Télédétection et modélisation

Gérard Dedieu

Le spatial coopératif

Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Proposition de définition (limitée à notre propos) :
  - Un modèle est une tentative de représentation de processus du monde réel par un programme informatique
  - Un modèle peut reposer sur une description plus ou moins détaillée (mécaniste) des processus ou statistique

Qu'est-ce qu'un modèle ?

- Exemple
  - A quel heure arriverez vous à Narbonne en partant de Toulouse à 9h00 et en roulant à une vitesse constante (ou moyenne) de 130 km/h ?

    - Le modèle : temps de parcours = distance/vitesse (t = D / V)
    - L'application à la question
      - Recueil de données : la distance D est de 151 km
      - Temps de parcours t = 151/130 = 1,161538462 heure = 1 heure et 0,161 * 60 minutes = 1h 9' 41''
      - Heure d'arrivée : 9h00 + 1h 9' 41'' = 10 h 9' 41''
    - Nous avons construit un modèle pour effectuer une prévision, le modèle t=D/V peut être modifié pour calculer une vitesse moyenne durant un trajet déjà effectué :
      - V = D / t
    - Nous avons simplifié le problème : les phases de décélération et d'accélération ne sont pas prises en comptes, leur durée est implicitement jugée négligeable devant le temps de parcours total et les aléas de circulation, leur prise en compte complexifierait inutilement le modèle
    - Il ne nous reste plus qu'à écrire le programme informatique pour traiter n'importe quelle situation similaire

Productivité primaire nette

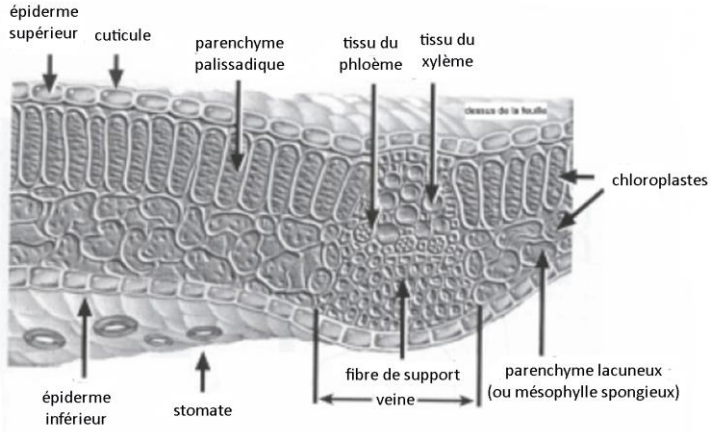
- Estimation de la productivité primaire nette instantanée d'une formation végétale (Kumar et Monteith 1972)

$$P(t) = e(t) \times f(t) \times \varepsilon_c(t)\, S_0\,(t)$$

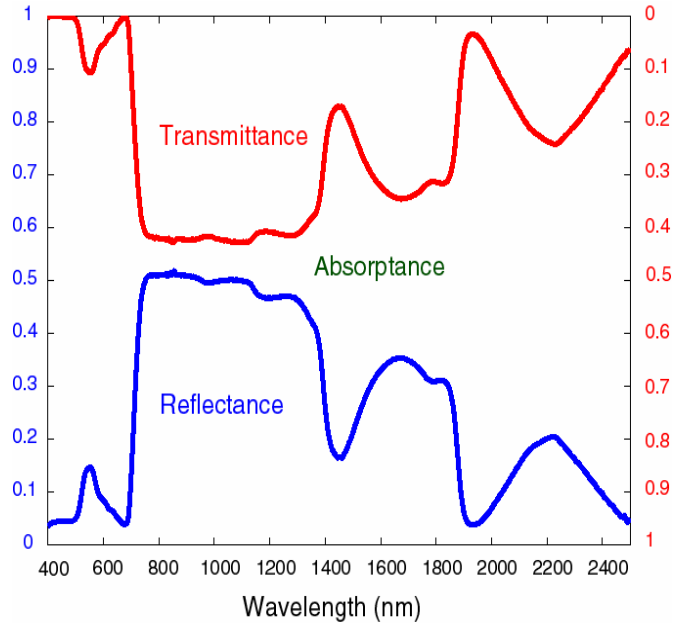
- P : productivité primaire nette (g[c] /m²)
- t : le temps
- S_0 : le rayonnement solaire global
- ε_c : la part de S_O utile à la photosynthèse PAR (~0,48)
- f : la fraction du PAR absorbée par la canopée
- e : l'efficience de la conversion du rayonnement solaire absorbé en matière organique sèche (g MJ^{-1})

Les longueurs d'onde bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle. Les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille. Le rayonnement PIR, lui, est fortement réfléchi par le parenchyme lacuneux.

(adapté d'après Jensen, 2000 Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective)



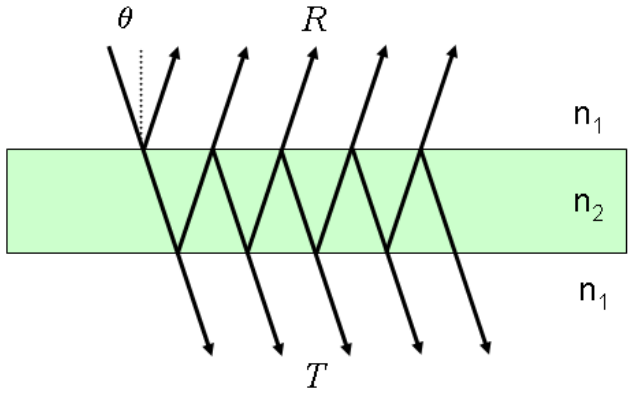
https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/caracteristique-vegetation/proprietes.html



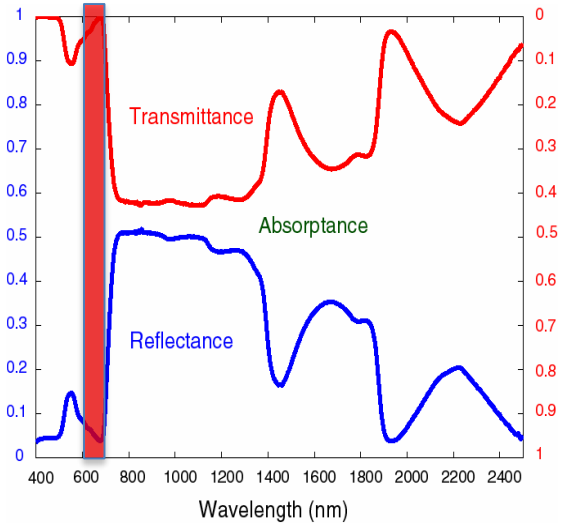
Flux incident = Flux réfléchi + Flux transmis + Flux Absorbé

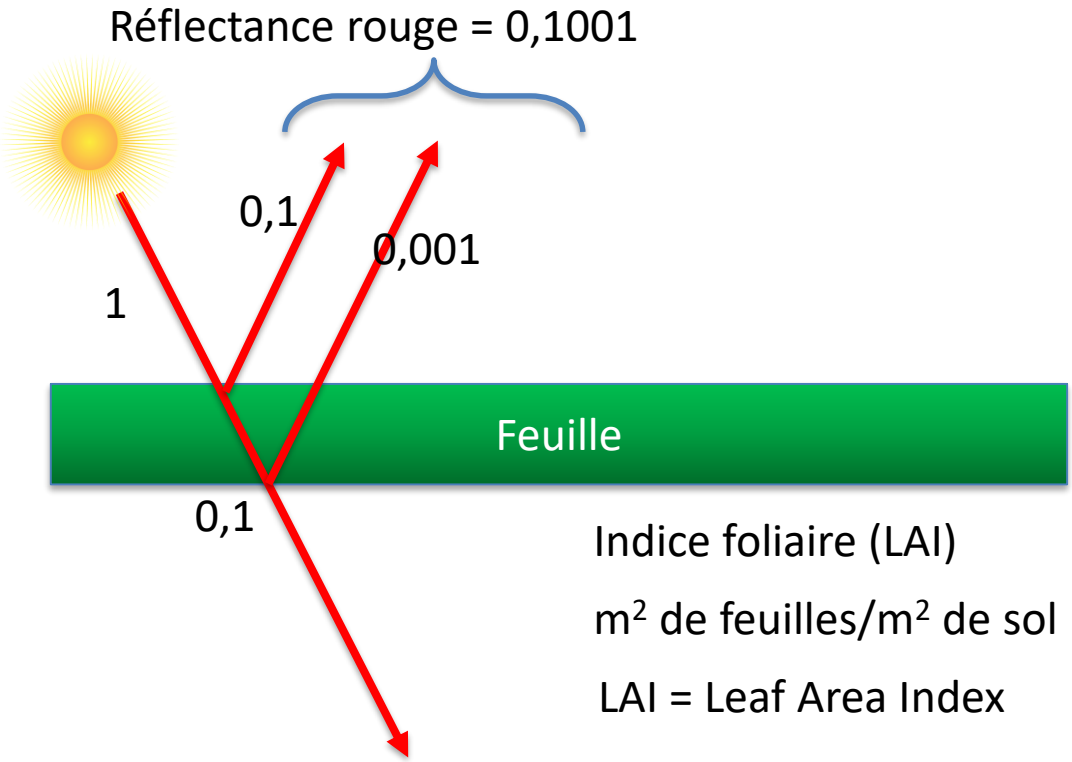
$1 = R + T + A$

Avec Réflectance = Φ réfléchi / Φ incident, etc



Rouge : R =0,1 T=0,1 A = 0,8





Indice foliaire (LAI)

