

Experiències en Agricultura de Precisió

Lucas Martínez i Rodrigo

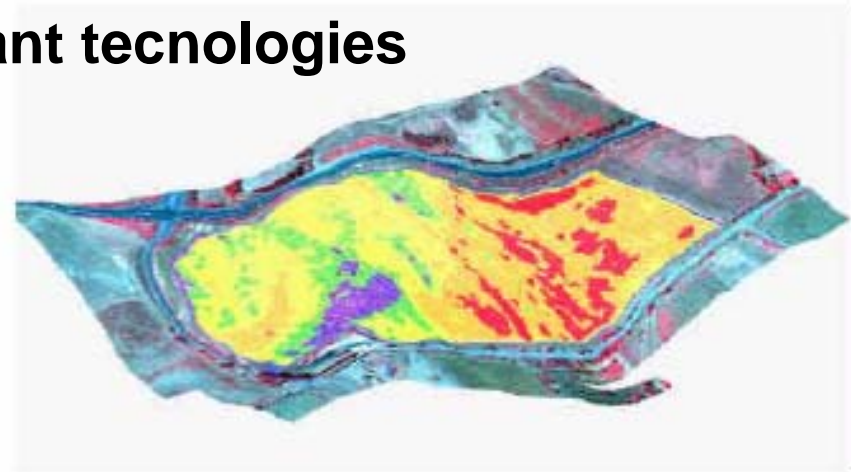
ICC - Desenvolupament de Teledetecció

- 0. Concepte d'agricultura de precisió**
- 1. Aproximació al problema**
- 2. Fonaments obtenció de paràmetres biofísics**
- 3. Models de creixement**
- 4. EADS Astrium Farmstar**
- 5. Prova Farmstar Catalunya**
- 6. Campanya ICC-AGRIPE a Lleida**

És la gestió dels conreus en funció de les seves necessitats, tenint en compte la variabilitat de les parcel·les.

- **Realització correcta de les pràctiques agrícoles en el lloc i moment adequat**
- **Automatització utilitzant tecnologies**

Imatge de la diferència de vigor en una vinya, amb una imatge creada a partir d'un índex de vegetació (NDVI)



Beneficis:

- **Reduir costos de producció, aplicant els productes en el lloc i la quantitat adequats: reducció de fertilitzants i productes fitosanitaris**
- **Incrementar el rendiment**
- **Reduir despeses d'anàlisi de sòls: orientant millor les zones a analitzar**
- **Millorar la qualitat dels productes**
- **Reduir l'impacte ambiental**
- **Previsió precoç de rendiments: tasques d'organització logística per cooperatives, entitats públiques...**

Costos:

Segons tecnologies

Segons superfície a gestionar

Anàlisi cost - benefici

**Beneficis
Mediambientals...**

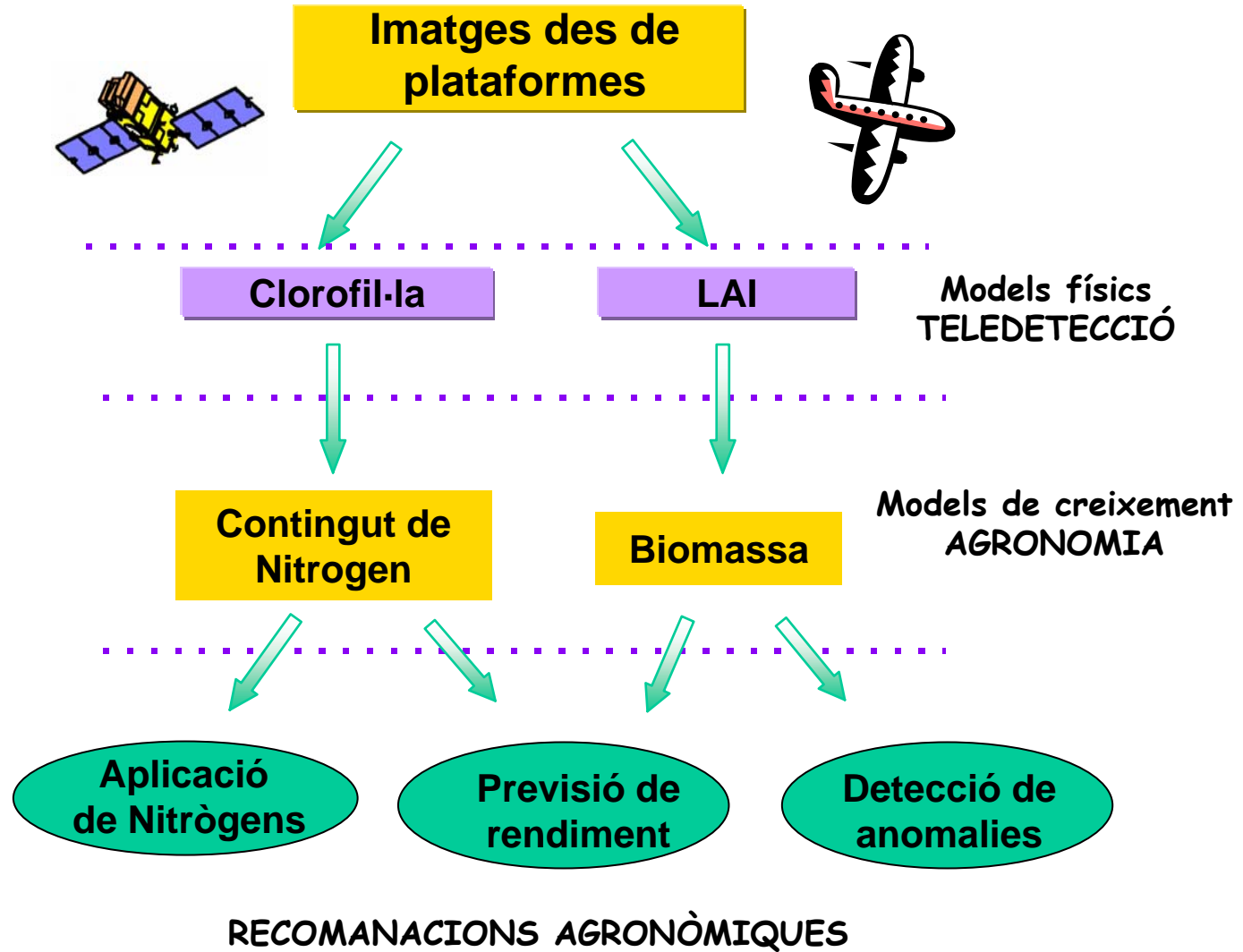
**Increment de
benefici**

**Augment de la
producció + disminució
de inputs**

**Increment de
cost**

**Utilització de
noves tecnologies**

Aproximació al problema



➤ Possibles modelitzacions

Mètodes empírics

Models físics

➤ Models físics: simulen la transferència radiativa

➤ Entrades:

Propietats del cultiu i del sòl

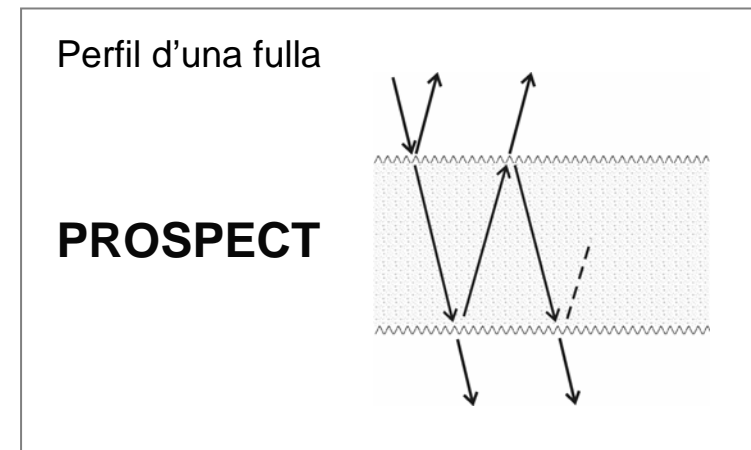
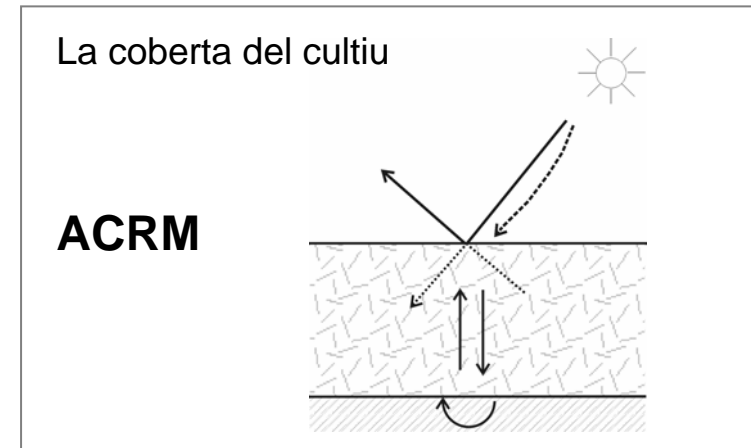
➤ Sortides:

Reflectivitat a nivell de cultiu

➤ Direccions del model

Models directes

Models inversos



➤ **Inversió: Determinar paràmetres del cultiu a partir de les reflectàncies observades**

➤ **Ajustar els models a les observacions ρ_{obs}**

➤ **Una possibilitat:**

Buscar un grup de paràmetres \mathbf{p} , de manera que la *probabilitat condicionada* $L(\rho_{obs} | \mathbf{p})$ sigui màxima.

➤ **Matemàticament:**

Buscar un grup de paràmetres \mathbf{p} , que fa mínima la diferència *dif*

$$dif = (\rho_{obs} - \rho_{física}(\mathbf{p}, \mathbf{c})) \mathbf{P}_{\rho\rho} (\rho_{obs} - \rho_{física}(\mathbf{p}, \mathbf{c}))'$$

➤ **La inversió dels models físics és ambigua (no-injectiva)**

La introducció de la informació *a priori* elimina la indeterminació

➤ **Tipus d'informació *a priori*:**

Valors mesurats o suggerits de les plantes i del terra, el rang de les magnituds, etc.

➤ **Una possibilitat:**

Maximitzar la probabilitat condicionada $L(\mathbf{p}_{\text{apriori}}, \rho_{\text{obs}} | \mathbf{p})$

➤ **Matemàticament:**

Minimitzar la diferència *dif*

$$dif = \dots + (\mathbf{p}_{\text{apriori}} - \mathbf{p}) \mathbf{P}_{pp} (\mathbf{p}_{\text{apriori}} - \mathbf{p})'$$

Simulen el creixement de les plantes

- Segons les condicions meteorològiques
- Segons les condicions del terra i del cultiu
- Respecte a les propietats del conreu

per

- Fer previsions de la producció
- Calcular el consum d'aigua i dels nutrients
- Altres qüestions de l'entorn (Pol·lució, ...)

Objectius finals

- Reduir l'ús excessiu d'aigua
- Evitar danys medi ambientals per sobrefertilització
- Altres aspectes d'agronomia
- Reduir costos de cultiu,...

Models de creixement

- **Necessiten dades acurades d'entrada**
- **Calculen amb iteracions a partir de l'estat actual**

