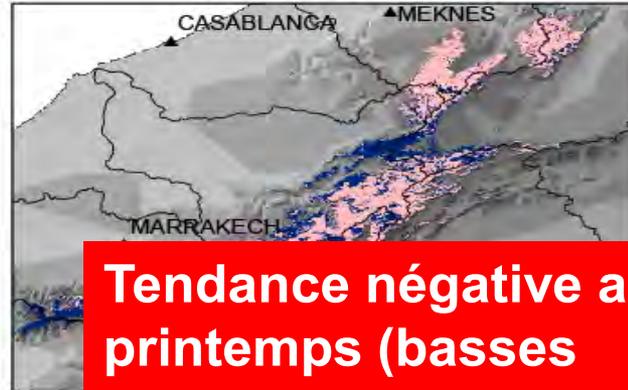
Fraction d'enneigement (%)

October-November

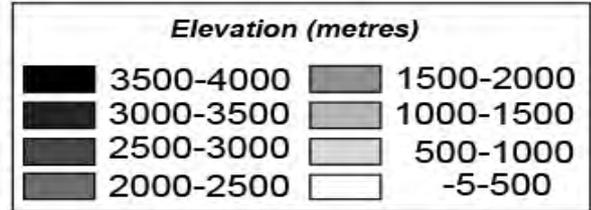
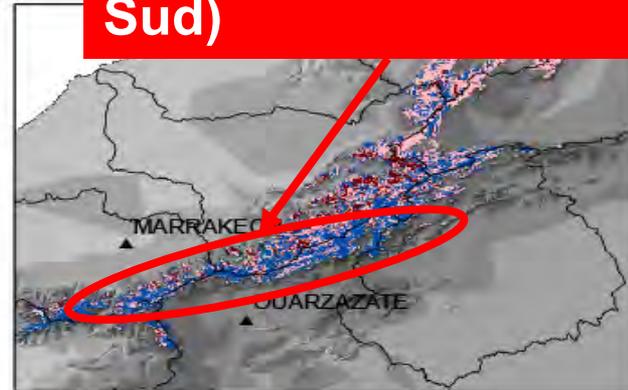


Tendance positive sur les zones de hautes altitudes

December-January

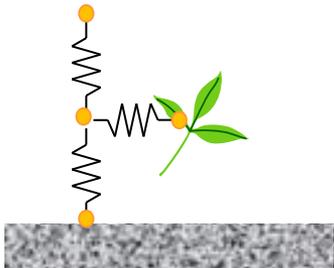
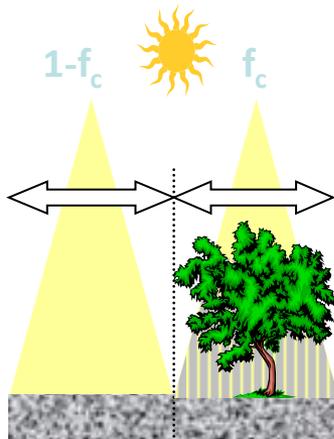
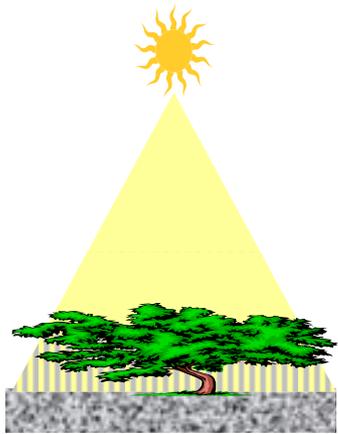


Tendance négative au printemps (basses altitudes, versant Sud)



