Télédétection de la végétation et traitements des images

Jordi Inglada

Septembre 2013

Sommaire

1. Introduction - Applications de l'observation de la végétation
2. Télédétection de la végétation
3. Variables bio-physiques
4. Traitements multi-temporels

Les besoins

La mesure physique

- Il ne s'agit pas de *photos*, mais de mesures de réflectances dans des longueurs d'onde spécifiques
- Accès à des variables bio-physiques (surface des feuilles, stress hydrique, etc.)

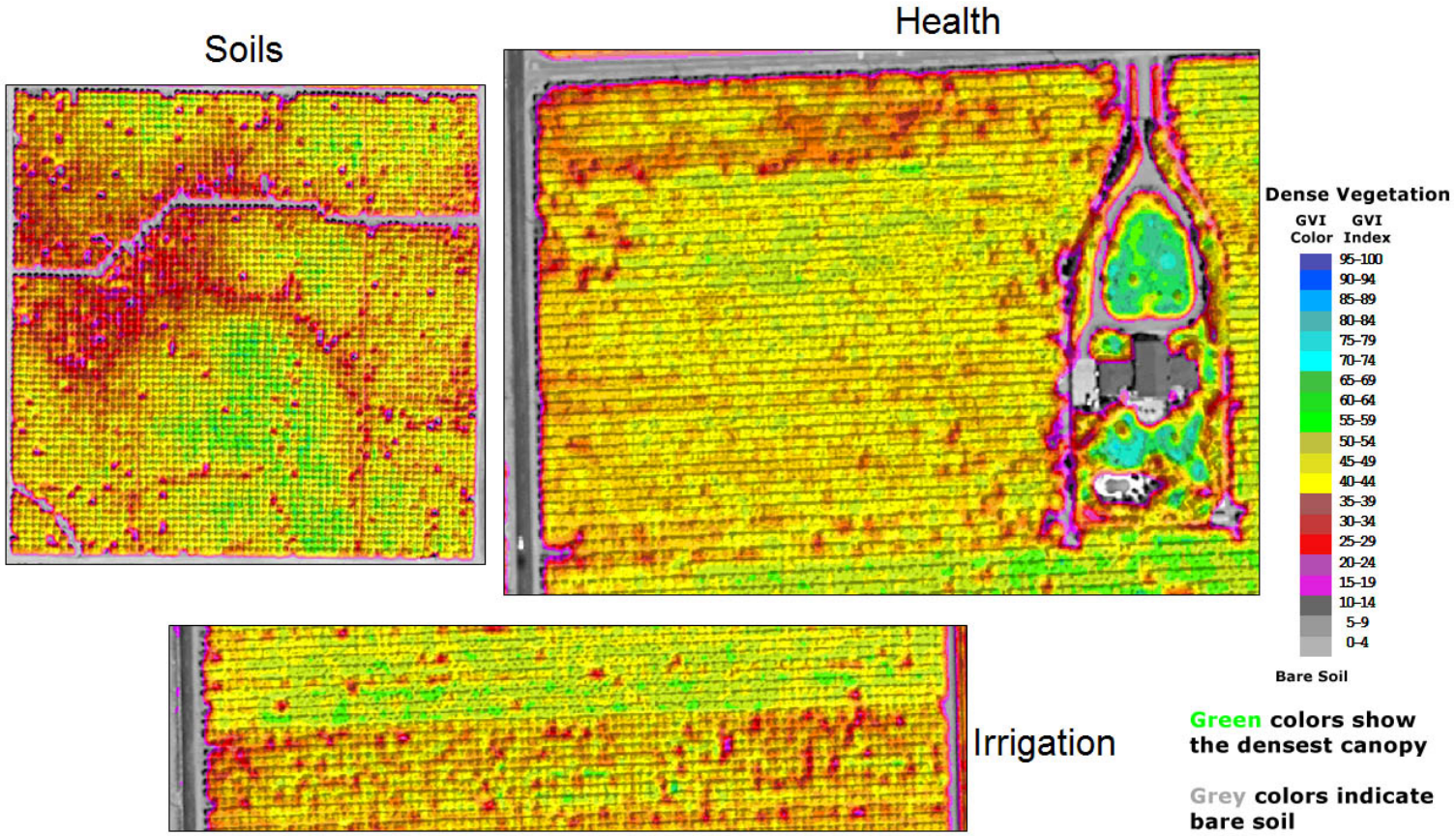
Observation de grandes étendues

- Au delà de la mesure à la parcelle
- Vision d'ensemble d'un territoire à un moment donné

Suivi régulier dans le temps

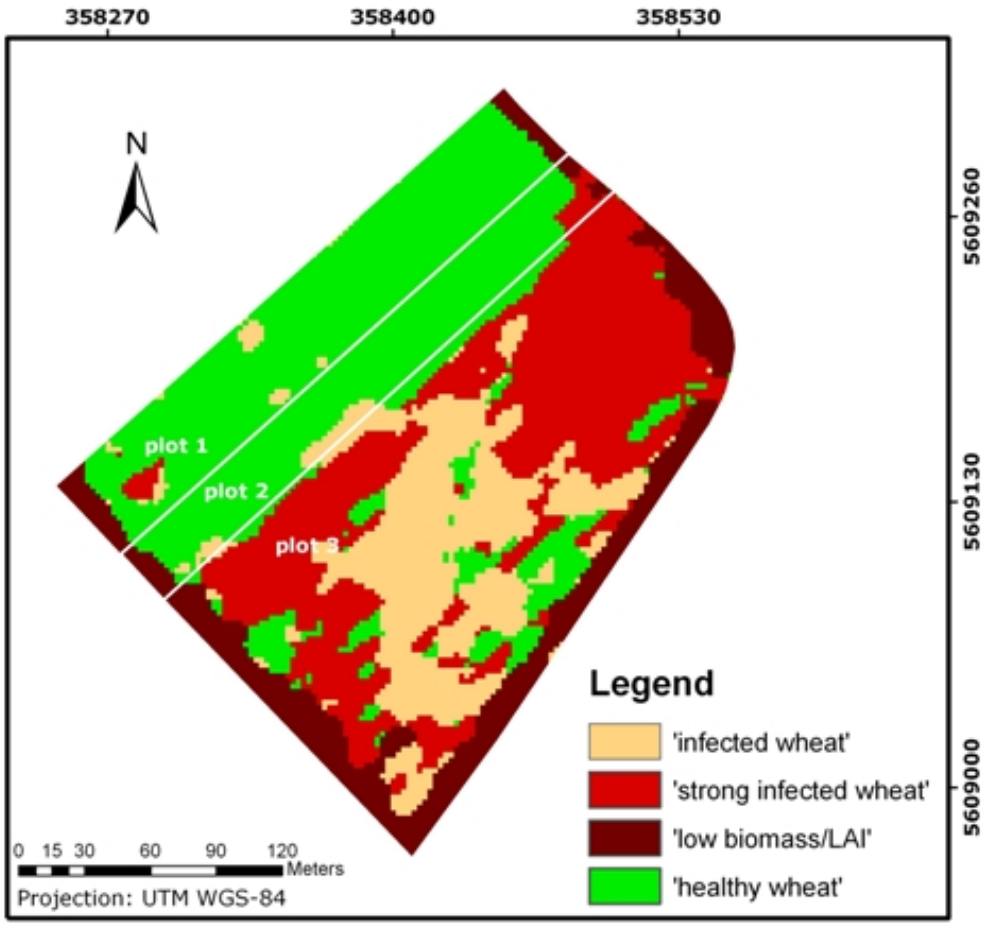
- Evolution de l'état de la végétation
- Possibilité de remonter dans le passé

Agriculture



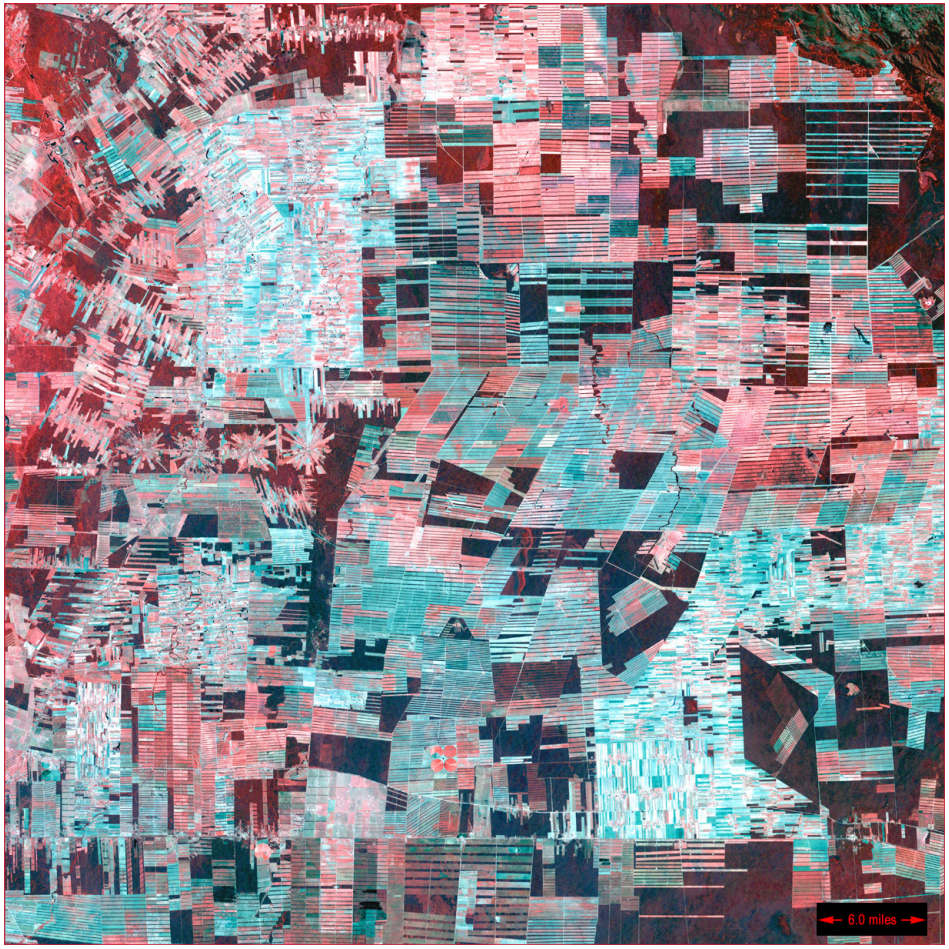
http://www.satimagingcorp.com/media/images/managed-canopy.jpg

Agriculture



http://www.precision-crop-protection.uni-bonn.de/gk_research/project_2_01/image_1.jpg

Déforestation



http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect3/bolivia_hires.jpg

Déforestation

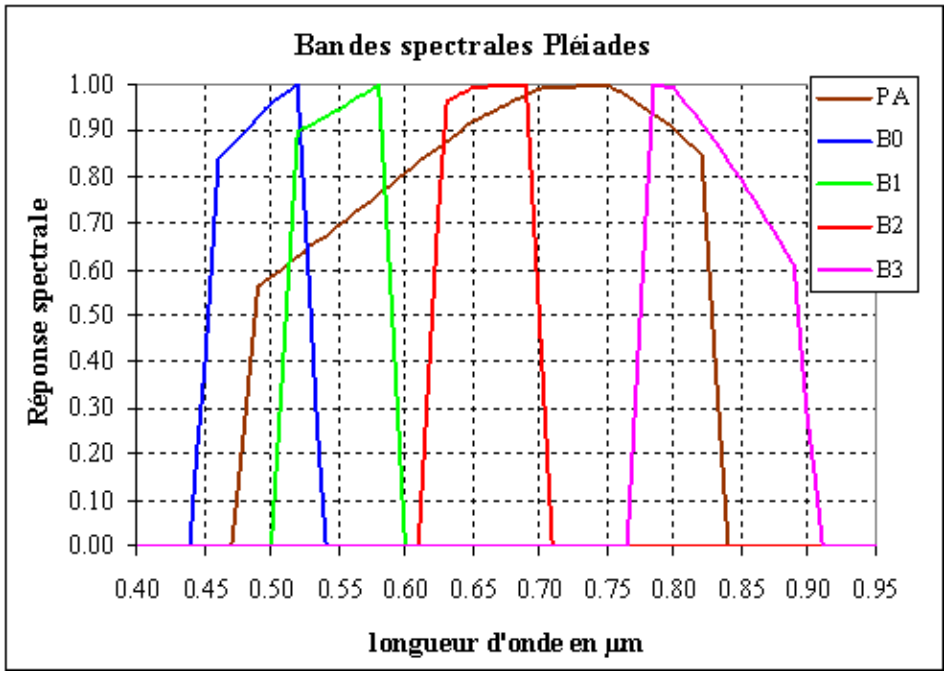
http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Deforestation/Images/aster_deforestation_brazil.jpg

Sommaire

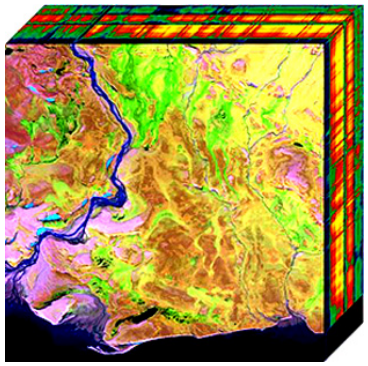
1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
   - Les phénomènes observés
   - La végétation
   - Indices spectraux
   - Les sols nus
3. **Variables bio-physiques**
4. **Traitements multi-temporels**

Résolution spectrale

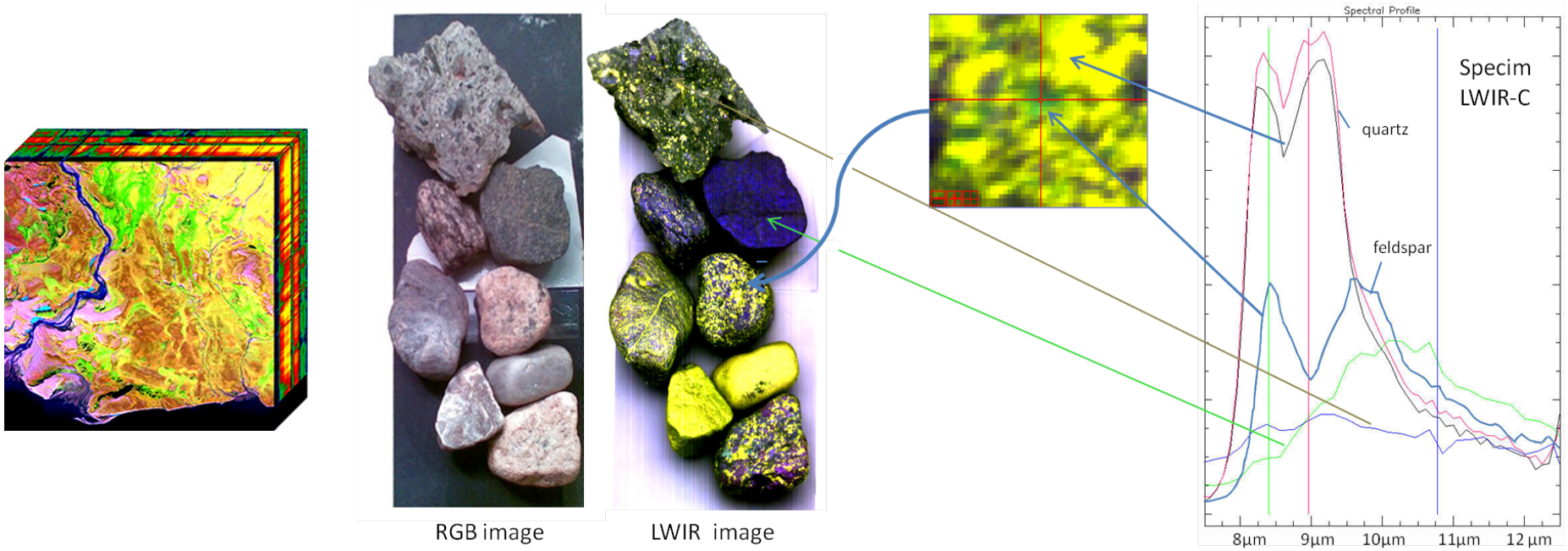
- Découpage des longueurs d'onde observées
- Panchromatique : 1 seule bande "niveaux de gris"
- Multispectral : plusieurs bandes "couleur"



