

Prise en compte des contraintes  
spatiales pour l'assimilation de  
données de télédétection dans un  
modèle de fonctionnement du  
couvert végétal

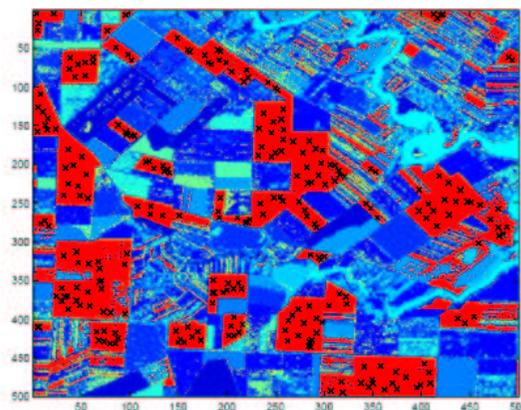
Lauvernet Claire

F. Baret (INRA, Avignon)

R. Vintila (ICPA, Bucaresti)

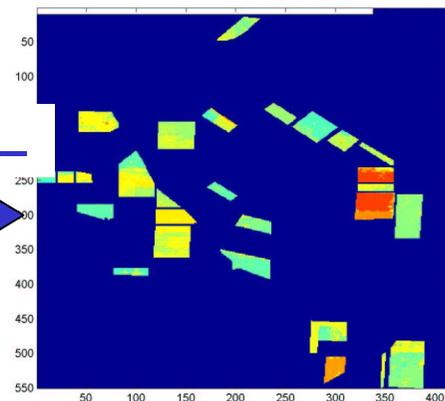
F.-X. LeDimet (IMAG, Grenoble)

## Travail au niveau du pixel



SPOT images, Fundulea

MTR



Map of LAI from inversion

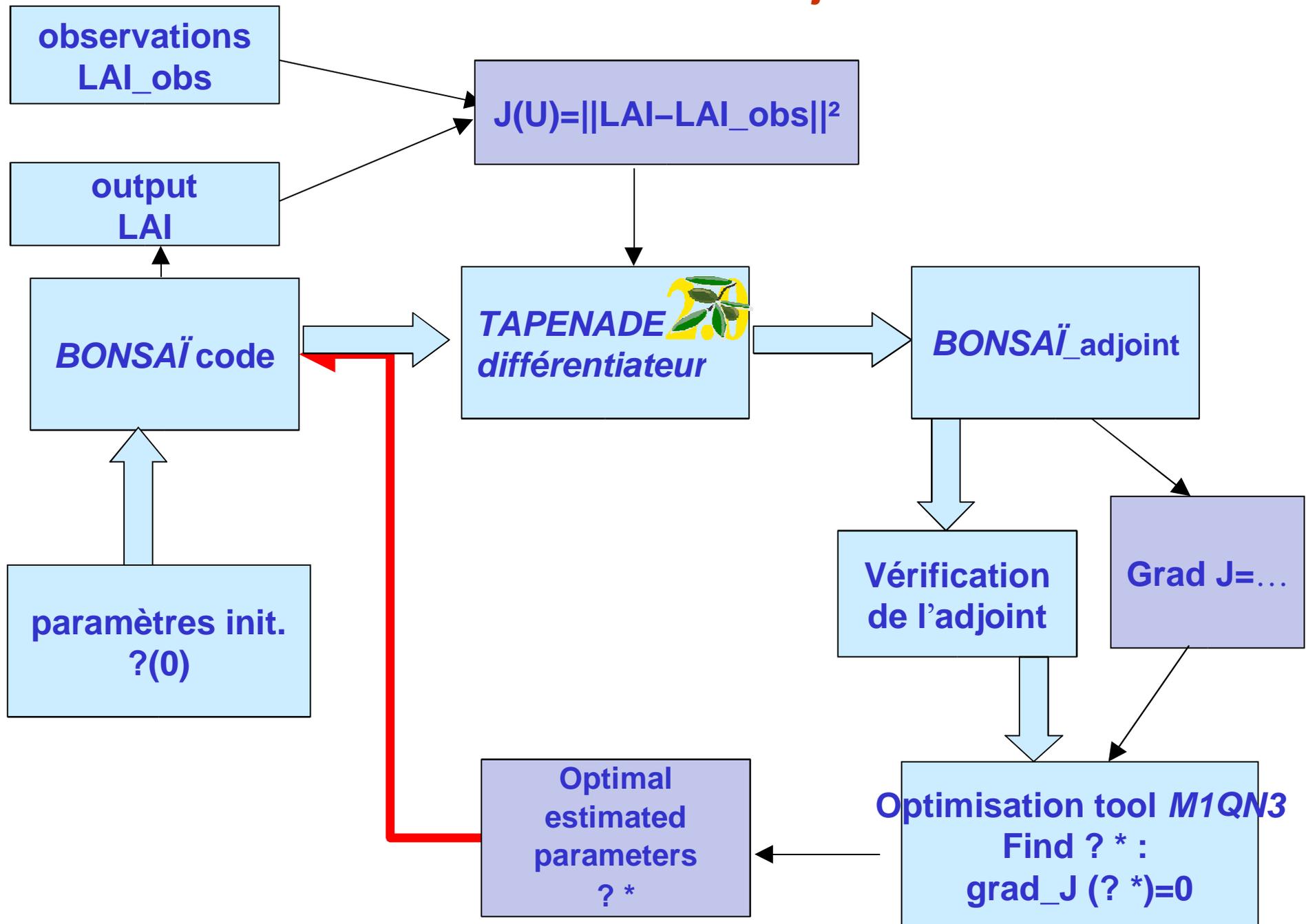
assimilation de LAI  
avec modèle adjoint



estimation des  
paramètres du MFC

1. répétition de la même action un très grand nombre de fois
2. relations de structures spatiales non prises en compte

## Rappel: les étapes de l'assimilation de données utilisant l'adjoint



- **Quelles structures spatiales exploiter pour réduire la taille du problème?**
- 2. Comment transformer ce schéma d'assimilation à un ensemble de pixels?**

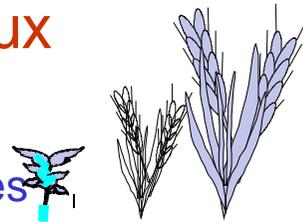
## 1. Quelles contraintes spatiales?