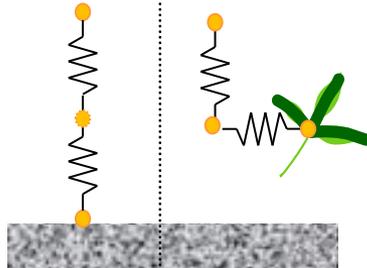


Soil Plant Atmosphere Remote Sensing Evapotranspiration (SPARSE) model



Layer scheme
Series model

coupled



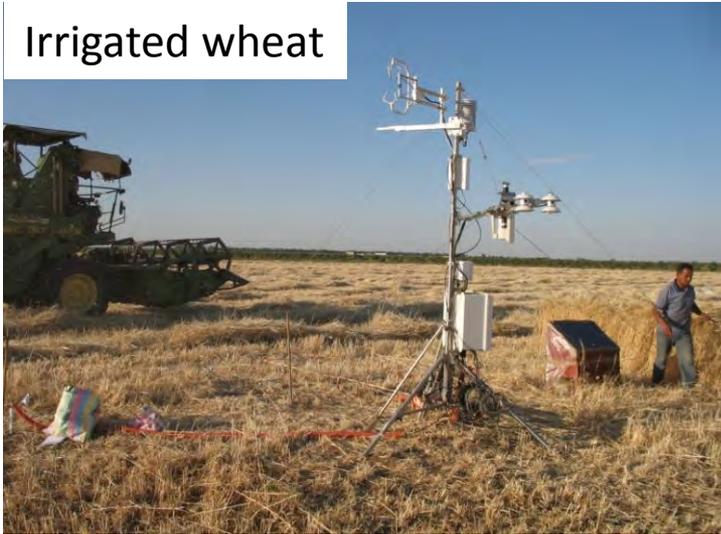
Patch scheme
Parallel model

uncoupled

- **Derived from TSEB** (Norman et al., 1995)
- Two versions, classical Shuttleworth and Wallace (1985) eqs commonly used in SVAT models
- Account for green and dry LAI
- Use component **potential evaporation and transpiration to bound outputs**



Latent Heat Flux LE from *in situ* TIR data



Total Latent Heat retrieval at midday; All skies conditions

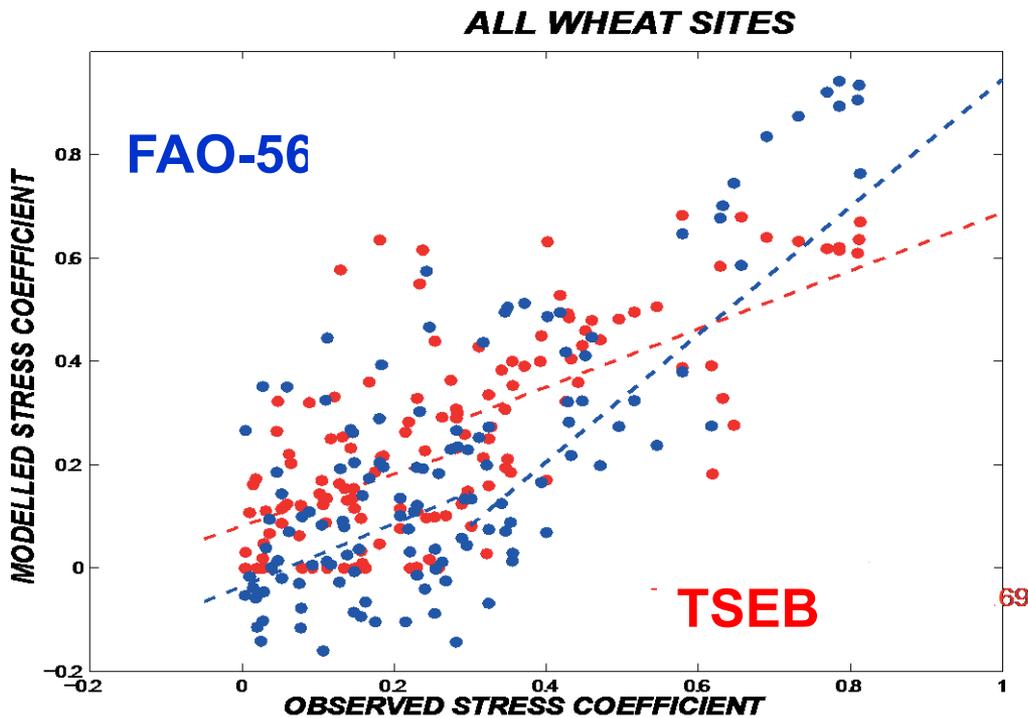
Bounding	Rainfed wheat						Irrigated wheat					
	No			Yes			No			Yes		
Performance criteria	RMSE	MAPE	CORR	RMSE	MAPE	CORR	RMSE	MAPE	CORR	RMSE	MAPE	CORR
SPARSE series	69	44	0.70	58	37	0.73	58	27	0.70	53	22	0.86
SPARSE parallel	72	45	0.77	70	44	0.77	77	40	0.77	66	26	0.77
TSEB parallel	99	78	0.77	73	45	0.73	83	39	0.77	65	26	0.78
TSEB series	109	59	0.74	70	38	0.72	90	31	0.74	73	27	0.70