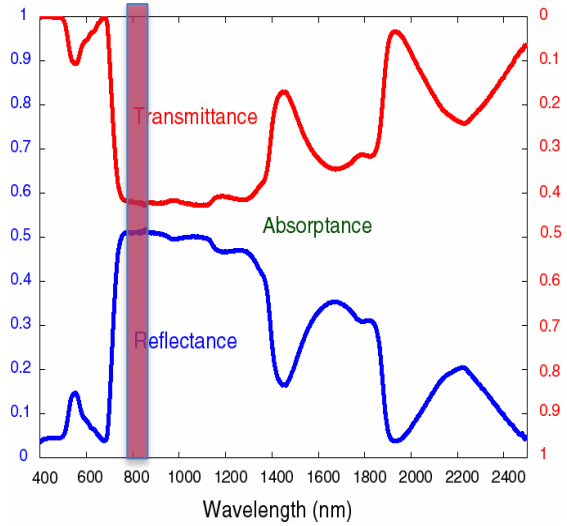
m^2 de feuilles/m^2 de sol

LAI = Leaf Area Index

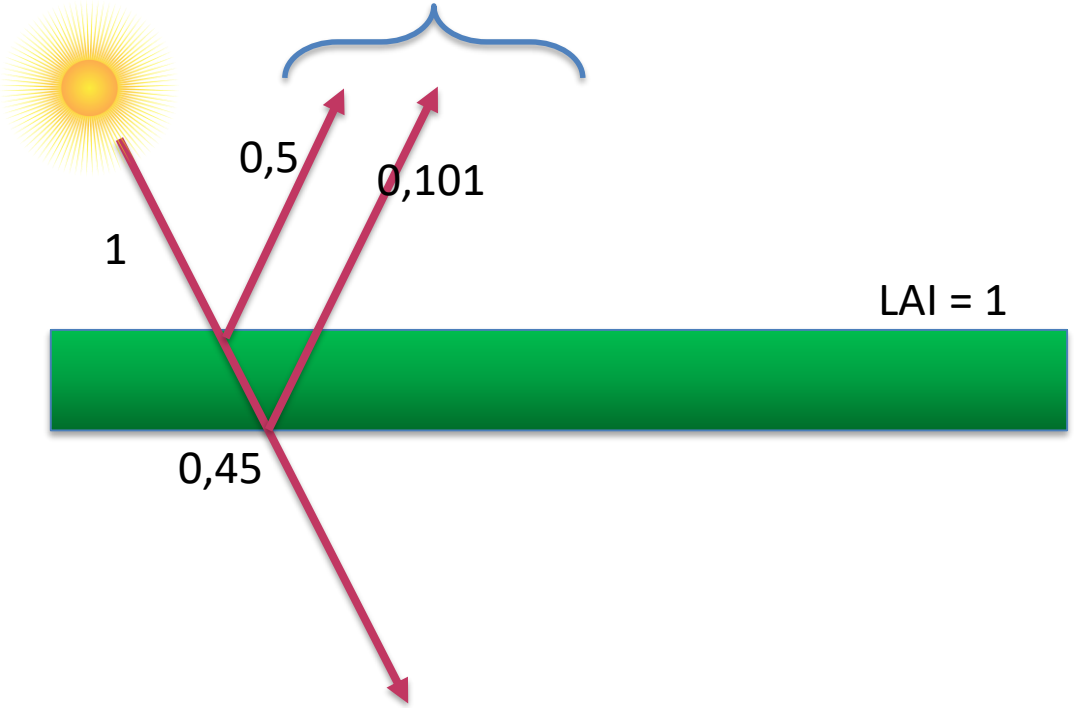
Ici LAI = 1

Proche infrarouge :

