

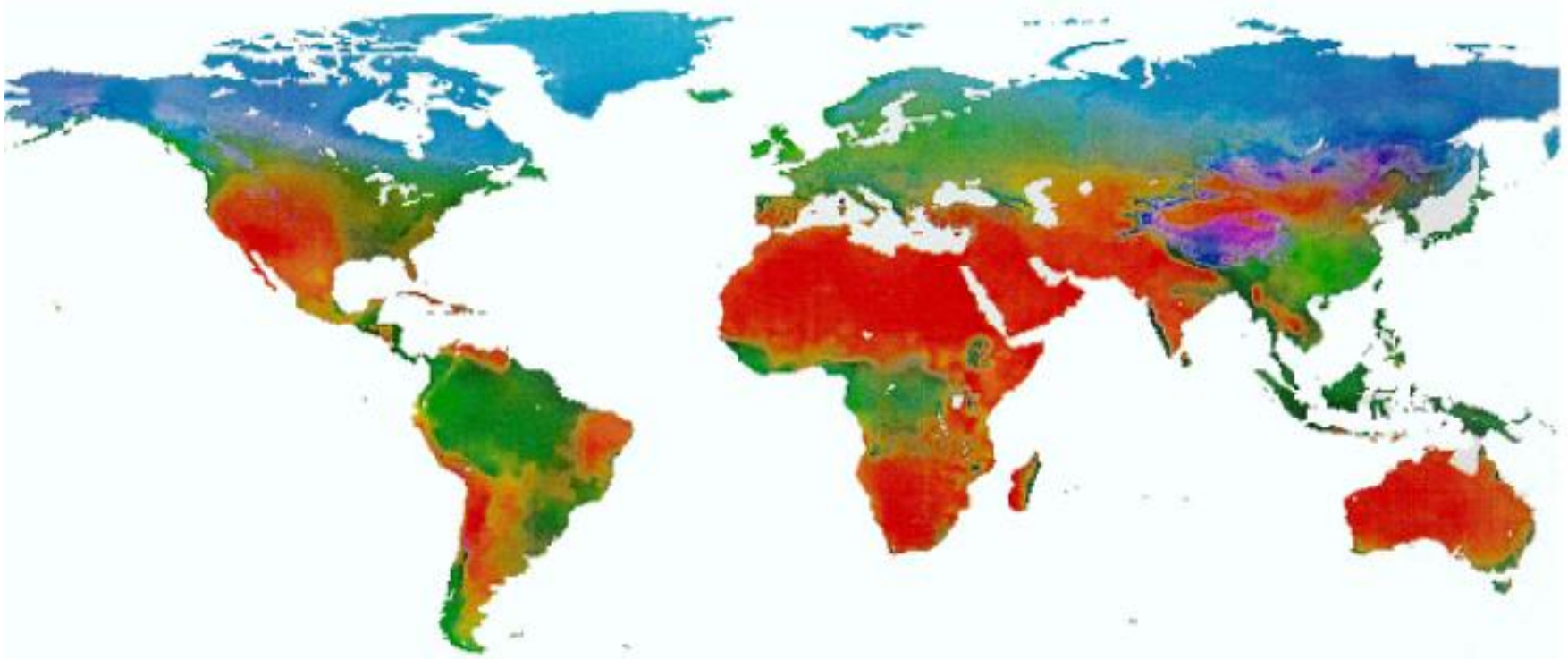
**Observation de l'eau depuis  
l'espace  
ou  
Eau et  
Changement climatique  
Que voit on de « là-haut »**

**Yann H Kerr**  
CNES CESBIO

# Qui Suis je?

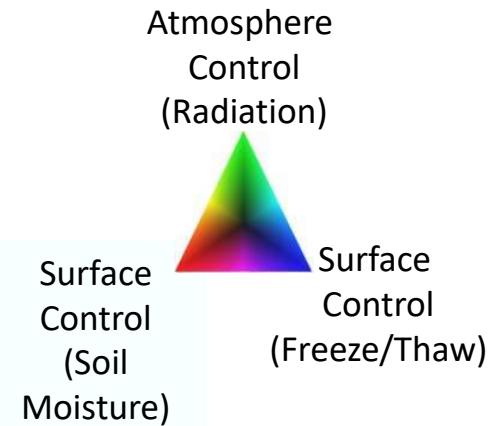
- Un agent CNES travaillant ...hum ...
- durant un passé proche....(Emerite)
- Au sein d'un laboratoire mixte CNES/CNRS/IRD/UPS
  - ❖ Le CESBIO
  - ❖ Des mission spatiales
  - ❖ Des travaux focalisés sur l'agriculture
    - En france et au "Sud"
    - Local et régional
  - ❖ De très nombreuses interactions internationales
  - ❖ Investigateur principal d'une mission spatiale dédiée au cycle de l'eau

# Où sommes nous?



## *Main processes impacting vegetation growth*

Churkina & Running, 1998



# Pourquoi observer depuis l'Espace?

- Un seul instrument pour tout le globe!
- Une seule méthodologie
- Des mesures (presque) partout
- Différentes échelles d'appréhension des effets
- ....
- Mais**
- Difficultés pour étalonner parfois
- On ne mesure que des photons
- Et donc souvent l'enveloppe rarement en profondeur
- Il faut des mesures sols et valider
- Et corriger les phénomènes perturbateurs
- ....

# LES ECHANGES

## ☐ Imports

- ❖ Précipitations

## ☐ Exports

- ❖ évapotranspiration

## ☐ Ruissellement

- ❖ Orages!
- ❖ Neige → Vallées
- ❖ Rivières → océans ou lacs
- ❖ Surface → profondeurs

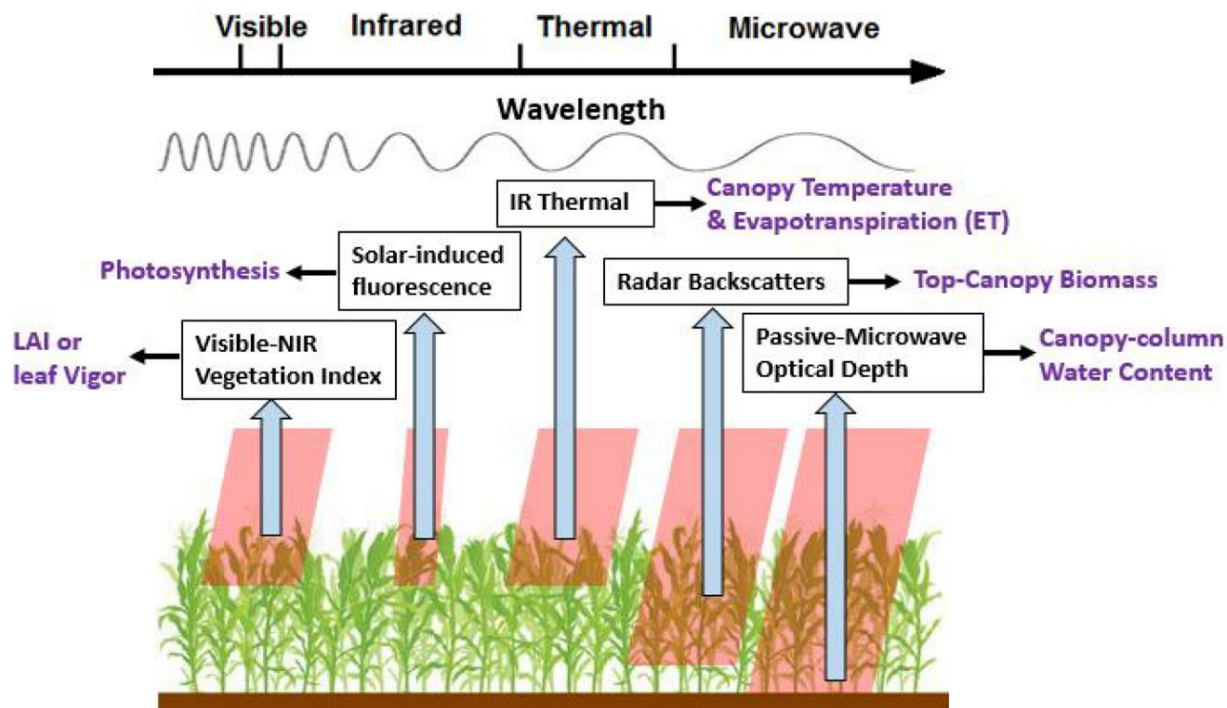
$$\Delta W / \Delta T = P - E - R$$

P: Precipitations

E: Evaporation

R: Run off

# Et la télédétection dans tout ça!





Les longueurs d'onde conventionnelles pour estimer le rendement ont longtemps été dans le visible et l'infra-rouge. Les microondes ont été largement moins étudiés/utilisés pour ce type d'estimation alors que les premiers résultats sont très prometteurs

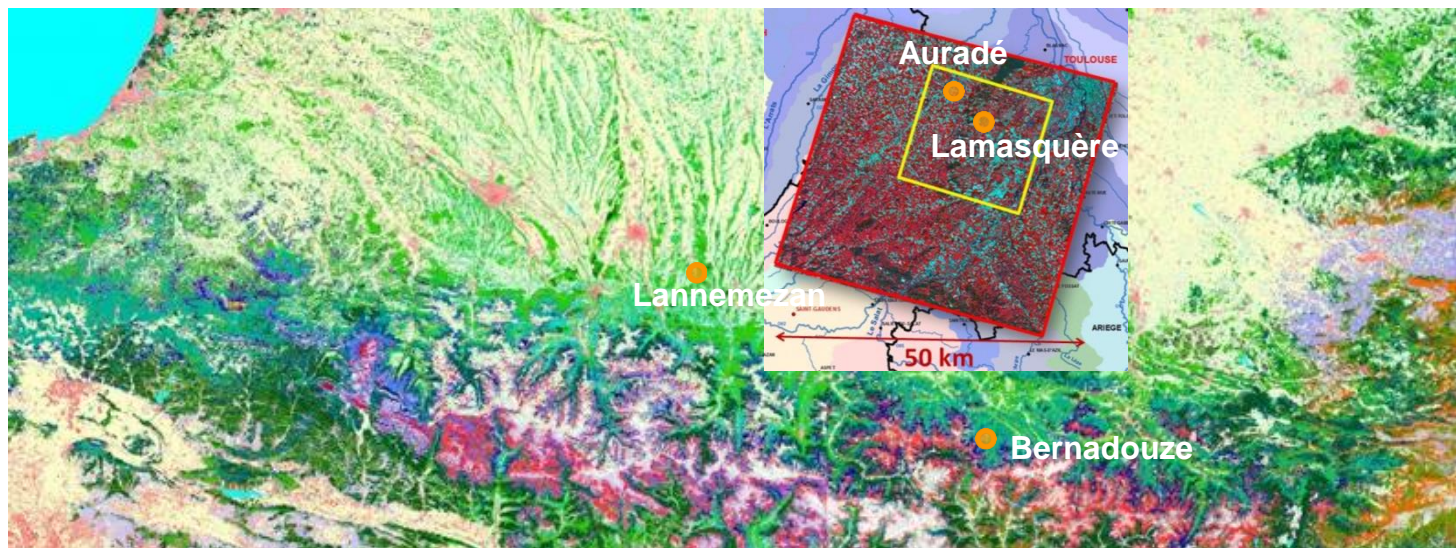
# Nos paillasses : Chantier Sud-Ouest

## Zone atelier fortement anthropisée

Zone d'étude intensive (KALIDEOS OSR MiPy) : carré Sud Ouest historique

 FORMOSAT2 à 8m

 SPOT (2, 4, 5) à 20m



Massif Pyrénéen (OPCC, Fluxpyr) et grand Sud Ouest (Regard, SPOT4 Take 5)