→ SPARSE > TSEB; series > parallel

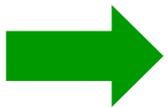


Total Stress Retrieval

- In comparison to a model solving a water budget (FAO-56) ...

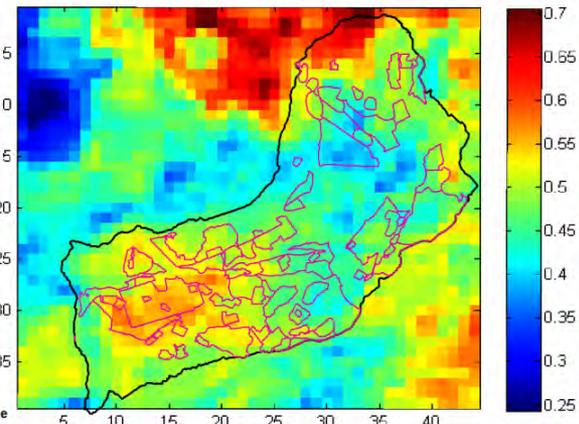
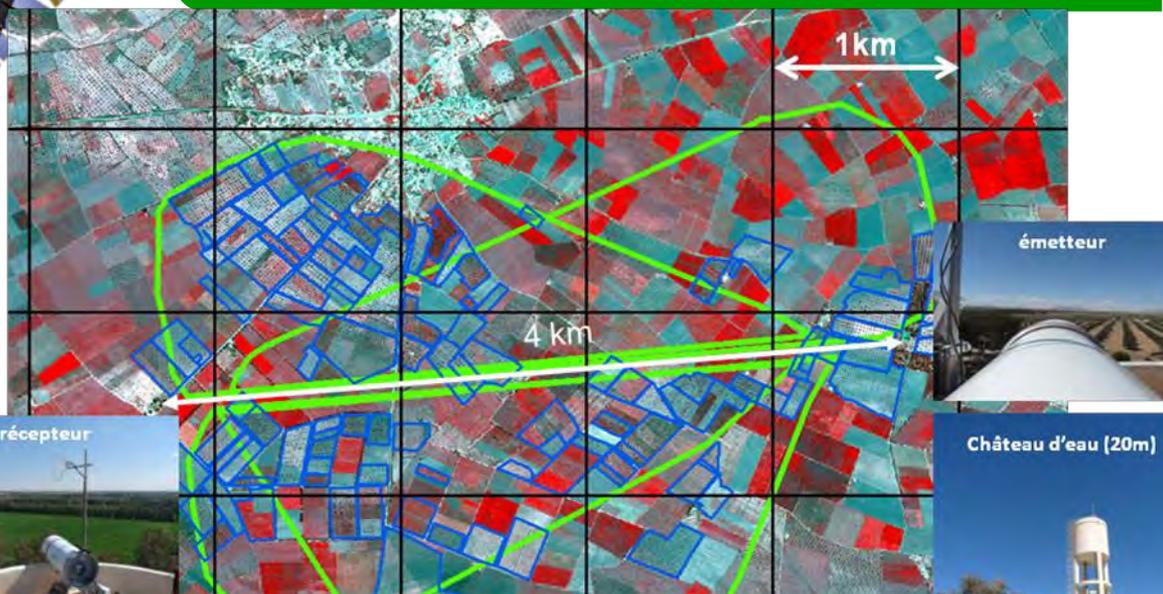
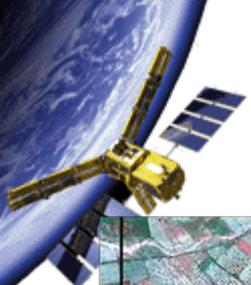