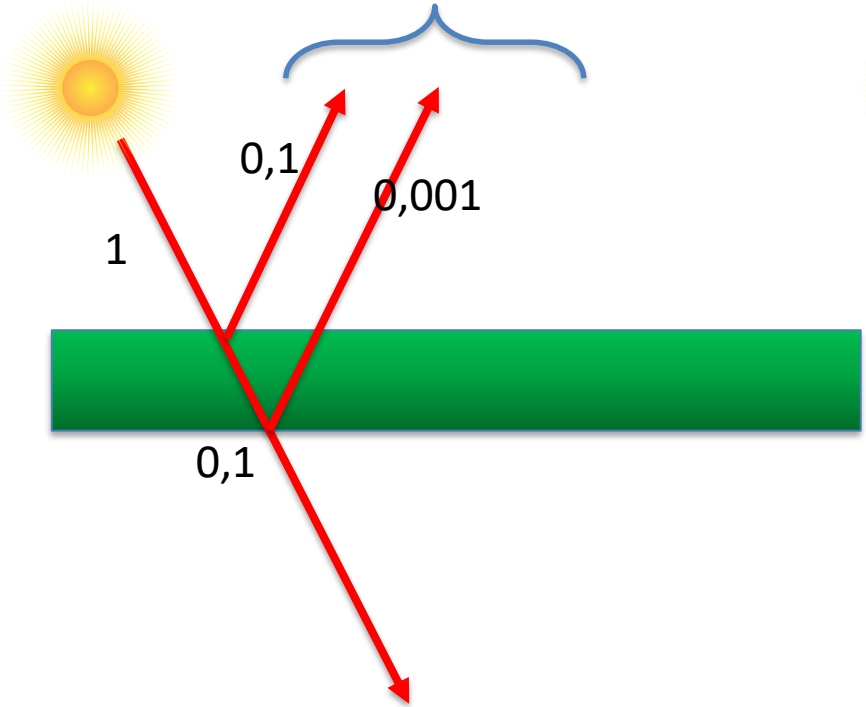
R =0,5 T=0,45 A = 0,05



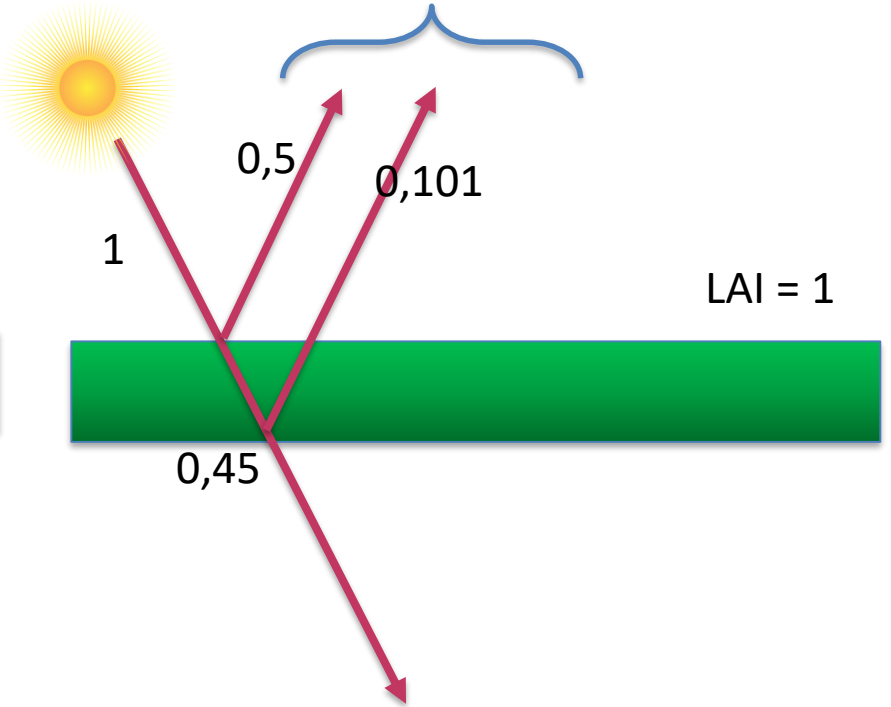
Réflectance proche infrarouge = 0,601



Réflectance rouge R = 0,1001

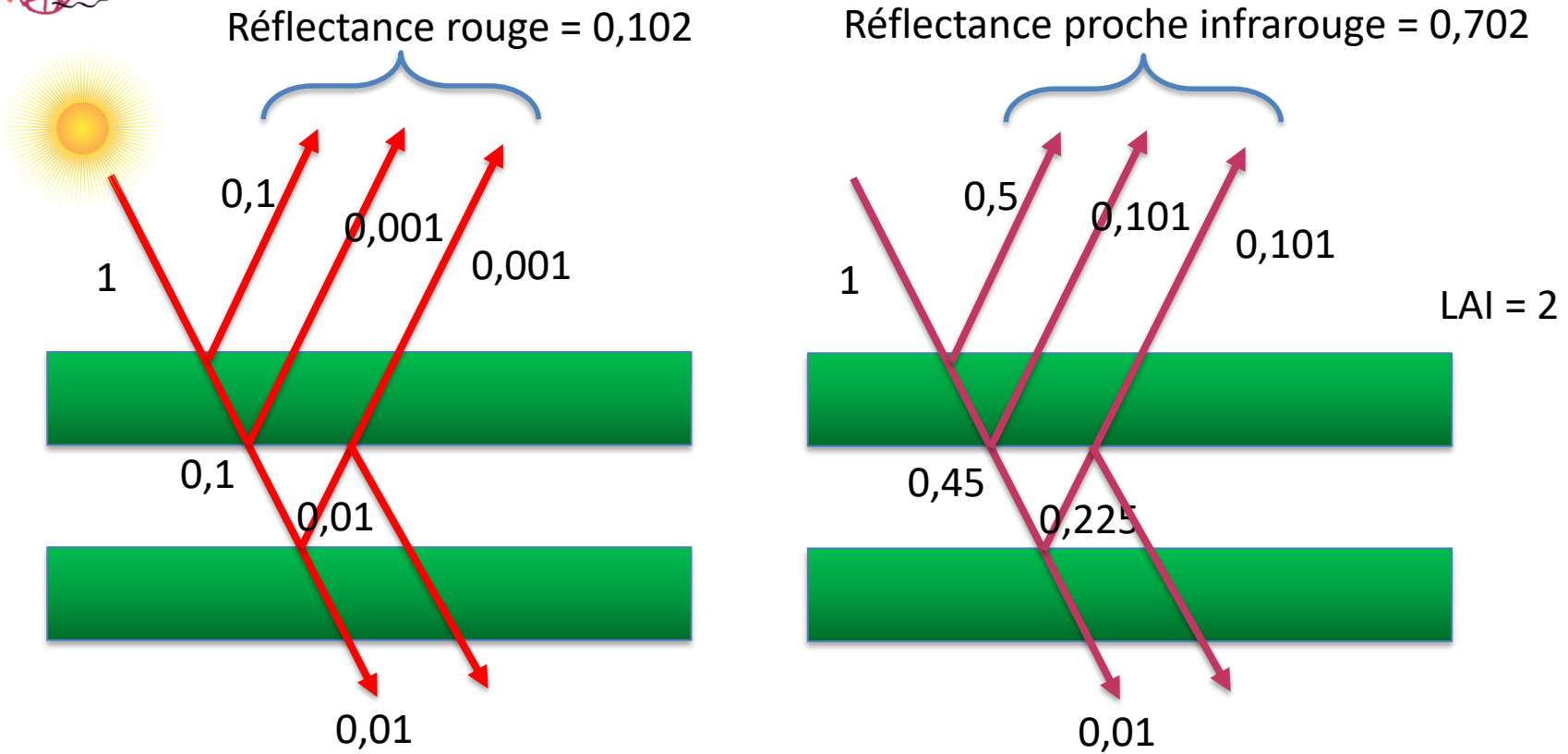


Réflectance proche infrarouge PIR = 0,601



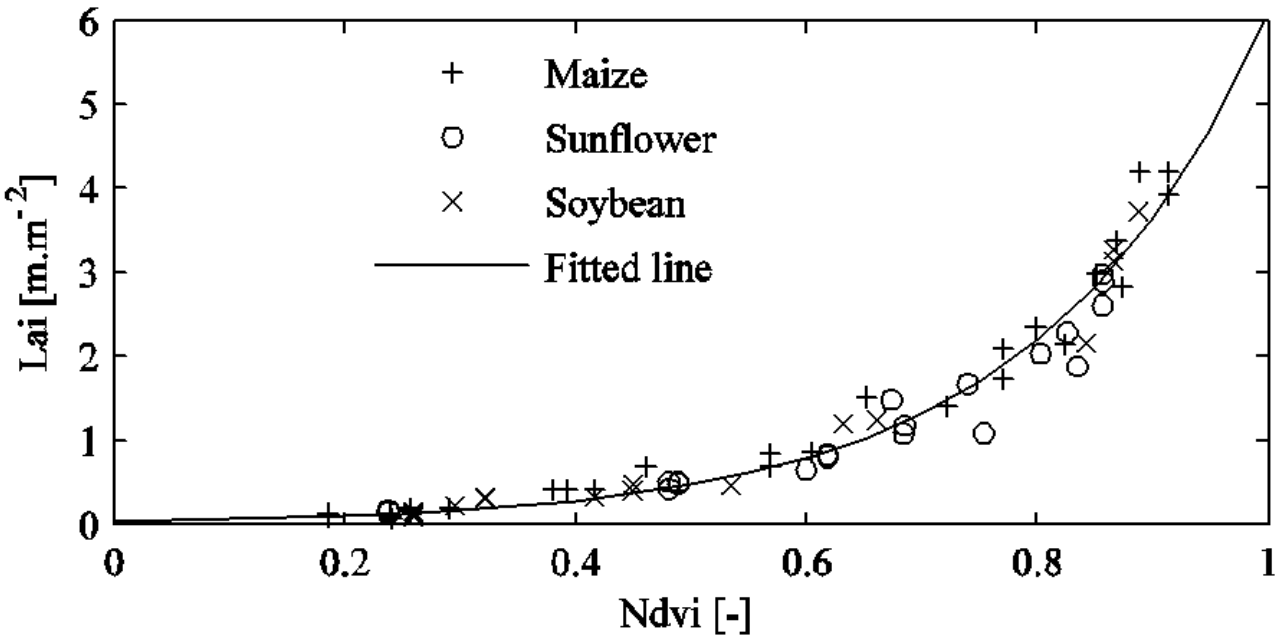
Indice de végétation NDVI = (PIR – R)/(PIR+R) = 0,71

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index



Indice de végétation NDVI = (PIR – R)/(PIR+R) = 0,75

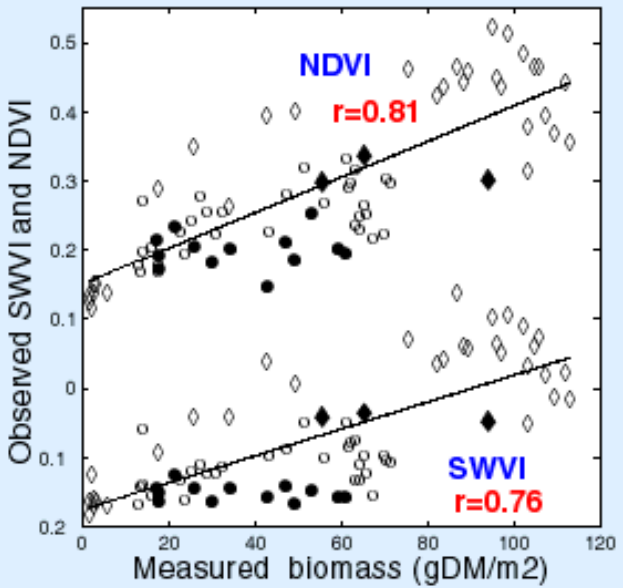
Relation entre NDVI et LAI

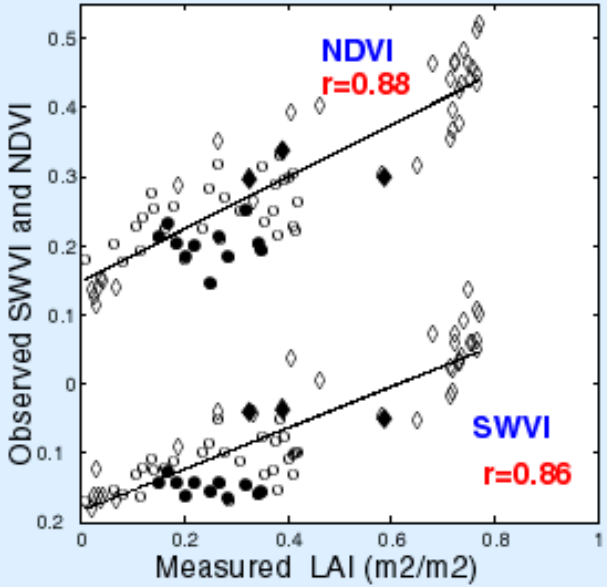


V. Demarez et col., CESBIO

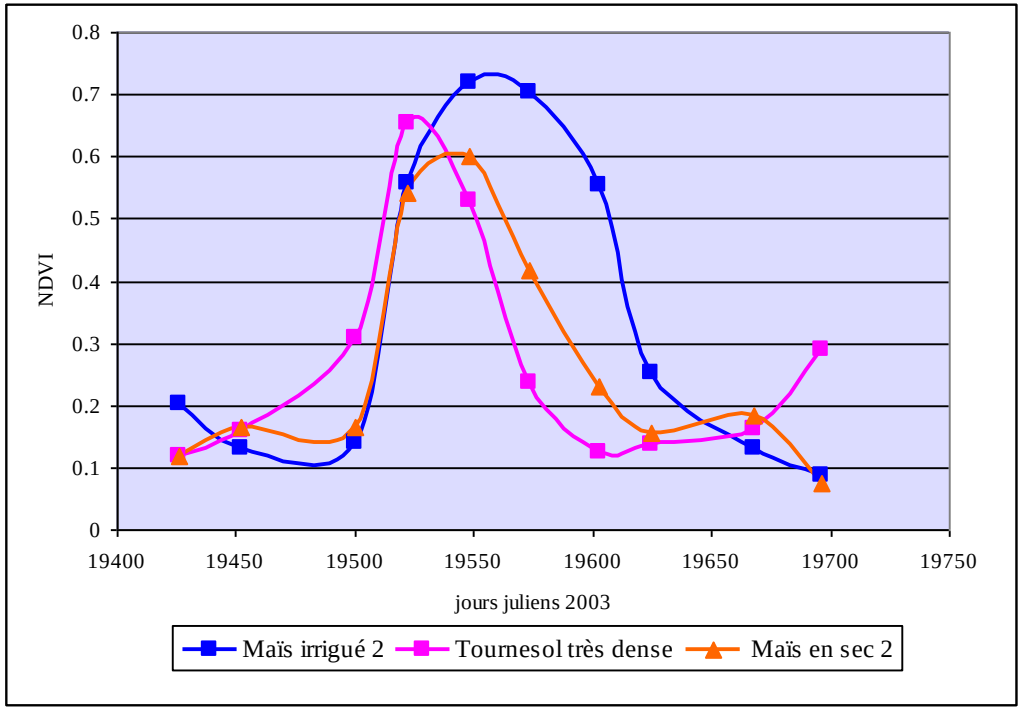
Prairies (Mexique)