### paramètres « spécifiques »

- sans signification
- spécifiques

### 1.paramètres variétaux

Stades phénologiques,  
densité, propriétés des feuilles



→ égaux sur toutes les parcelles

→ égaux sur les parcelles d'une même variété

### 2.paramètres dépendant de la parcelle

Techniques culturales



→ égaux sur les pixels d'une même parcelle

### 3.paramètres dépendant du pixel

propriétés du sol



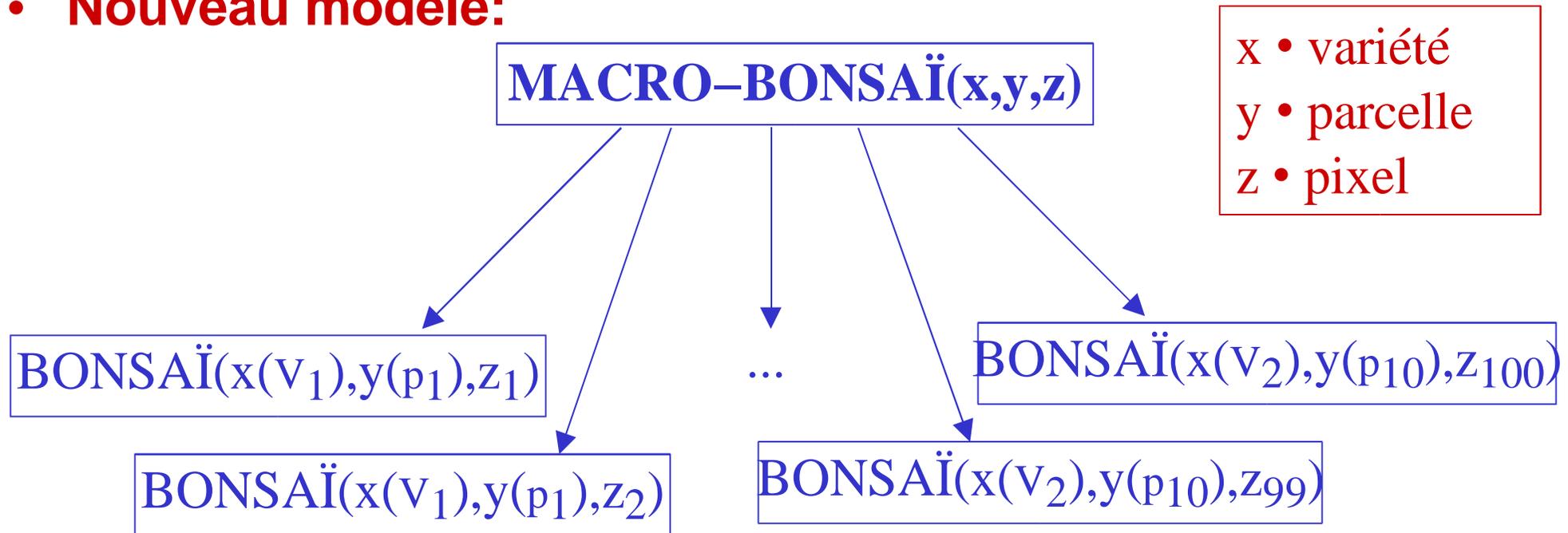
→ dépendent du pixel

→ Estimer les paramètres en considérant ces contraintes & dépendances

- Quelles structures spatiales exploiter pour réduire la taille du problème?

2. Comment adapter ce schéma à un ensemble de pixels?

- Nouveau modèle:**



- Nouvelle fonction coût:**

$$\begin{aligned}
 J(x, y, z) = & \sum_{i=1}^N \frac{|LAI(i) - LAI_{obs}(i)|^2}{\sigma_{LAI}^2} + \sum_{v=1}^{nbVar} \frac{\|x(v) - x^0(v)\|^2}{\sigma_{var}^2(v)} \\
 & + \sum_{par=1}^{nbPar} \frac{\|y(par) - y^0(par)\|^2}{\sigma_{par}^2(par)} + \sum_{pix=1}^{nbPix} \frac{\|z(pix) - z^0(pix)\|^2}{\sigma_{pix}^2(pix)}
 \end{aligned}$$

## BONSAÏ:

$$LAI_t = L_{max} \cdot \left( \frac{1}{(1 + e^{-A(ST_t - t_0 - Ti)})^C} - e^{B(ST_t - t_0 - (\Delta Ts + Ti))} \right)$$

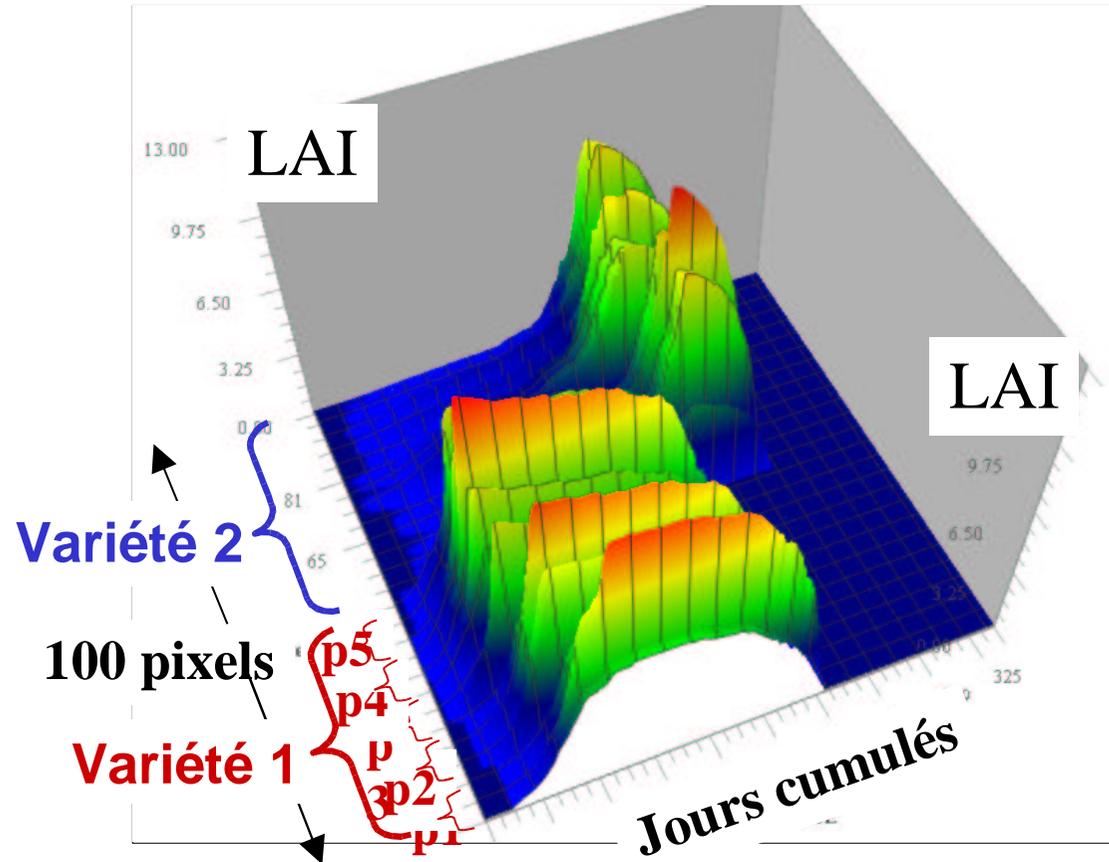
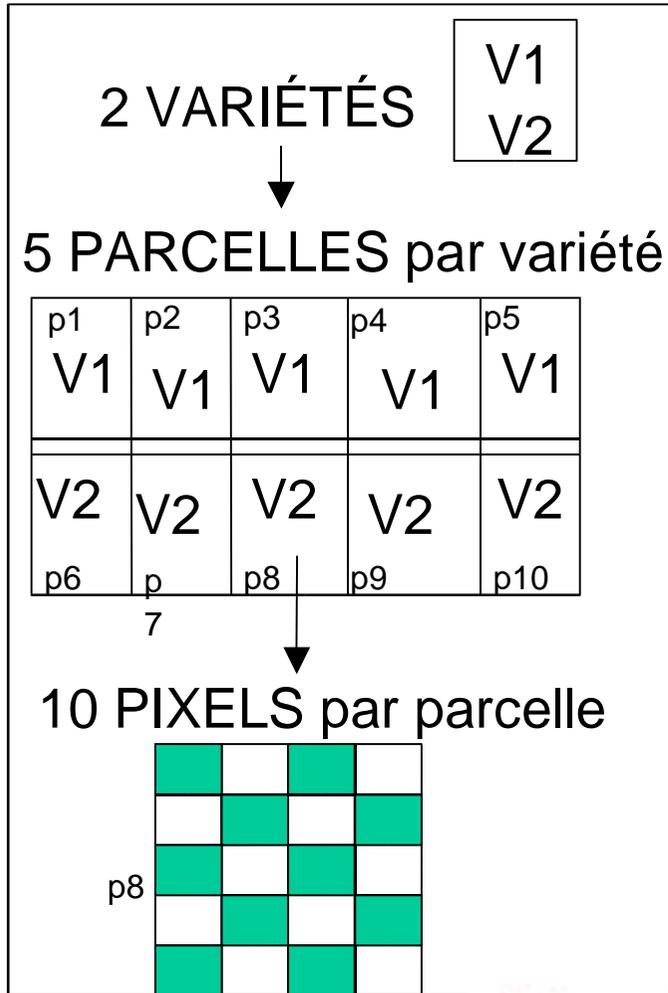
$$A = \frac{1}{Ti} \cdot \log \left( \left( e^{\frac{B}{C} \cdot (\Delta Ts + Ti)} \right) - 1 \right)$$