Résolution spectrale - Hyperspectral



Résolution spectrale - Hyperspectral



Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)

Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)

Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)

Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)
- Proche infrarouge, 750-900 nm, végétation

Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)
- Proche infrarouge, 750-900 nm, végétation
- Moyen infrarouge, 1550-1750 nm, végétation, humidité des sols et feux de forêt

Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)
- Proche infrarouge, 750-900 nm, végétation
- Moyen infrarouge, 1550-1750 nm, végétation, humidité des sols et feux de forêt
- Moyen infrarouge, 2080-2350 nm, humidité des sols, géologie, feux

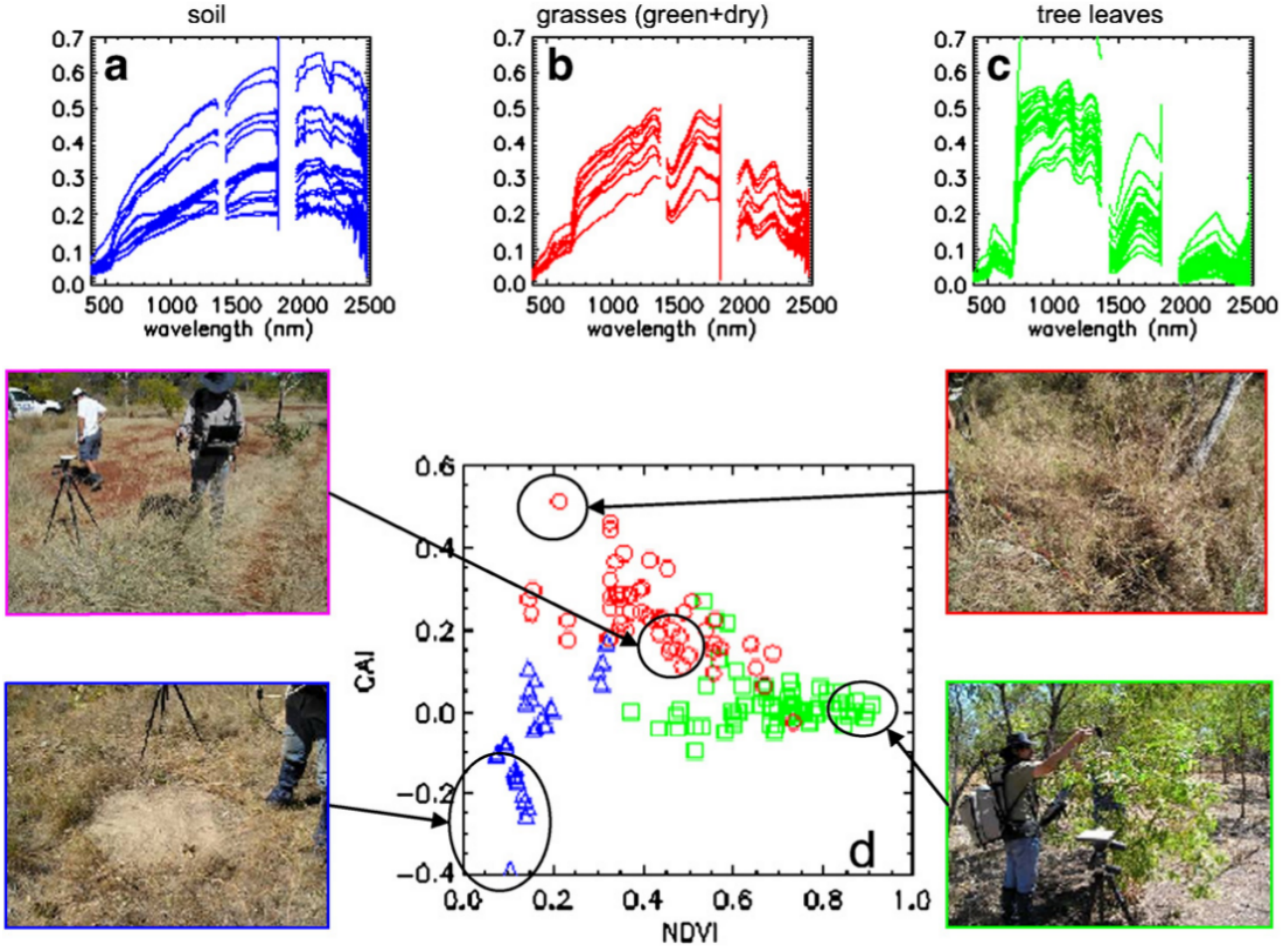
Résolution spectrale
Utilité des bandes

- Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)
- Proche infrarouge, 750-900 nm, végétation
- Moyen infrarouge, 1550-1750 nm, végétation, humidité des sols et feux de forêt
- Moyen infrarouge, 2080-2350 nm, humidité des sols, géologie, feux
- Infrarouge thermique, 10400-12500 nm, (rayonnement émis au lieu de réfléchi) géologie, courants d'eau, feux, images nocturnes

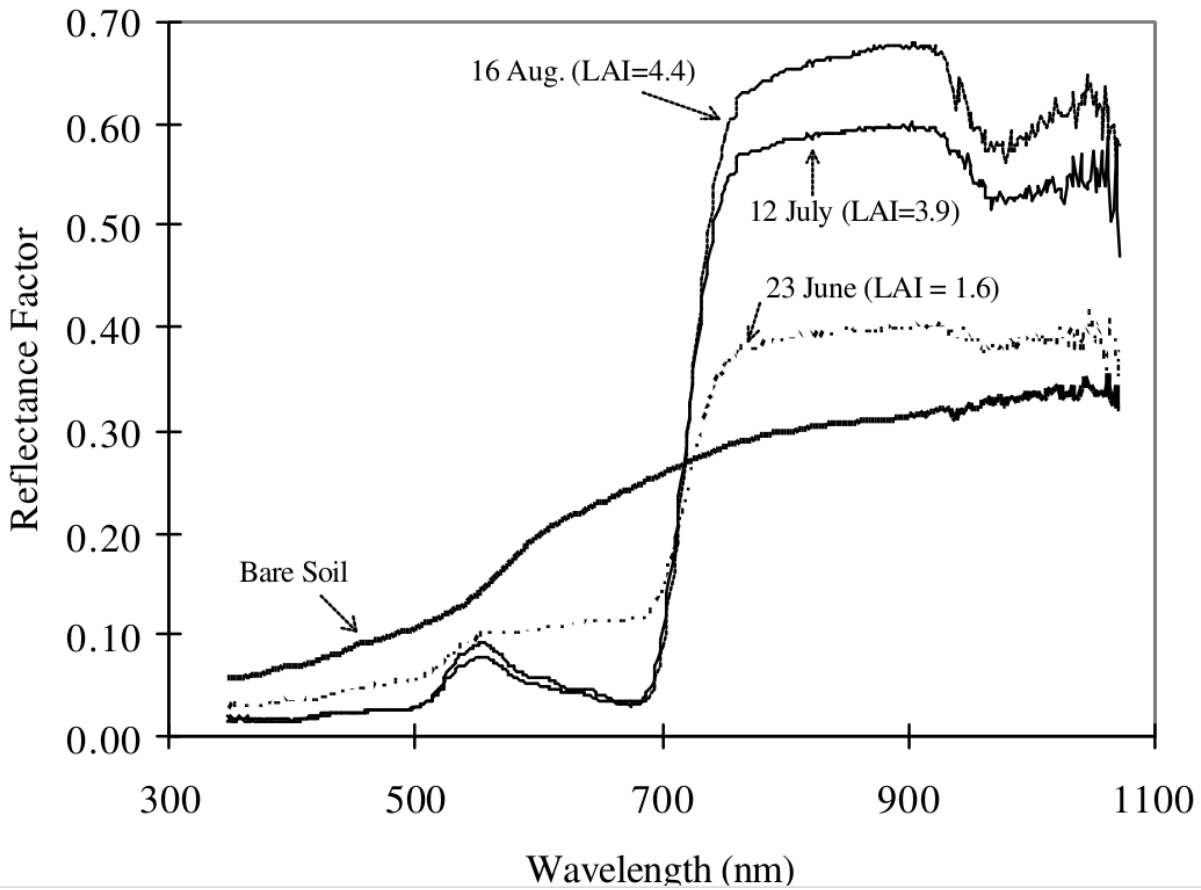
Sommaire

1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
   - Les phénomènes observés
   - La végétation
   - Indices spectraux
   - Les sols nus
3. **Variables bio-physiques**
4. **Traitements multi-temporels**

Les spectres



Spectre de végétation vs sol nu



Sommaire

1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
   - Les phénomènes observés
   - La végétation
   - Indices spectraux
   - Les sols nus
3. **Variables bio-physiques**
4. **Traitements multi-temporels**

Les indices spectraux

- Des valeurs scalaires pour décrire le contenu d'un pixel
  - Plus faciles à interpréter et à exploiter qu'un spectre complet
- Mise en évidence de :
  - la végétation
  - les sols nus
  - l'eau
  - les surfaces artificialisées

Les indices de végétation

- Combinent souvent le R et le PIR
  - Parfois d'autres bandes aussi
- $NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$
- $RVI = \frac{NIR}{R}$
- $EVI = G\frac{NIR-R}{NIR+C_1R-C_2B+L}$
  - avec (MODIS) G = 2.5 ; L= 1 ; C_1 = 6 ; C_2 = 7.5
- $PVI = \sin(\alpha)NIR - \cos(\alpha)R$
  - avec α l'angle entre la droite des sols et NIR
- $GEMI = \psi * (1 - 0.25 * \psi) - \frac{R-0.125}{1-R}$
  - avec $\psi = \frac{A_1}{NIR+R+0.5}$; $A_1 = 2 * (NIR^2 - R^2) + 1.5 * NIR + 0.5 * R$

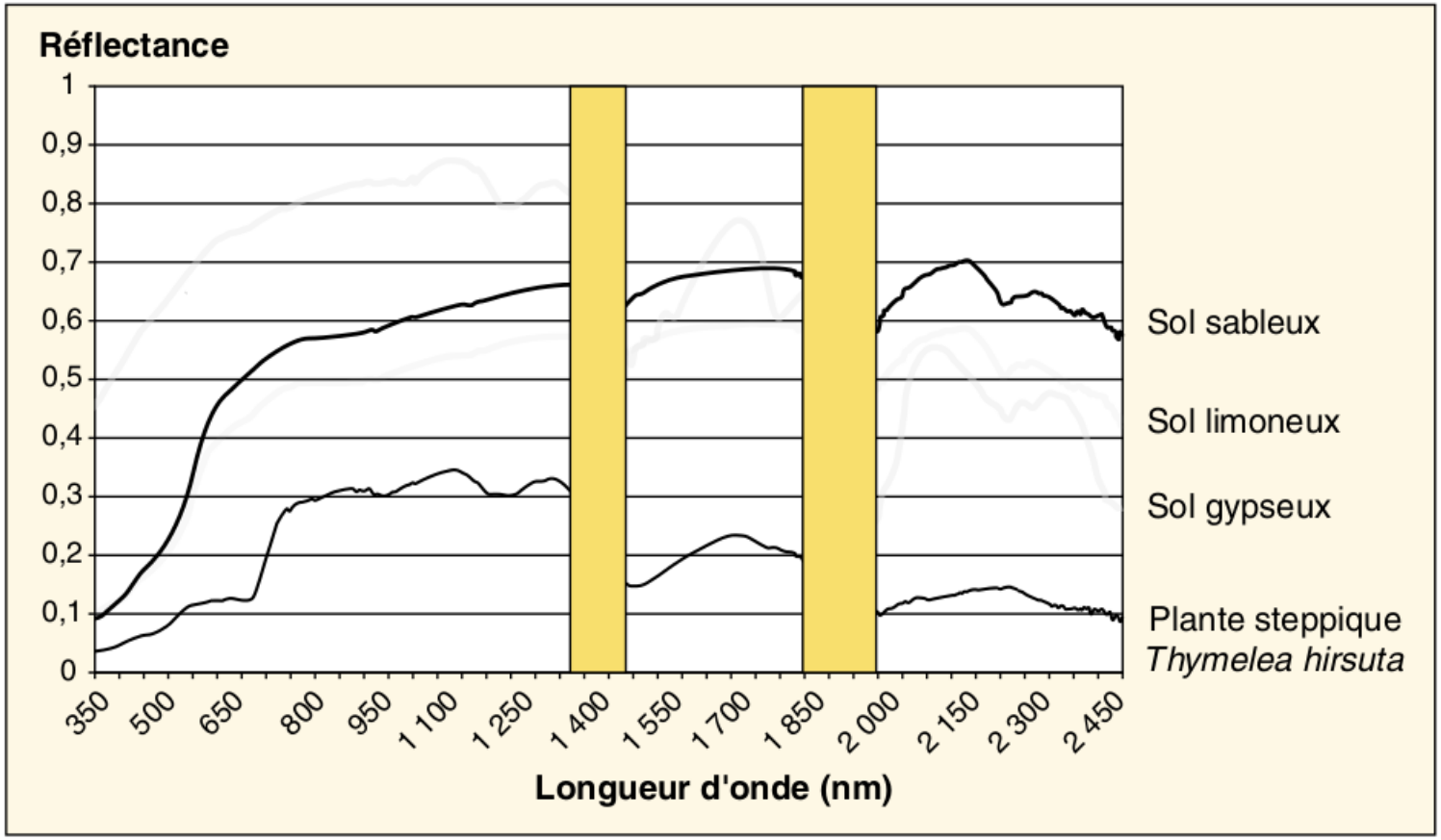
Les indices pour les sols

- Indice de rougeur :
  - $IR = \frac{R^2}{G^3}$
  - $IR_2 = \frac{G-R}{G+R}$
- Indice de brillance : somme de toutes les bandes spectrales
- Indice de forme : $IF = \frac{2*R-G-B}{G-B}$

Sommaire

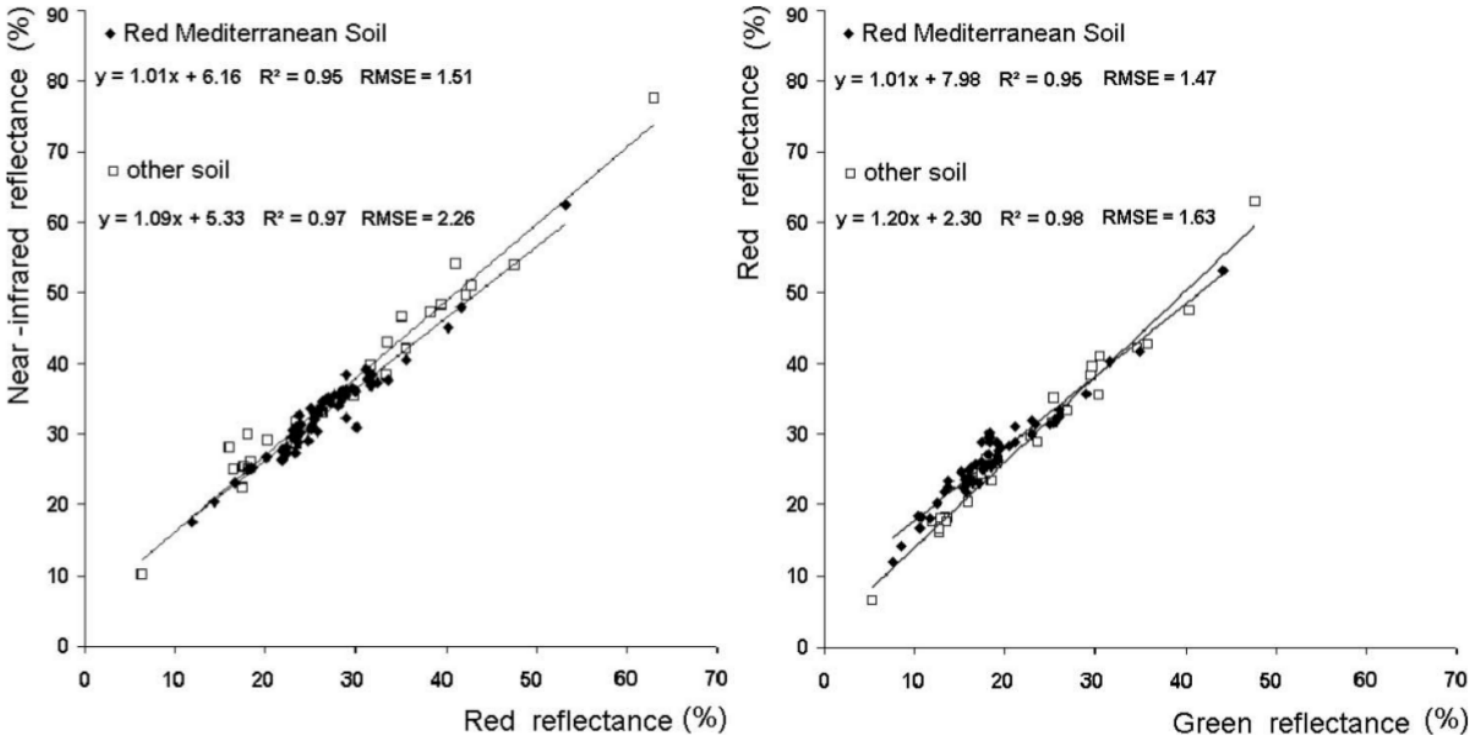
1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
   - Les phénomènes observés
   - La végétation
   - Indices spectraux
   - Les sols nus
3. **Variables bio-physiques**
4. **Traitements multi-temporels**