- $\text{Stress} = 1 - \frac{\text{ETR}}{\text{ETP}}$
- Fair performances apart from high water stress values



Potential for irrigation planning (no need of water inputs)

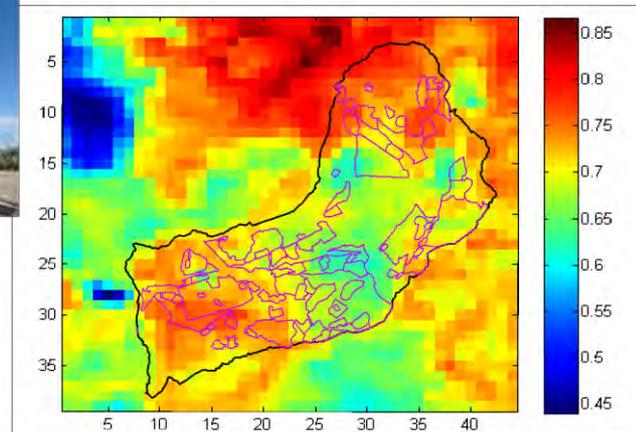
Maps of water stress from MODIS products



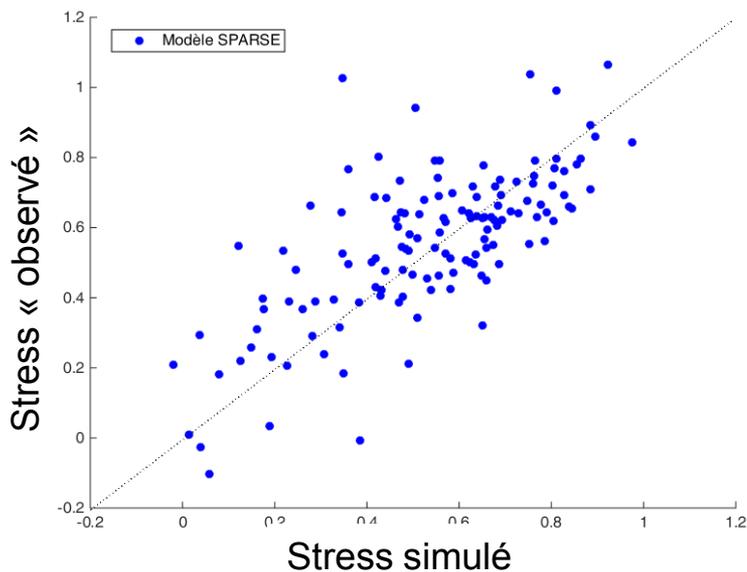
Carte de stress 22 mars 2013



blé, irrigués (2011-13)