o : 1998 ◊ : 1999
●, ♦ : senescence



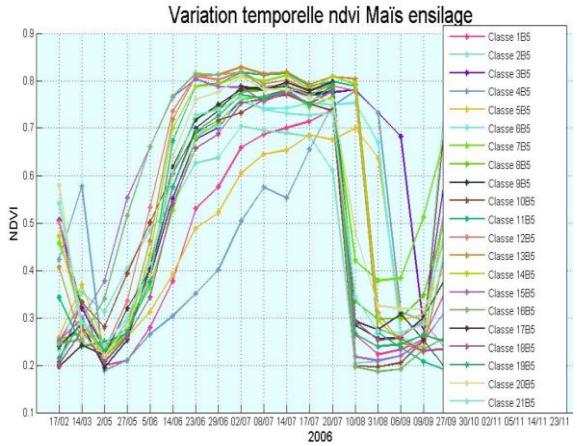


Evolution temporelle du NDVI

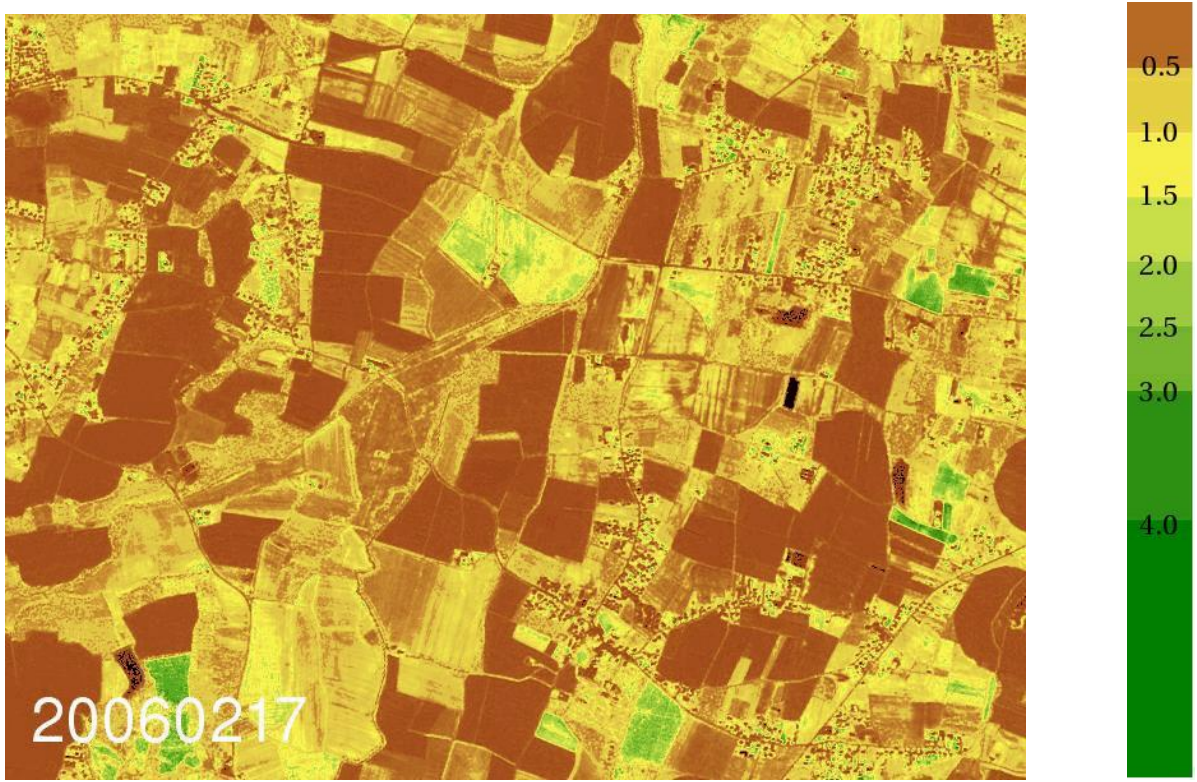


NDVI comparés de deux cultures d'été (CESBIO)

Evolution temporelle du NDVI



Leaf Area Index 2007



Estimation de la productivité primaire nette instantanée d'une formation végétale (Kumar et Monteith 1972)

$$P(t) = e(t) \times f(t) \times \varepsilon_c(t)\ S_0\ (t)$$

- P : productivité primaire nette (g[c] /m^2)
- t : le temps
- S_0 : le rayonnement solaire global
- ε_c : la part de S_O utile à la photosynthèse PAR (~0,48)
- f : la fraction du PAR absorbée par la canopée

$$f = a + b\ NDVI$$

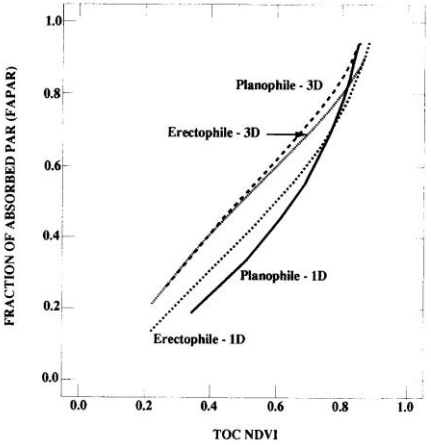
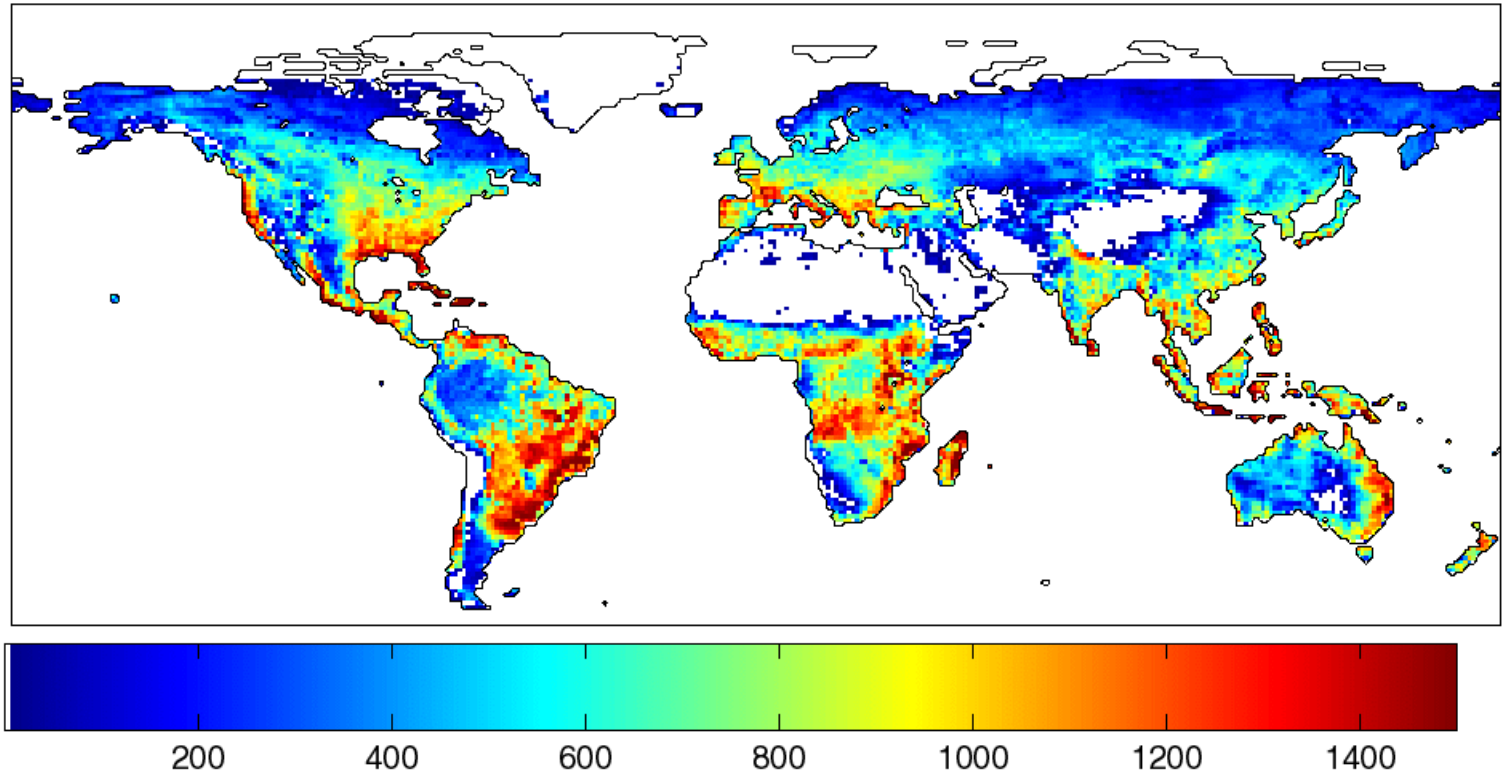


Figure 7. The relationship between FAPAR and top of the canopy (TOC) NDVI in homogeneous (1D) and heterogeneous (3D) canopies with different leaf orientation distributions. The other problem parameters are as in the base case.