### 6 paramètres à estimer:

- $T_0$  = date de levée
- $L_{max}$  = valeur maximale de LAI
- $A$  = vitesse de montaison → calé)
- $B$  = additional parameter
- $T_i, \Delta Ts$  = seuils temperature
- $C$  → logistique généralisée

- I. Les expériences jumelles: étude sur simulation**
- II. Extraction de données ADAM**
- III. Impact de la fréquence de revisite**
- IV. Conclusions**

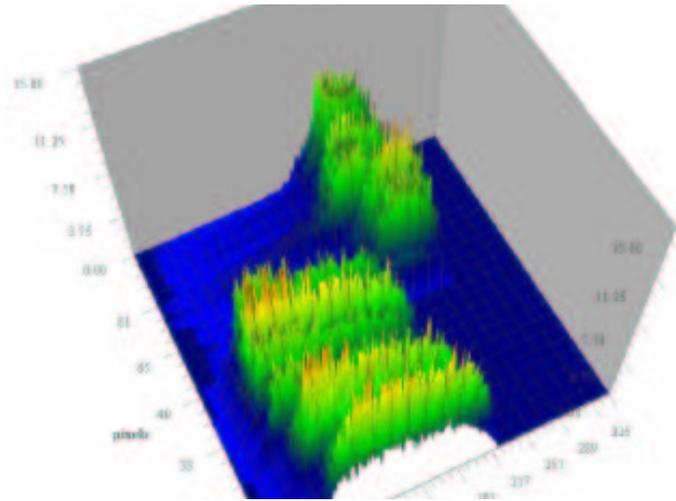
# I. Expériences jumelles: création d'obs



Param.	Niveau de dépendance
$t_0$	parcelle
$T_i$	variété
$\Delta T_s$	variété
$B$	pixel
$L_{max}$	pixel
$C$	pixel

→ 314 paramètres

### LAI obs (bruit 10%)



### LAI après assim avec CS

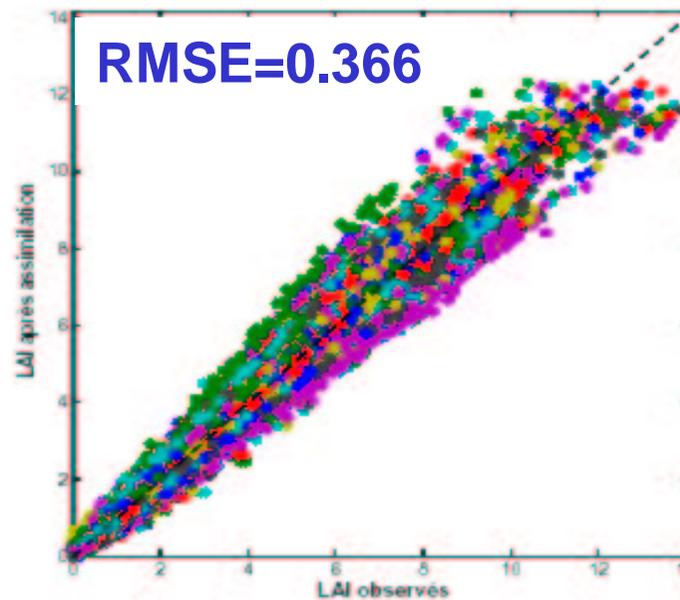
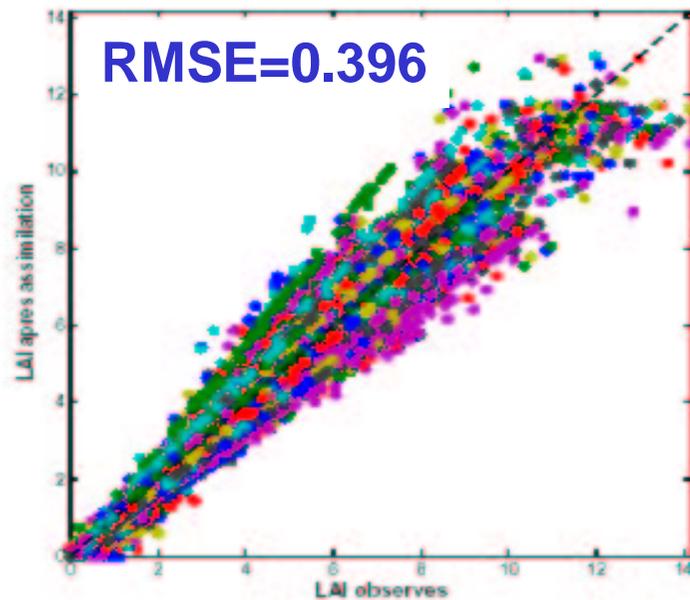
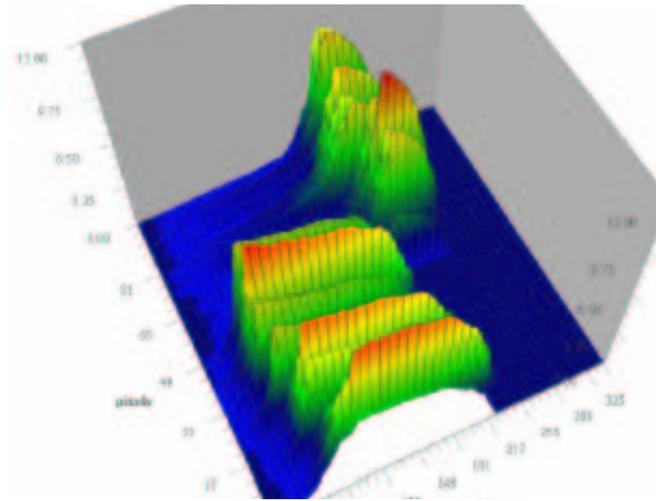
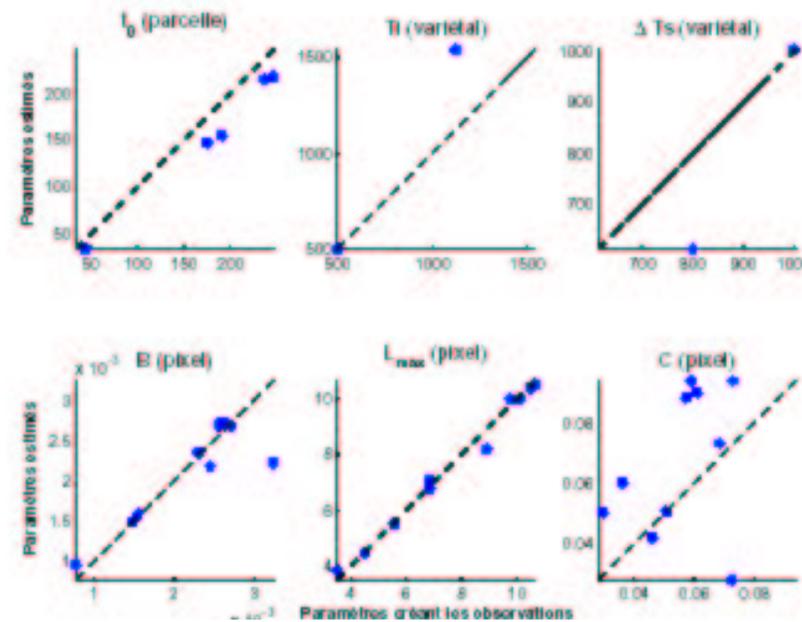
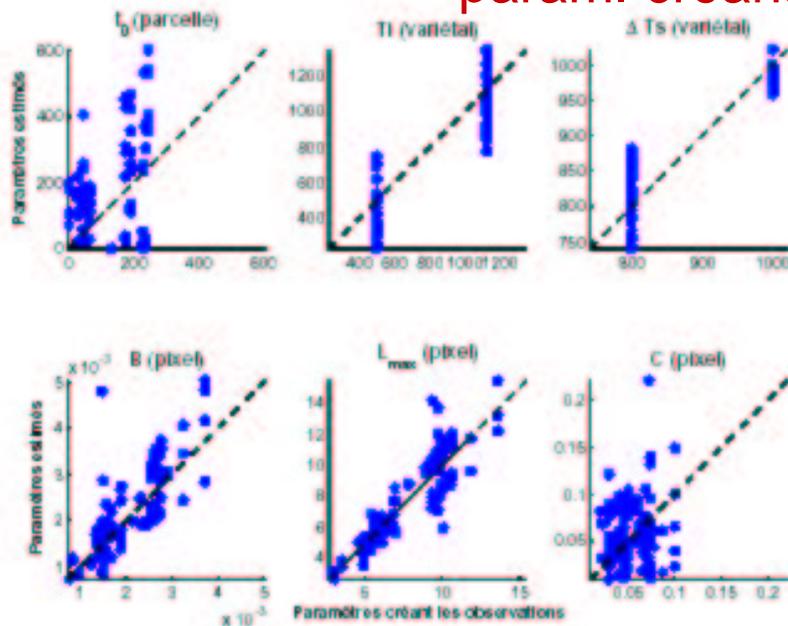