### Observatoire Spatial Régional

Service d'Observation de l'INSU  
Sites Carbo-Europe

Approches spatiales emboîtées :  
Placette – Paysage – Région

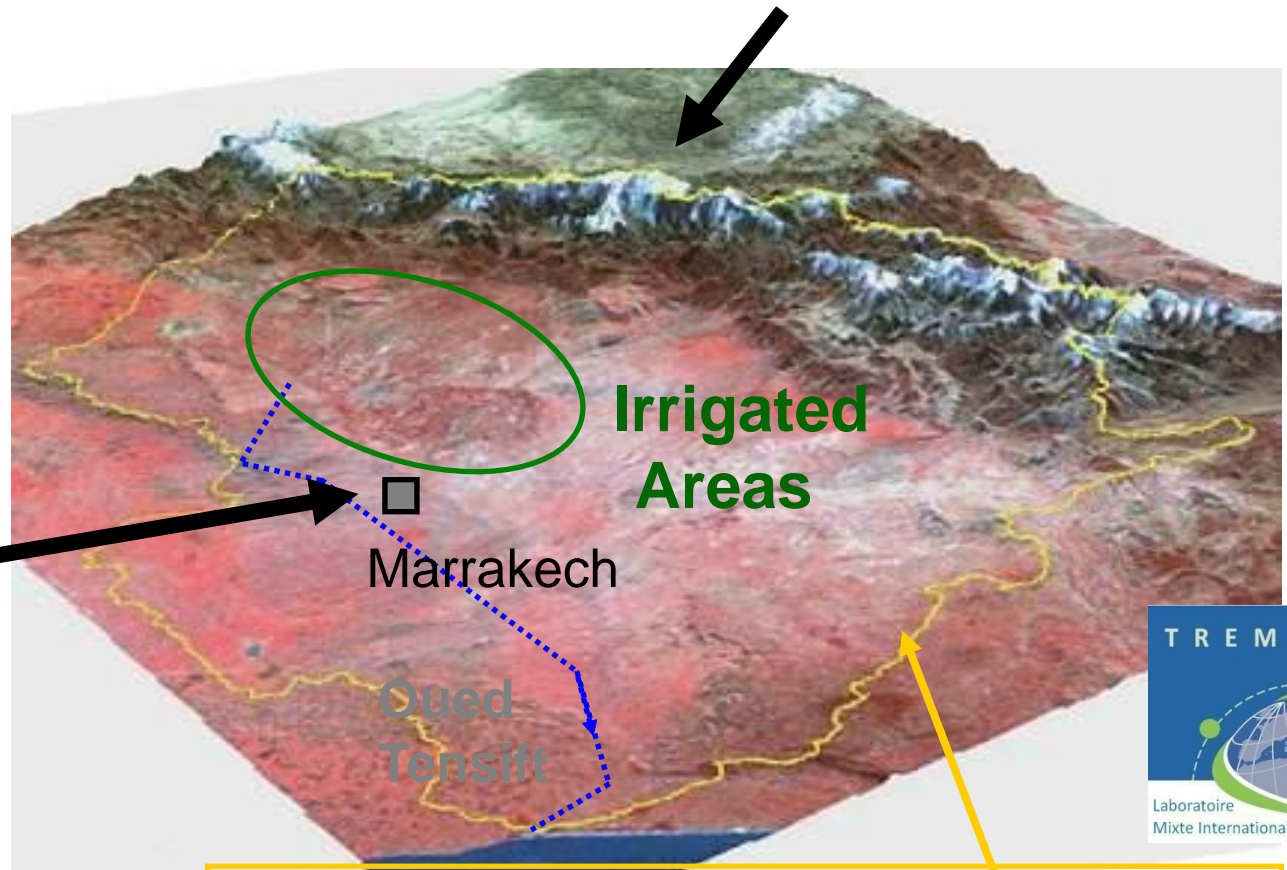
# Site Maroc

## Fonctionnement et ressources hydro-écologiques en région semi-aride



### High Atlas Mountains

up to 4200 m above sea, up to 600 mm/y precipitation



**Tensift Basin (central Morocco)**

**Arid Plain**

Rainfall ~ 240 mm/y

PET ~ 1400 mm/y

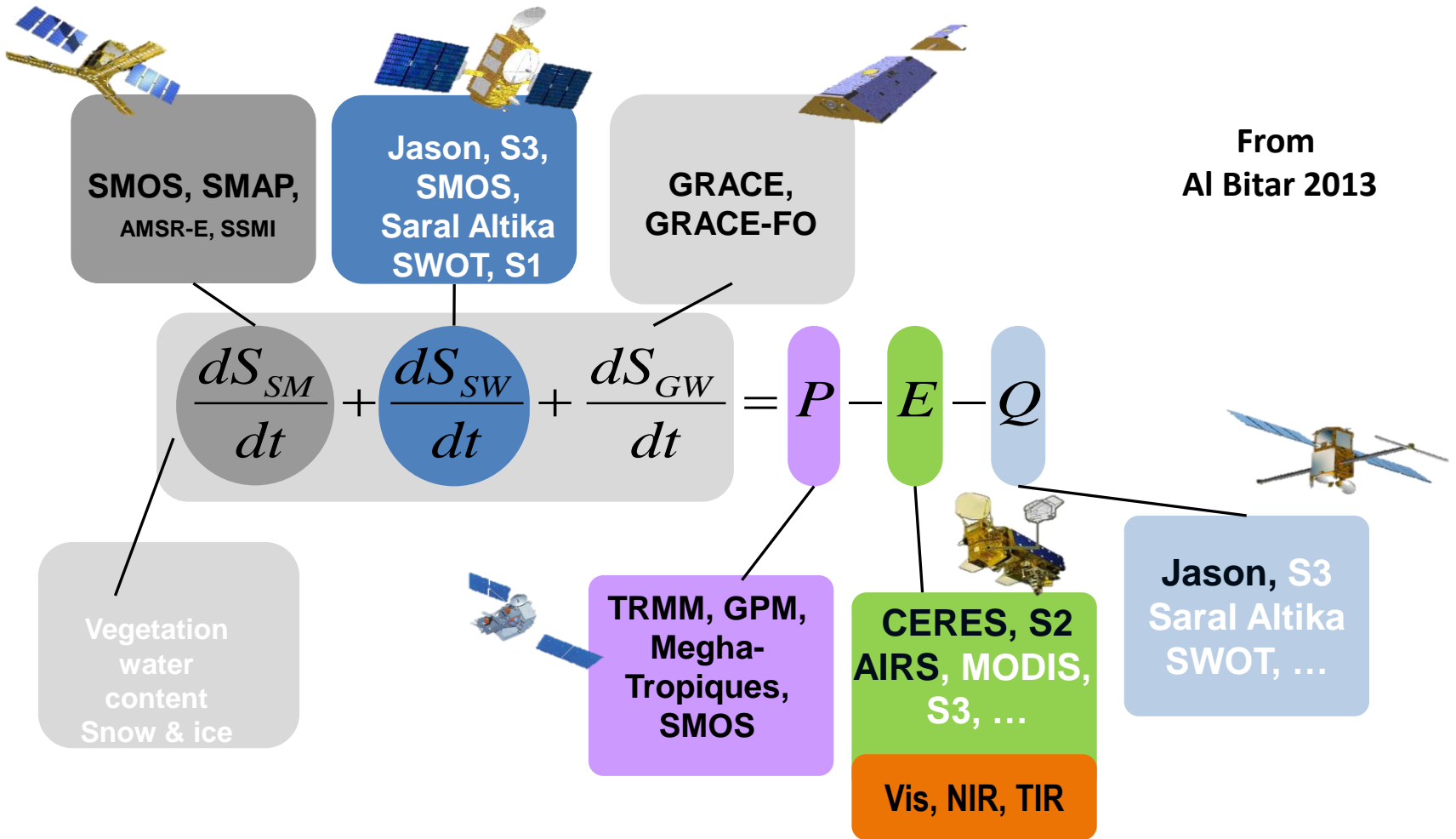
**Agriculture Uses 85% of Available Water**

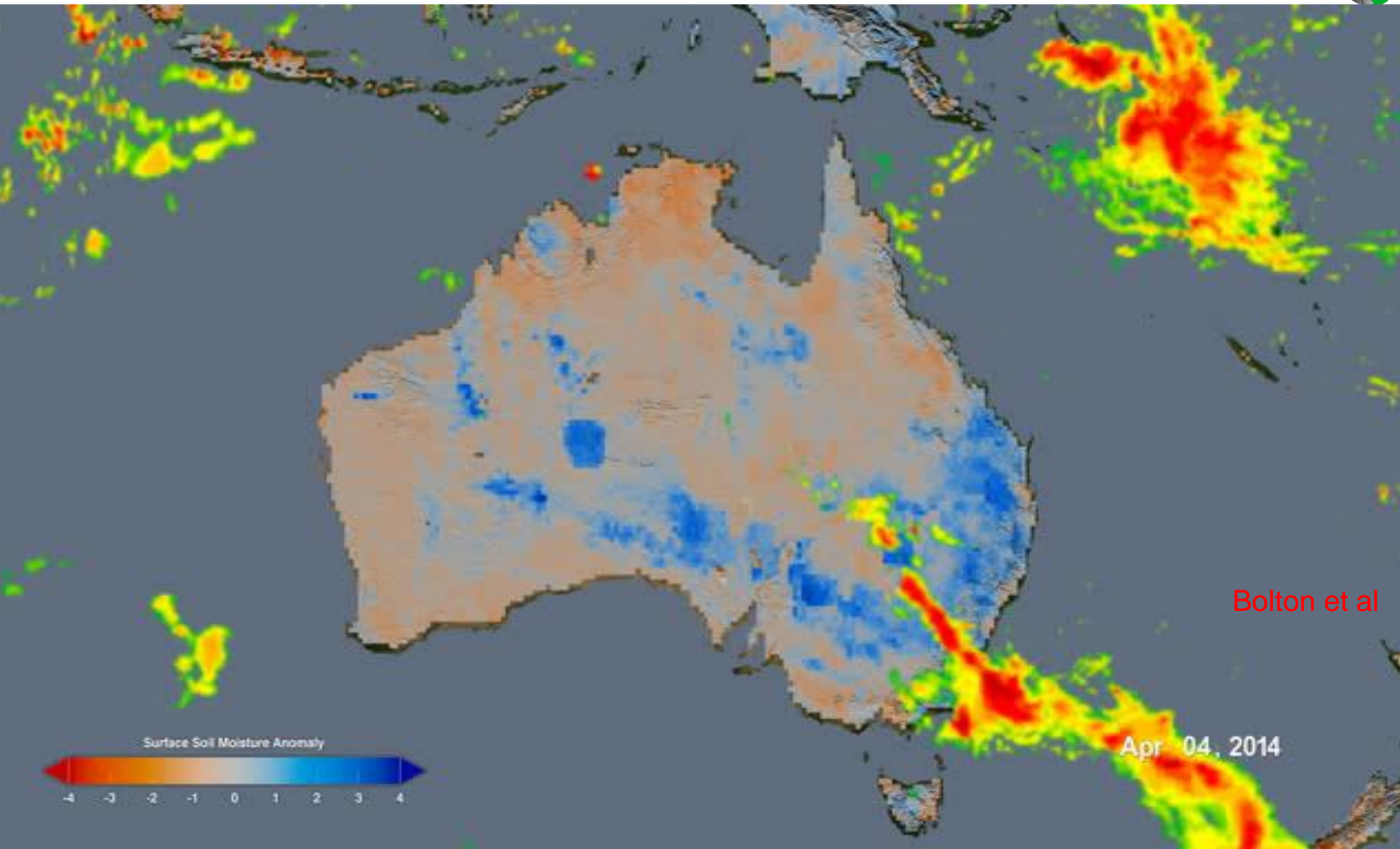
Limits of Tensift water catchment (20 000 km<sup>2</sup>)





# Notre boîte à outils (en plus du terrain et des modèles)





Première question : Où est l'eau?

❖ *Océans*

❖ *Atmosphère*

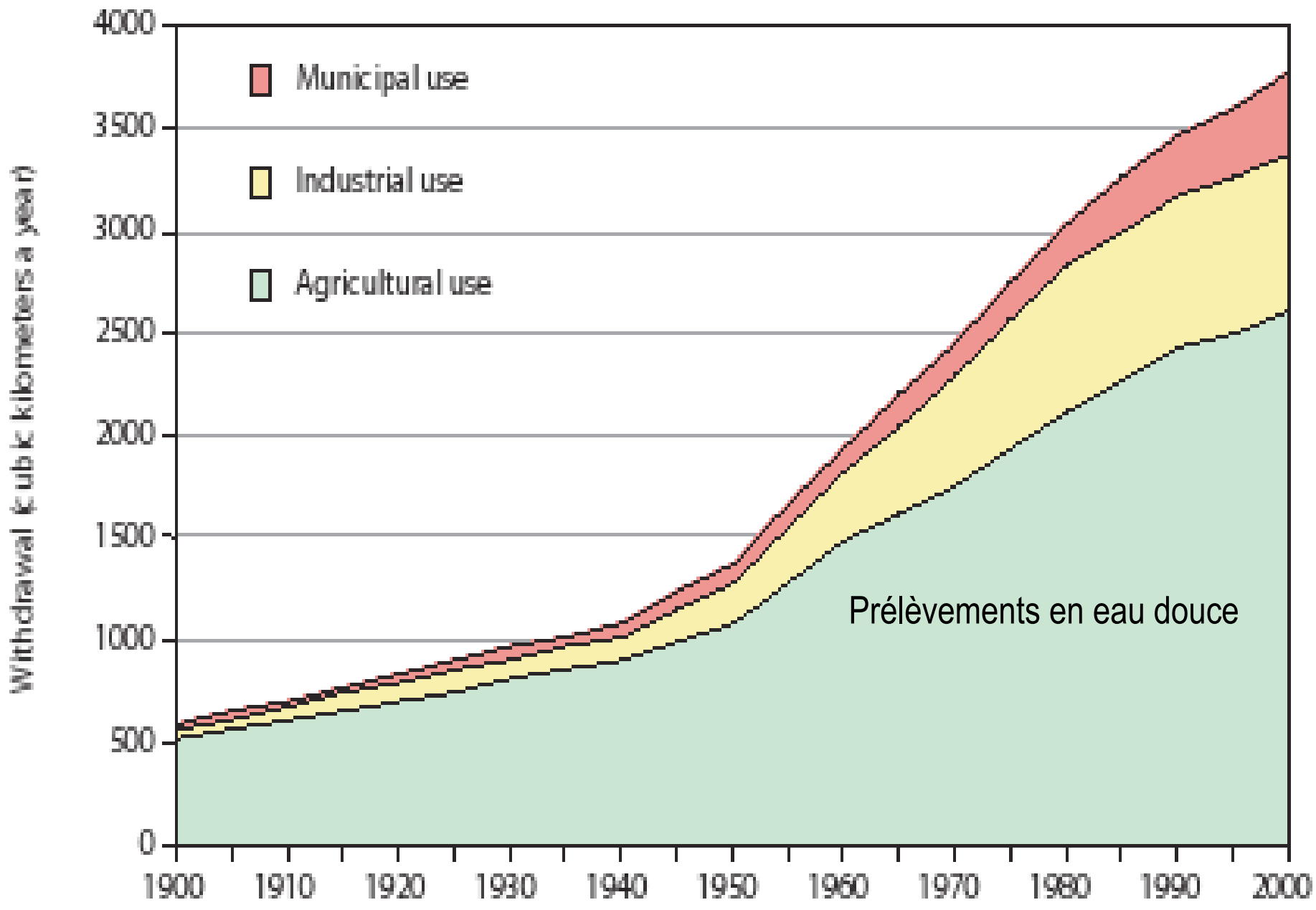
❖ **Glace / neige**

❖ **Surface**

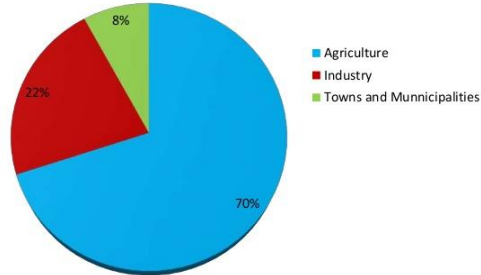
❖ **Dans le sol et la végétation**

Pourquoi suivre les quantités?

Quelle qualité?