Spectres de sols nus



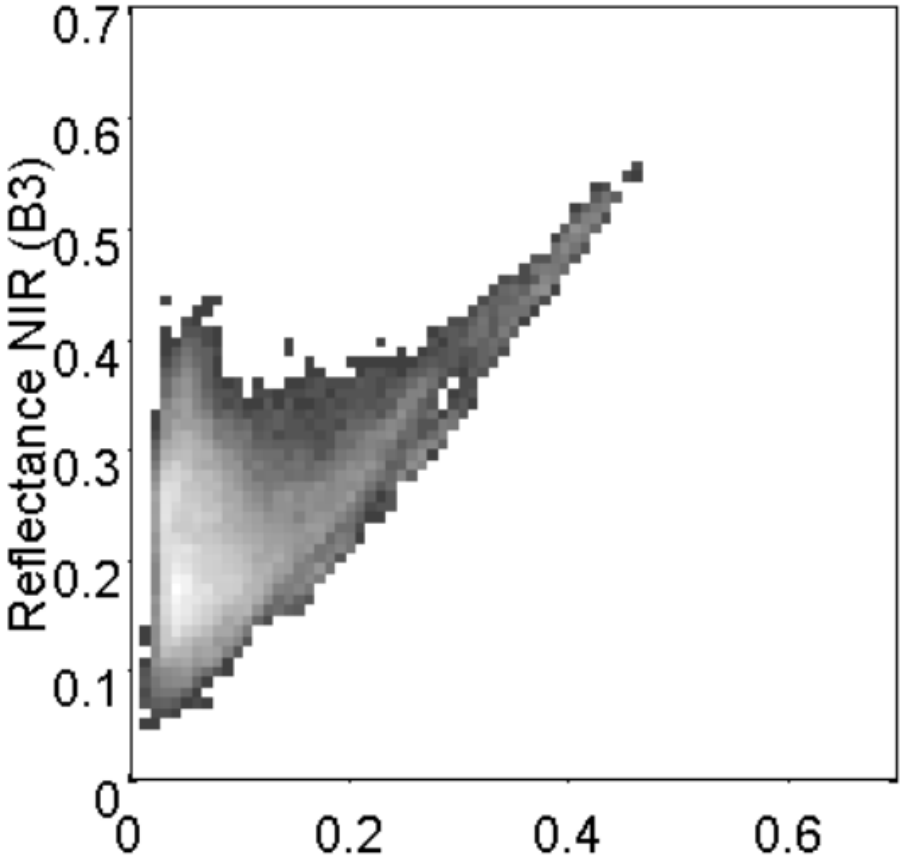
La droite des sols

Les pixels de sol nu se retrouvent sur une droite du plan (R× NIR)

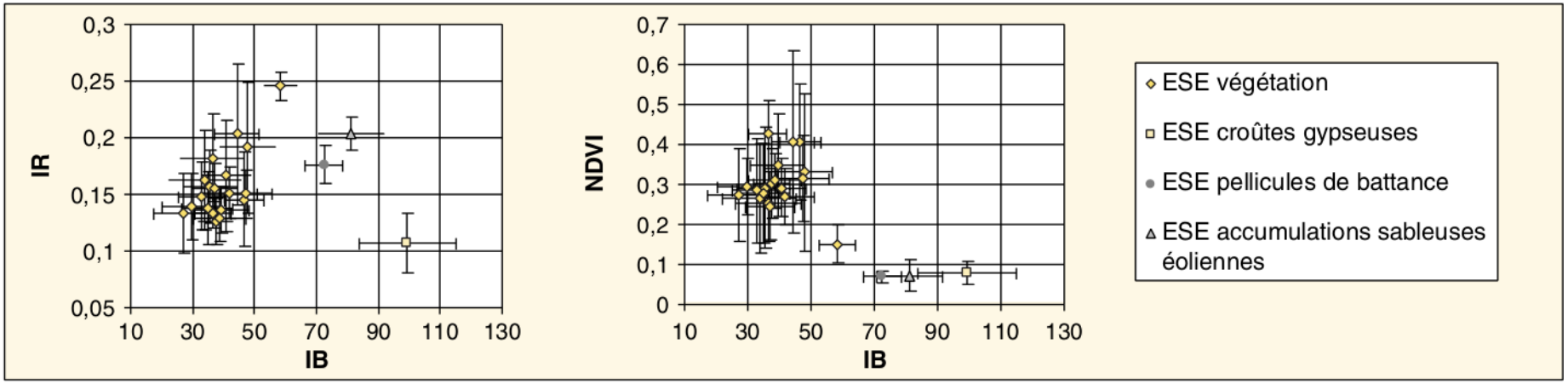


La droite des sols

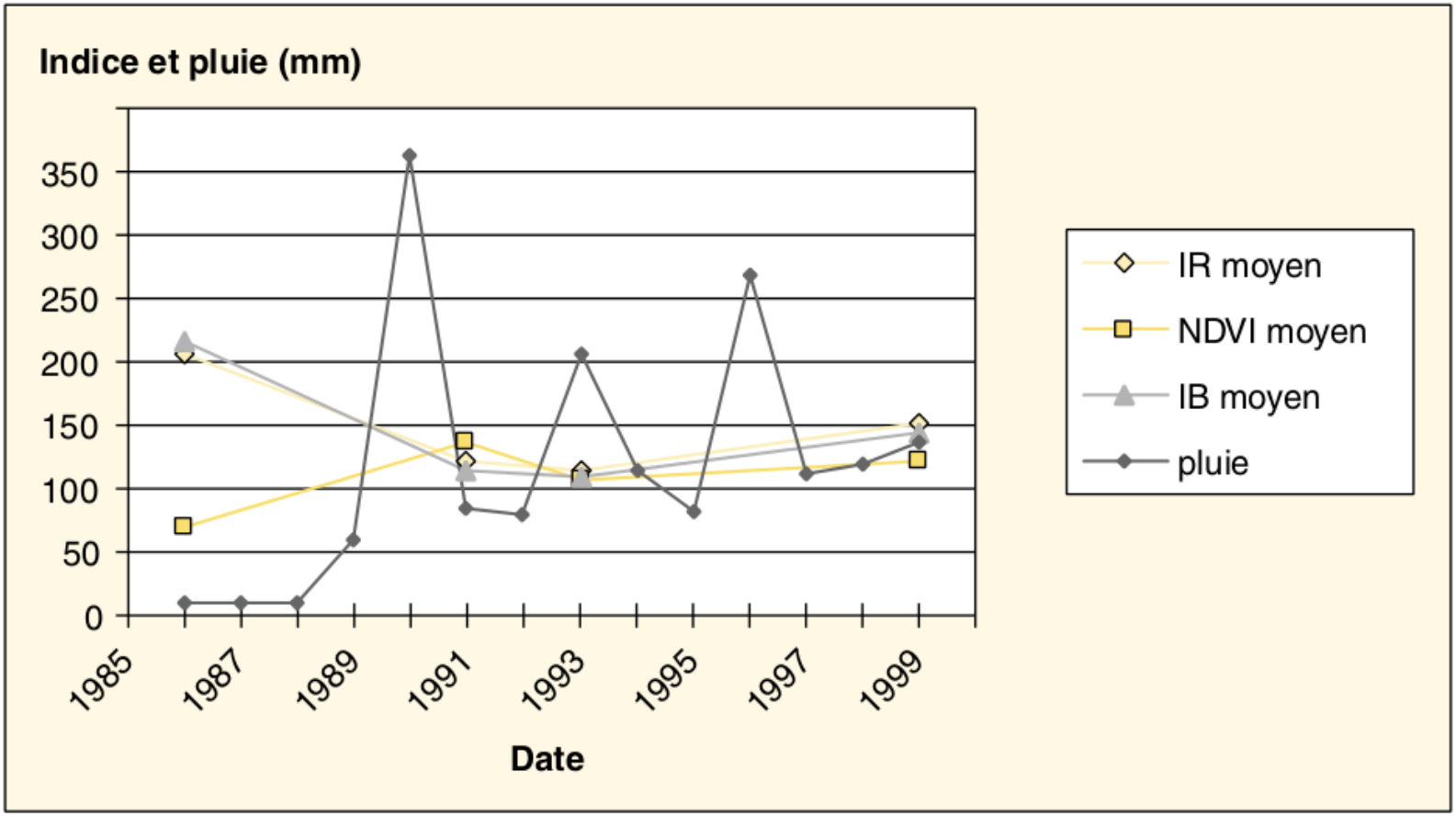
Tous les pixels de l'image sur (R× NIR)



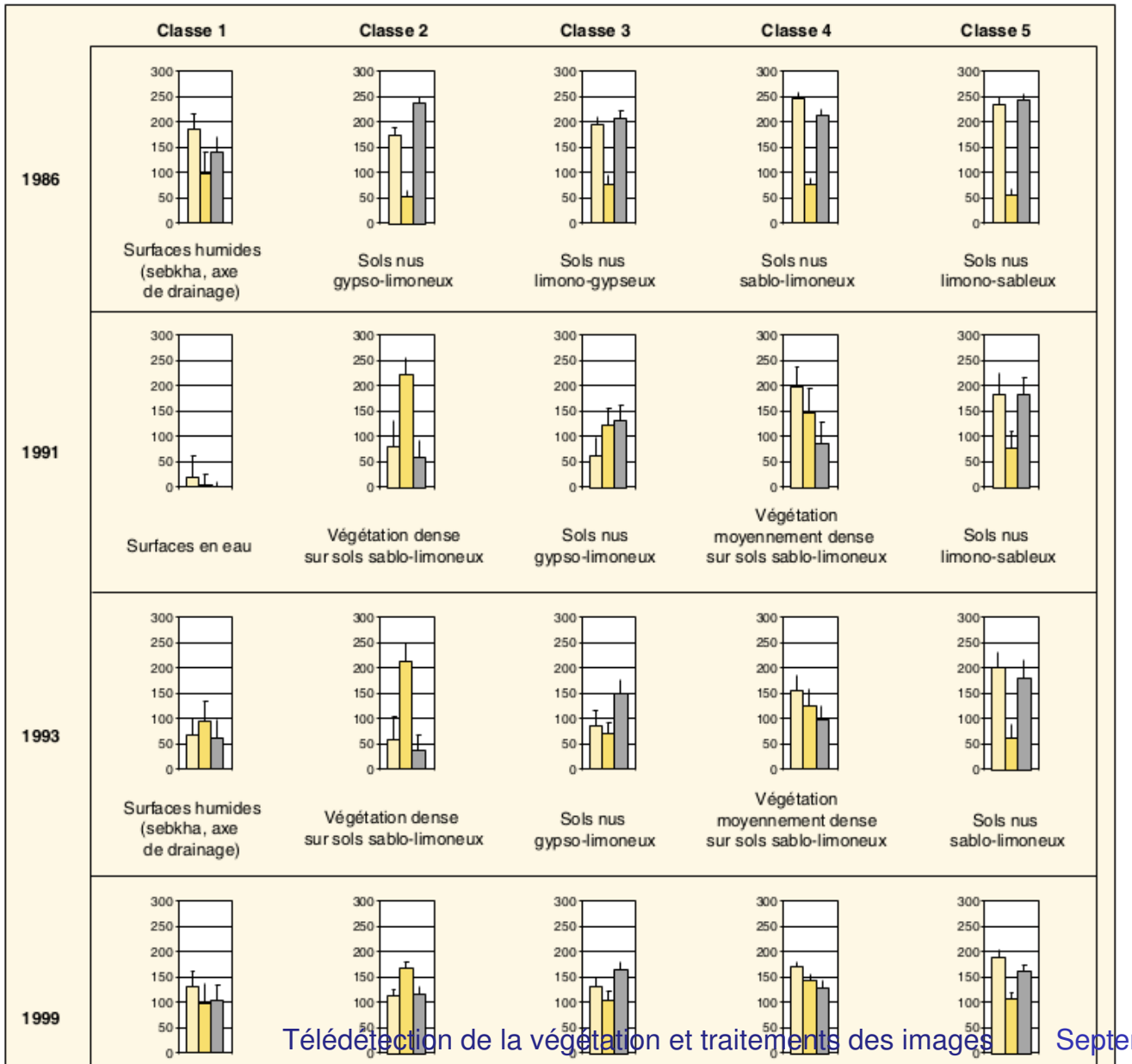
Les états de surface élémentaires



L'influence des précipitations



Caractérisation des sols



Sommaire

1. Introduction - Applications de l'observation de la végétation
2. Télédétection de la végétation
3. Variables bio-physiques
   - Variables bio-physiques
   - Estimation à partir de la télédétection
4. Traitements multi-temporels