Algunes informacions provenen de la teledetecció

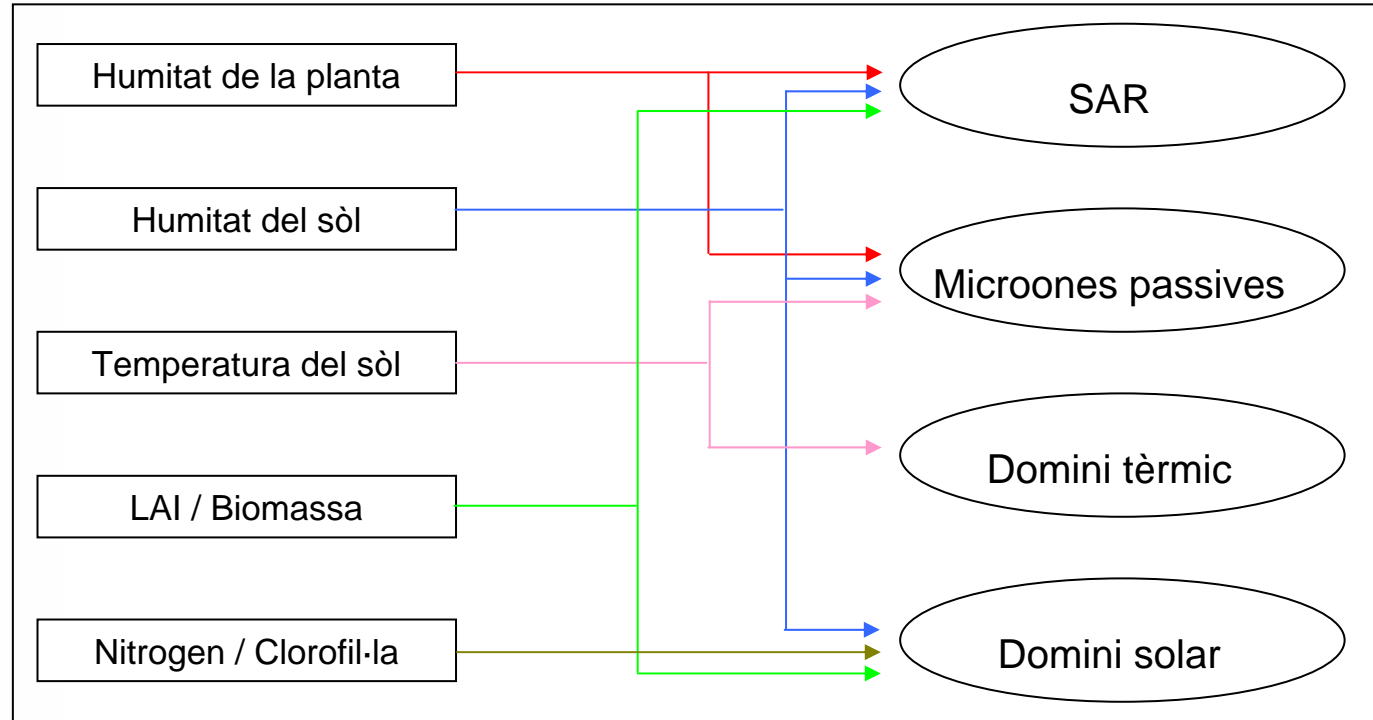
- **Per millorar la precisió dels models**
- **Per obtenir informació aèria**

Assimilació dels resultats de teledetecció

- **Selecció dels sensors, paràmetres i models apropiats**
- **Necessiten mètodes matemàtics**