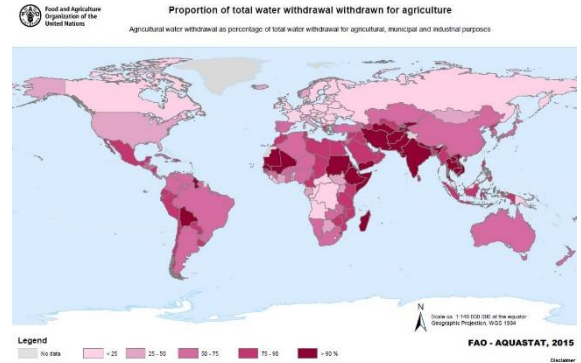


**70% de la ressource globale en eau utilisée pour l'agriculture**

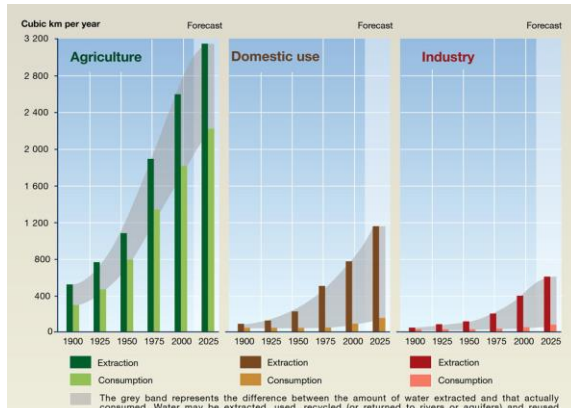


Source: World Bank, World Development Indicators, 2012

## Proportion d'eau utilisée pour l'agriculture



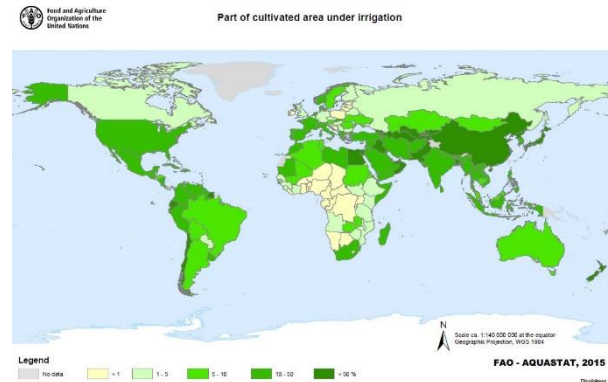
**Croissance rapide de la consommation en eau**



Trends in water use by sector (UNEP) 1900 → 2025

(<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html>)

## Part des surfaces cultivées en irrigation



**20% arable land irrigated → 45% food production (FAO)**

Une agriculture irriguée très consommatrice en eau dans un contexte de sécheresse accrue sous l'effet du changement climatique...

Californie, lac Oroville



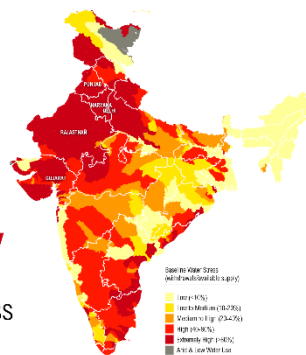
juillet 2011



août 2014

**Contraintes sévères sur l'eau dans de nombreuses régions du globe**

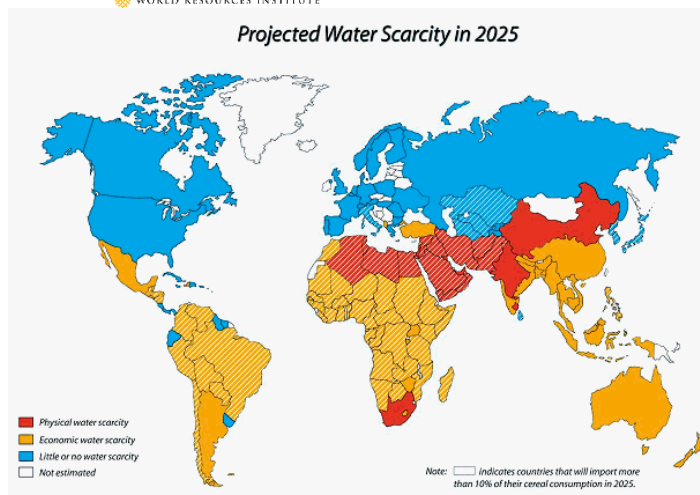
**54%**  
of India  
Faces  
**High to  
Extremely  
High**  
Water Stress



[www.indiawaterportal.in](http://www.indiawaterportal.in)

WORLD RESOURCES INSTITUTE

*Projected Water Scarcity in 2025*



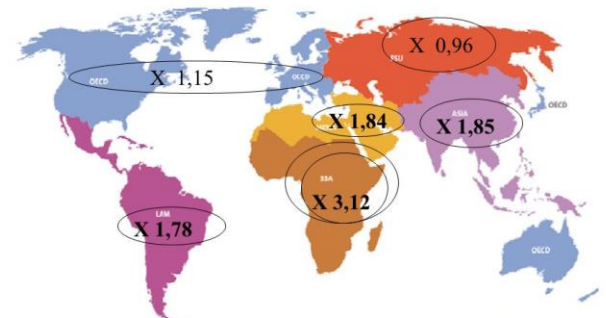
Lagouarde et al, INRA

## Agriculture/foresterie

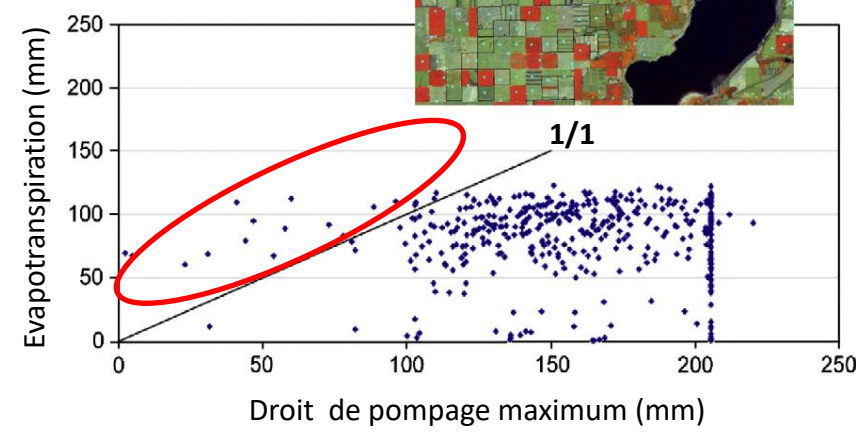
- *détection du stress hydrique / estimation des besoins en eau / avertissement et optimisation de l'irrigation*
- *gestion des ressources en eau / estimation du pompage*
- *suivi de la croissance des cultures / production agricole, sécurité alimentaire (cf. 2011 G20)*
- *impact des pratiques agricoles sur l'utilisation de l'eau, adaptation au changement climatique*
- *risques de feux de forêts, détection du gel...*

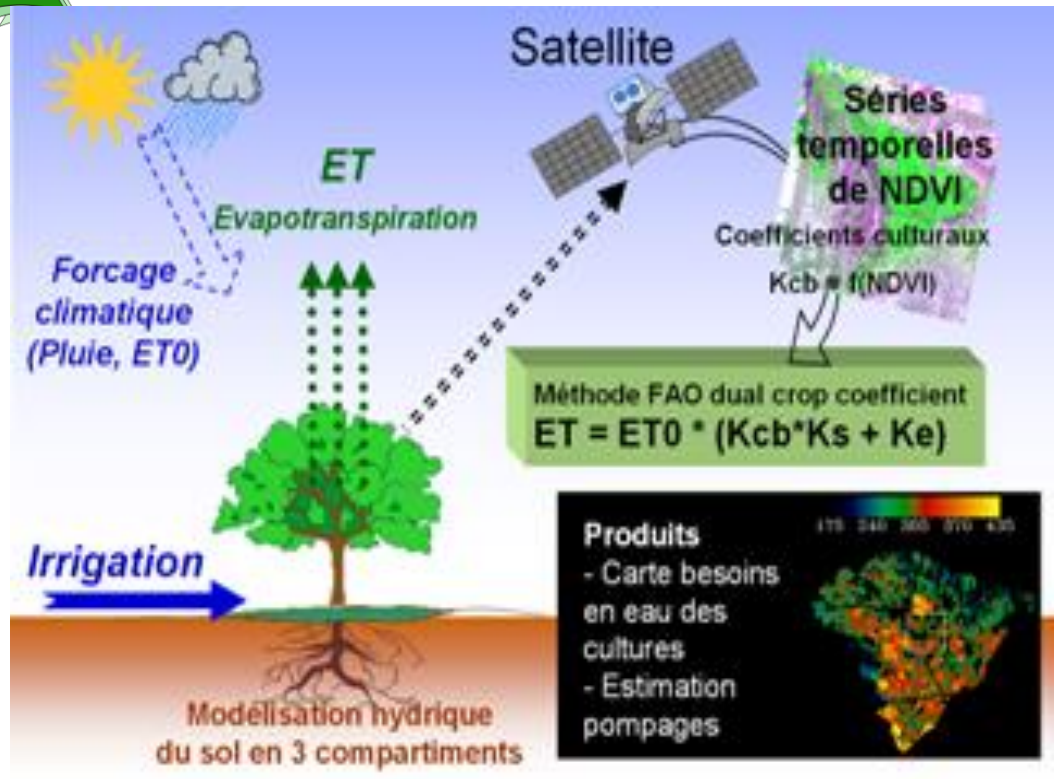


Augmentation des besoins alimentaires 2000 / 2050 :  
Grosses disparités continentales  
Source chiffres : Prospective Agrimonde INRA-CIRAD (extrait du tableau 11, AGO)



Source : D'après Carpenter et al.: Millennium Ecosystem Assessment, (Volume 2, Appendix A), Island Press, Washington, 2005.



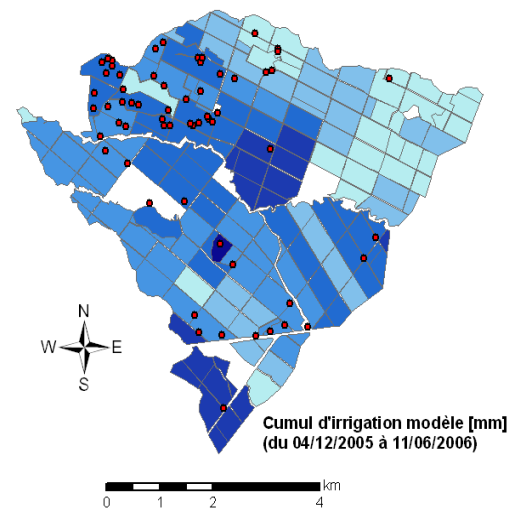
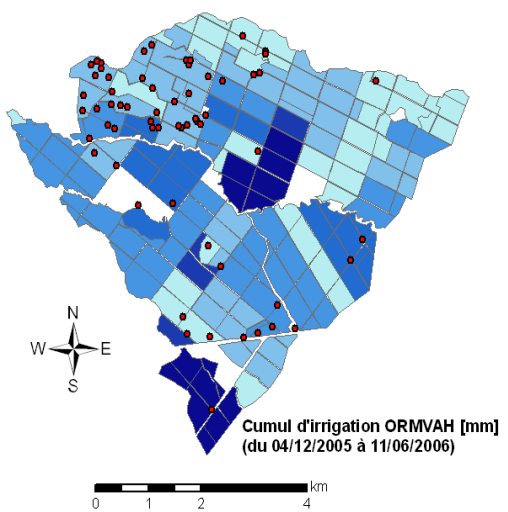


**Modèle à vocation spatiale avec transfert applicatif : l'irrigation**

-----

**SAMIR**

**Satellite Monitoring of IRrigation**



**Cumuls saisonniers des volumes d'eau d'irrigation distribués en plaine de Marrakech :**

**à gche : information administrative**

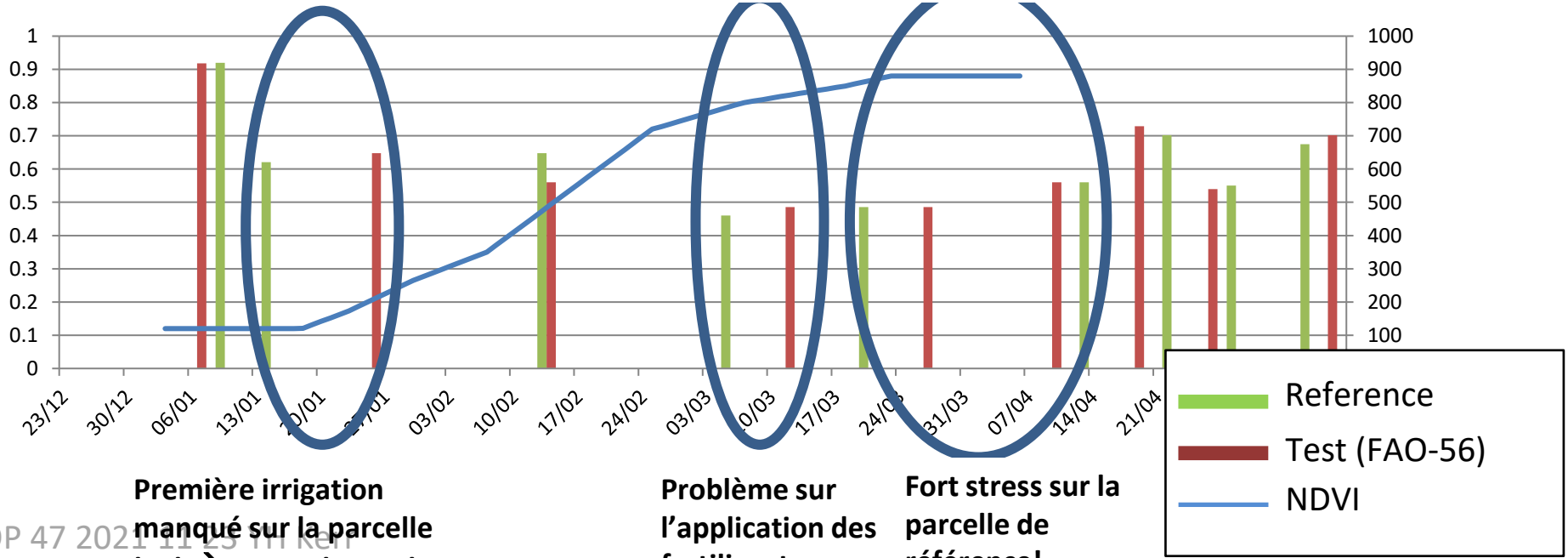
**à droite : estimation par approche simplifiée**