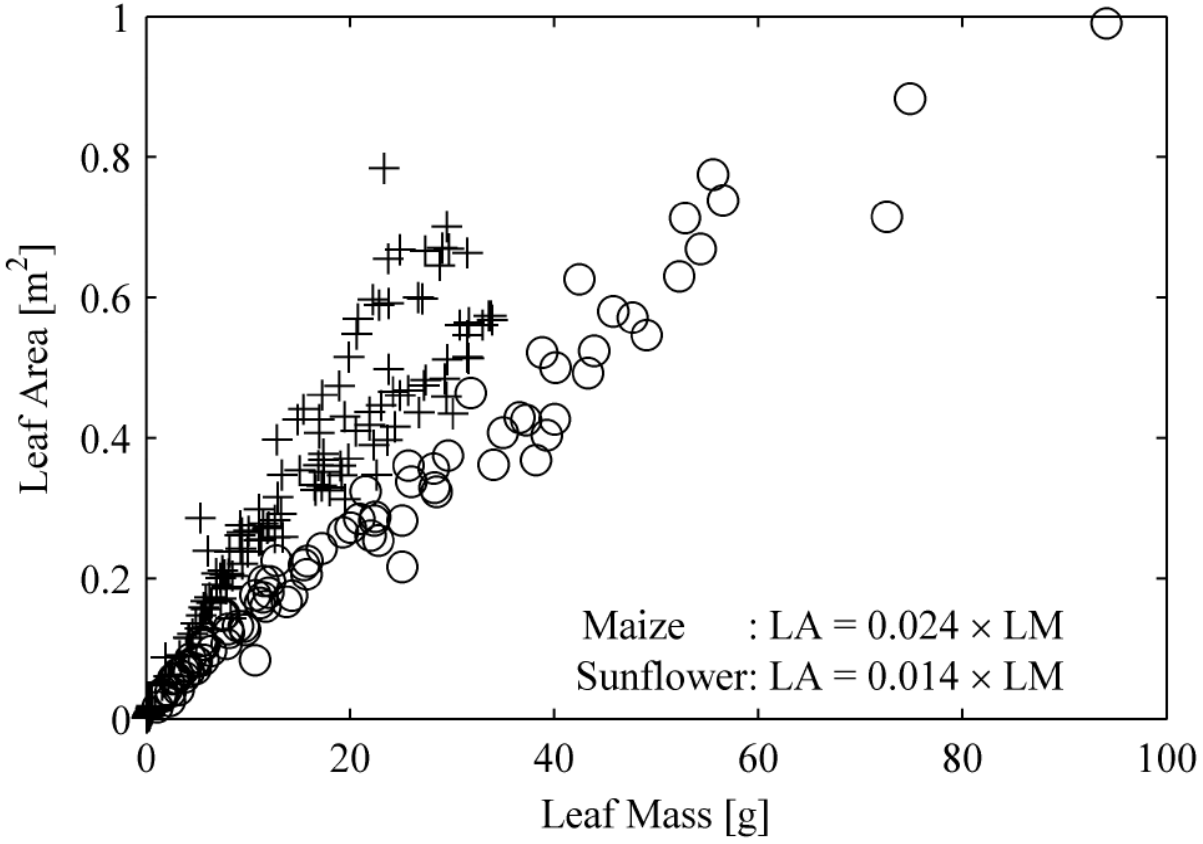
Caractéristiques de la canopée

- LAI ou GLAI : Green Leaf Area Index ou indice foliaire
  - mesure la surface foliaire par unité de surface au sol (en m^2/m^2)
  - contribue à déterminer de nombreuses variables d'intérêt sur le couvert végétal
    - production de biomasse, quantité de CO2 assimilé
  - joue un rôle important dans le microclimat de la canopée
- FAPAR : Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
  - fraction de rayonnement solaire absorbée par les plantes dans le domaine spectral permettant la photosynthèse
  - directement reliée à la productivité primaire de la végétation
  - peut être utilisée pour suivre l'état et l'évolution de la couverture végétale dans le temps et dans l'espace

LAI

- Estimation directe de la quantitité de végétation (verte)
- Applications :
  - interception du rayonnement
  - évapo-transpiration
  - photo-synthèse
- Lien avec la structure de la canopée
- Préférable à la FAPAR, car lié à la biomasse aérienne

Lien entre indice foliaire et biomasse



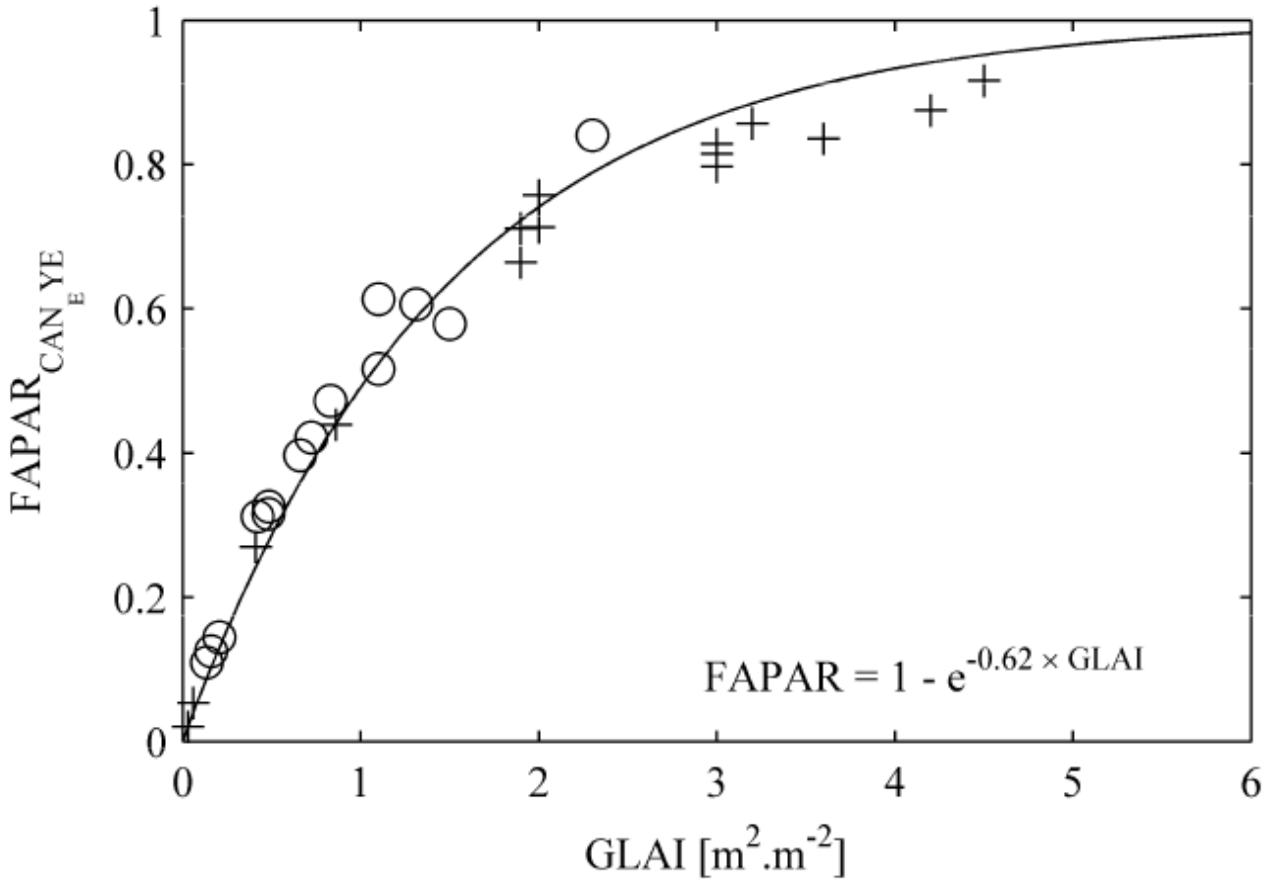
FAPAR

- Quantité *radiométrique*
- Plus proche de la télédétection (via des indices : RVI, NDVI)
- Applications :
  - estimation de la productivité et de l'activité photo-synthétique
  - interception du rayonnement (dans les modèles de cultures)
  - prévision du rendement
- Etroitement liée au LAI (qui lui est plus *physique*)

Estimation à partir de la télédétection

- Des relations empiriques peuvent être estimées
  - fonction des indices de végétation
- Mais dépendantes de la structure et des propriétés des feuilles
  - Donc dépendantes de l'occupation des sols
  - Plusieus valeurs de LAI peuvent correspondre à un même IV
- Lien entre FAPAR et LAI

fAPAR et LAI


FAPAR = 1 - e^-0.62 × GLAI
FAPAR_CANOPY
GLAI [m².m⁻²]
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
0
1
2
3
4
5
6

Sommaire

1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
3. **Variables bio-physiques**
   - Variables bio-physiques
   - Estimation à partir de la télédétection
4. **Traitements multi-temporels**

LAI

LAI et NDVI

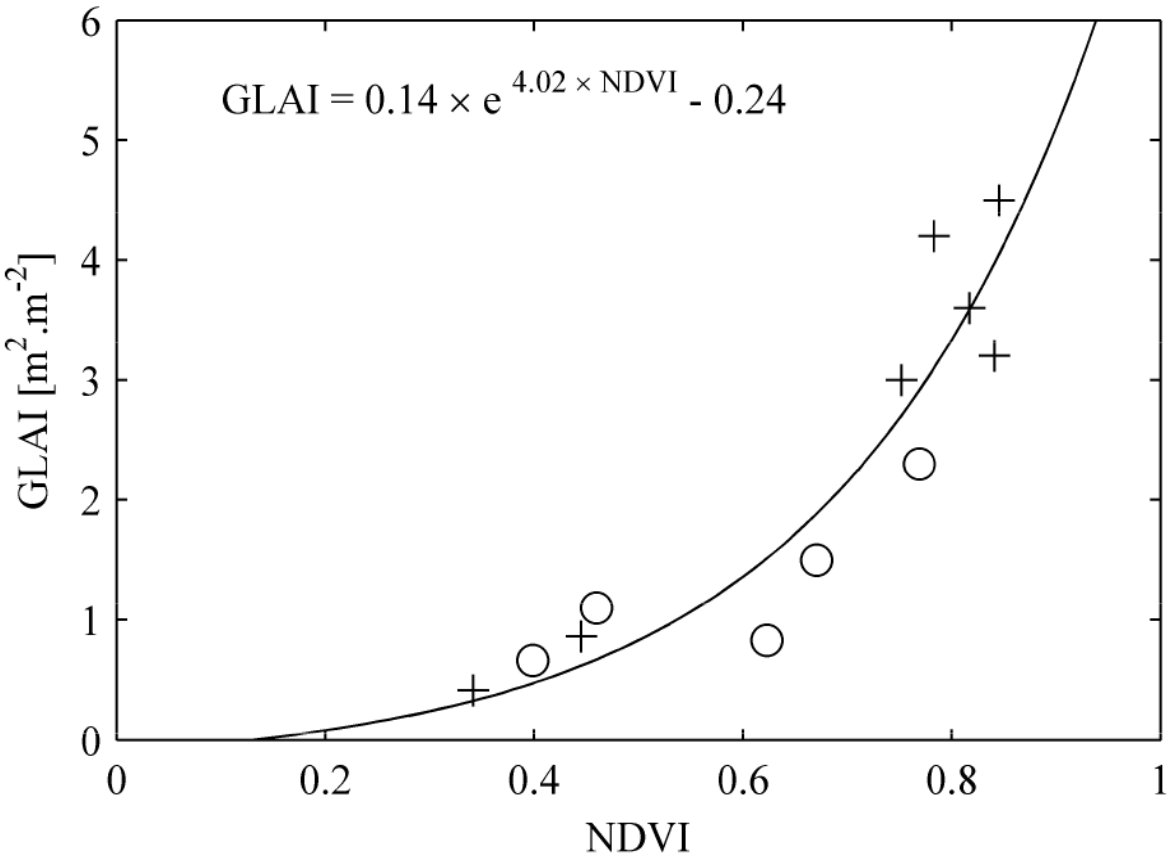
$$LAI = -\left(\frac{1}{K_{LAI}}\right) \ln\left(\frac{NDVI - NDVI_\infty}{NDVI_S - NDVI_\infty}\right)$$

- $NDVI_\infty$ est la valeur assymptotique du NDVI (quand le LAI est maximal)
- $NDVI_S$ est le NDVI du sol nu
- K_{LAI} est un coefficient d'extintion

GLAI et NDVI

$$GLAI = k_1 e^{k_2 NDVI} - k_3$$

LAI et NDVI



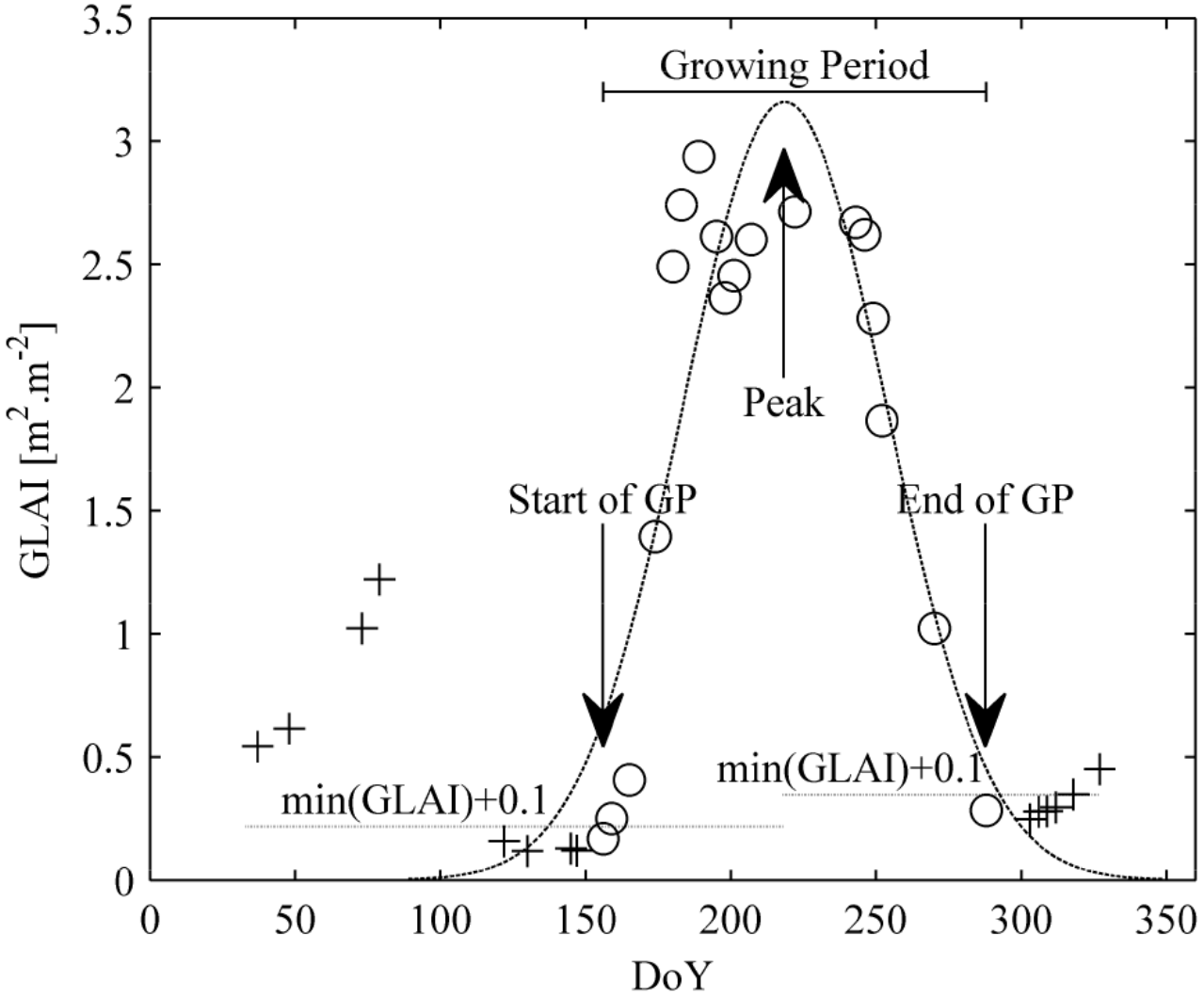
Sommaire

1. Introduction - Applications de l'observation de la végétation
2. Télédétection de la végétation
3. Variables bio-physiques
4. Traitements multi-temporels
   - La phénologie
   - Séries temporelles