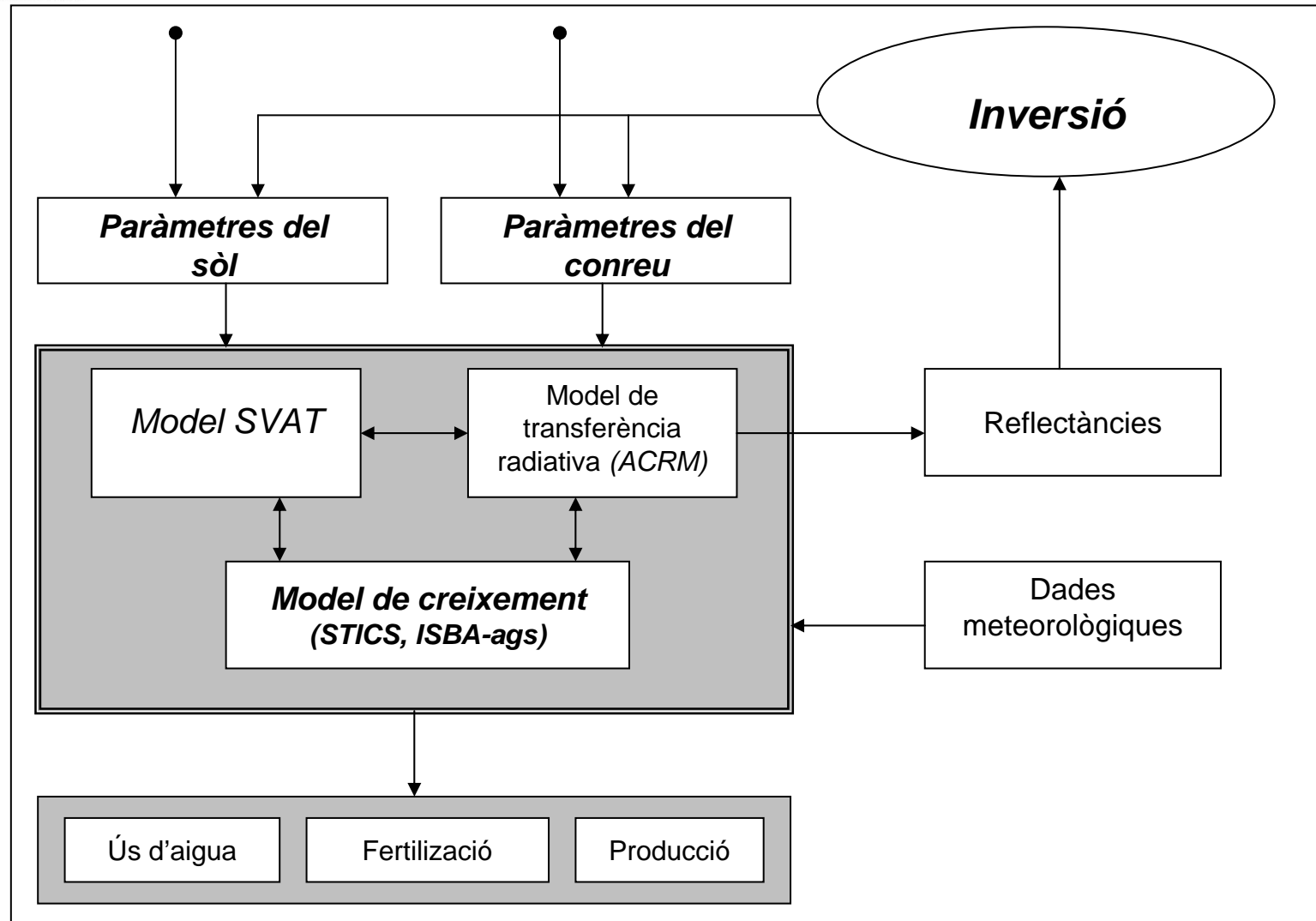
Models de creixement

Paràmetres, sensors i mètodes d'assimilació



Mètodes numèrics:

- **Fixat:** Models forçats amb dades de teledetecció
- **Seqüencial:** Models corregits amb dades de teledetecció
- **Ajust variacional:** Models minimitzats amb dades de teledetecció



Model *STICS* (Simulateur multidisciplinaire pour les Cultures Standard)

- **Genèric, pas diari, ajustat a 15 tipus de conreu**
- **Calcula el balanç de nitrogen, aigua i energia**
- **Calibració per l'híbrid dels conreu estudiat**

Entrades:

- **Paràmetres meteorològics**
Temperatura de l'aire, pressió atmosfèrica, precipitació,...
- **Paràmetres del conreu**
Tipus i híbrid, dates de sembrat, irrigació, fertilització, protecció del sòl,...
- **Propietats del sòl**
Capacitat de camp, punt de marciment,...
- **Paràmetres calibrats de l'híbrid**
Etapas de creixement,...

Càlcul diari i iteratiu:

$$\Delta LAI_{diari} = c_{planta} \cdot f(LAI, Temp_{conreu}, densidad_{planta}) \cdot \min(c_{aigua}, c_{nitrogen})$$

c_{planta} :	Constants segons el tipus de la planta
c_{aigua} :	Estrès per manca d'aigua *
$c_{nitrogen}$:	Estrès per manca de nitrogen **
$Temp_{conreu}$:	Temperatura del conreu ***

- * Cal balanç hídric
- ** Cal balanç de nitrogen
- *** Cal balanç energètic

FARMSTART es un servei comercial basat en imatge de satèl·lit ofert als agricultors per la gestió a nivell de camp

Diferent tipus de conreus

- ▶ Blat, Ordi, Colza
- ▶ Remolatxa, Blat de moro
- ▶ Canya dolça, Cotó, Arròs

▶ Subscripció anual de l'agricultor per a rebre un set d'informacions i recomanacions per

- ▶ Gestió d'inputs
- ▶ Gestió del conreu
- ▶ Detecció d'estrès

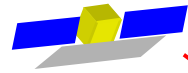
Disponible comercialment a França, i operacional a molts països com UK i Alemanya