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

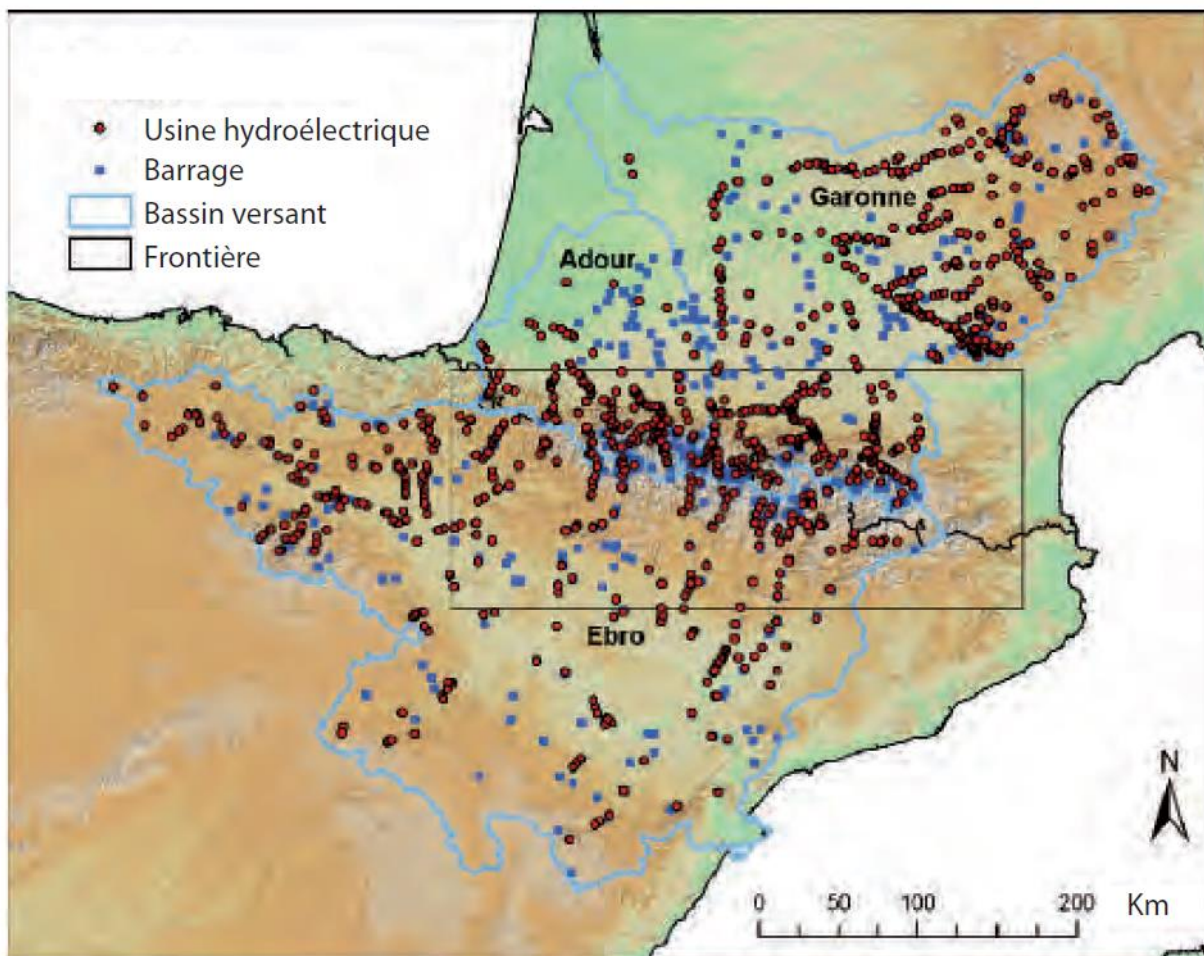
Yields	Grain(Qt/ha)	Aerial biomass (Qt/ha)	Water amount (m3/ha)	Water Productivity (kg/m3)
FAO-56	43	18	<b>5620</b>	<b>7.7</b>
Reference	<b>46</b>	<b>24</b>	6400	7.1

■ ... malgré des conditions initiales très défavorables

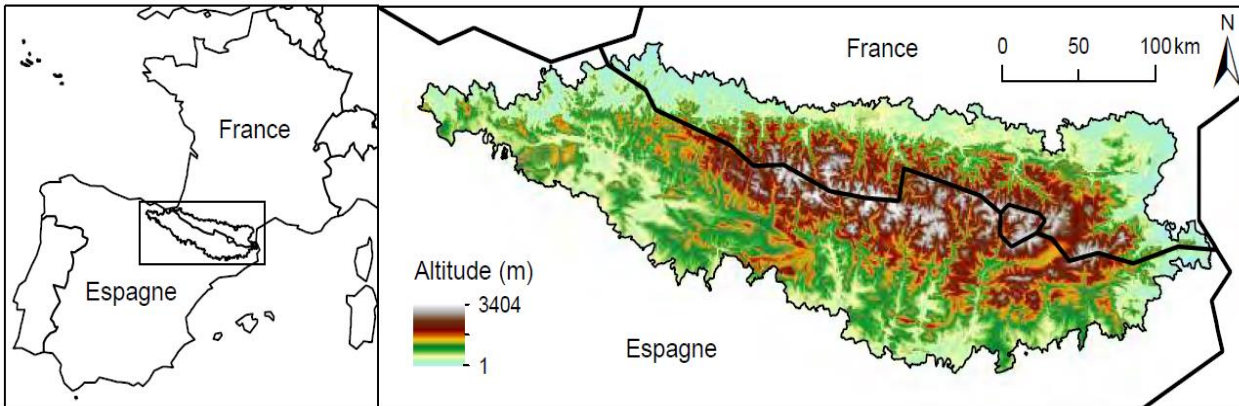


- Neige/glace
- Lacs et rivières
- Sols et végétation
- Échanges
- Evolutions et tendances
- Exemple

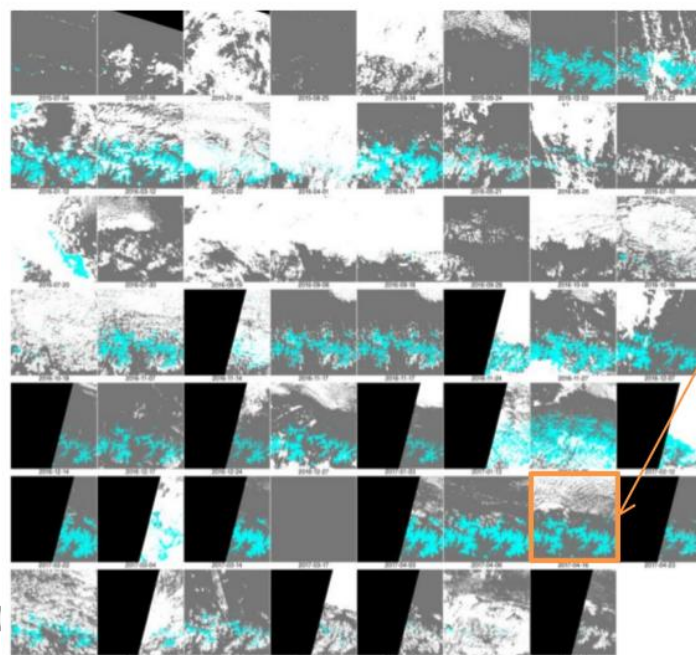
...qui alimente tous les cours d'eau, les nappes, les barrages



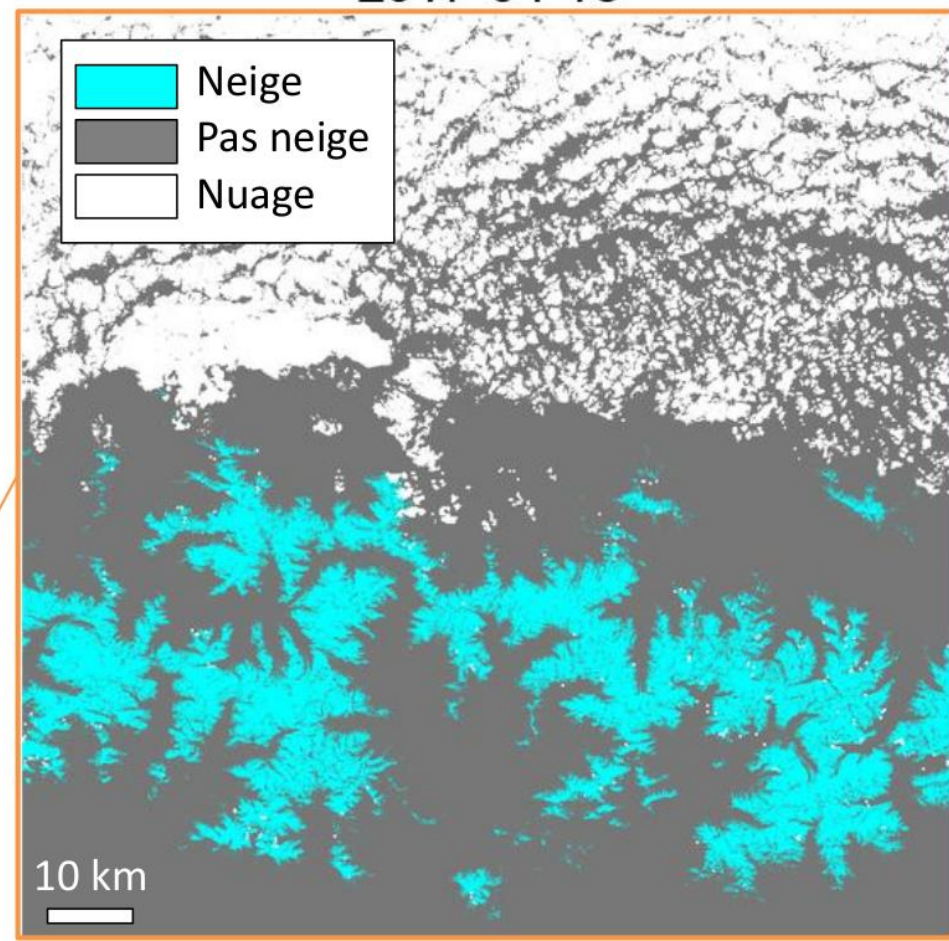
Infrastructures hydrauliques dans les Pyrénées (Gascoin et al., 2015)



Des cartes d'enneigement  
à 20m de résolution spatiale  
tous les 5 (10) jours



2017-04-16

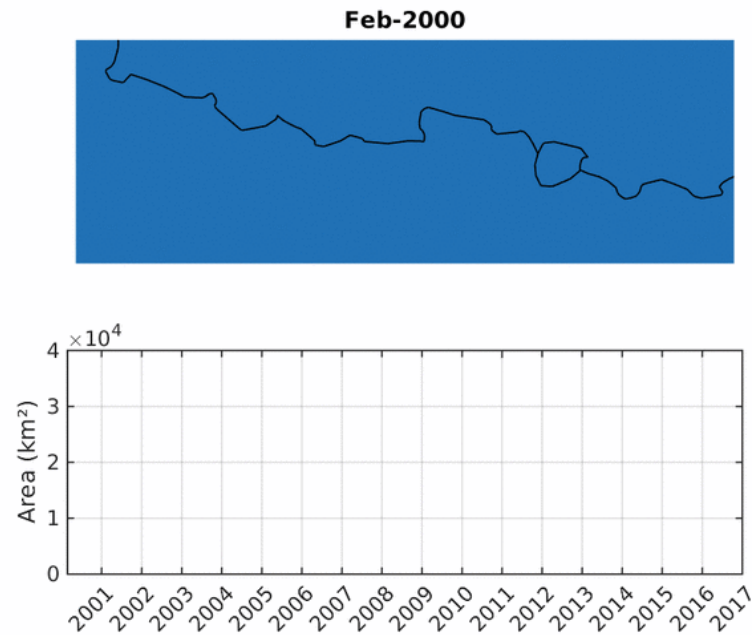


# Cartes d'enneigement et de hauteur de neige (S. Gascoin)

Enneigement dans les Pyrénées à partir des données MODIS et des images L8 et S2

Carte enneigement = depuis 2000 (MODIS), 2013 (L8), 2015 (S2)

Carte de hauteur neige = Une annuelle depuis 2015 (fin de l'hiver)