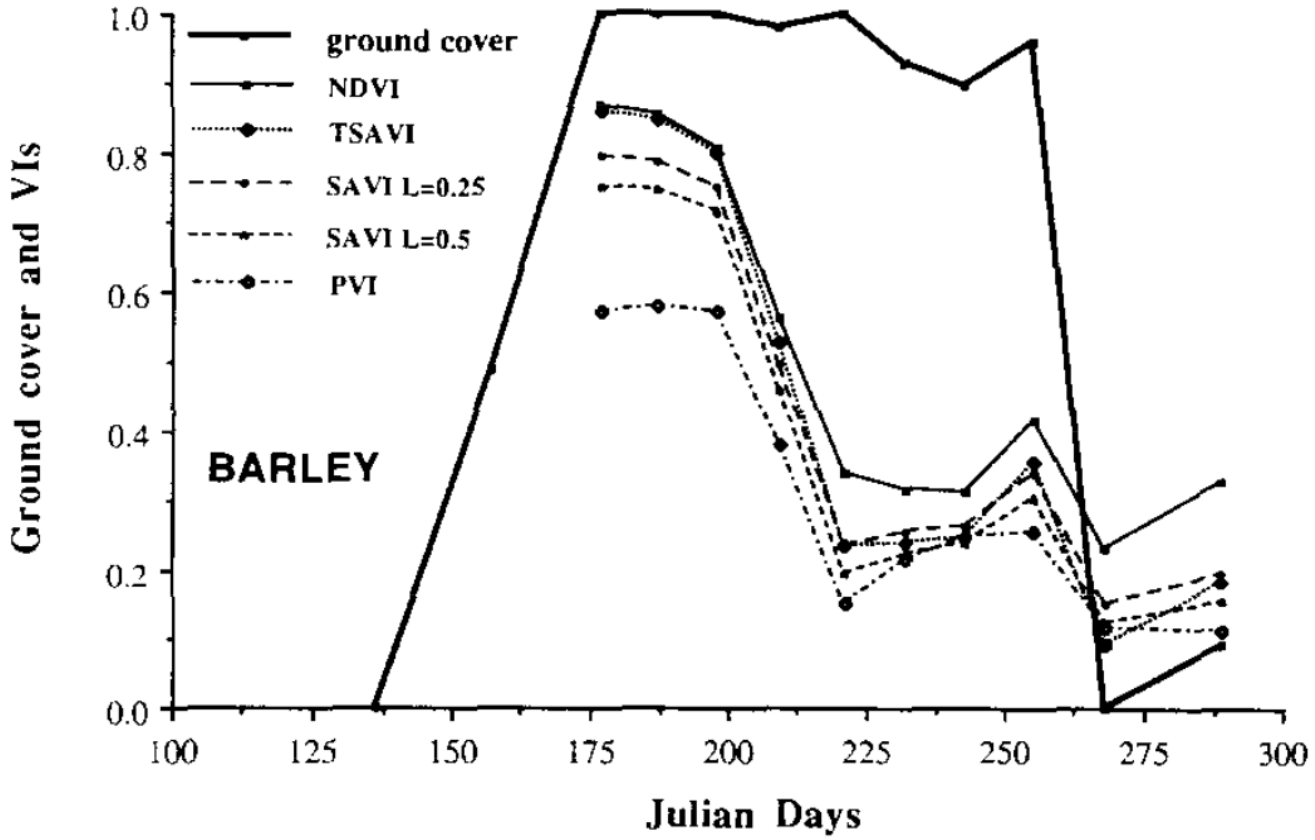
Evolution temporelle du LAI

- $LAI = k\left[\frac{1}{1+e^{-b(T-T_i)}} - e^{-a(T-T_s)}\right]$
  - T est la température moyenne journalière cumulée depuis le jour de semis
  - b est le taux de croissance au point d'inflexion T_i
  - a est le taux de croissance au moment de la sénescence T_s
  - k est la surface foliaire maximale

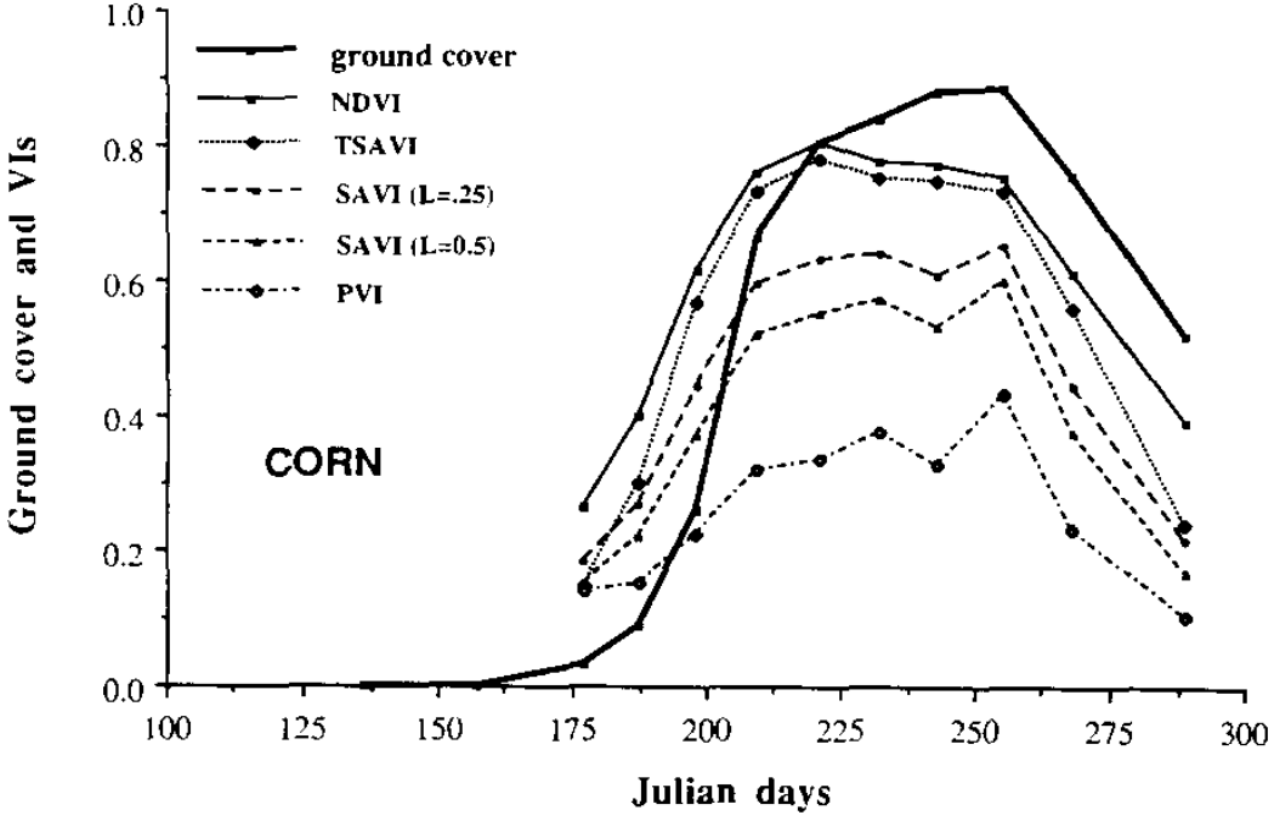
LAI


Growing Period
Peak
Start of GP
End of GP
min(GLAI)+0.1
min(GLAI)+0.1
GLAI [m2.m-2]
DoY
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
0
50
100
150
200
250
300
350

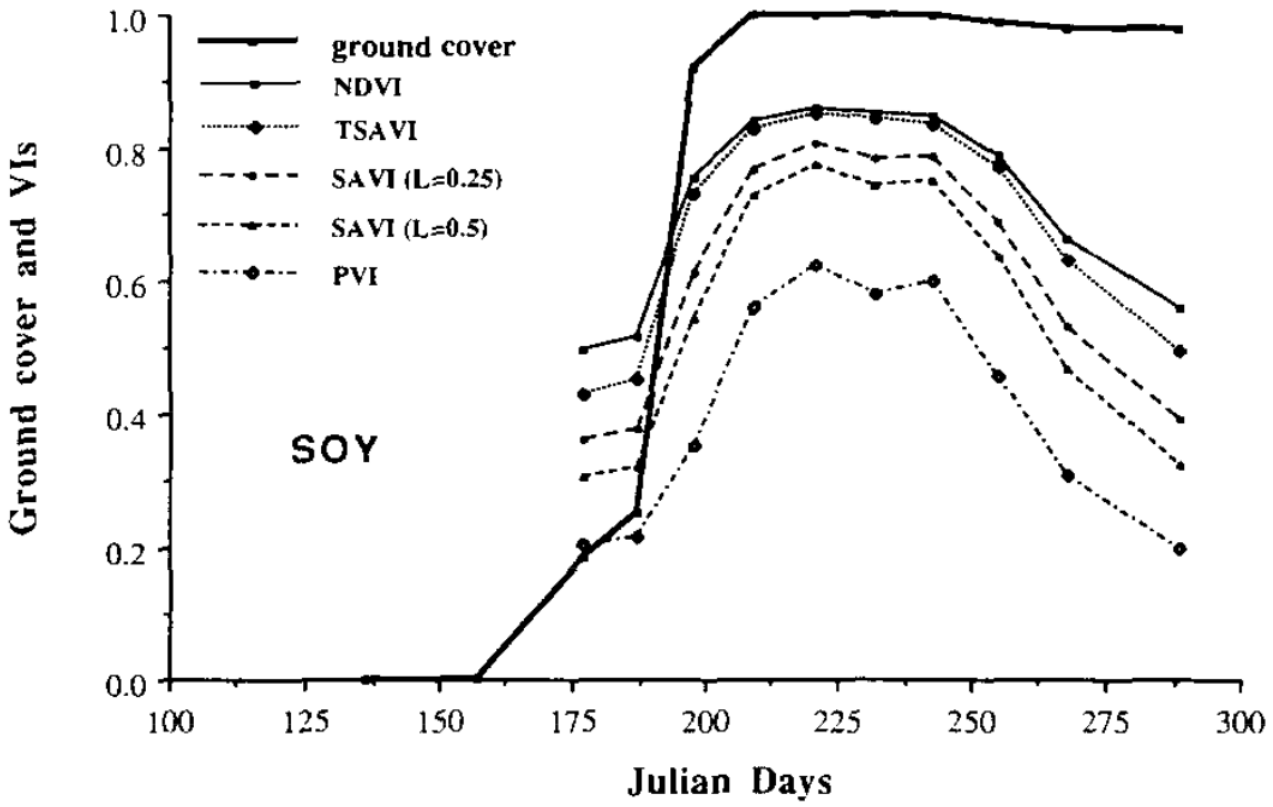
Evolution temporelle des indices de végétation



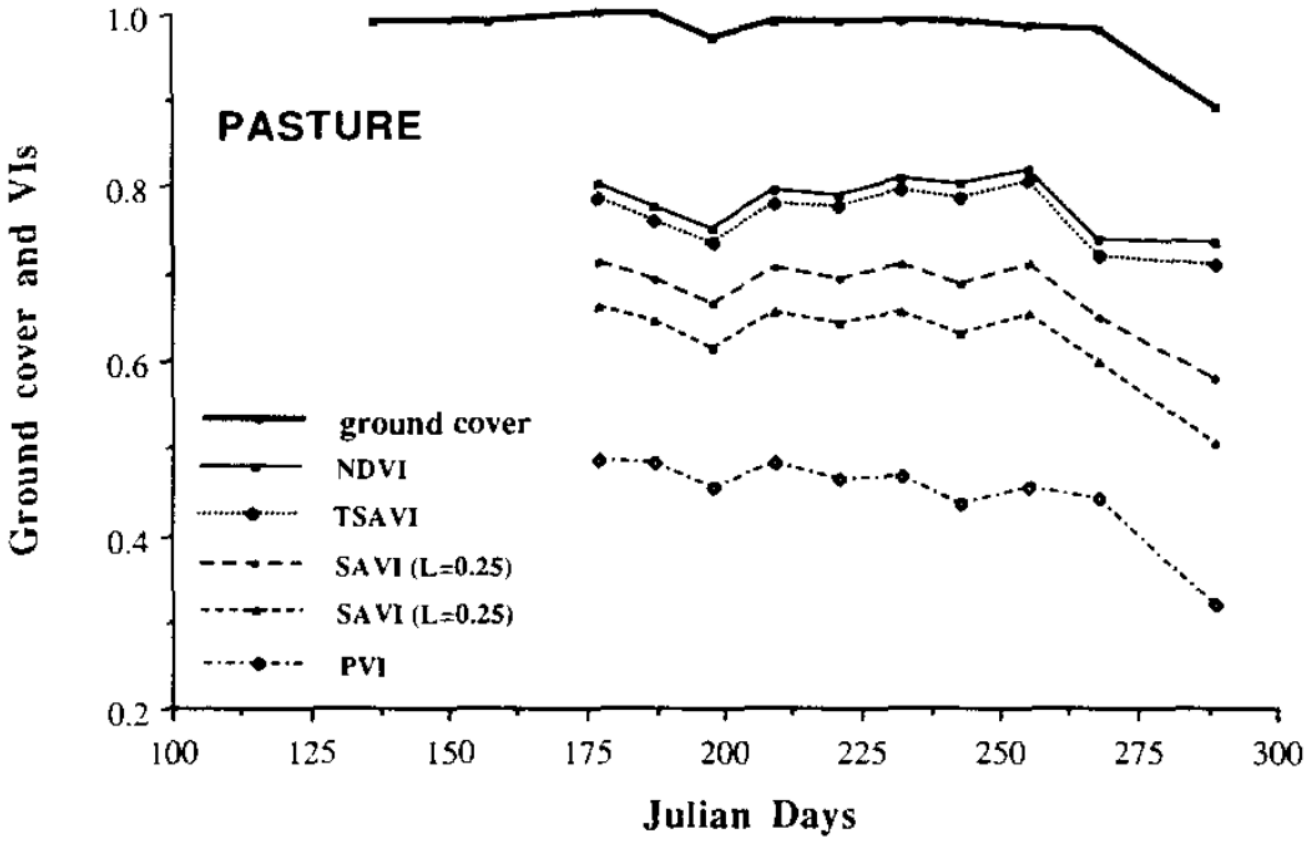
Evolution temporelle des indices de végétation



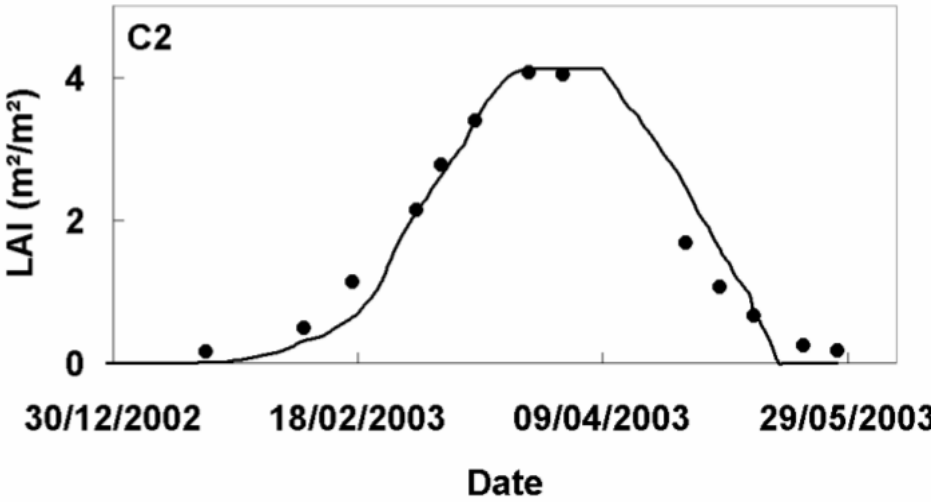
Evolution temporelle des indices de végétation