FIG. 1.14 – Assimilation du LAI bruité sans contraintes spatiales

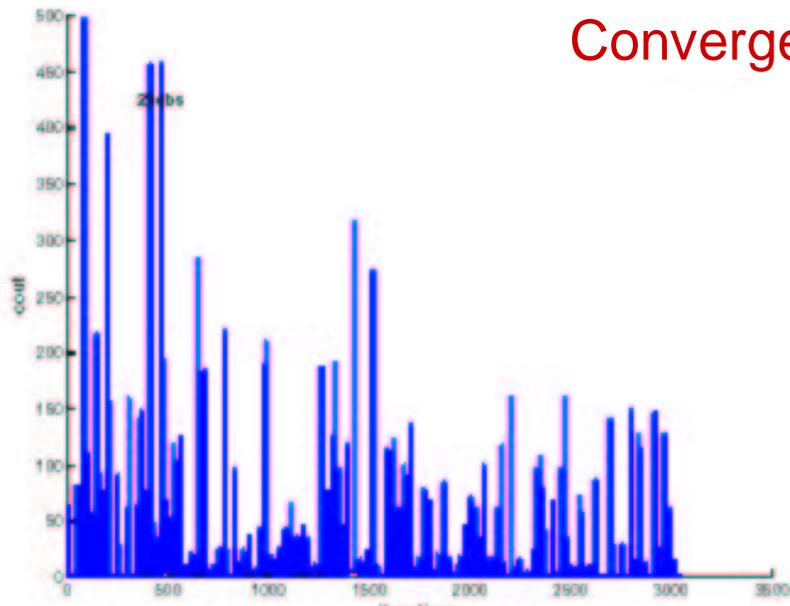
FIG. 1.15 – Assimilation du LAI bruité avec contraintes spatiales

# I. Exp. jum.: identification des param. & fonction coût **ADAM project**

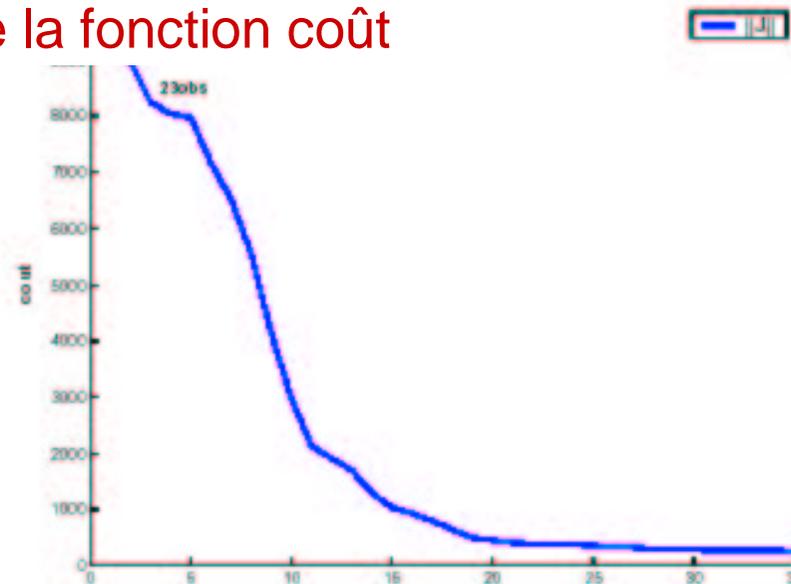
param. créant les obs. vs param. estimés