# Examinons ces stocks et ces échanges

Neige/glace

Lacs et rivières

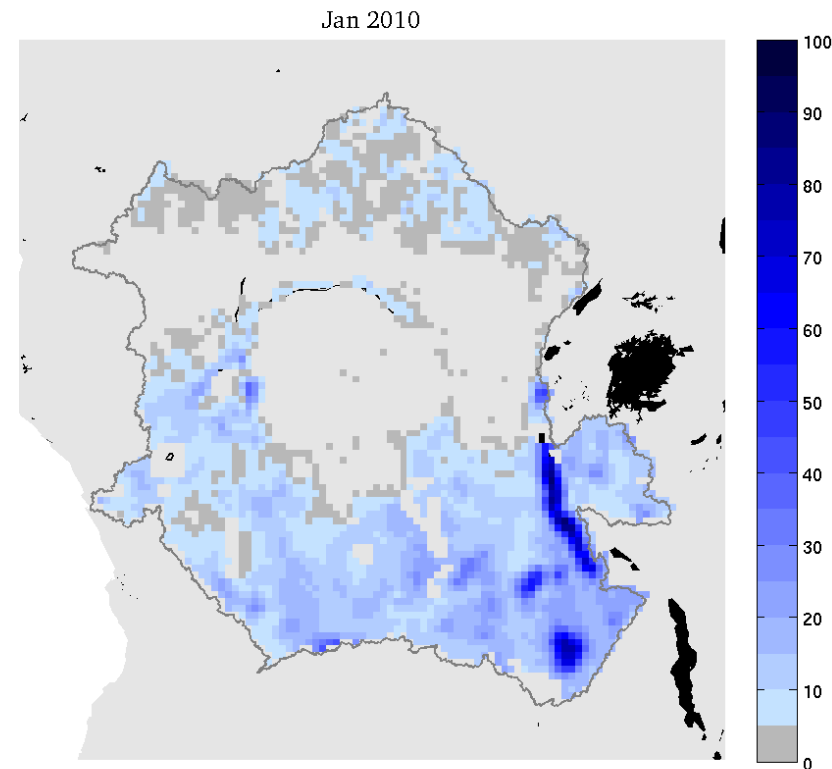
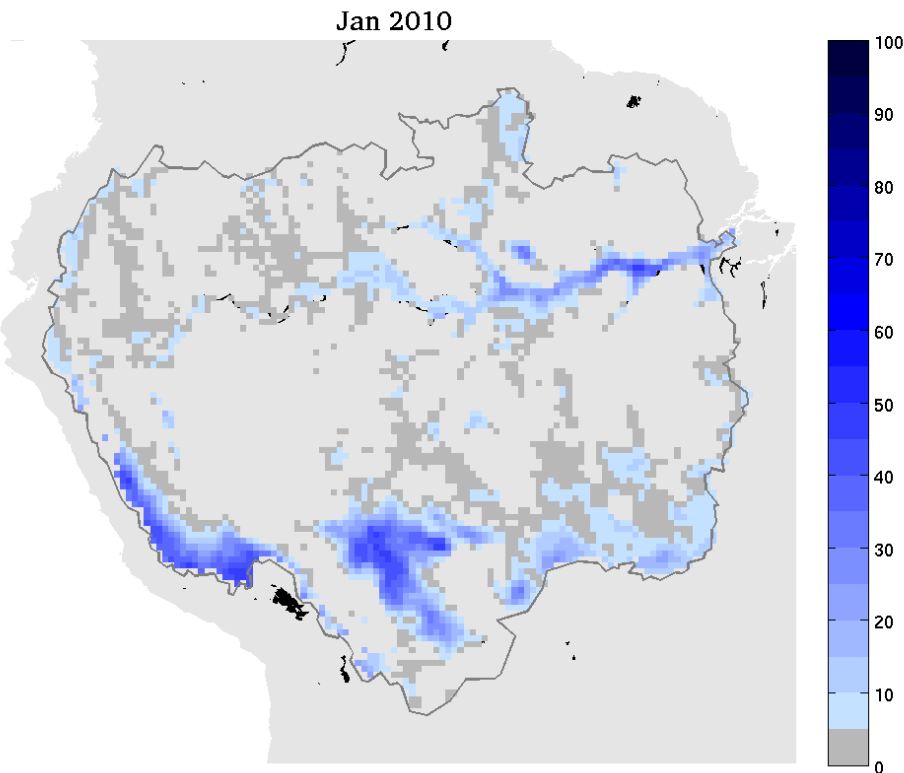
❖ Rivières et lacs

❖ Réservoirs

❖ Inondations

# SWaF: SMOS Water Fraction in tropical watersheds

## Results



Al Bitar A., Parrens M., Wigneron J.P., Cote R., Cretraux J.-F., Selma C., Kerr Y. H., Water fraction in tropical watersheds from SMOS L-band radiometer, *in prep.*

Neige/glace

Lacs et rivières

Sols et végétation

❖ Les humidités

❖ L'eau dans la végétation

❖ Les sécheresses





**0,8 %** *Trenberth et al. 2007*



Crédit: <http://node49315-garden.unicond.pl/the-water.html>

**>50 %** *Trenberth et al. 2009*  
*Oki & Kanae 2006*



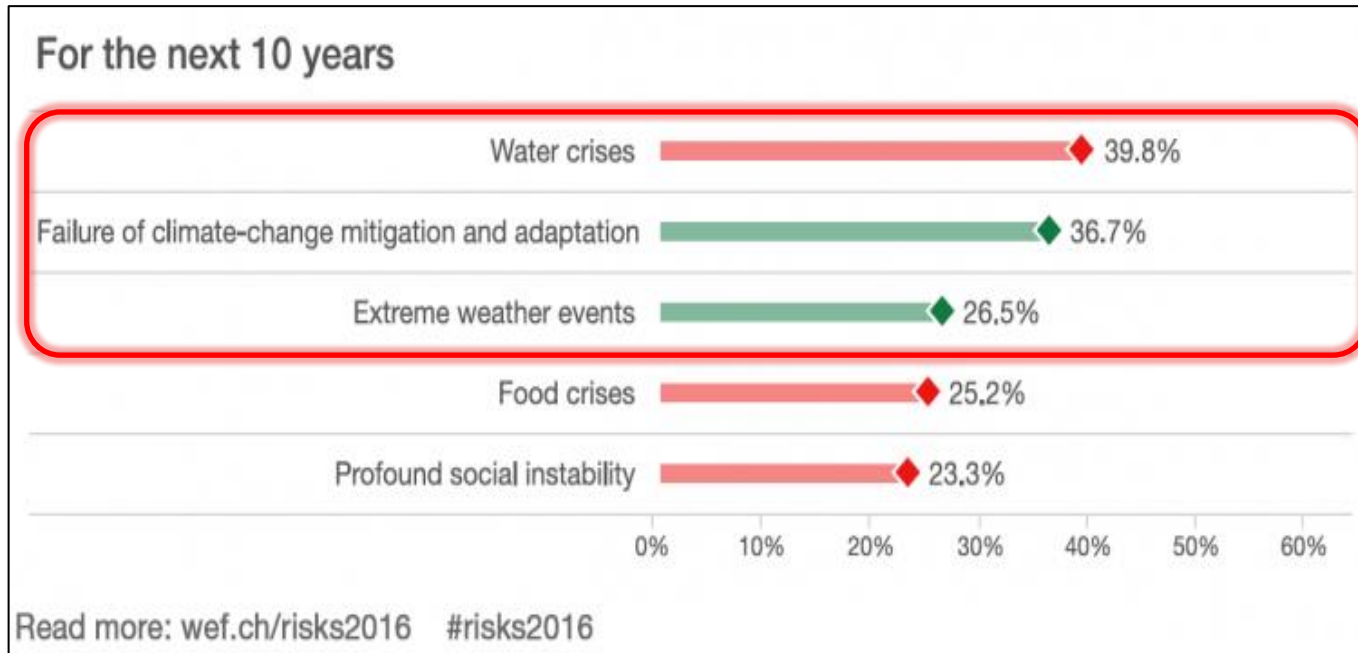
**Climat  
Hydrologie  
Agriculture & risques**



Crédit: <https://modernfarmer.com/2014/09/heres-drought-solution-just-stop-watering-crops/>

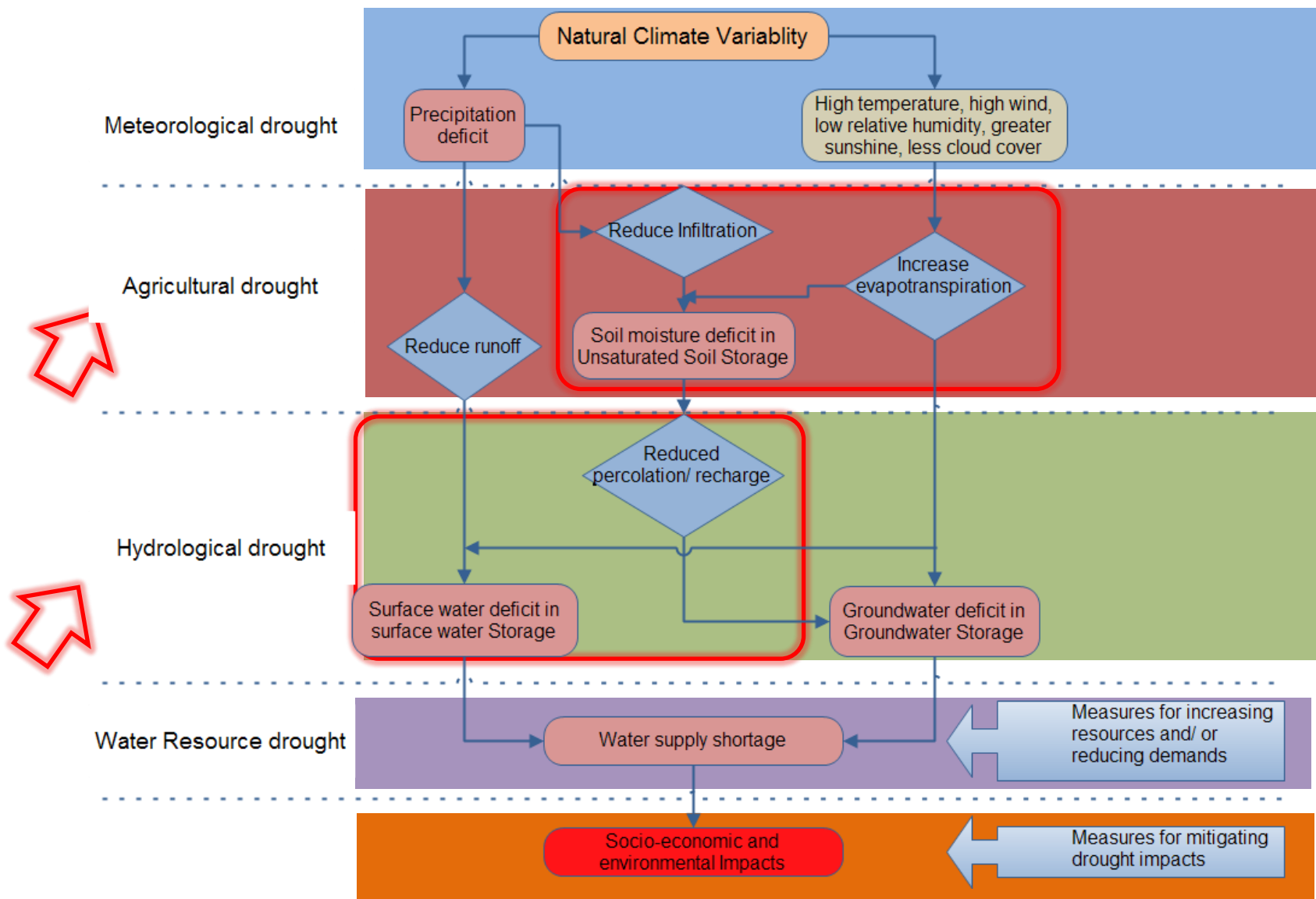
# Et les sécheresses?

World Economic Forum - Global Risks Perception Survey



The drought related issues are considered as THE highest risk for humanity in the next decade.

# Types de sécheresse



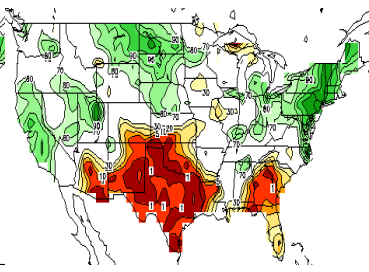
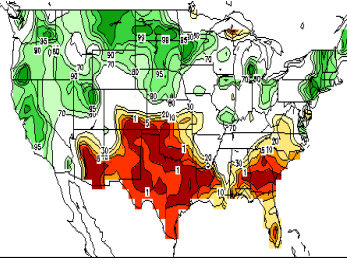
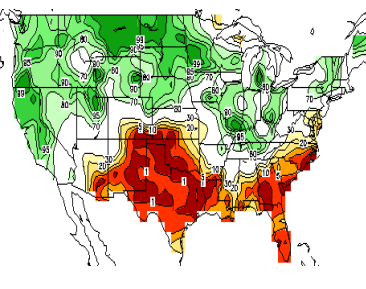
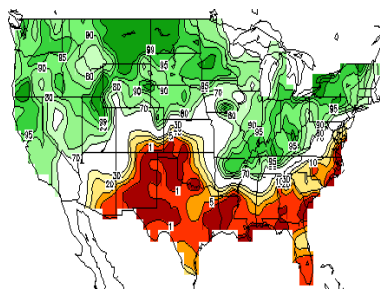
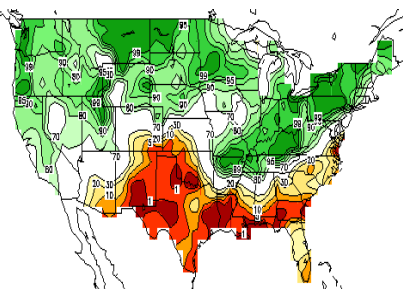
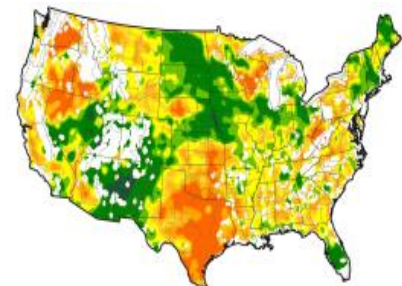
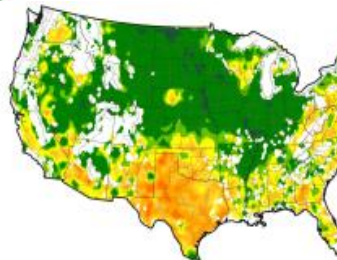
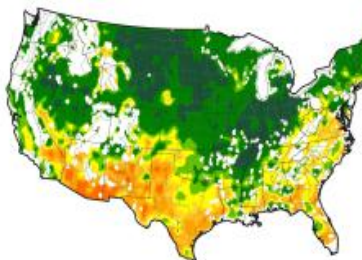
May 2011