- e : l'efficience de la conversion du rayonnement solaire absorbé en matière organique sèche (g MJ^{-1})

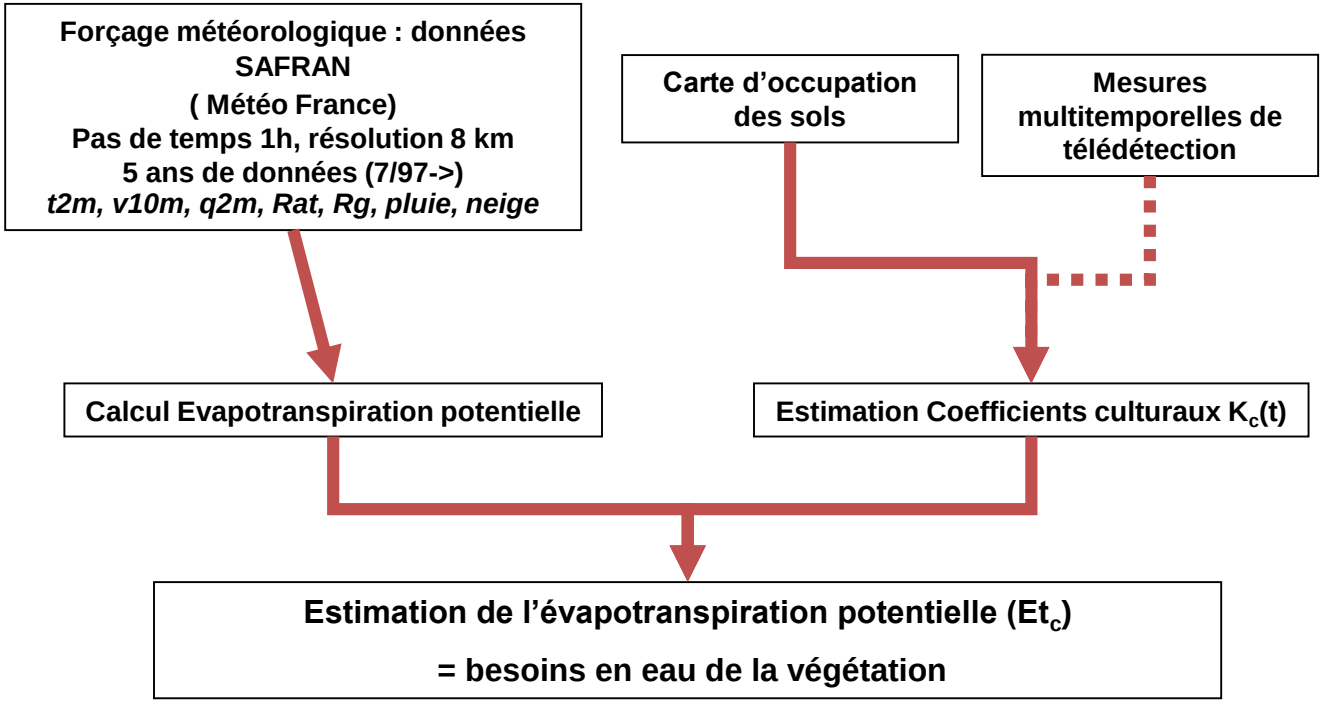


Annual NPP from the ECMWF driven TURC model. Unit is g[C].m-2.

Estimated global *NPP :* 66.2 Gt C/yr for 1998 *(CESBIO)*

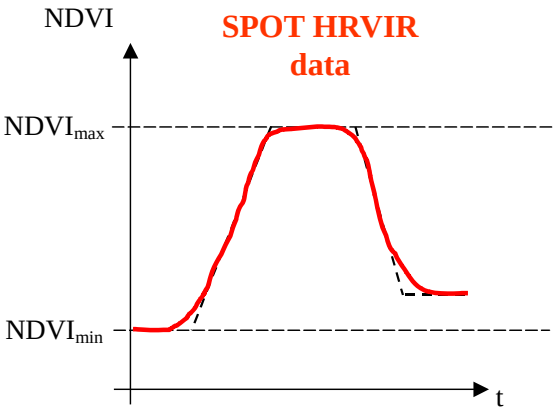
Besoins en eau des cultures

Méthode FAO

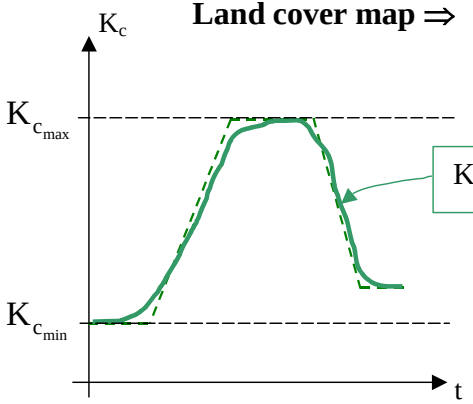


$$ET_c(t) = K_c(t,crop).ETP_{ref}(t)$$

Crop coefficient Kc : NDVI derived crop coefficient

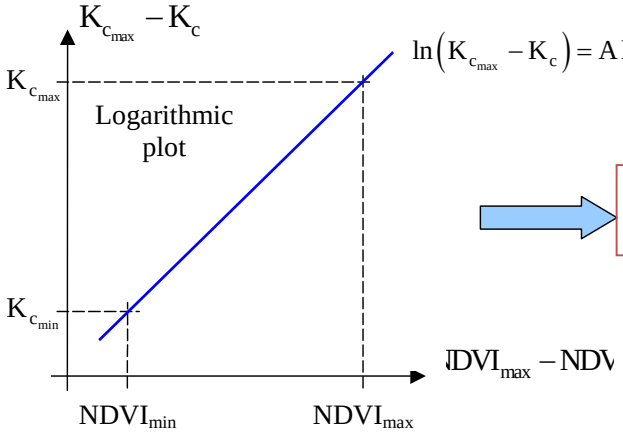


SPOT HRVIR data



Land cover map $\Rightarrow \left(K_{c_{max}}, K_{c_{min}}\right)$

$K_c = f\left(NDVI\right)$



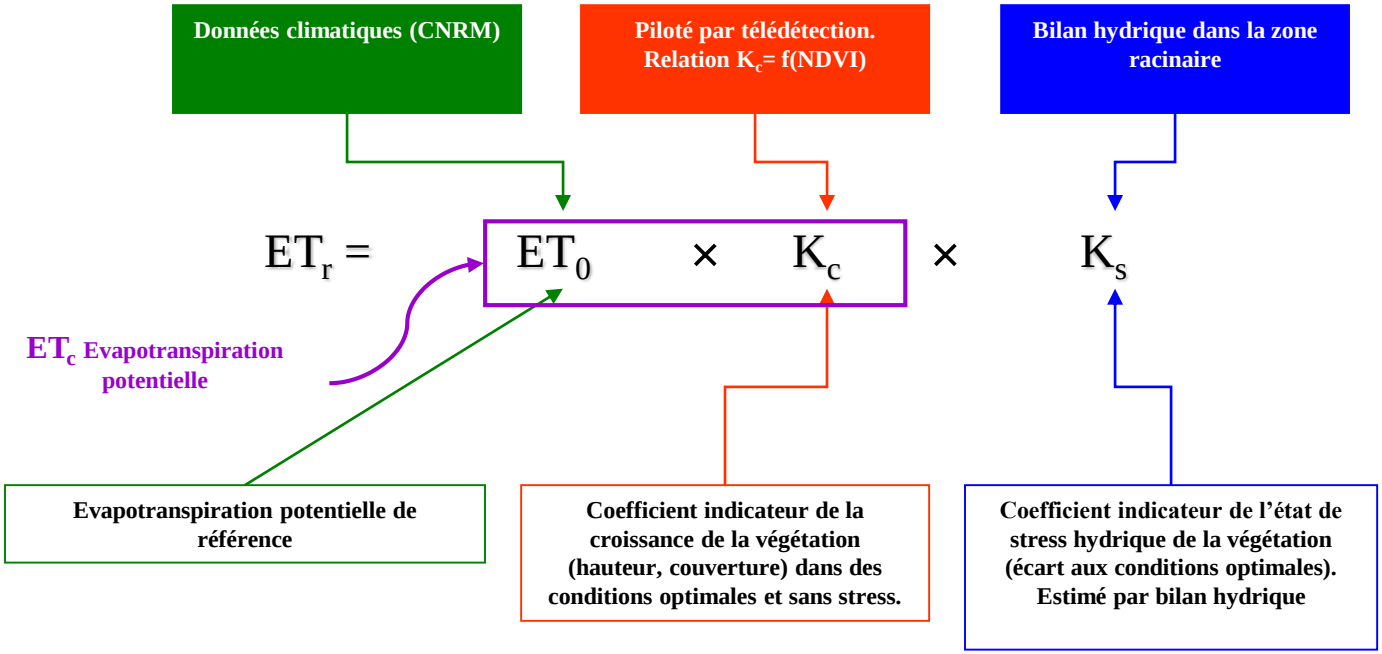
$$\ln\left(K_{c_{max}} - K_c\right) = A \ln\left(NDVI_{max} - NDVI\right) + B$$

$$K_c\left(t\right) = f\left(NDVI\left(t\right), \text{crop type}\right)$$

(Kc is mainly driven by LAI, and the NDVI as well)