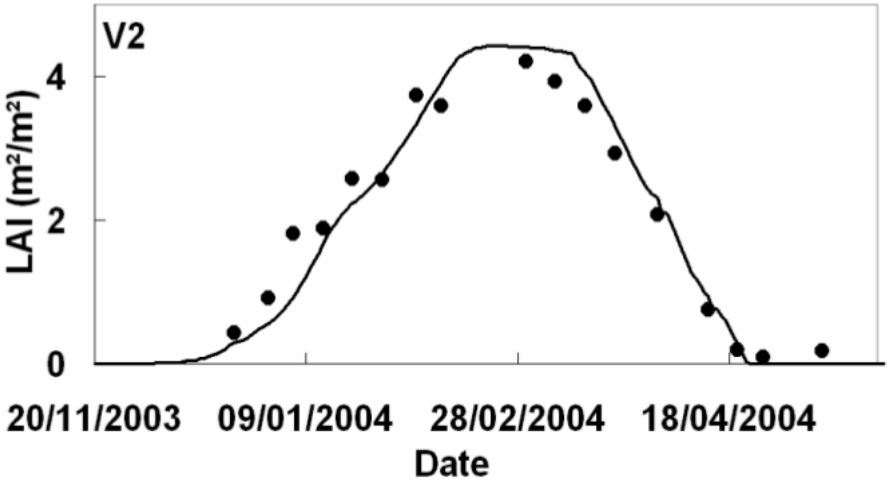


Evolution temporelle des indices de végétation

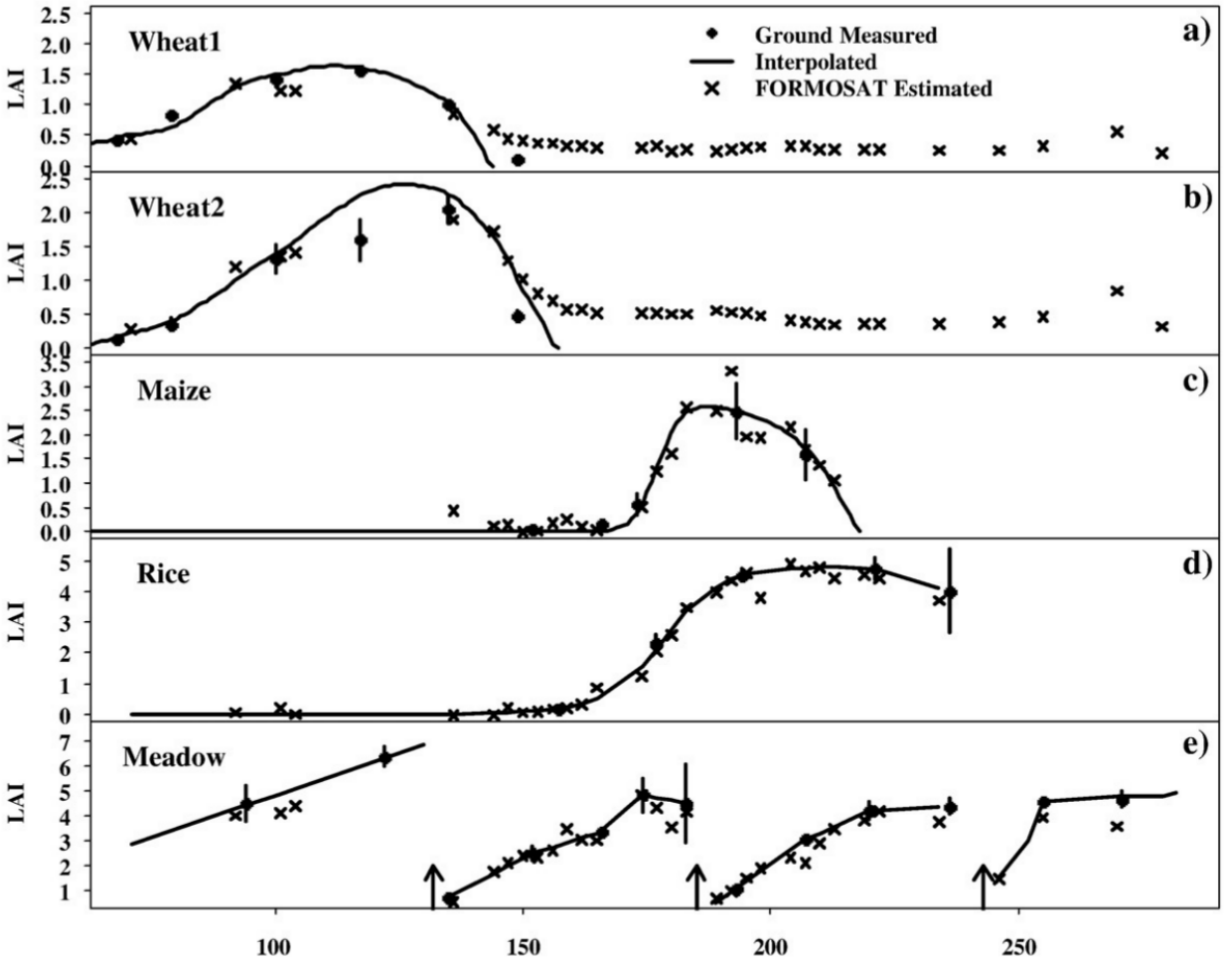


LAI


C2
LAI (m²/m²)
4
2
0
30/12/2002
18/02/2003
09/04/2003
29/05/2003
Date


V2
LAI (m²/m²)
4
2
0
20/11/2003
09/01/2004
28/02/2004
18/04/2004
Date

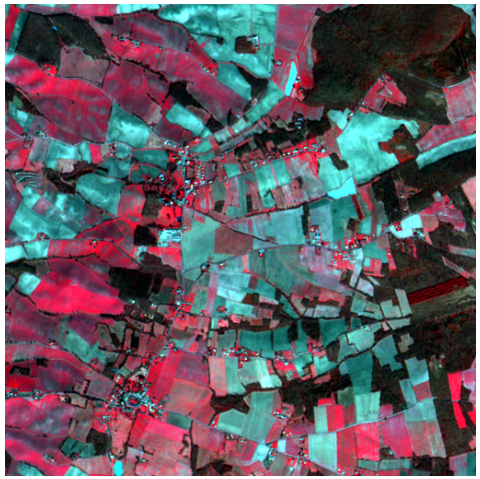
LAI


Wheat1
Ground Measured
Interpolated
FORMOSAT Estimated
a)
Wheat2
b)
Maize
c)
Rice
d)
Meadow
e)
LAI
100
150
200
250

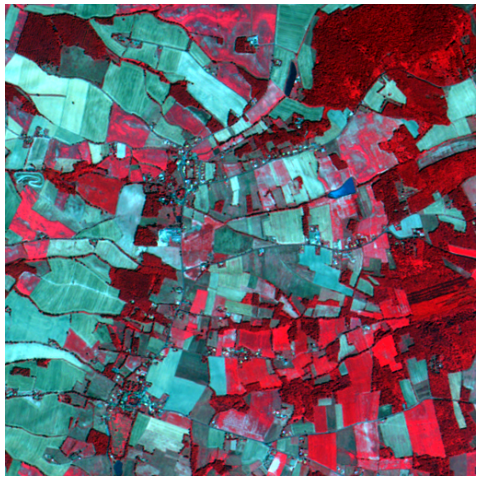
Sommaire

1. **Introduction - Applications de l'observation de la végétation**
2. **Télédétection de la végétation**
3. **Variables bio-physiques**
4. **Traitements multi-temporels**
   - La phénologie
   - Séries temporelles