June 2011

July 2011

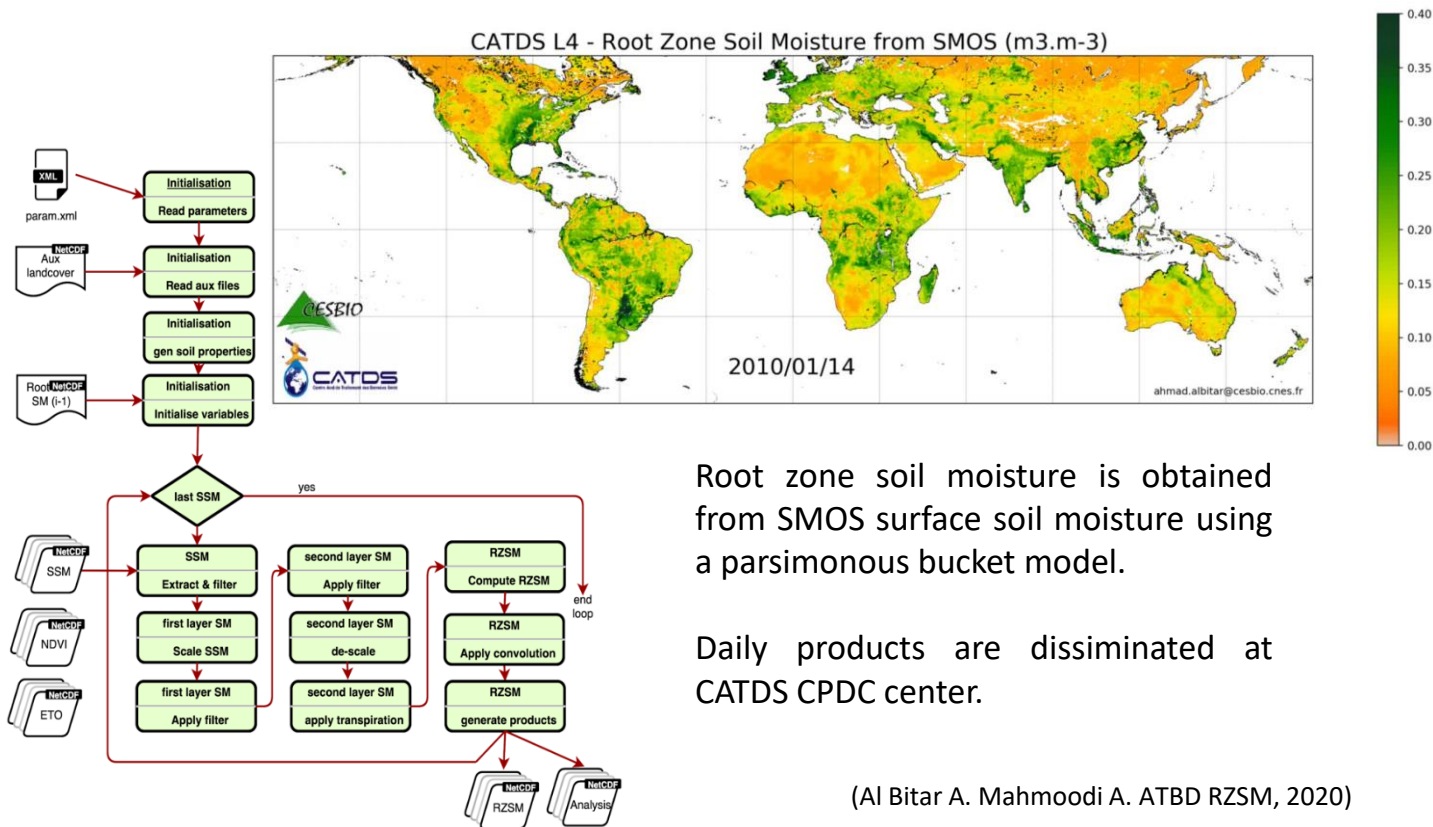
August 2011

September 2011



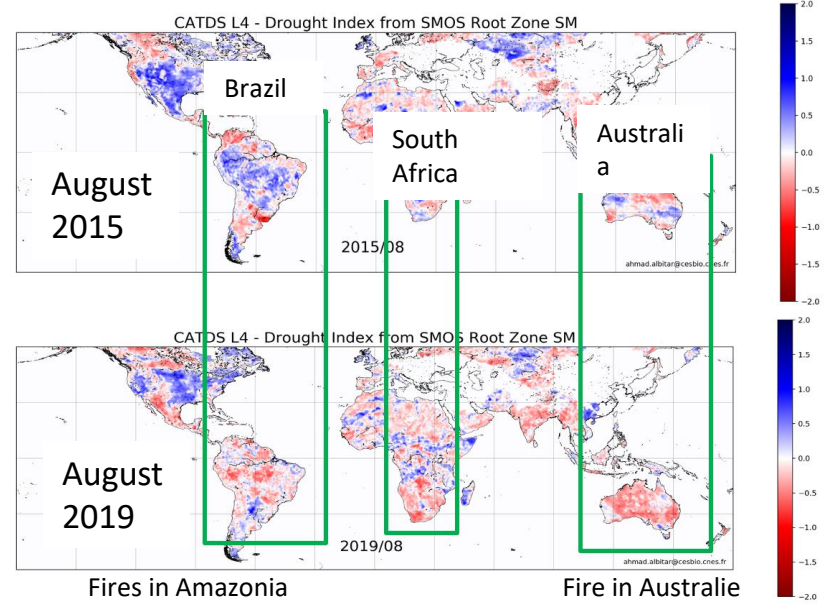
# SMOS Root Zone Soil Moisture (RZSM)

Operational + 10 years database



# Drought monitoring from

## DZCA

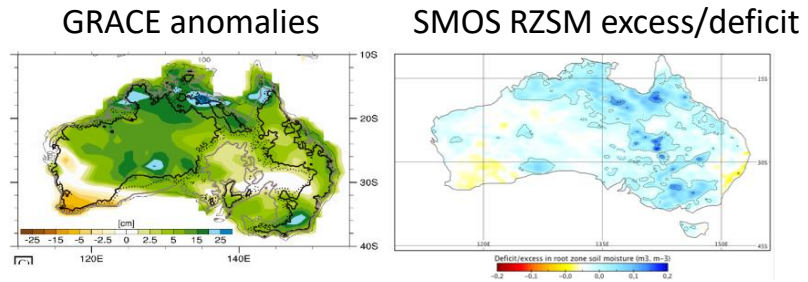


Forest Fires in 2019

Fires in Amazonia

Fire in Australia

Wet conditions in 2011



(Lopez et al. 2020)

# Examinons ces stocks et ces échanges

- Neige/glace
- Lacs et rivières
- Sols et végétation
- Les échanges
  - ❖ Pluie
  - ❖ Risques associés

## Perspectives

1) Based on a real-time precipitation product (e.g. CMORPH-Raw or Imerg-ER) and SMOS measurements, the PrISM precipitation product is available in near-real-time (day+4).

2) All results in:



Type of the Paper (Article, Review, Communication, etc.)

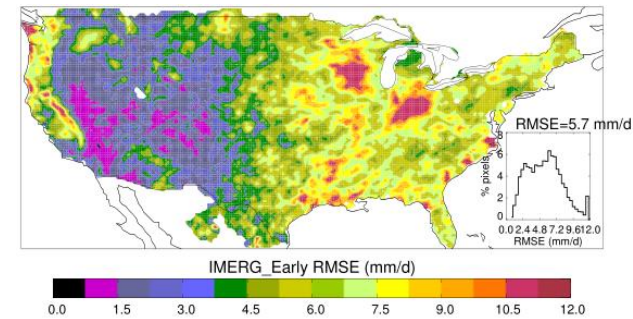
From SMOS surface soil moisture retrievals to near real-time rainfall estimates in Africa: the PrISM algorithm

Thierry Pellarin <sup>1\*</sup>, Carlos Román-Cascón <sup>1,2</sup>, Christian Baron <sup>3</sup>, Luca Brocca <sup>4</sup>, Pierre Camberlin <sup>5</sup>, Diego Fernández Prieto <sup>6</sup>, Yann H. Kerr <sup>7</sup>, Christian Massari <sup>8</sup>, G. Panthou <sup>1</sup>, B. Ferrimond <sup>1</sup>, N. Philippon <sup>1</sup>, and G. Quantin <sup>1</sup>

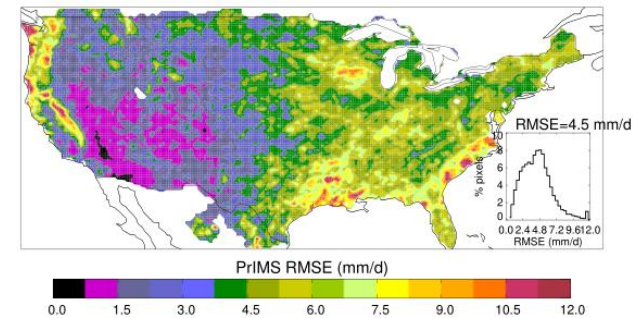
3) The PrISM product can be freely downloaded in :  
[ftp://ext-catds-cecsm.catds2010@ftp.ifremer.fr/Land\\_products/L4\\_PrISM](ftp://ext-catds-cecsm.catds2010@ftp.ifremer.fr/Land_products/L4_PrISM)  
 or <https://zenodo.org/record/3565610#.Xepq7ZNKipo>

4) The PrISM algorithm was applied to US and Australia to try to improve the Imerg-EarlyRun satellite product with SMOS

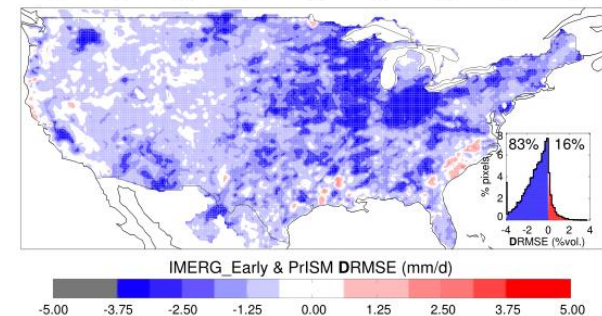
Imerg-ER  
 VS.  
 Stage IV  
 (RMSE mm/d)



PrISM-SMOS  
 VS.  
 Stage IV  
 (RMSE (mm/d))



RMSE  
 differences  
 PrISM better  
 Imerg-ER better





Neige/glace

Lacs et rivières

Sols et végétation

Échanges

Evolutions et tendances

❖ El Nino /La nina

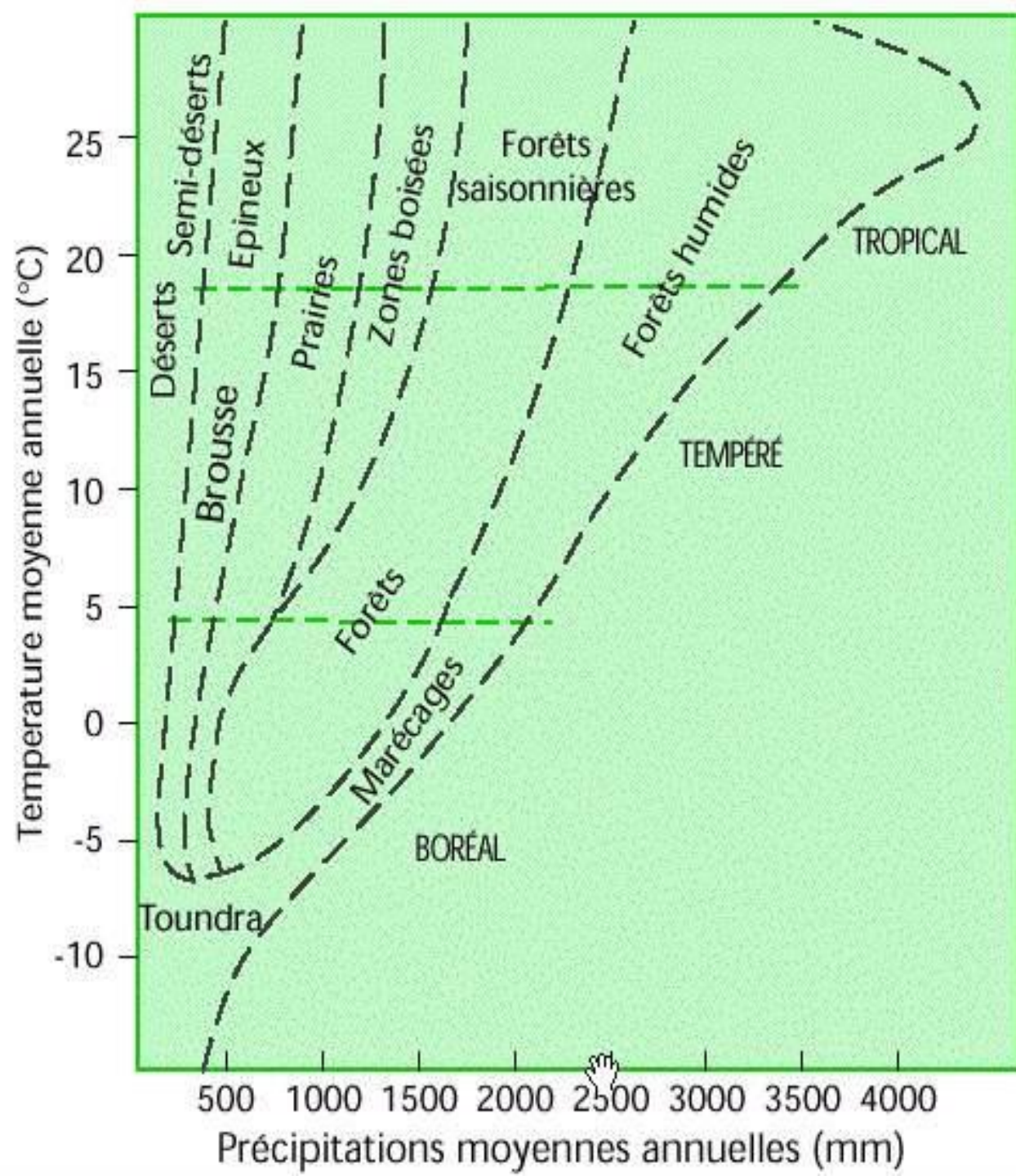
❖ Séries historiques

❖ Prévisions?