INSTITUT CARTOGRÀFIC
DE CATALUNYA

EADS Astrium Farmstar

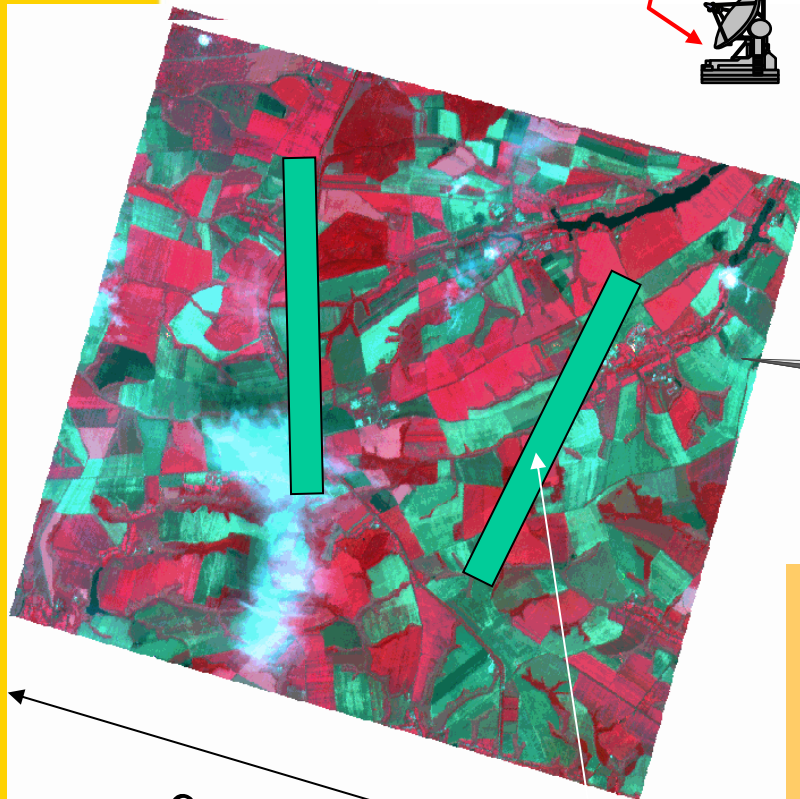
Bases per l'adquisició d'imatges



3 satèl·lits Spot

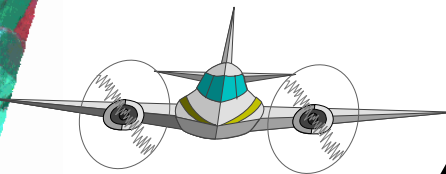


Adquisicions d'imatges satèl·lit amb una revisita de 4 dies (coberta núvols)



60 kms

Línia de vol sensor aerotransportat



Avió (Específic a França)

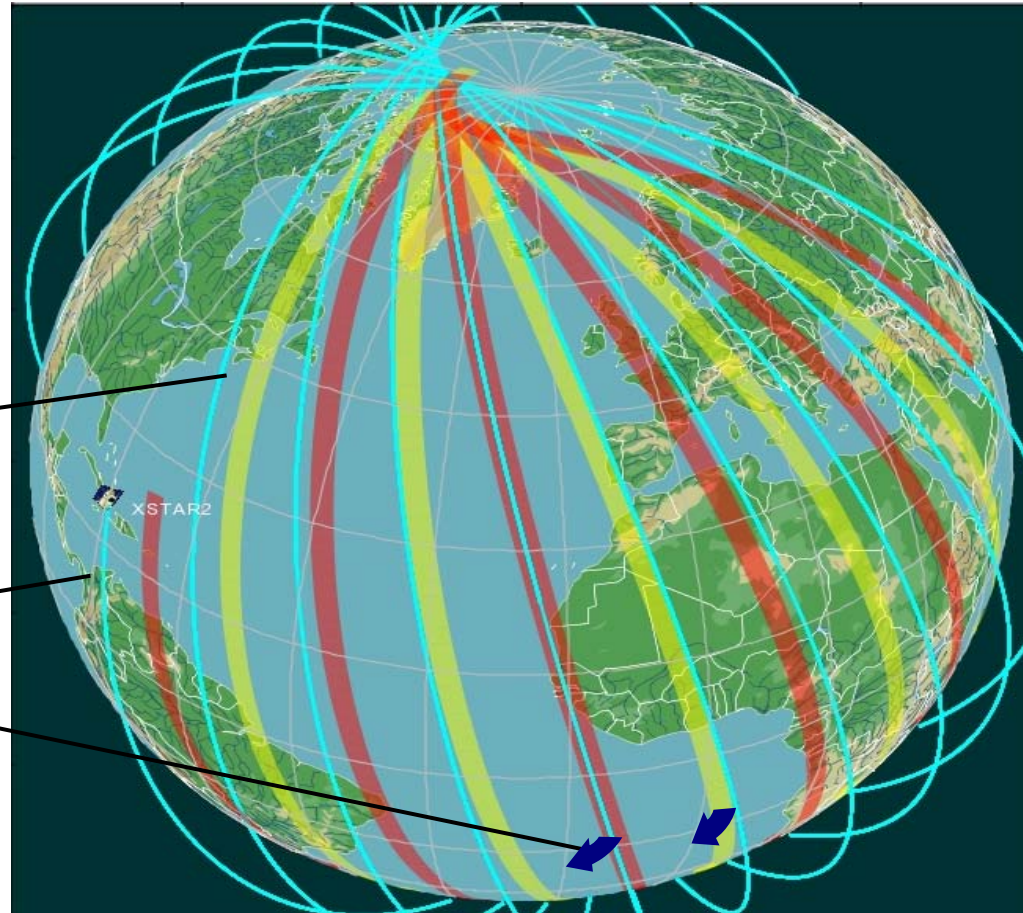
Les imatges CASI aerotransportades es requereixen per calibració de la clorofil·la
Línies de vol de 4km x 25 a 120 km
múltiples captures i multitemporalitat