Convergence de la fonction coût



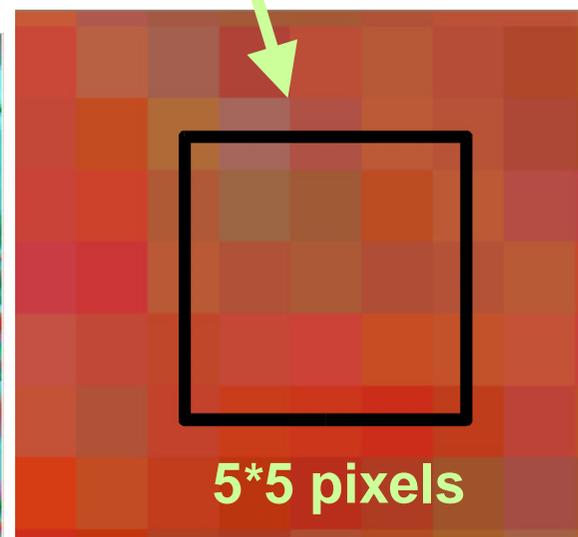
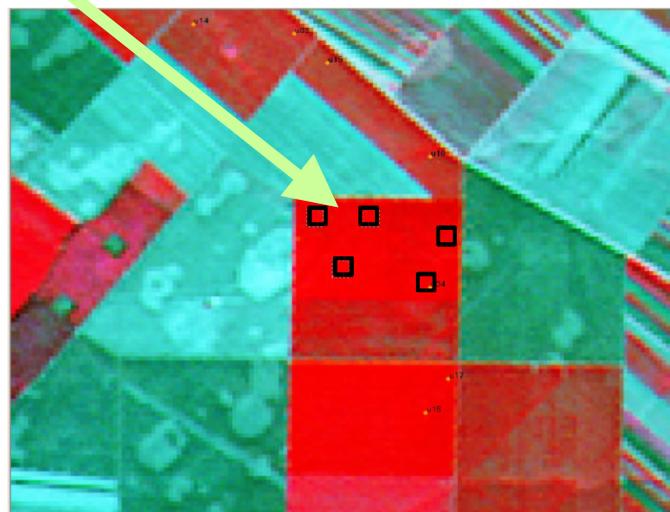
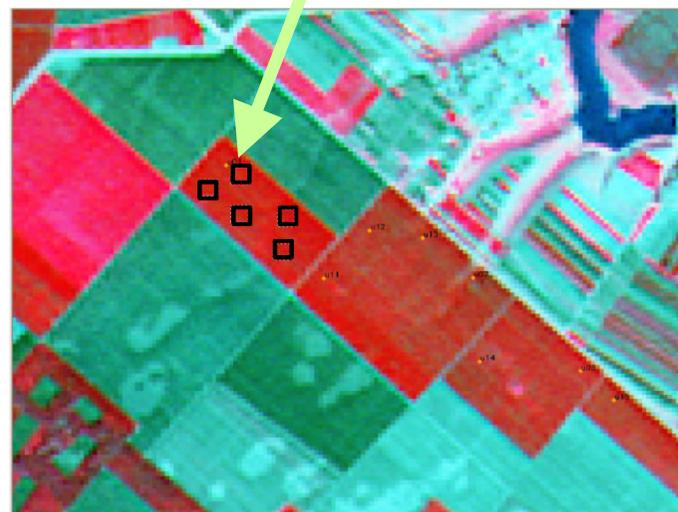
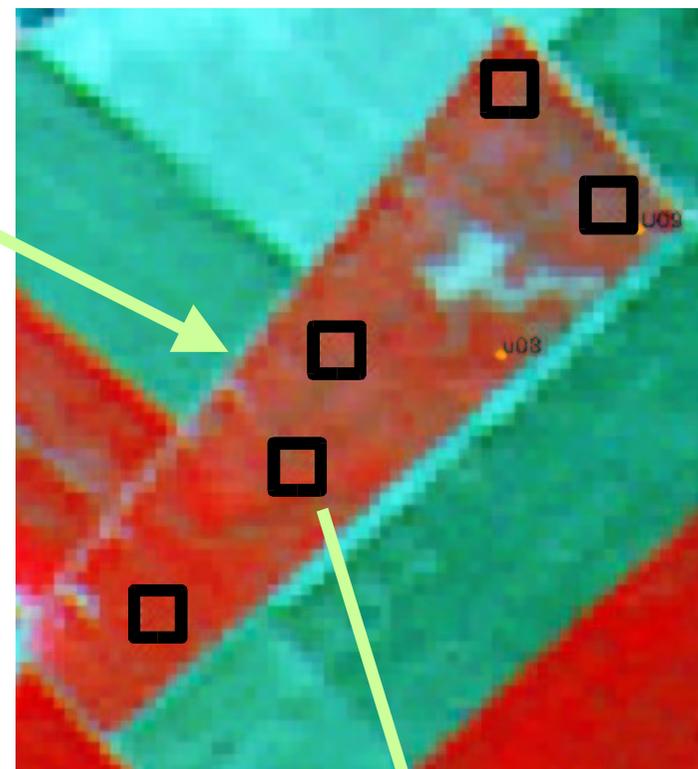
Convergence en 3048 itérations (cumulées)



Convergence en 35 itérations

## II. Extraction de données ADAM

## ADAM project



0.08

S

0.06

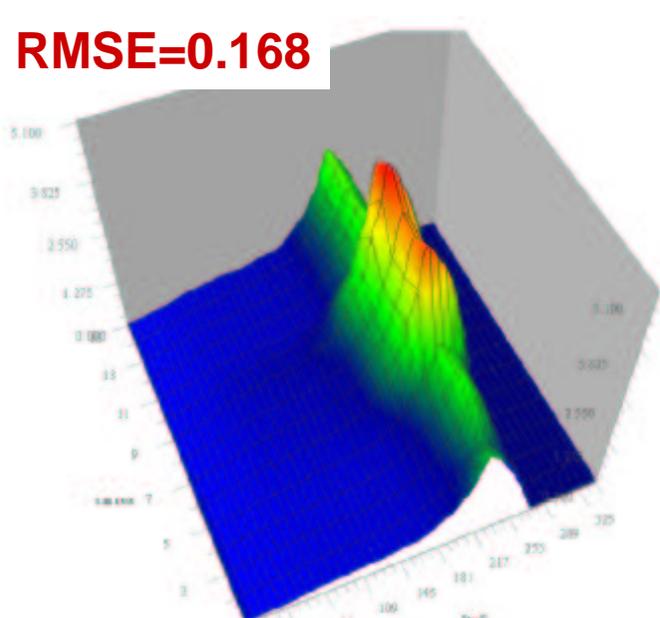
### → Choix des contraintes spatiales:

param.	niveau de dépendance
$t_0$	parcelle
$T_i$	parcelle
$\Delta T_s$	spécifique
$B$	spécifique
$L_{max}$	pixel
$C$	spécifique

vecteur	nb. de param (1)	quantité du niveau (2)	dim. (1)*(2)
$x_{spécifique}$	3	1	3
$y_{parcelle}$	2	3	6
$z_{pixel}$	1	15	15