# Changement: température ou eau?

Jancovici, 2009  
from IPCC 1996

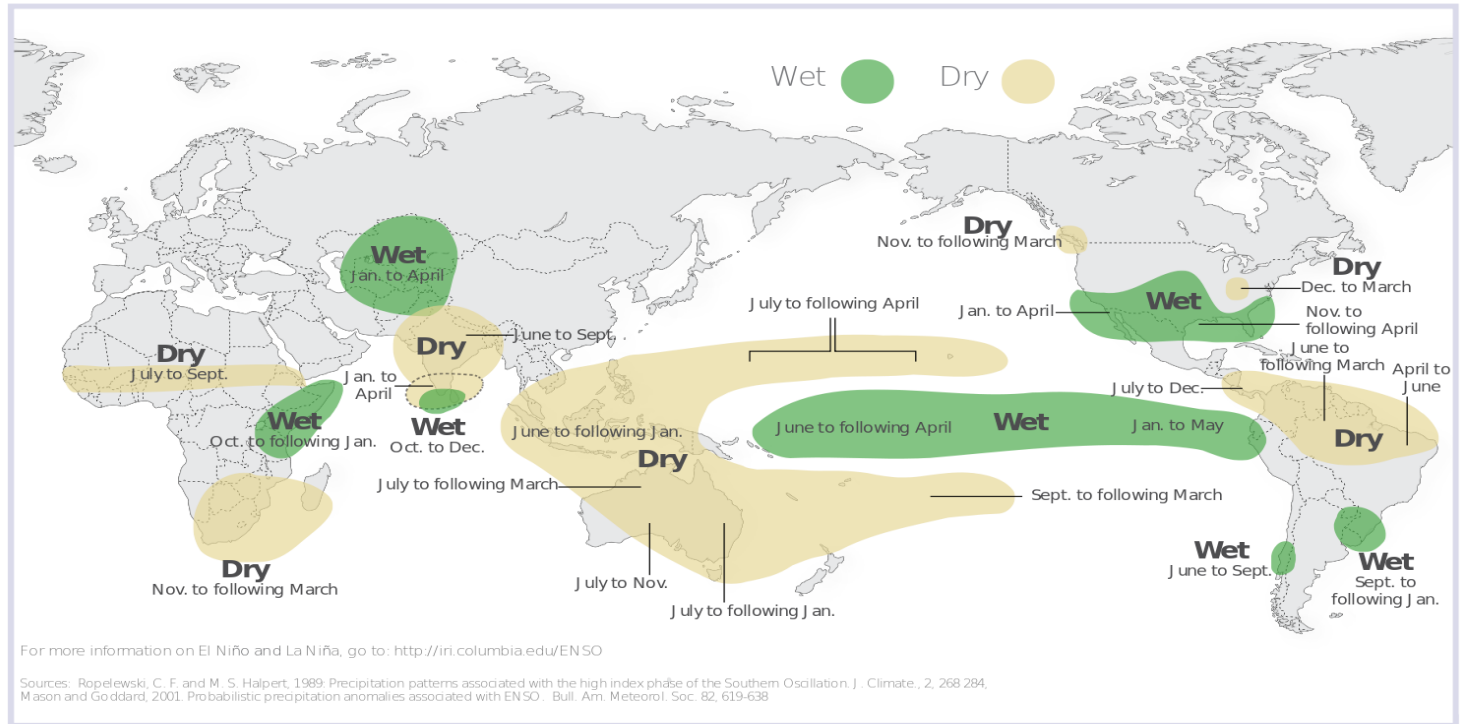


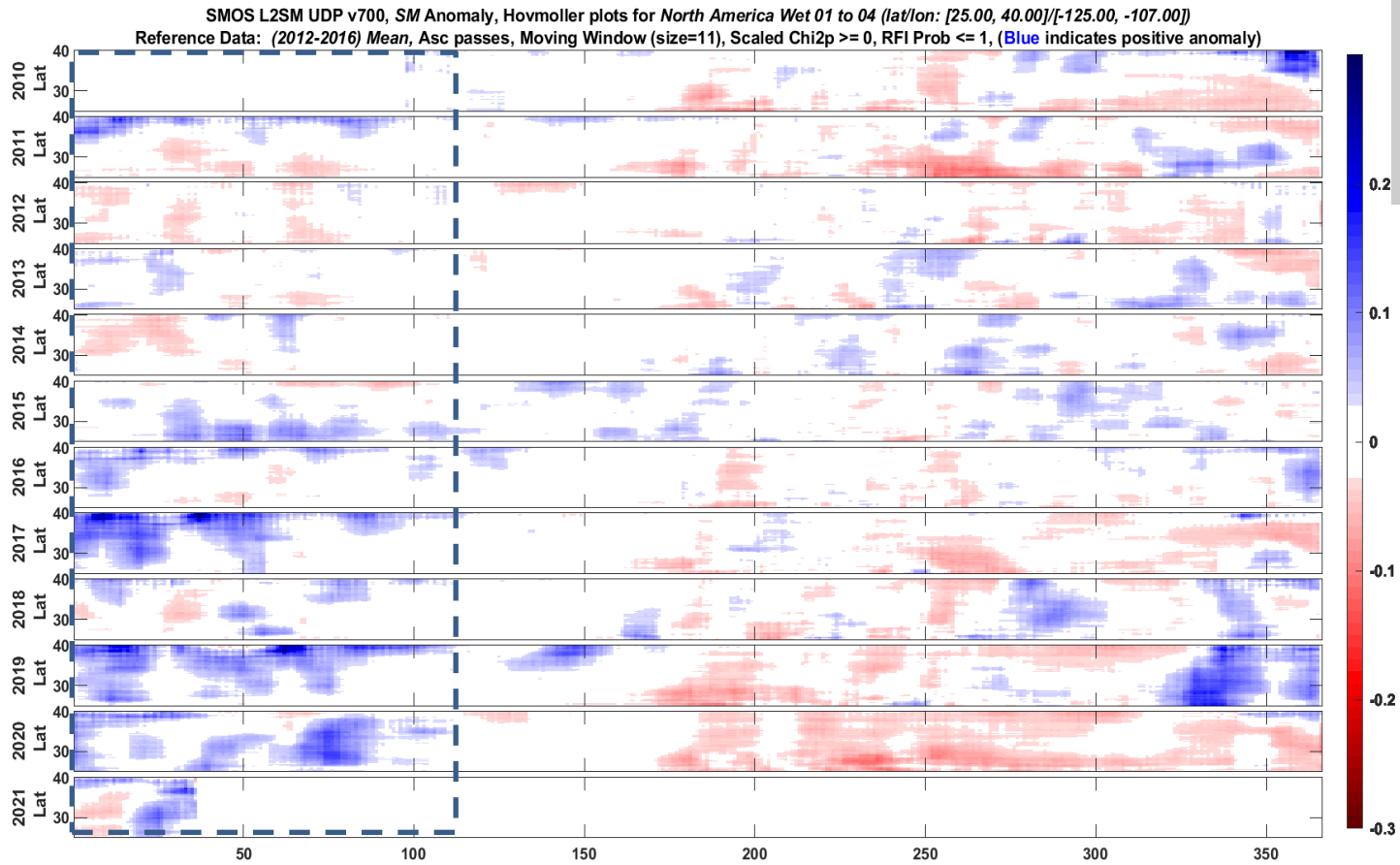
# El Niño and Rainfall

## (from NOAA Climate.gov)

### El Niño and Rainfall

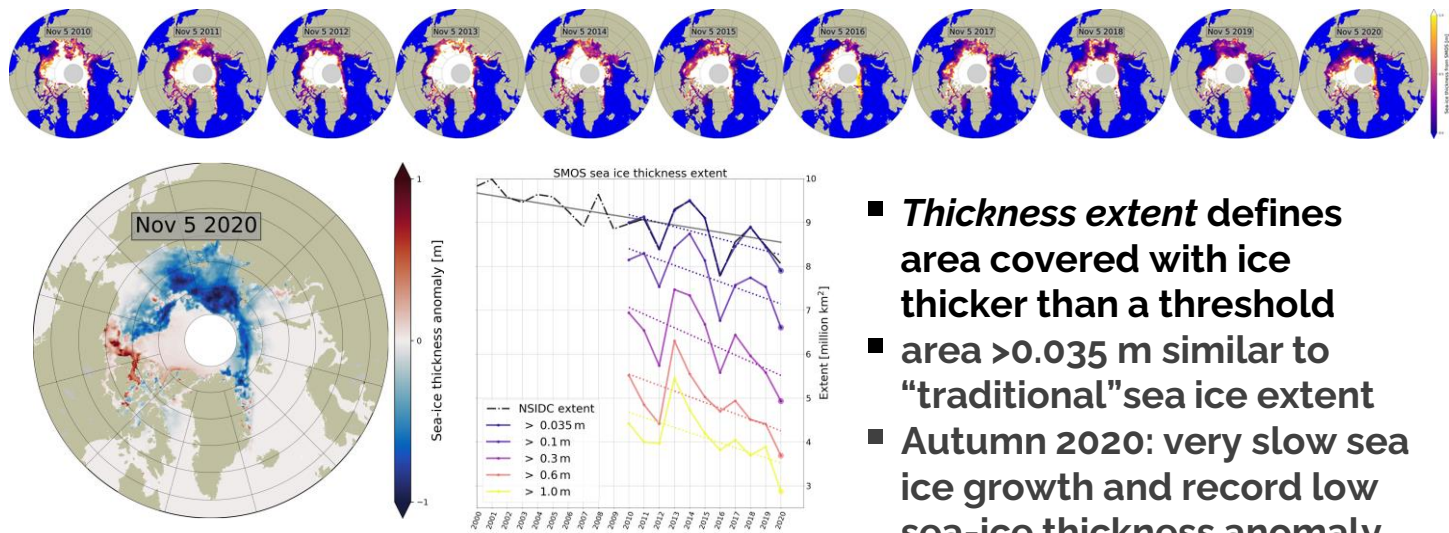
El Niño conditions in the tropical Pacific are known to shift rainfall patterns in many different parts of the world. Although they vary somewhat from one El Niño to the next, the strongest shifts remain fairly consistent in the regions and seasons shown on the map below.





A. Mahmoodi

## 11 years of SMOS sea-ice thickness



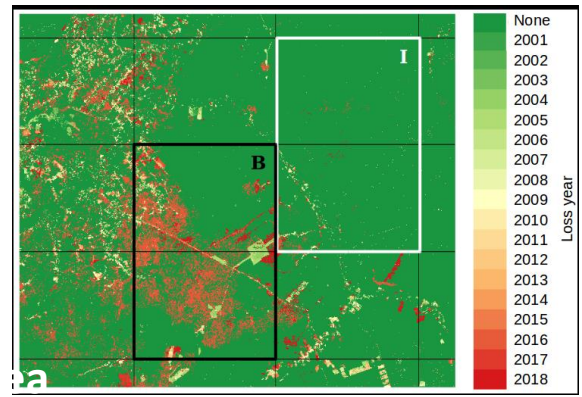
- **Thickness extent** defines area covered with ice thicker than a threshold
- area >0.035 m similar to “traditional” sea ice extent
- Autumn 2020: very slow sea ice growth and record low sea-ice thickness anomaly

<https://spaces.awi.de/display/CS2SMOS>  
<https://smos-diss.eo.esa.int/>

L. Kaleschke

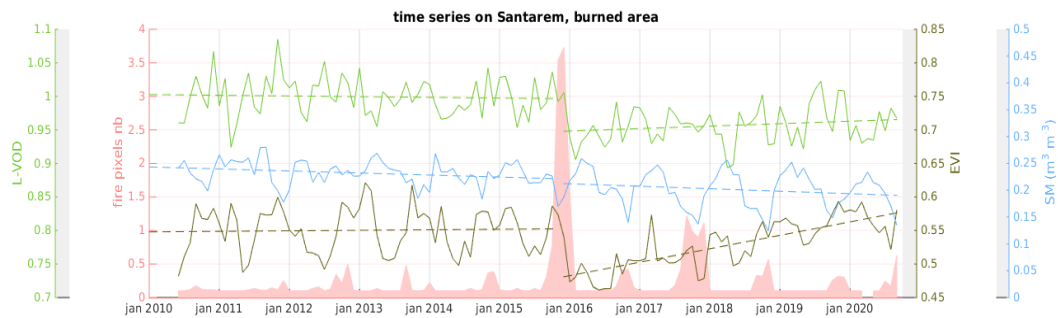
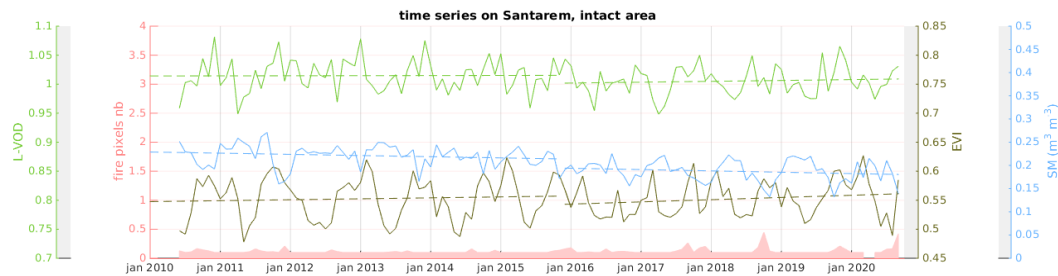
VOD : Multi frequency comparison

Sensors : AMSR, SMOS, ProbaV, Modis



**Zone 1 ~ intact**  
 Slow decrease of Biomass (L-VOD)  
 Constant decrease of Soil moisture  
 Small increase of LAI (EVI)  
 (CO2 « greening »)

**Zone 2 deforested**  
 Main event in 2012  
 Brutal decrease of Biomass (L-VOD) then slow recovery  
 Constant decrease of Soil moisture with increased seasonal cycle after fires  
 Sharp decrease of LAI and then rapid recovery



E. Bousquet

# Et pourquoi tout cela?

- Comprendre notre “Terre”
  - ❖ Son fonctionnement
  - ❖ Notre impact sur celui –ci et ... vice versa
- Suivi des ressources, ...
  - ❖ Agriculture
  - ❖ Hydrologie
    - Pluies, neiges,
- Suivi d'évènements extrêmes
  - ❖ Ourgans , Tornades, inondations
    - La “Charte”
- Prévision anticipation
  - ❖ Prédi météo
  - ❖ Risques
  - ❖ Rendements
  - ❖ Climat

# Conclusion 1

Eau = crucial

❖ Non abordé qualité des eaux

Connaissance = médiocre

❖ Beaucoup d'incertitudes

Scenarii = incertains

❖ Non prise en compte des effets humains

Spatial

❖ Un outil parmi d'autres...

Beaucoup reste à faire



# Conclusions 2

- Nécessité de s'adapter aux ressources existantes et de les utiliser de façon raisonnée
- Nécessité de prévoir les adaptations au changement climatique
- Scenarii = incertains
  - ❖ Non prise en compte des effets humains
- Télédétection
  - ❖ Un outil unique et complémentaire
  - ❖ Ne peut se passer de la modélisation et de la connaissance du milieu
  - ❖ Un outil parmi d'autres...
- Nous avons présenté un bref survol ... très incomplet
- Beaucoup reste à faire
- Merci pour votre patience!