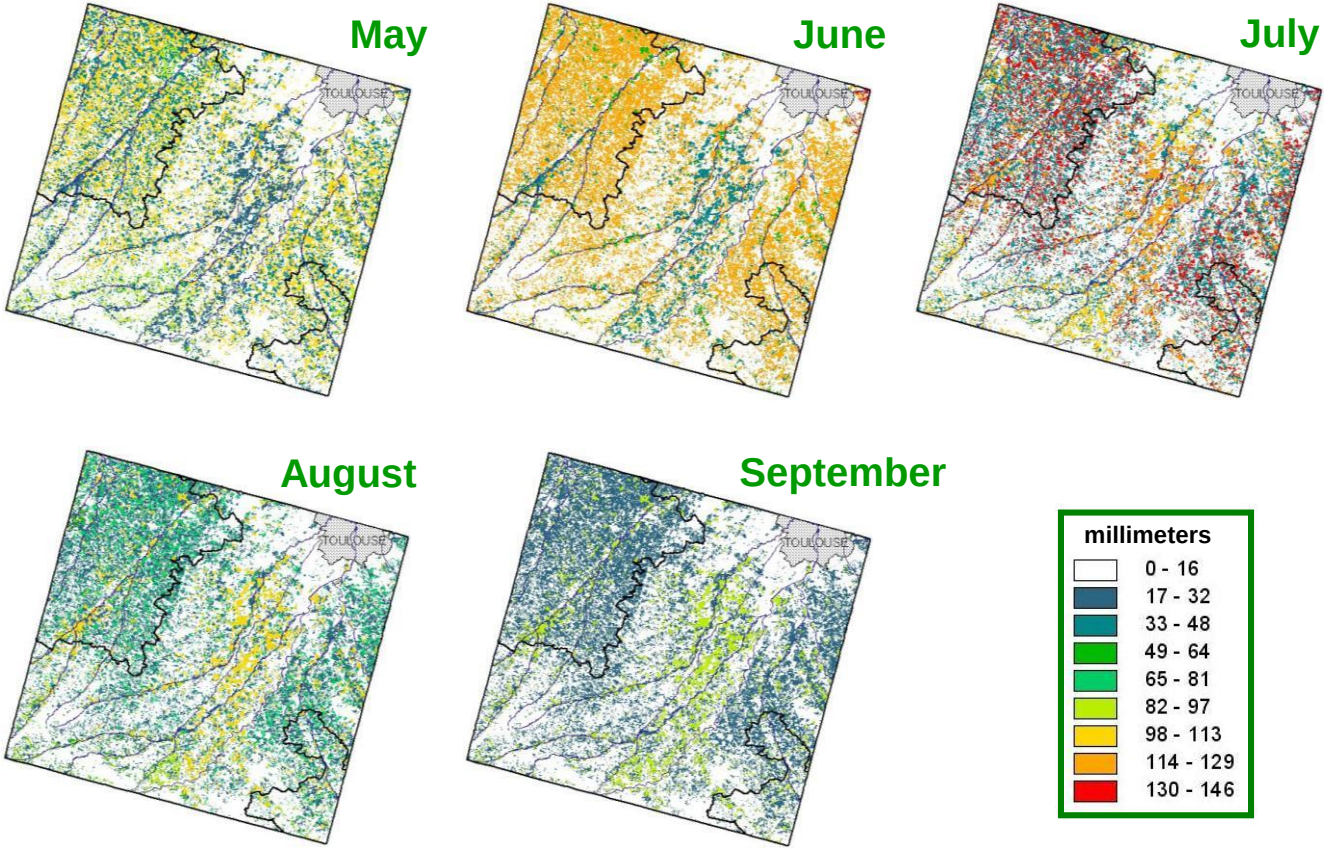
Méthode d'estimation des bilans d'eau

❑ **Adaptation de la méthode proposée à la FAO par Allen et al. (1998):**

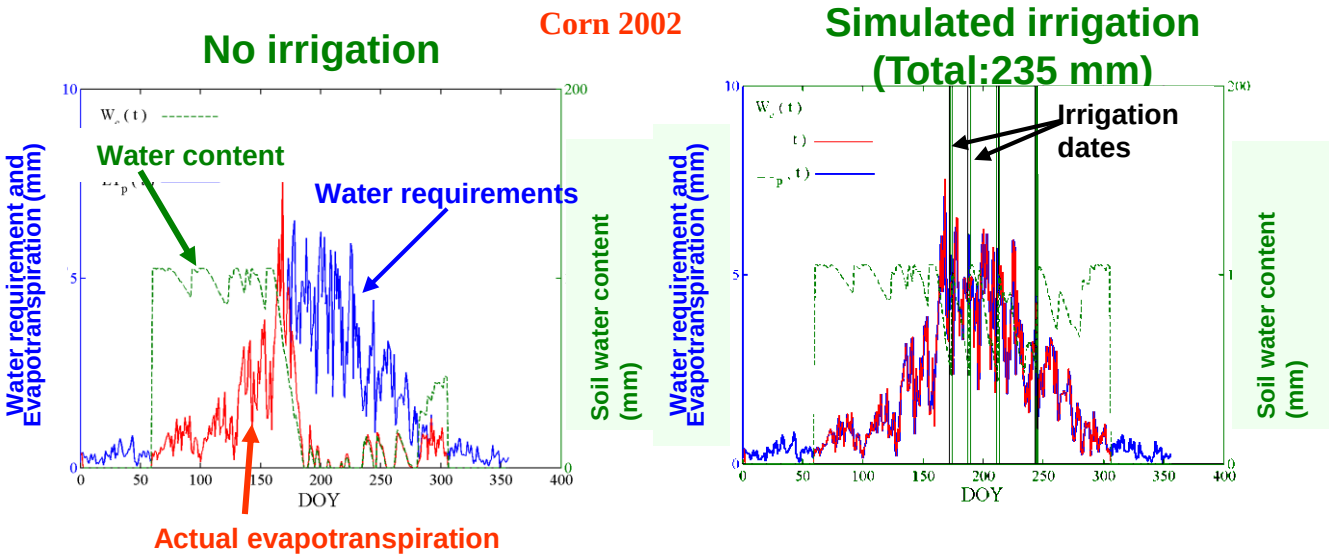


Results : water requirements (1)

Crop Potential Evapotranspiration ETc in 2002 (water requirement)



Actual evapotranspiration ETr and irrigation requirements



The actual evapotranspiration is computed with a simple water balance model (Allen et al. 1998)

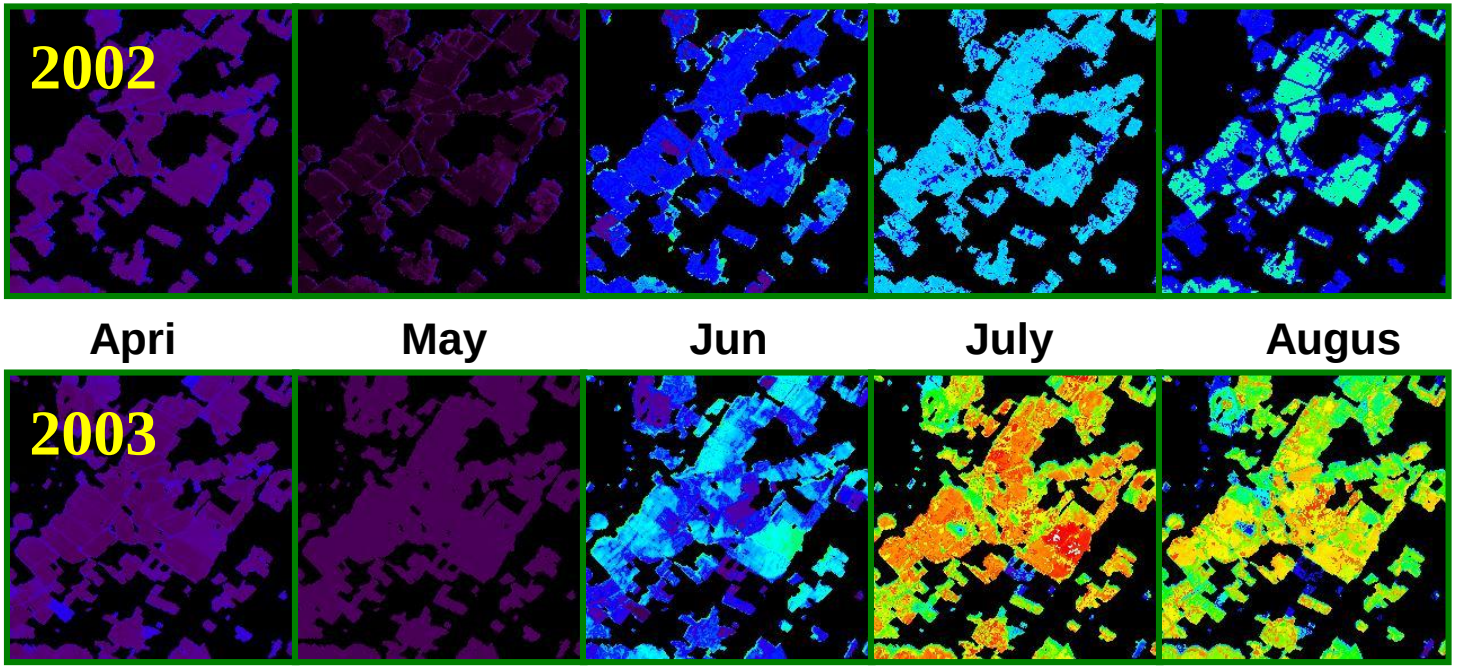
$$ETr = Ks.ETc(t) = Ks.\ Kc(t,crop).ETPref(t)$$