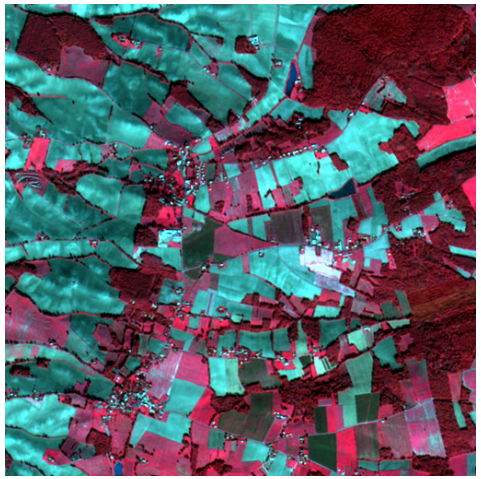
Séries temporelles



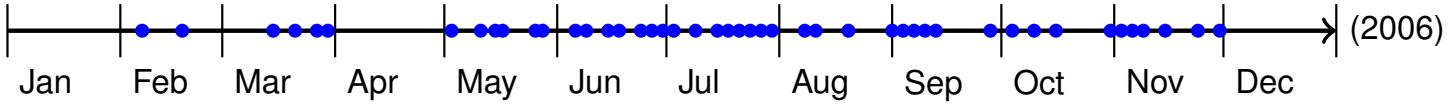
14/03/2006



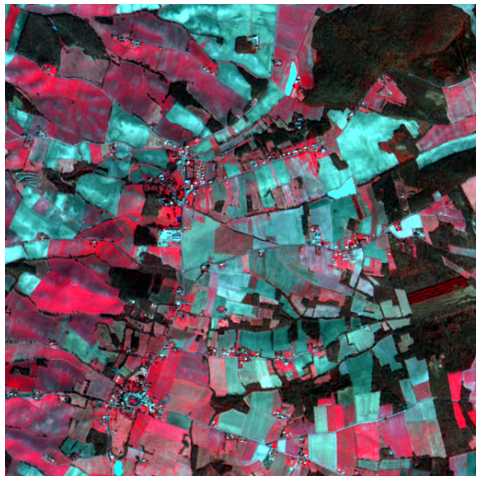
17/07/2006



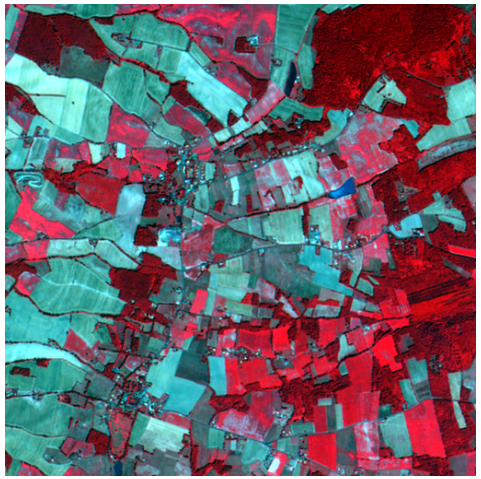
02/11/2006



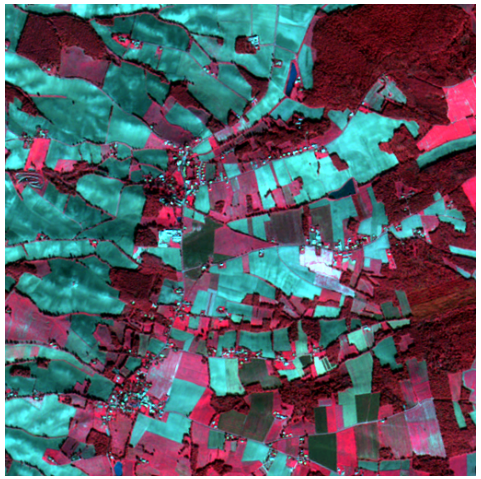
Séries temporelles



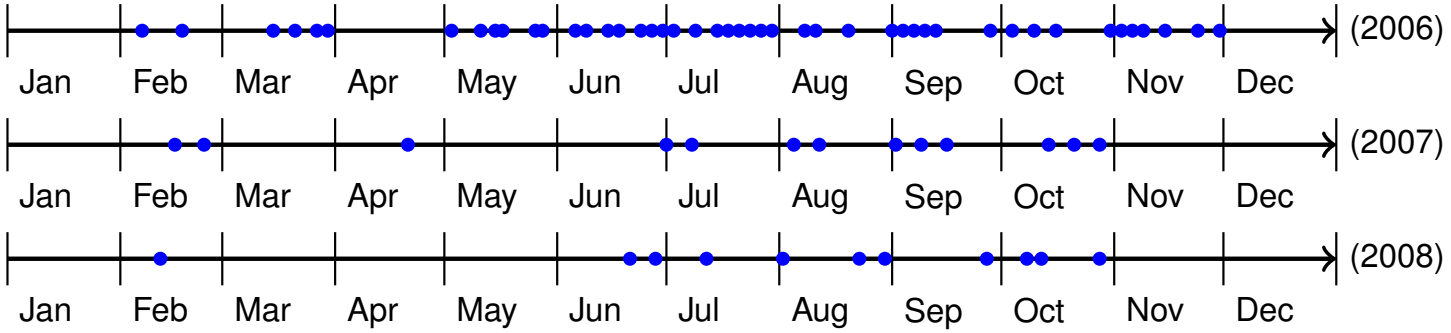
14/03/2006



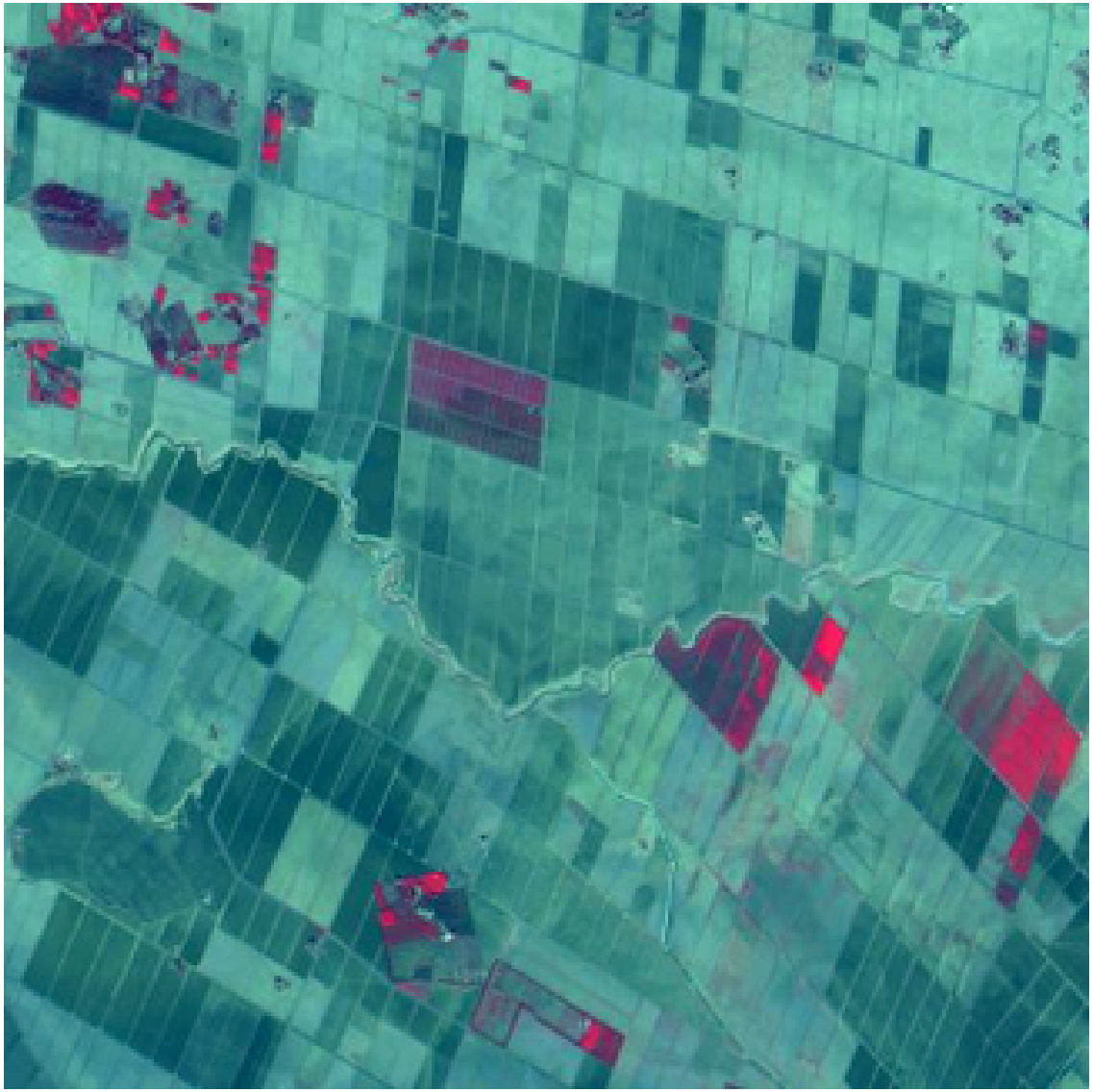
17/07/2006



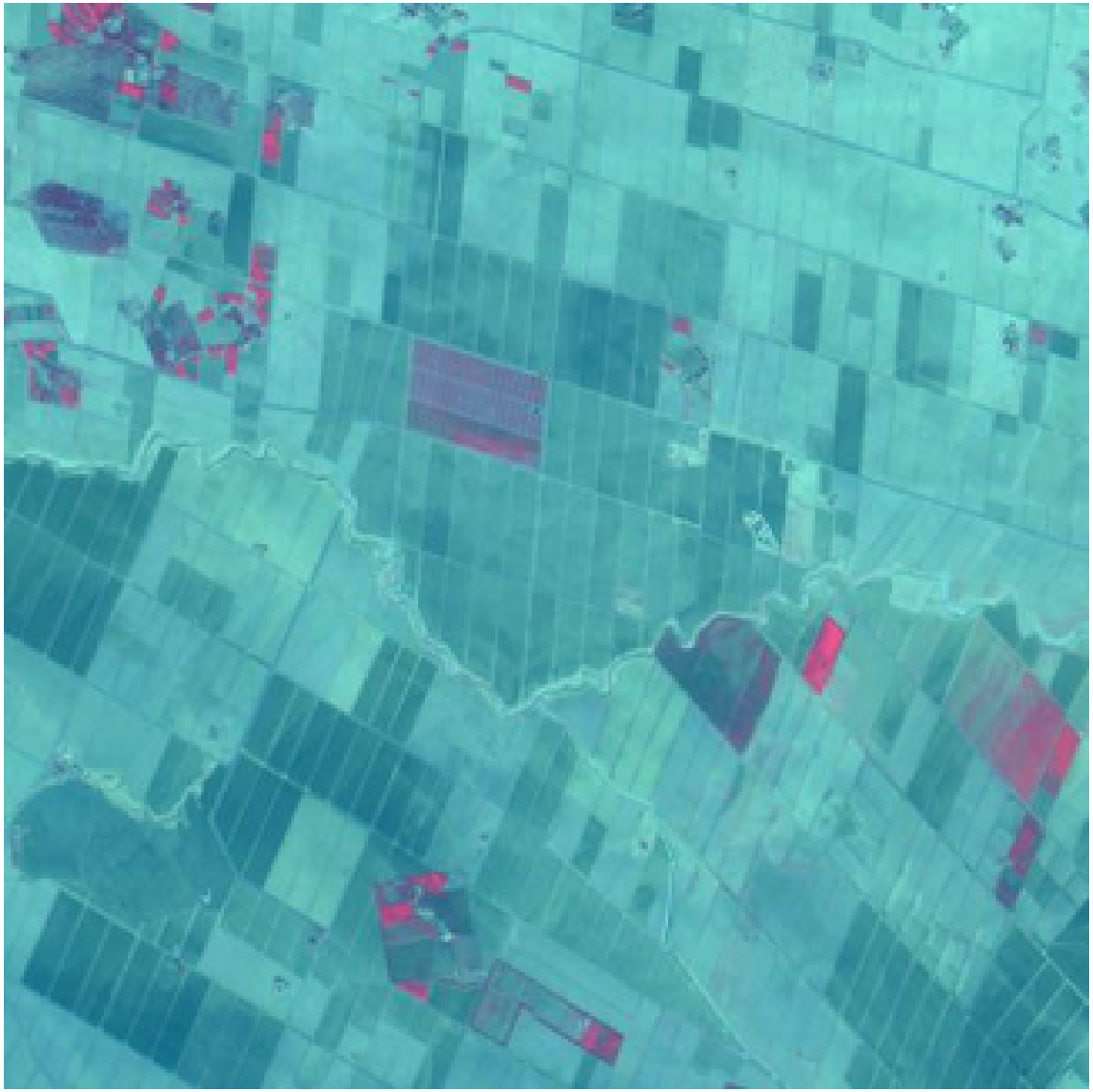
02/11/2006



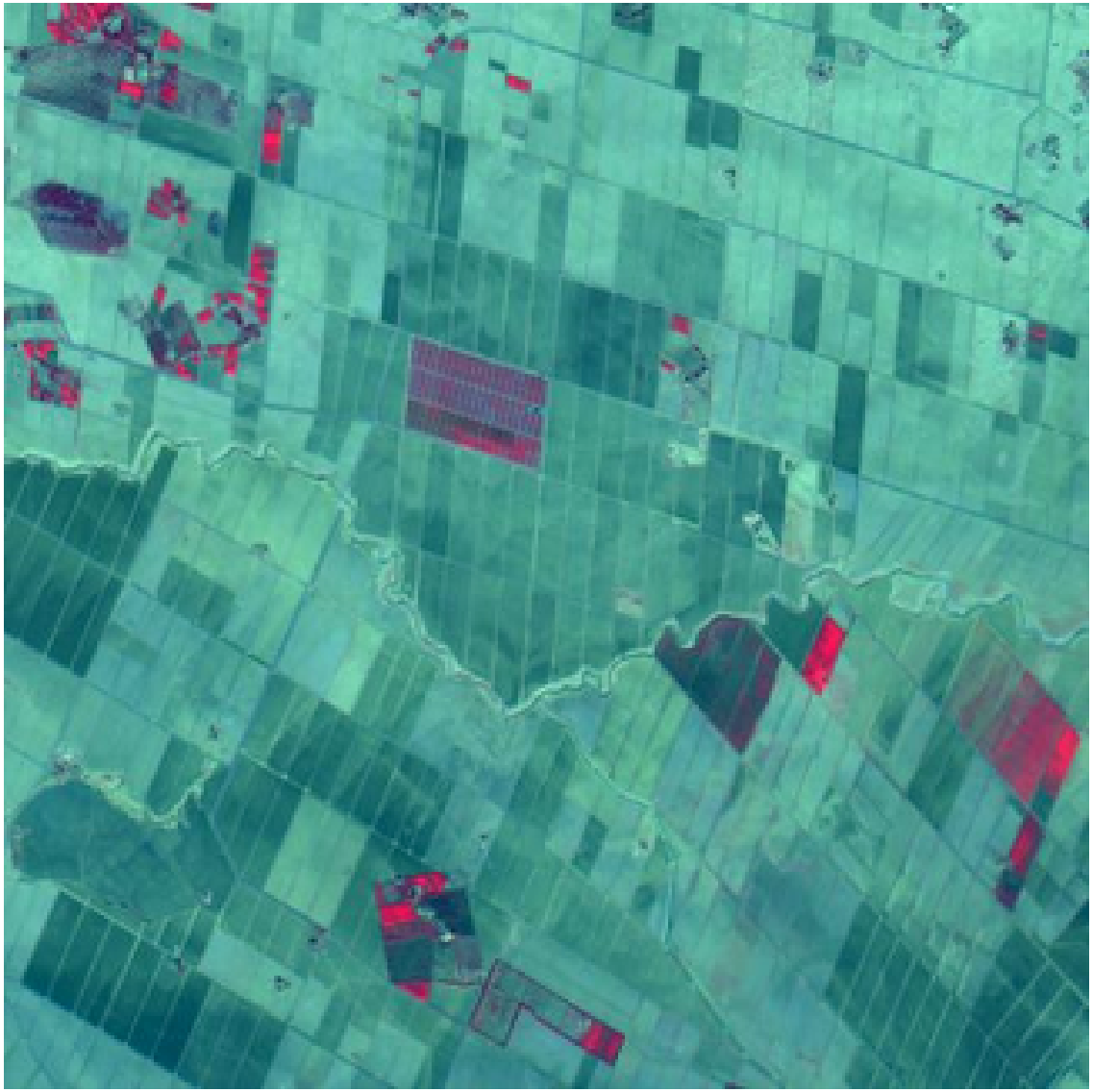
Séries temporelles



Séries temporelles

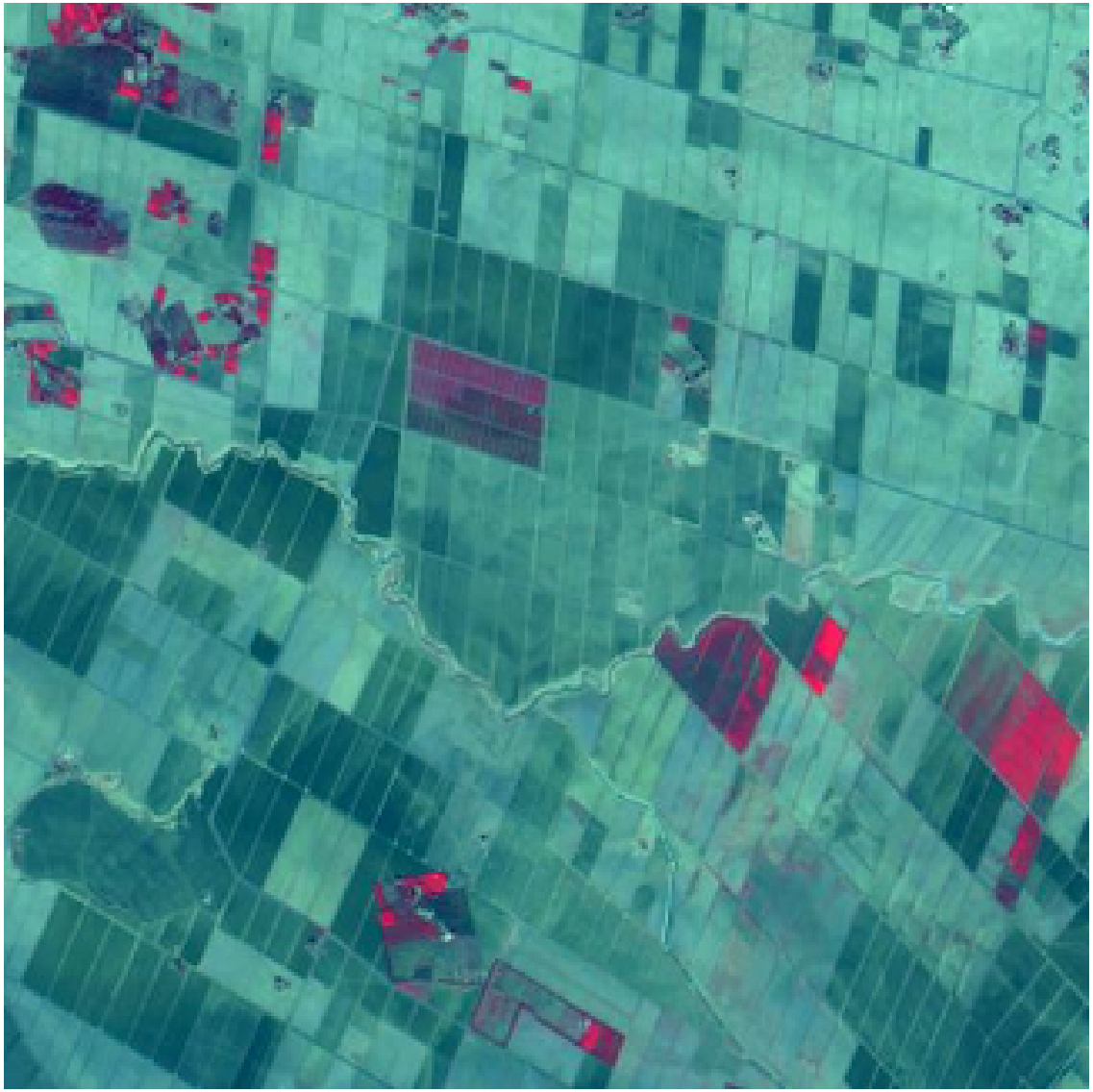


Séries temporelles

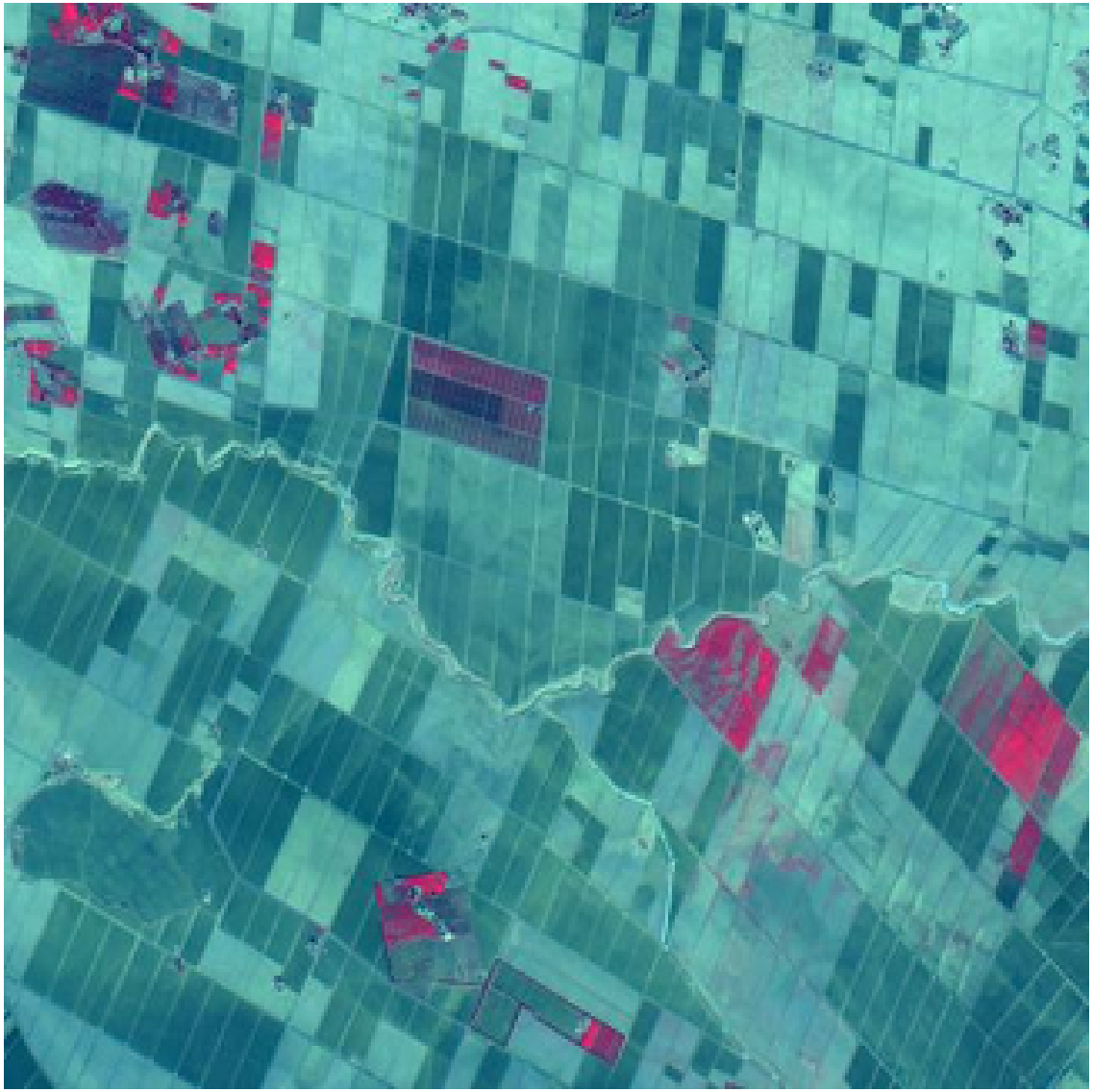


Séries temporelles

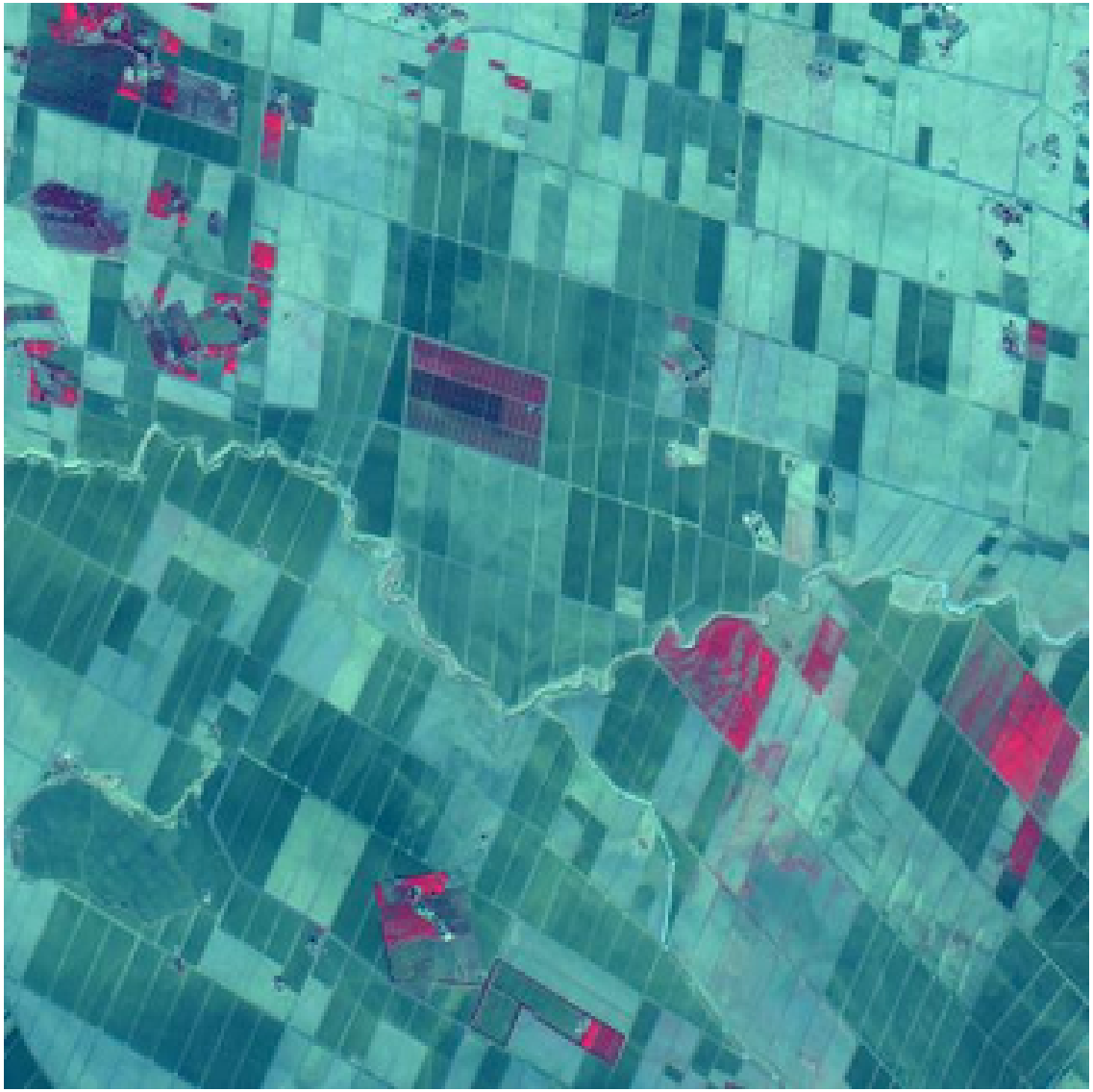