# Diapos supplémentaires

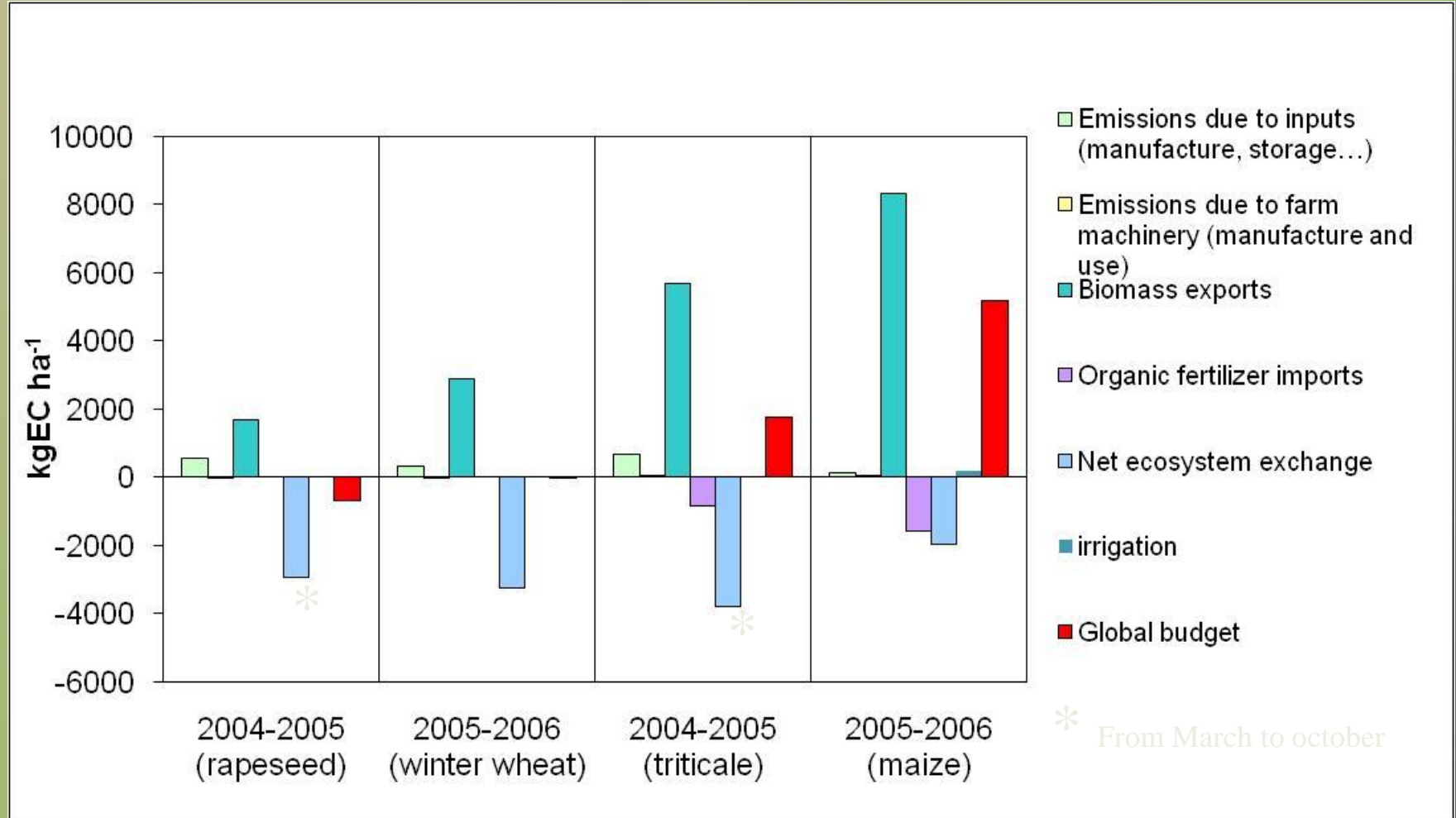
## Emissions directes :

- Carburant des engins agricoles
- irrigation

## Emissions indirectes:

- Production, conditionnement, stockage, distribution, emballage des produits chimiques don't les fertilisants
- Construction et entretien des équipements agricoles
- Emissions  $N_2O$  and  $CH_4$  provoquées par la fertilisation (organique et minérale)

# Bilan des émissions de carbone d'octobre à octobre



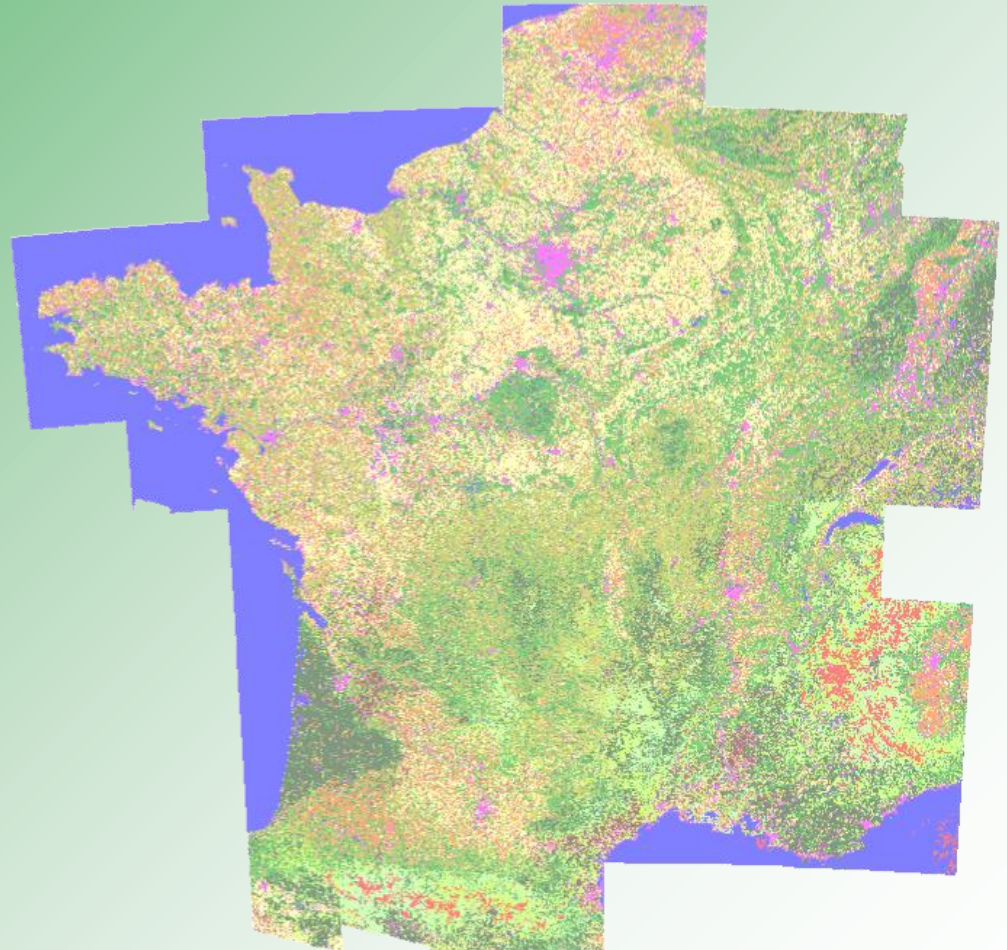
CEB:

- For Winter wheat : -23 Kg eqC ha<sup>-1</sup>

- For Maize : 5187 Kg eqC ha<sup>-1</sup>

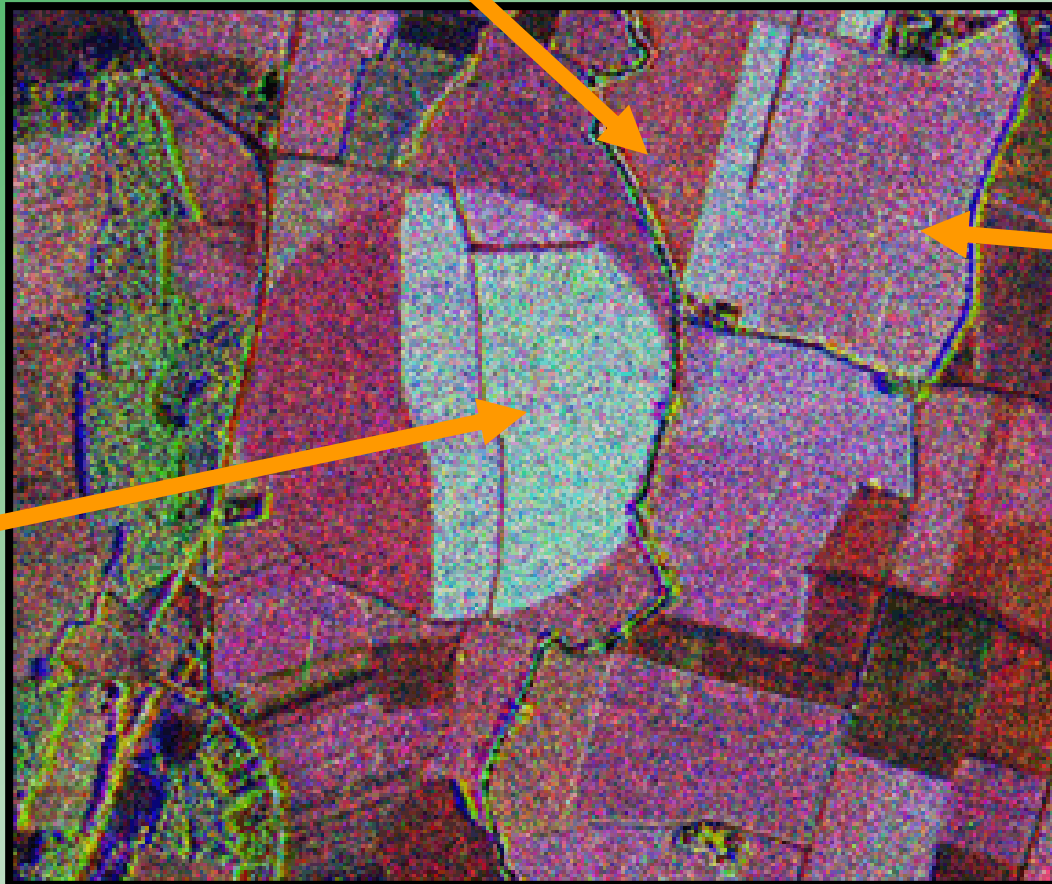
# Occupation du sol

Classe
11: Cultures d'été
12: Cultures d'hiver
31: Forêt de feuillus
32: Forêt de conifères
34: Pelouses et pâturages naturels
35: Estives-landes
36: Lande ligneuse
41: Bâti dense
45: Surfaces minérales
46: Plages et dunes
51: Eau
53: Glacier ou neiges éternelles
211: Prairie permanente
221: Verger
222: Vigne



# Pratique culturales

Préparé pour le semis



Reprise de  
labour

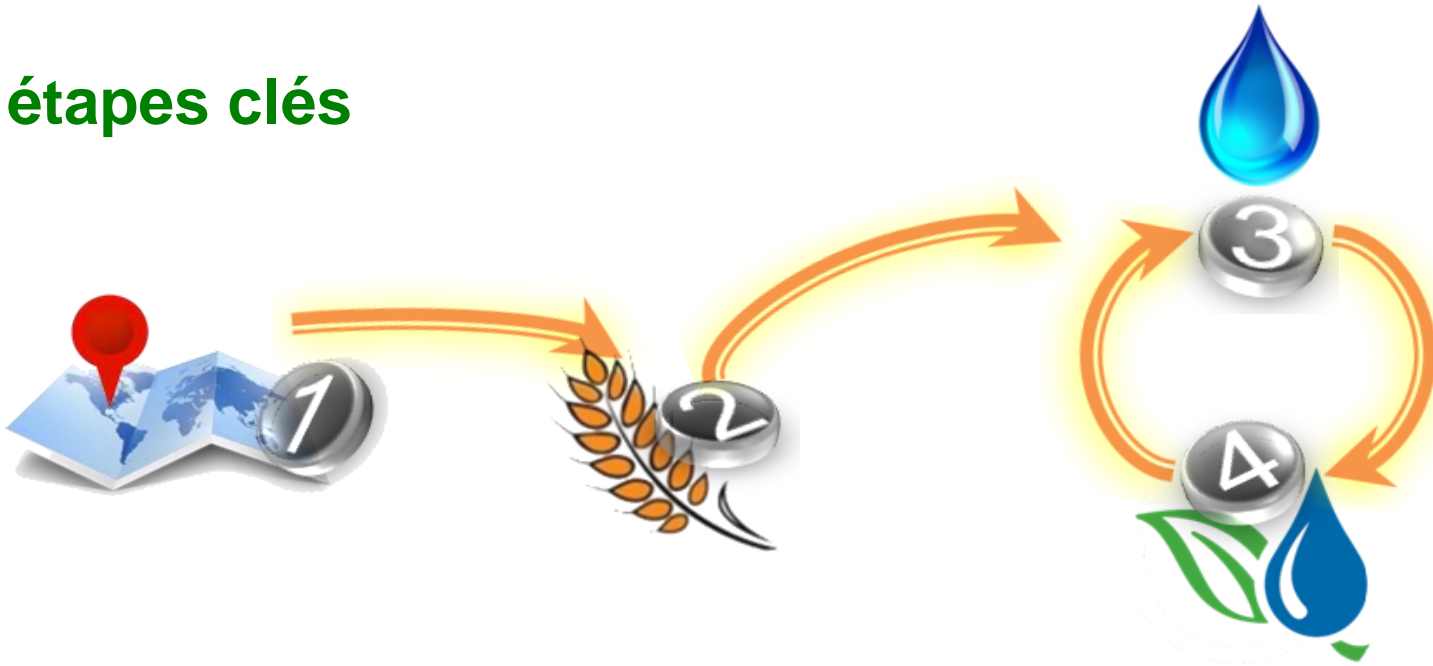
Labouré

*Fieuzal, Baup,  
2011*

*Combinaison de plusieurs images TERRASARX (automne 2010)*

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

## 4 étapes clés



# La neige :

Un stock d'eau important pour les bassins versants...