Ks is the normalized water content in the rooting zone

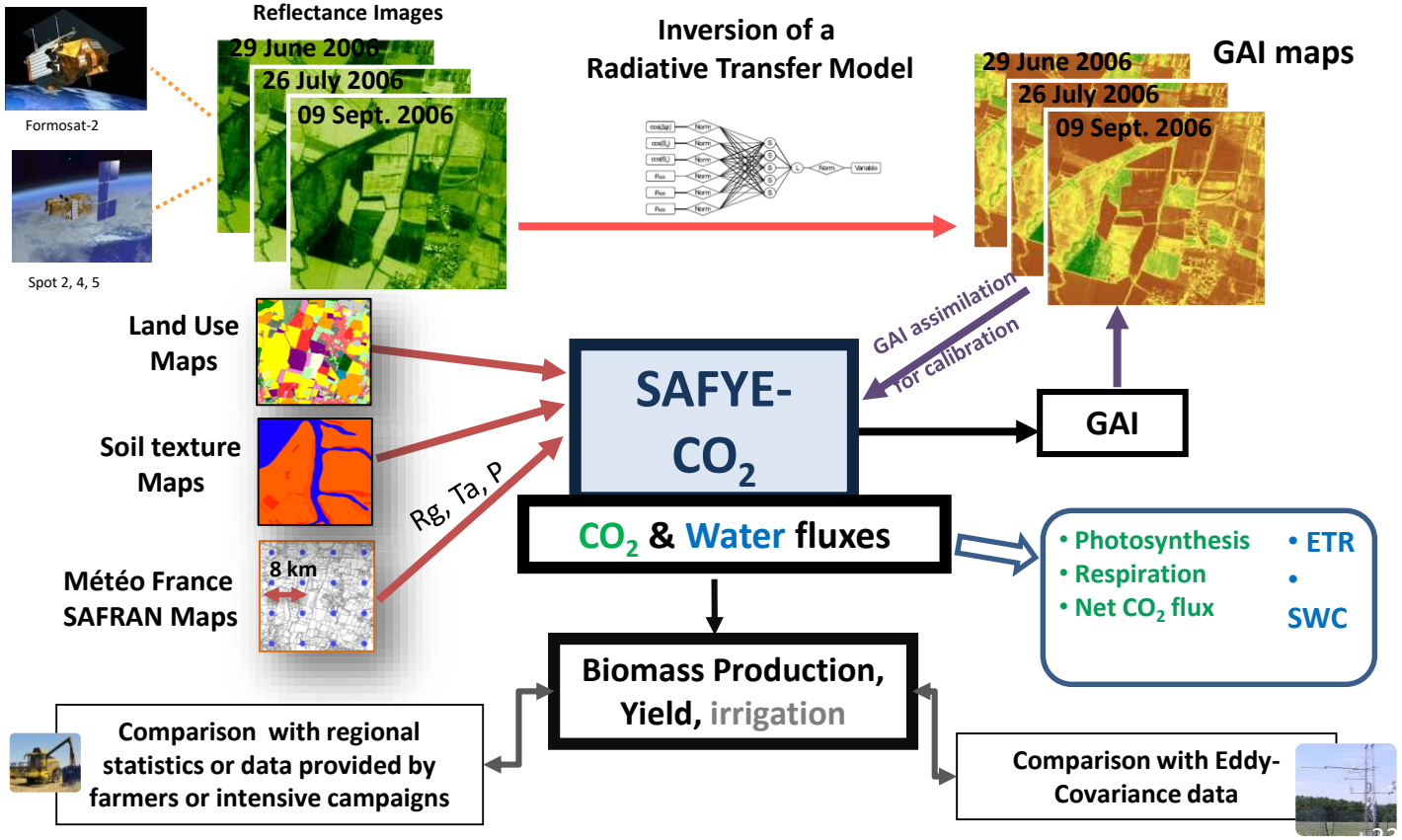
- **The size of the rooting zone is driven by satellite NDVI**
- **Irrigation is applied to recover water content at field capacity when soil moisture drops below a threshold**

Monthly cumulated irrigation

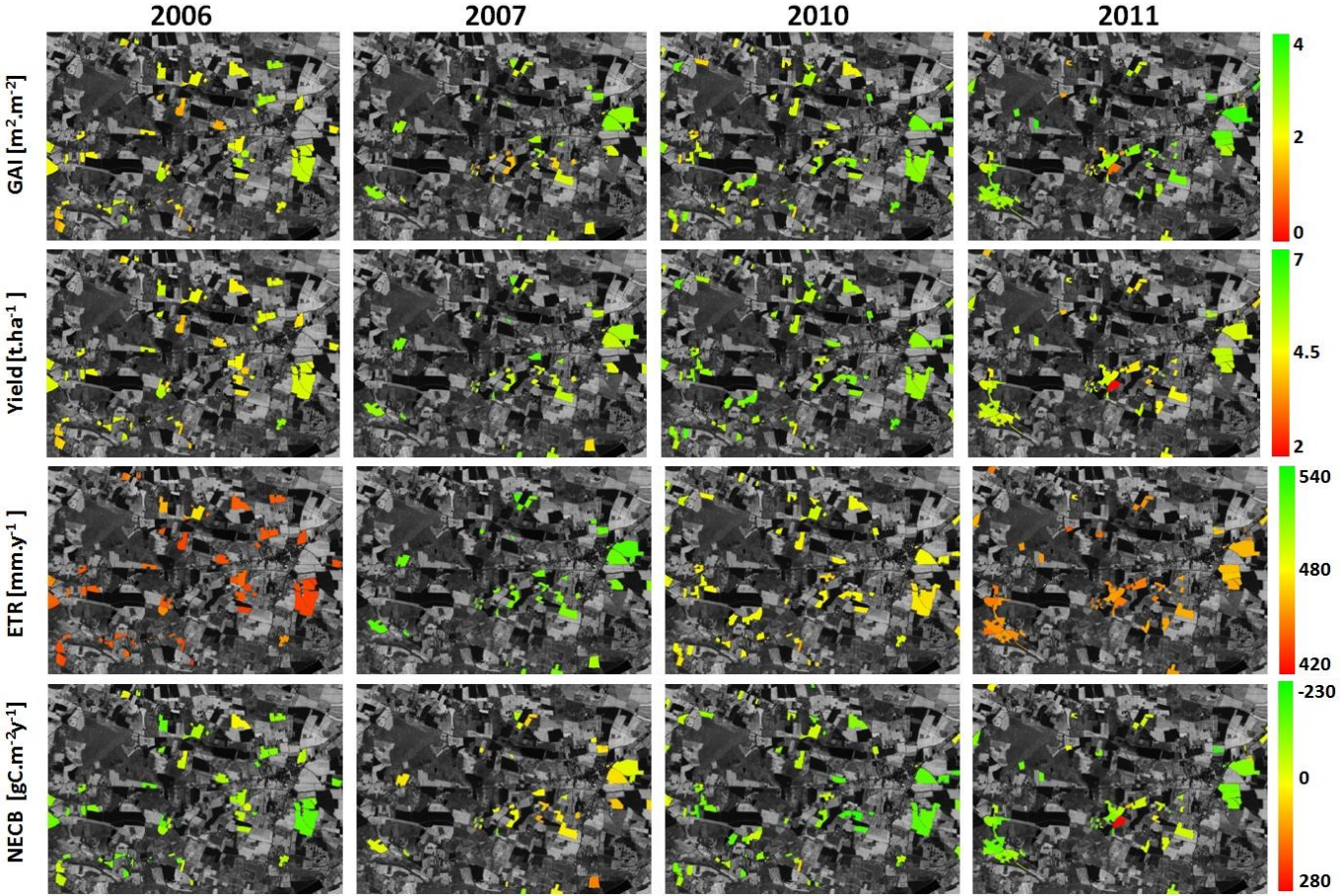
Zoom over a 5x5 km window



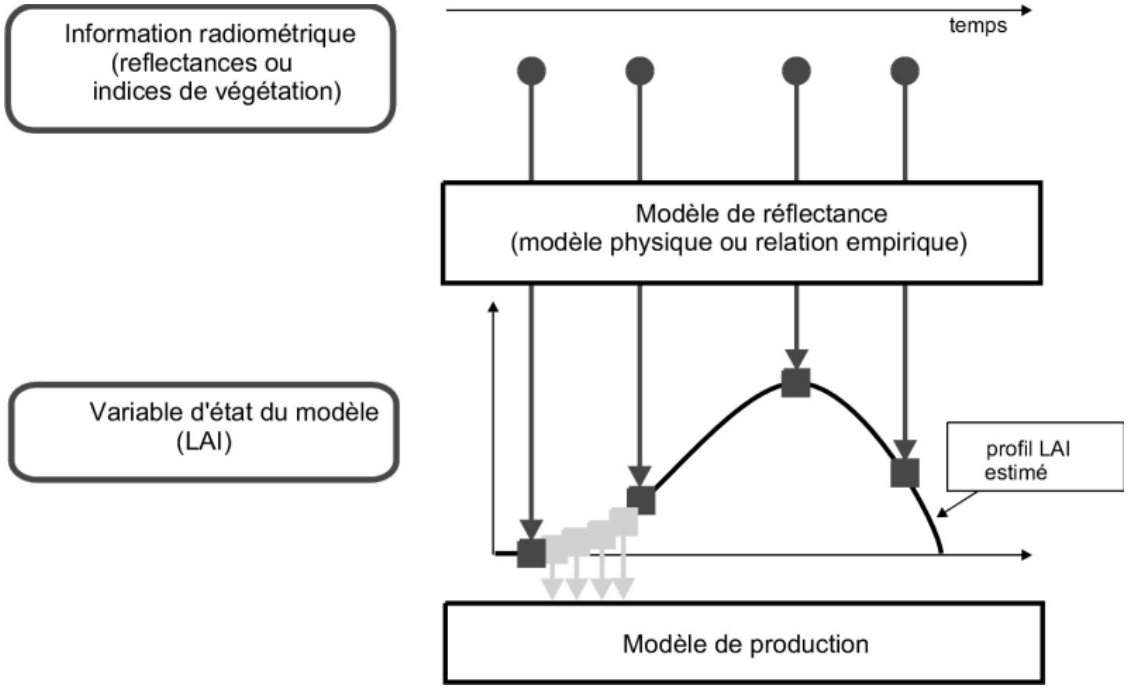
Modeling approach (CESBIO)