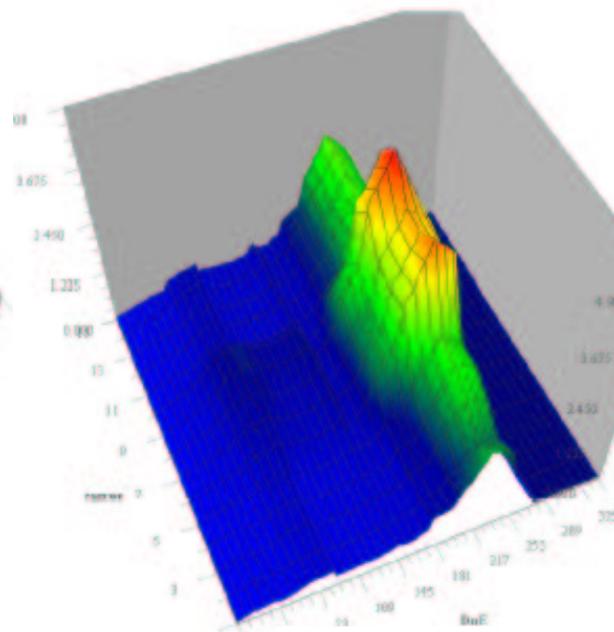
24 paramètres

RMSE=0.168

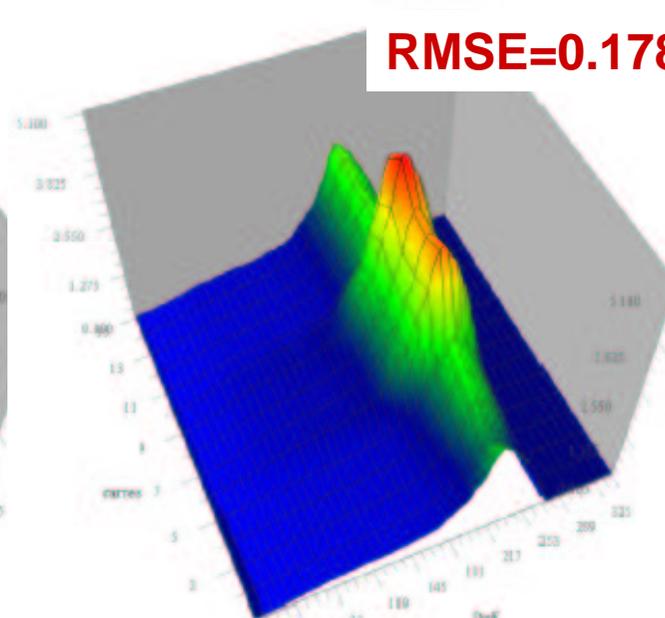


LAI après assim pixel à pixel

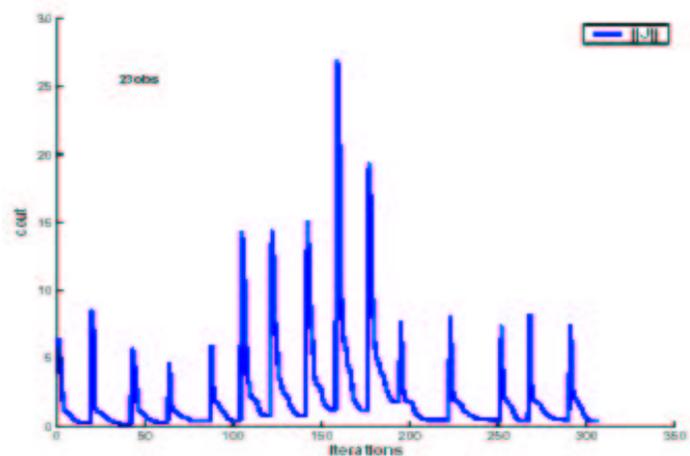
RMSE=0.178



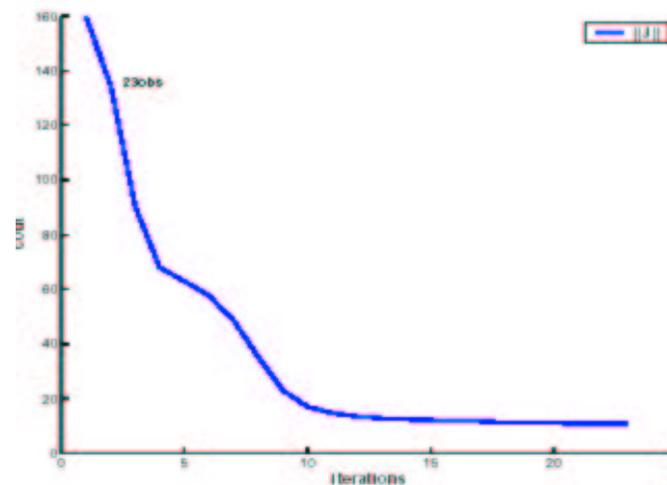
LAI  
obs



LAI après assim avec CS



305 itérations (cumulées)



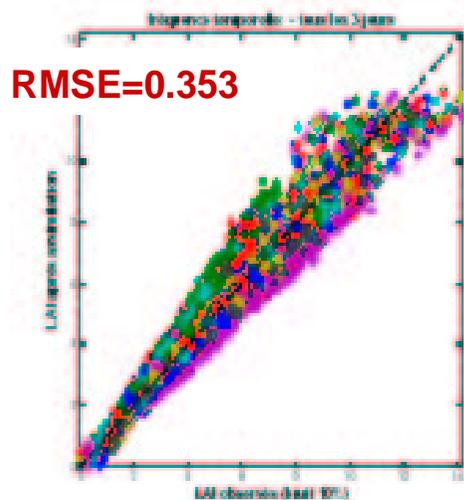
23 itérations

#### Choix de différents scénarios

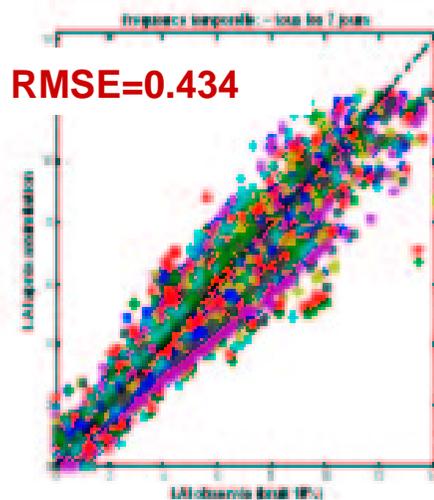
- **4 types de fréquences de revisite du satellite:**
    - tous les 3 jours,
    - 7 jours,
    - 15 jours ,
    - 30 jours.
  - **Probabilité de couverture nuageuse de 0.5 selon une loi uniforme.**
  - **Sur 100 cas de probabilités de couverture nuageuse différentes.**
- 1 → 8 obs. pour une fréquence de 3 jours (entre 0 et 120),  
1 ✓ 4 obs. pour 7 jours (entre 0 et 50),  
1 → 1 obs. pour 15 jours (entre 0 et 22),  
1 6 obs. pour un mois (entre 0 et 12).

## Apport des CS % à la fréquence de revisite sur l'estimation du LAI

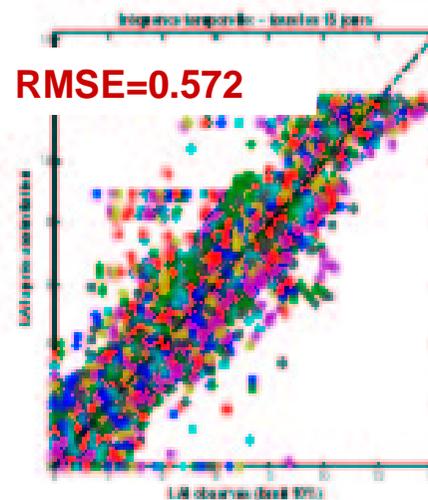
Sans CS: 3jours



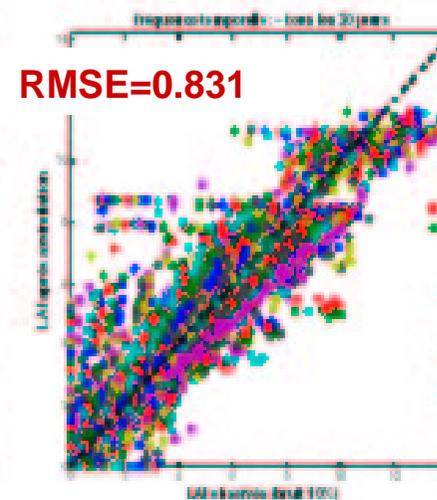
7jours



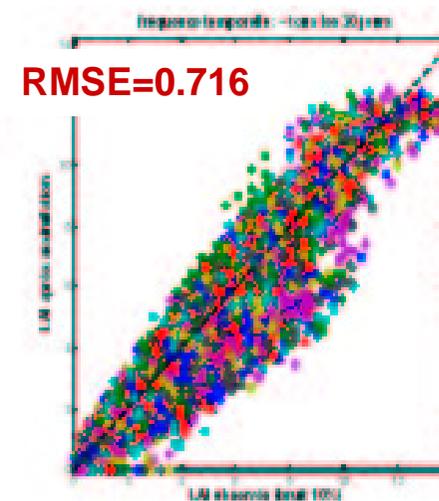
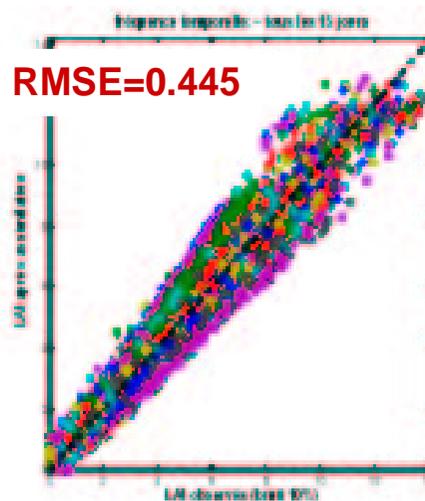
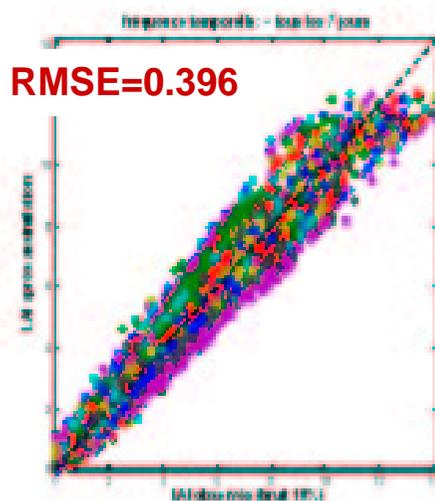
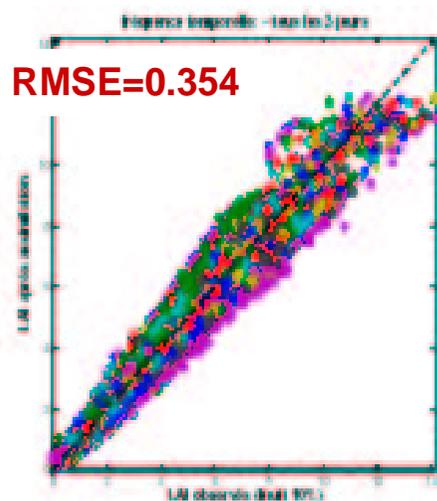
15jours