Carte de stress 15 juillet 2013

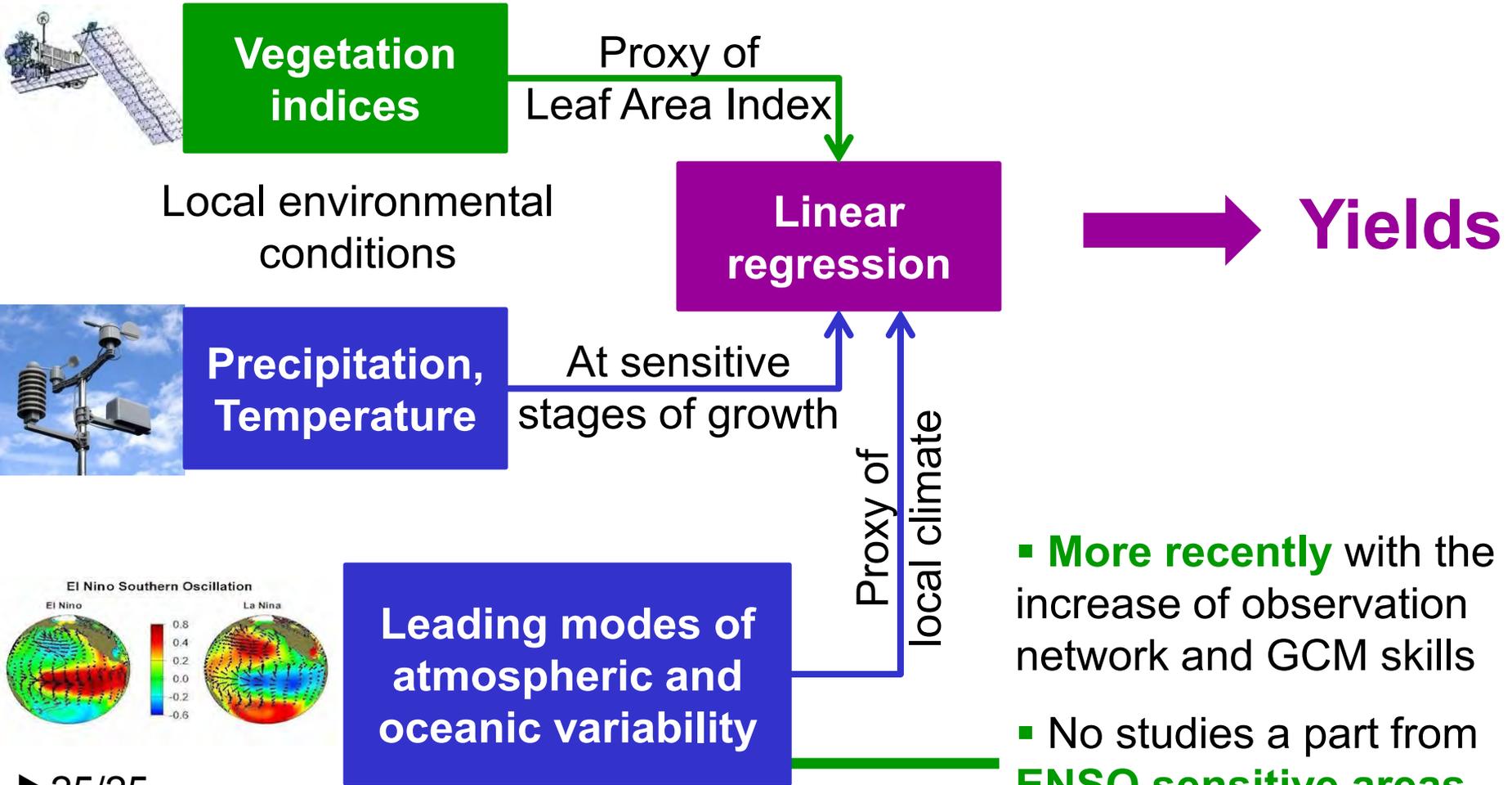


Cartes de stress (1-ETR/ETP) au km issues du capteur MODIS sur la plaine du Merguellil



Early Forecasting of Wheat yields

- **Usual approach adopted** by agriculture national department (cf. Ballaghi et al., 2008 for Morocco)