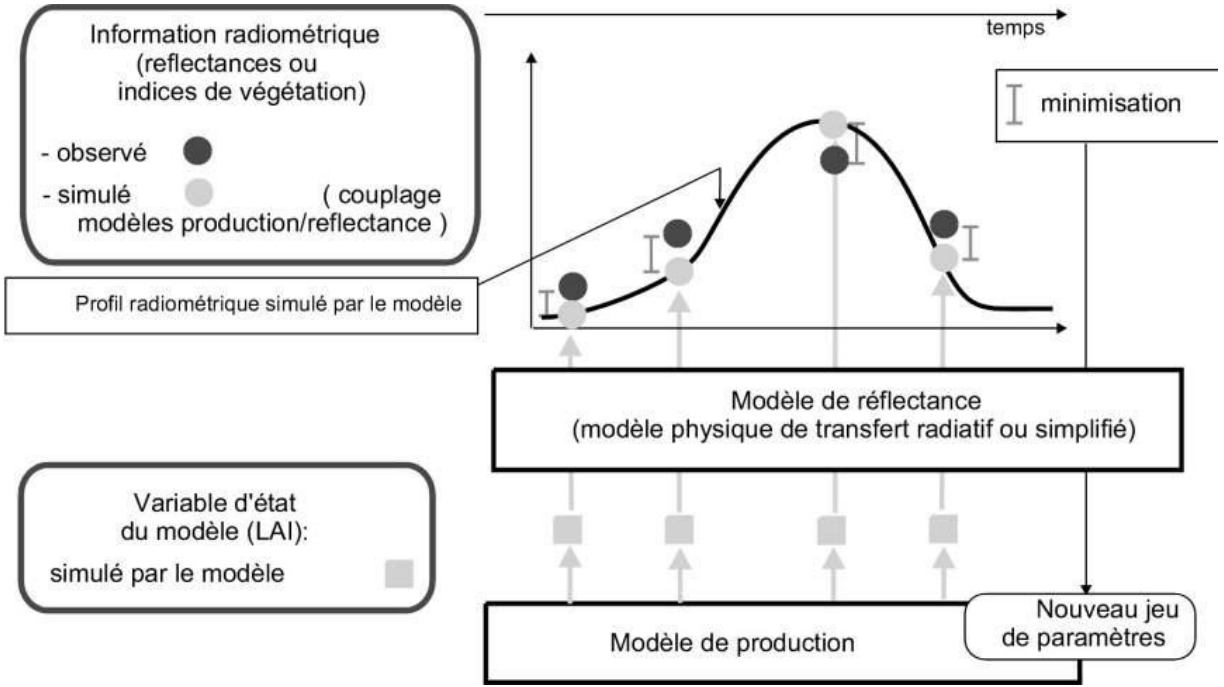
Regional Estimates



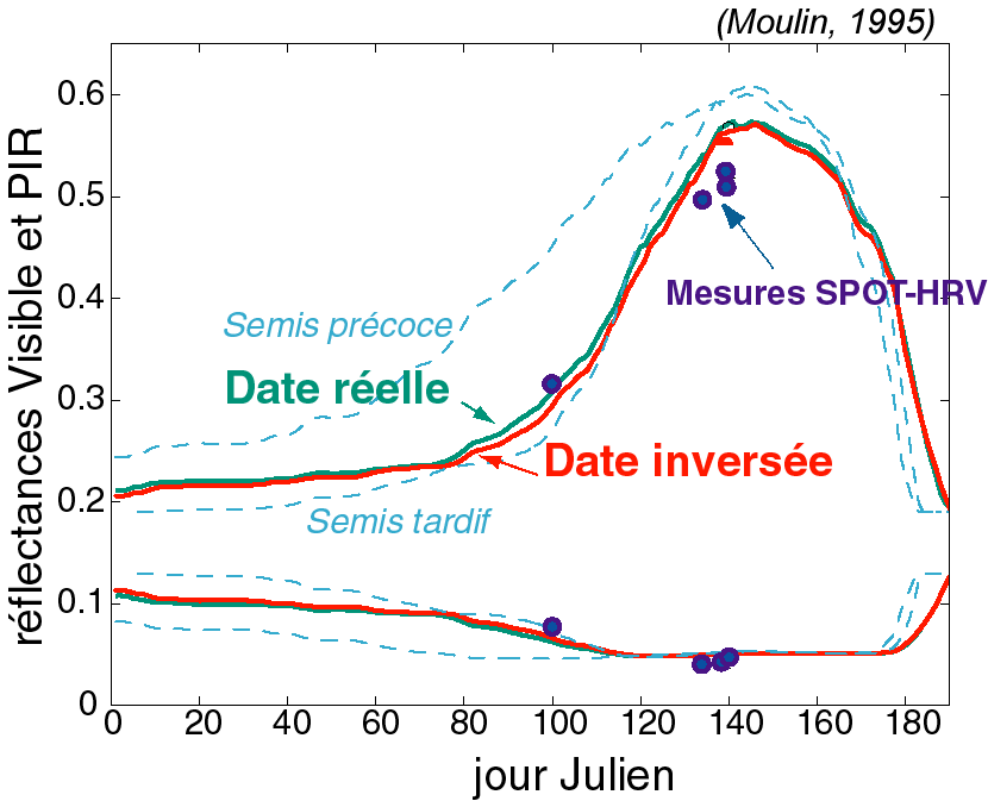
Le forçage


Information radiométrique
(reflectances ou
indices de végétation)
temps
Modèle de réflectance
(modèle physique ou relation empirique)
Variable d'état du modèle
(LAI)
profil LAI
estimé
Modèle de production

L'assimilation



Inversion de la date de semis



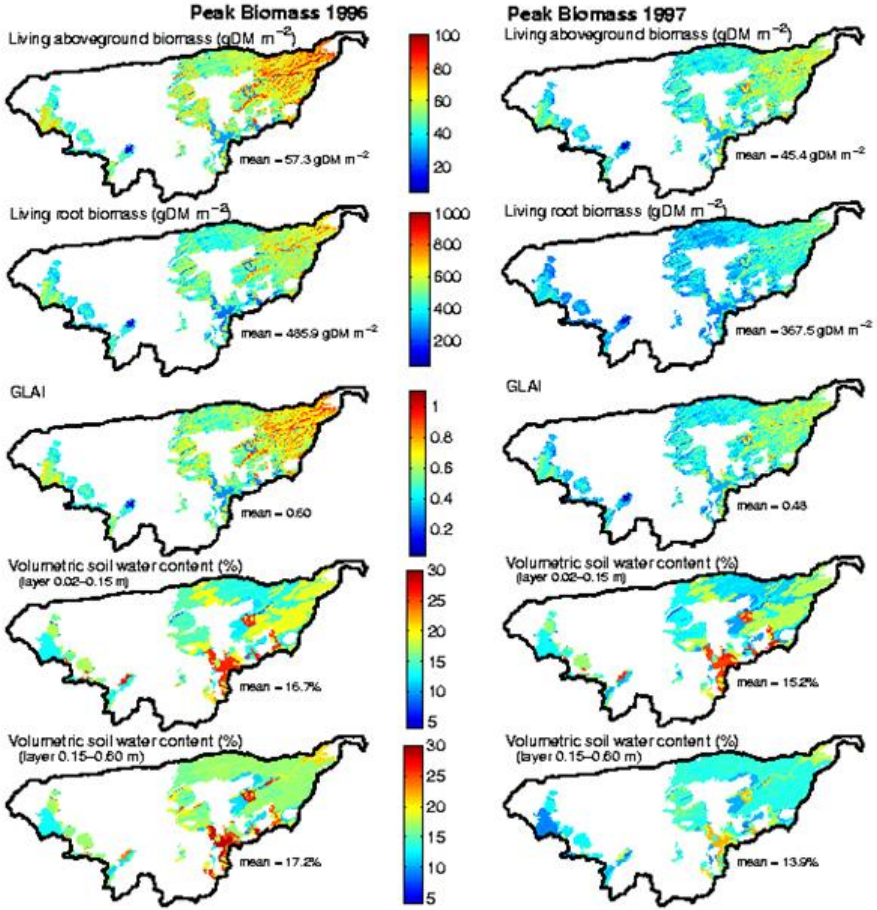
Moulin et al.

Variables estimées par un modèle de végétation couplé à un SVAT après assimilation de données Landsat : biomasse, indice foliaire, contenu en eau du sol, ETR, NPP ...

Zone de 150 km^2 en région aride (Arizona). Deux années 1996, 1997.

Cas relativement simple.

Précision des résultats limitée par le peu de données disponibles.



Nouvellon et al., 2000

FIN