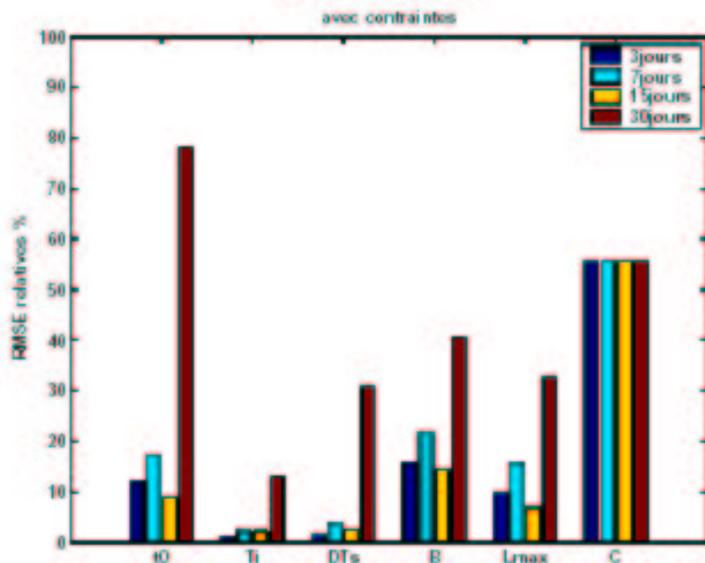
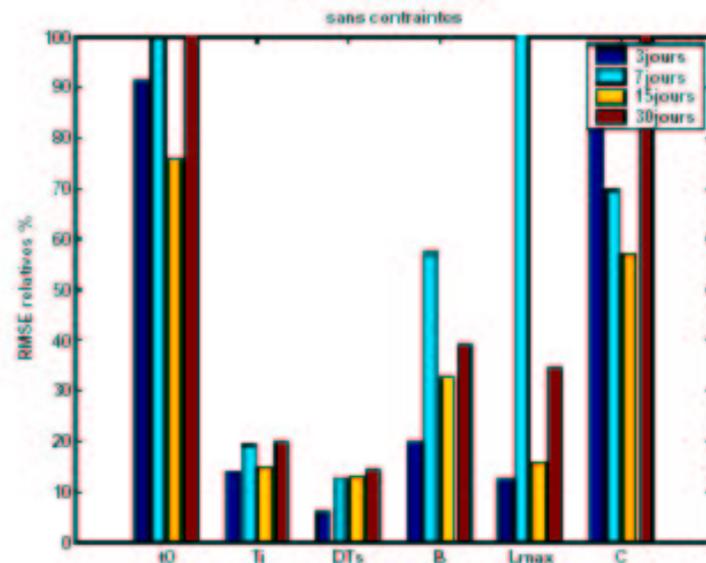
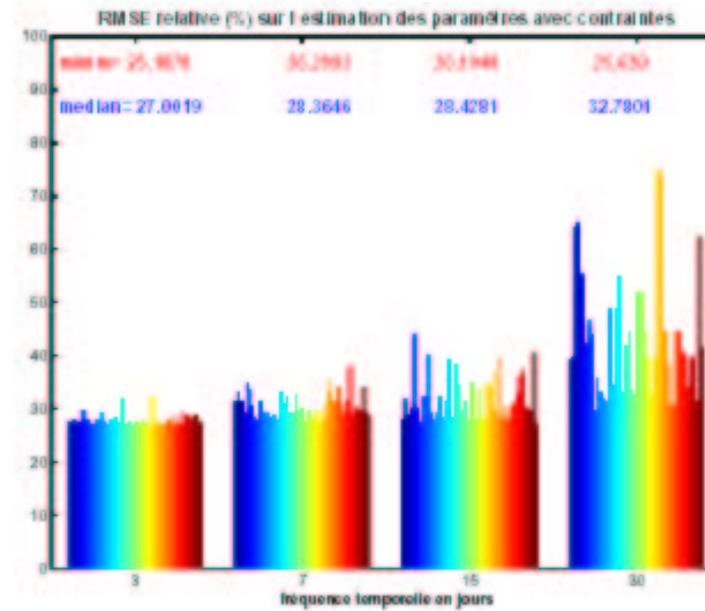
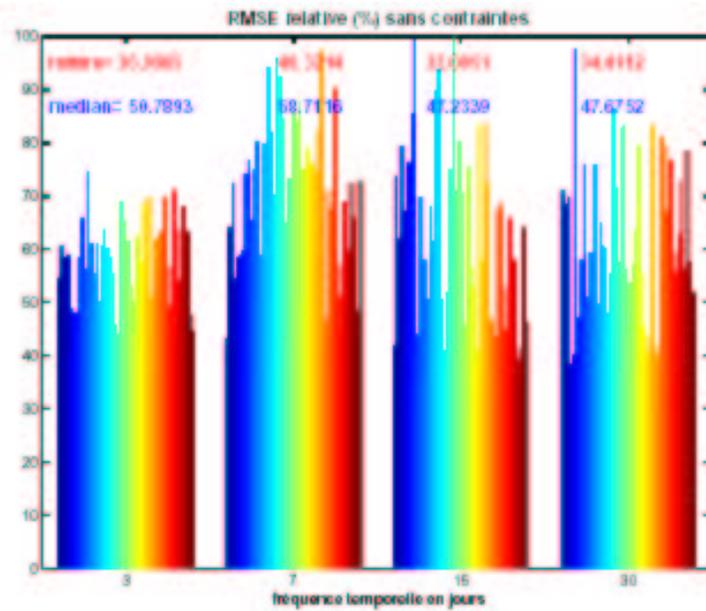
30jours



Avec CS:



## Apport des CS en fonction de la fréquence de revisite sur l'identification des paramètres



## 1. Réduction de la taille du problème:

- Exp.jum: 600 → 314 paramètres à estimer
- ADAM : 90 → 24 paramètres à estimer

## 2. Identification des paramètres:

1. meilleure estimation des paramètres moins influents (date de semis)
2. identification: 28% → 48% de RRMSE
3. + de stabilité selon fréquence de revisite:
  - sans CS: 50% de RRMSE à toutes fréquences
  - avec CS: 28% jusqu'à 15j, 32% avec 30j

## 3. Estimation du LAI:

1. toute aussi satisfaisante que pixel à pixel pour bcp d'obs
2. + robuste si moins d'obs
3. Fréquence de revisite:
  - sans CS: stabilité → 1/7j
  - avec CS: stabilité → 1/15j