Séries temporelles



Séries temporelles

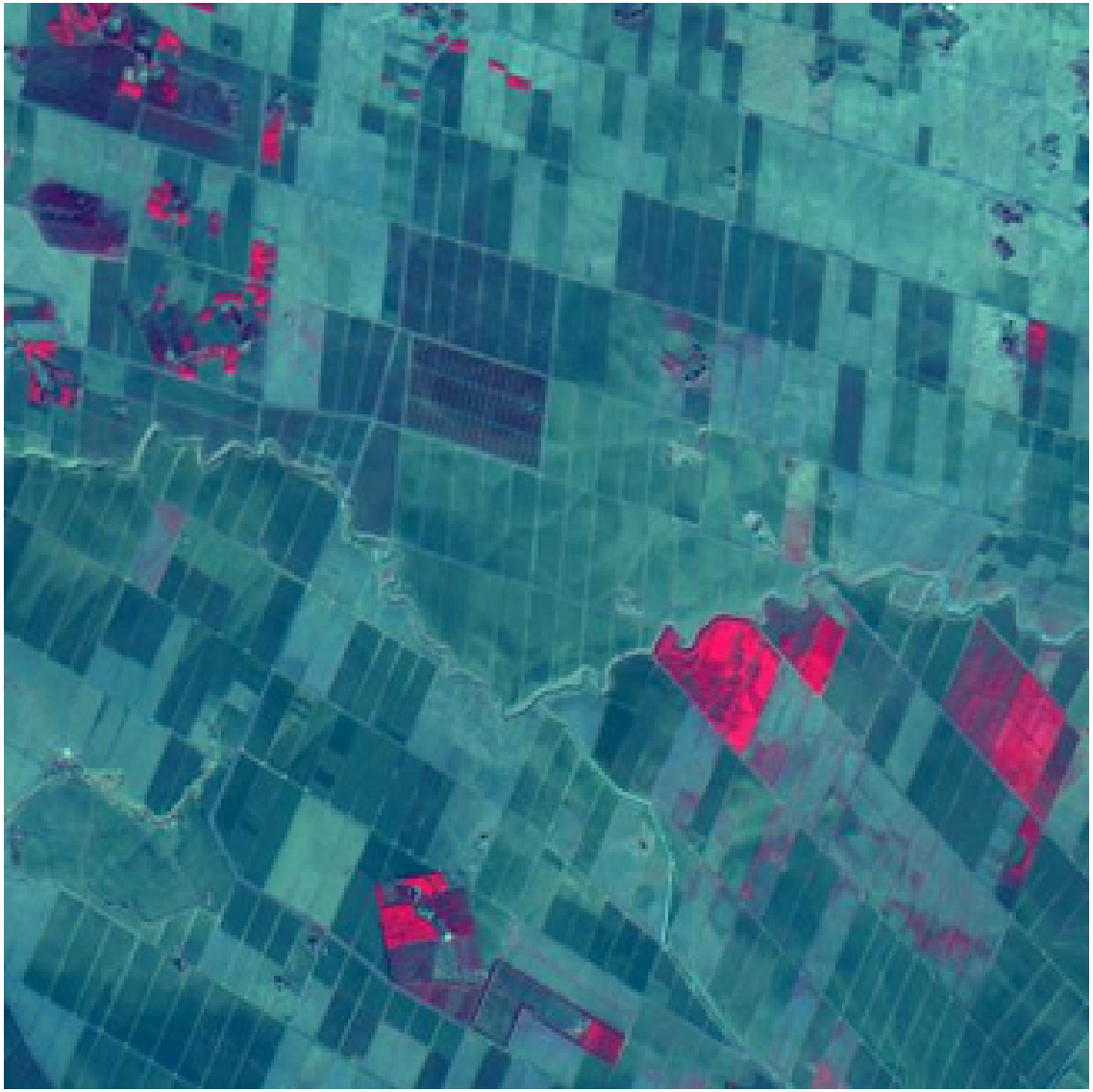


Séries temporelles

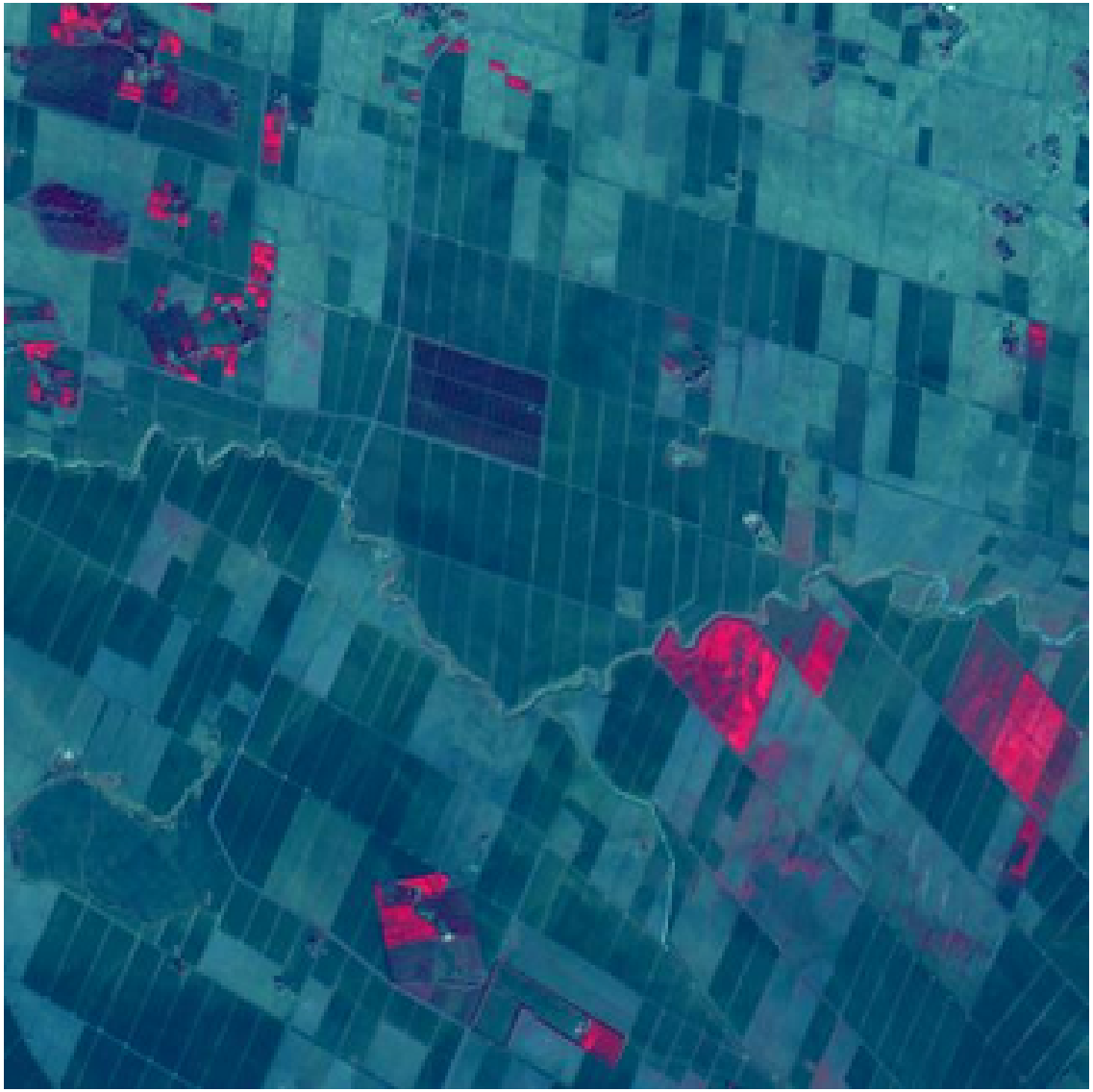


Séries temporelles

Séries temporelles



Séries temporelles



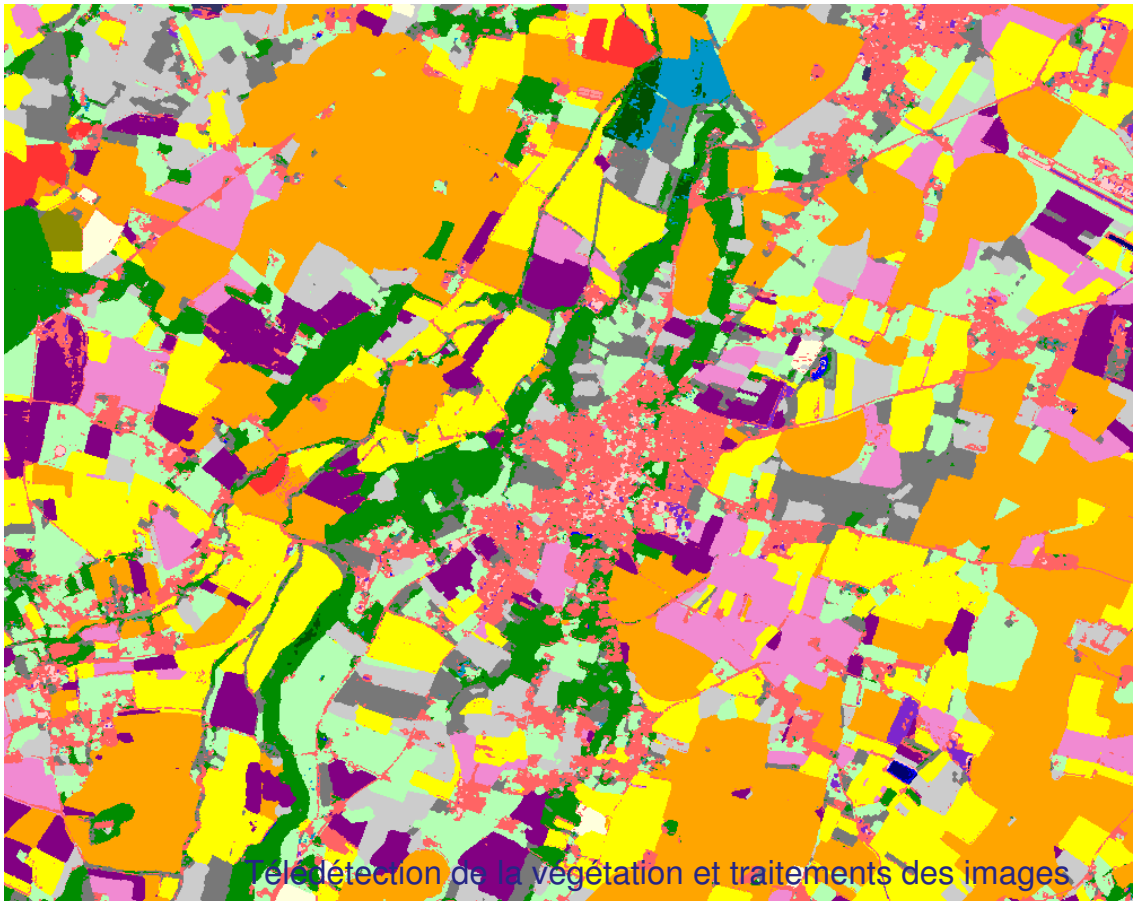
Séries temporelles

Séries temporelles

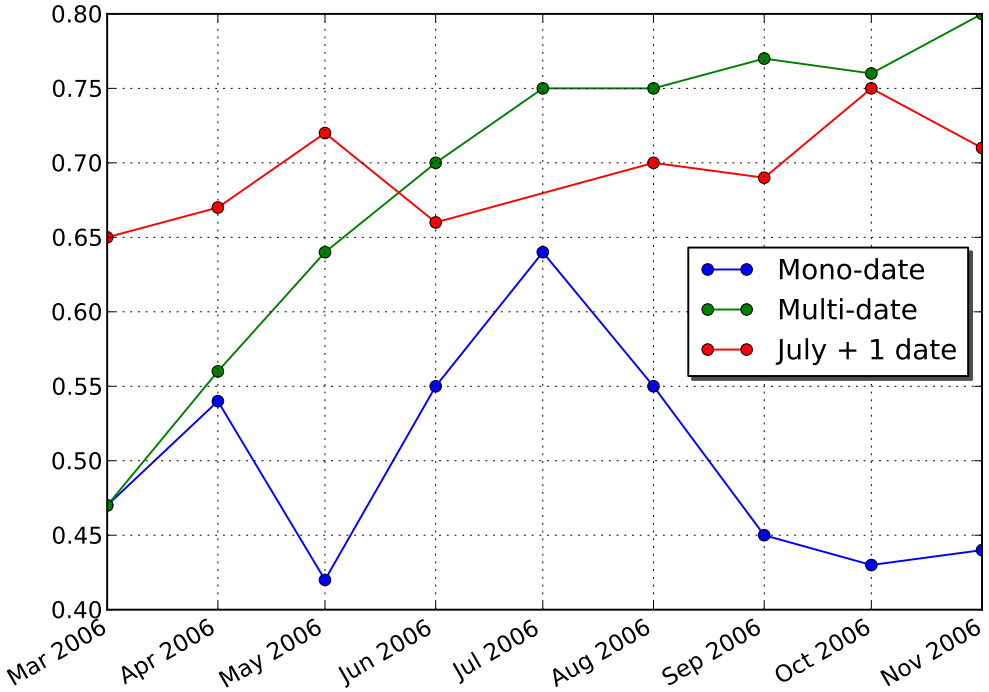
Séries temporelles
Occupation des sols

Classification annuelle . . .

- feuillus, résineux, culture d'hiver, culture d'été, eau, bâti, etc.



Apports du multi-t



Divers

Téléchargement des planches

- http://jordiinglada.net/stok/slides-sa-3A-appli.pdf

Contact

- jordi.inglada@cesbio.cnes.fr

Outils

- Monteverdi : http://www.orfeo-toolbox.org/otb/monteverdi.html