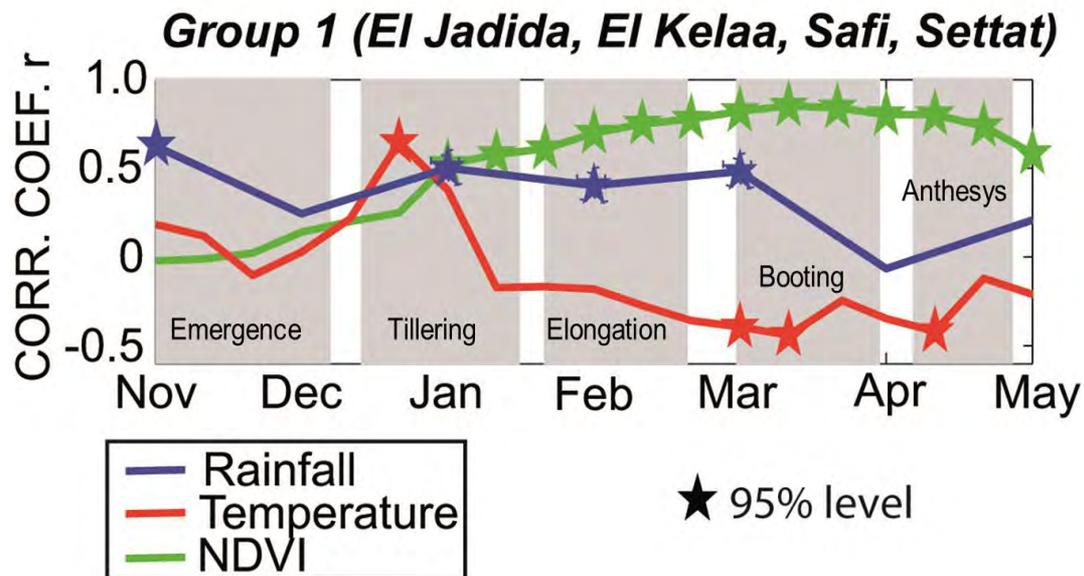
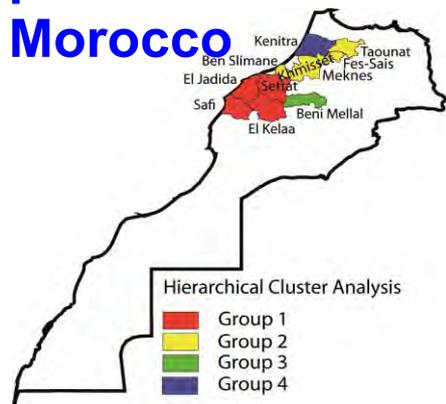
- **More recently** with the increase of observation network and GCM skills
- No studies a part from **ENSO sensitive areas**



Empirical prediction of grain yields in Morocco based on NDVI and climate indices

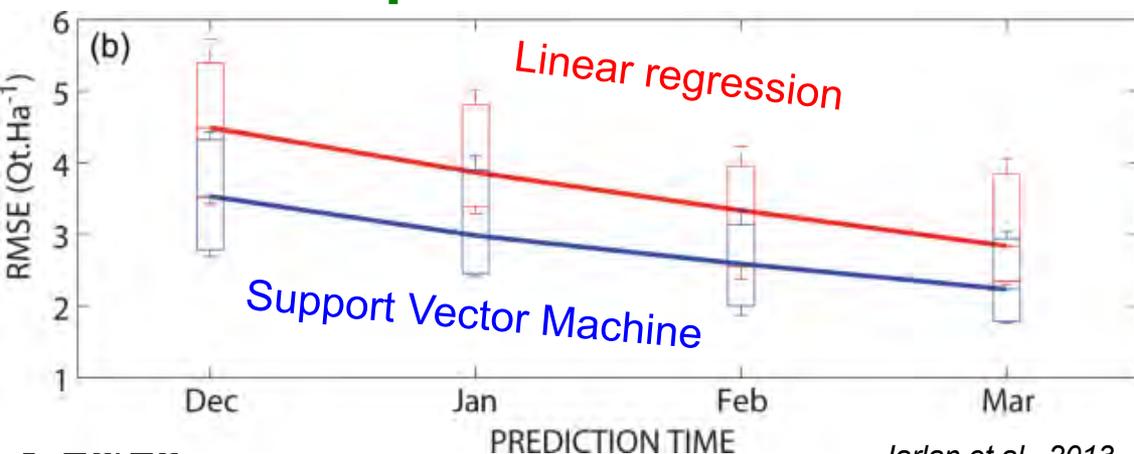
- Linkage between yields and NDVI and local/regional climate

Most productive province in Morocco



Jarlan et al., 2014

→ Seasonal prediction



Jarlan et al., 2013

- Accurate prediction from March (more than 2 months before harvest)