## 4. Vitesse de convergence: 3000 → 50 itérations mais même temps CPU

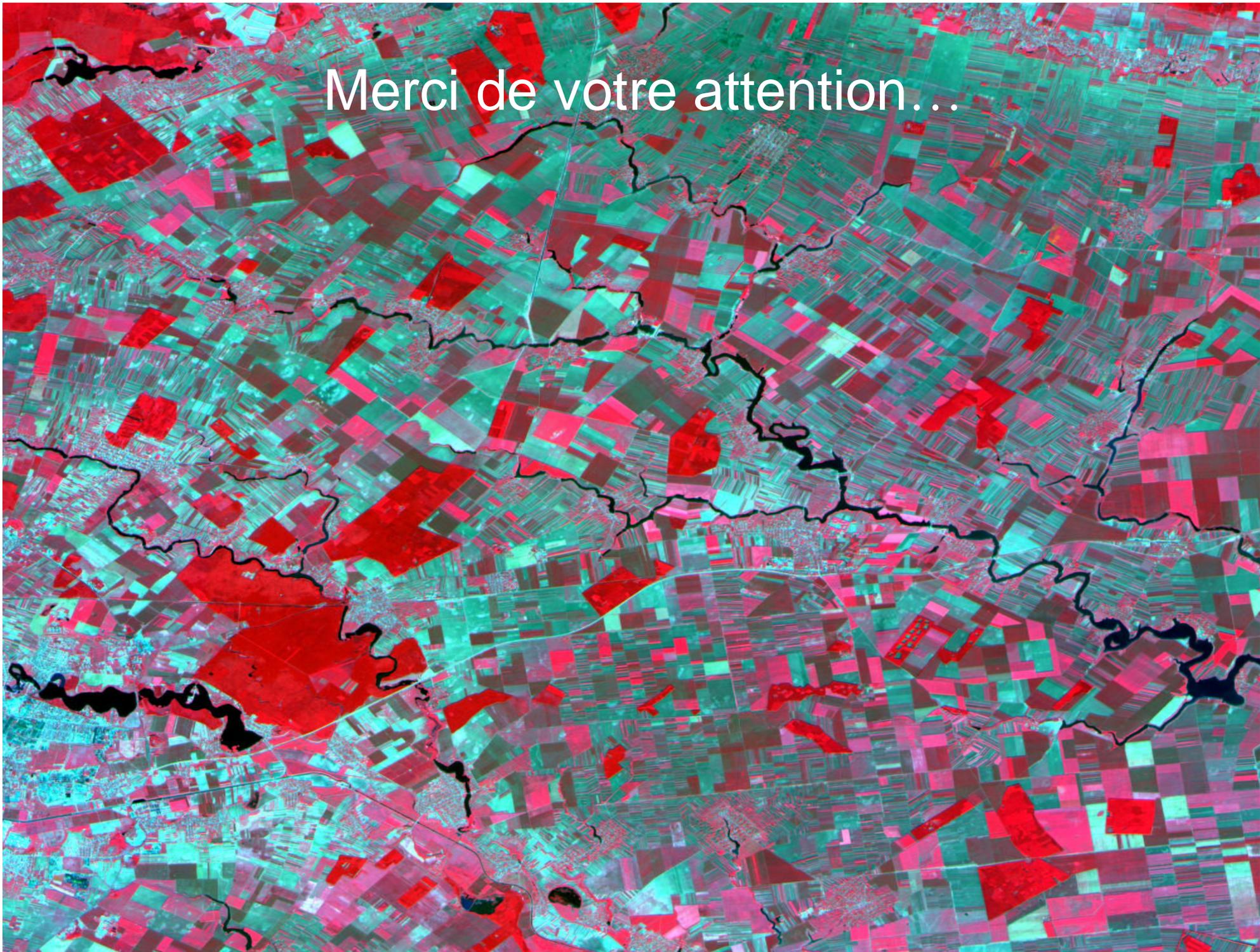
## Choix *a priori* des niveaux des paramètres :

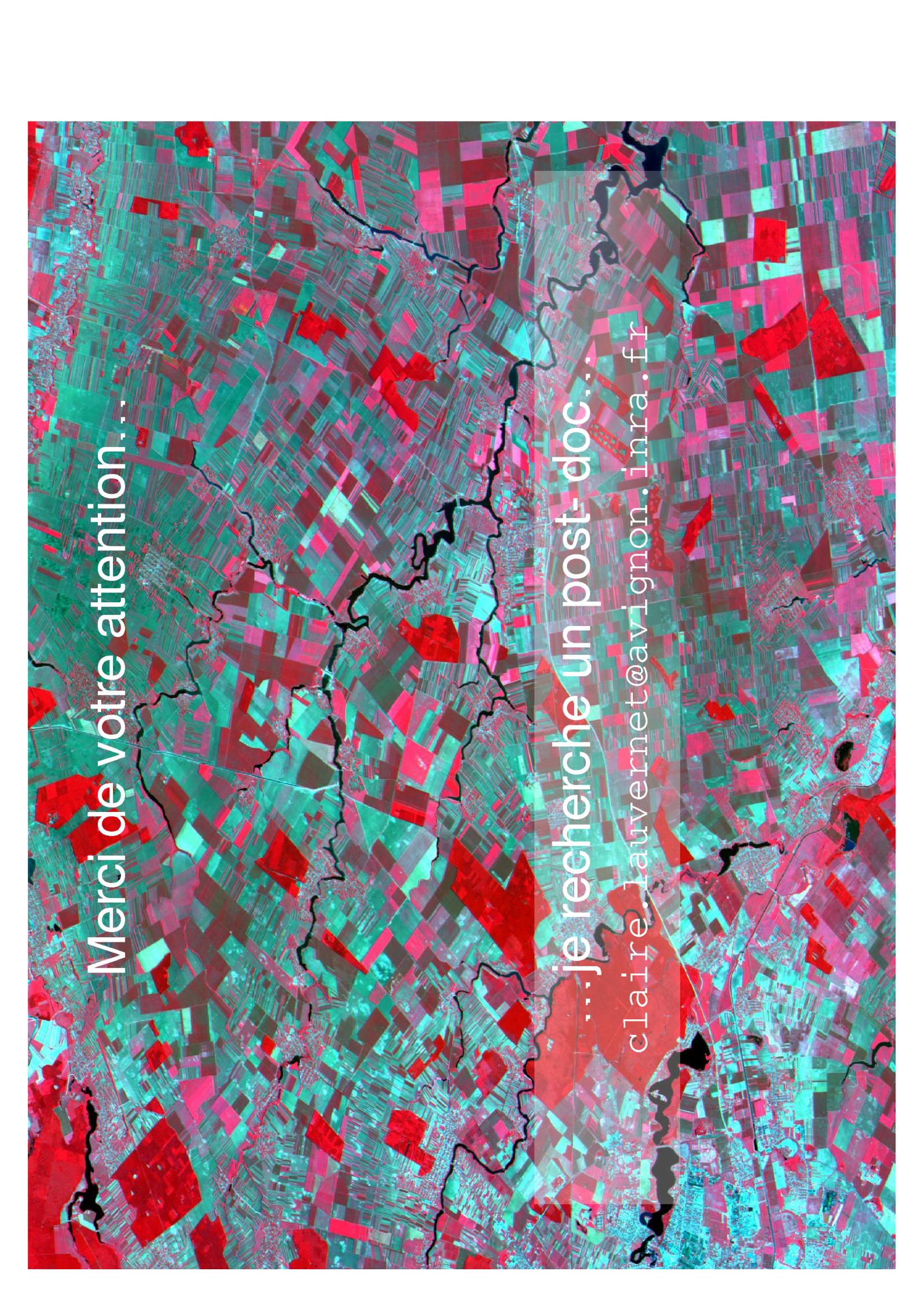
- BONSAÏ : modèle semi-mécaniste
  - Paramètres pas tous significatifs
- intérêt limité

## Les CS sur un modèle plus complet (STICS)?

- param. mieux identifiés au nv des processus
- niveau de variation choisi moins *a priori*
- 
- + de paramètres
- les CS diminuent d'autant + la taille du pb

Merci de votre attention...





Merci de votre attention...

...je recherche un post-doc...

[claire.lauvernet@avignon.inra.fr](mailto:claire.lauvernet@avignon.inra.fr)