3 Satèl·lits
SPOT 2
SPOT 4
SPOT 5

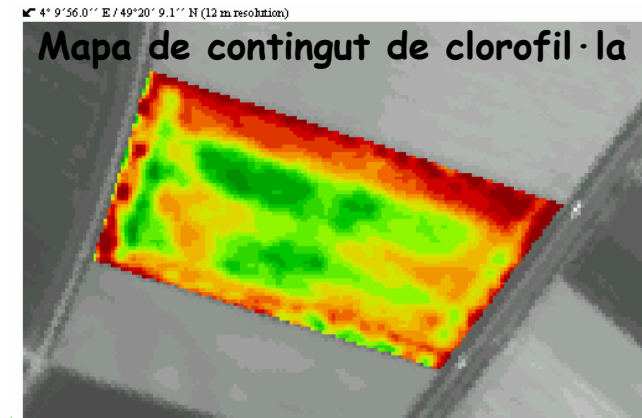
Primer Track d'Adquisició

Segon Track d'Adquisició

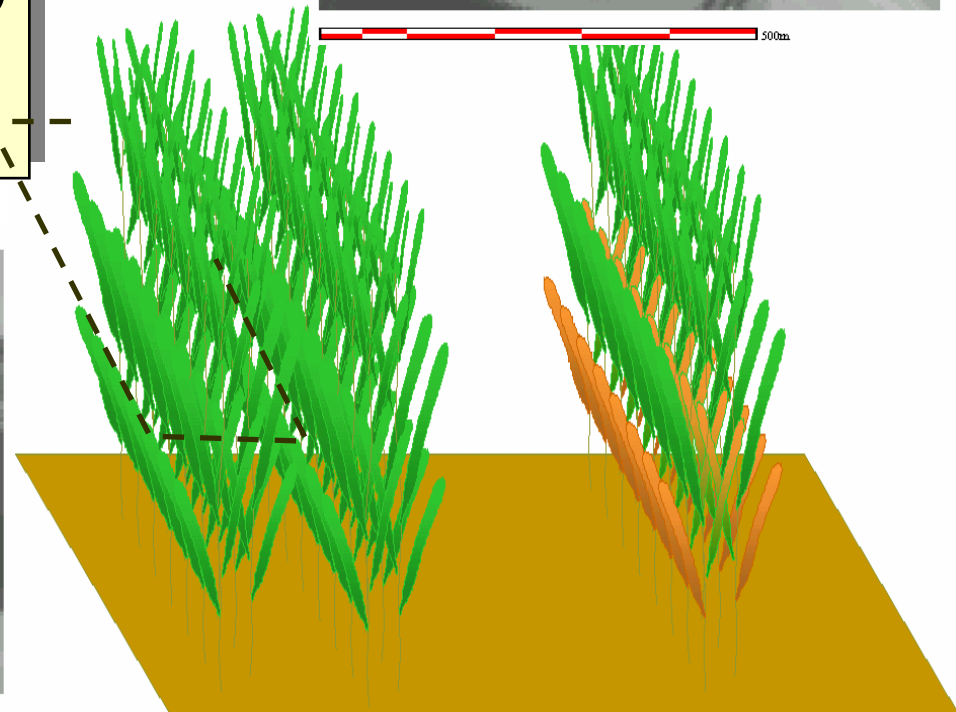
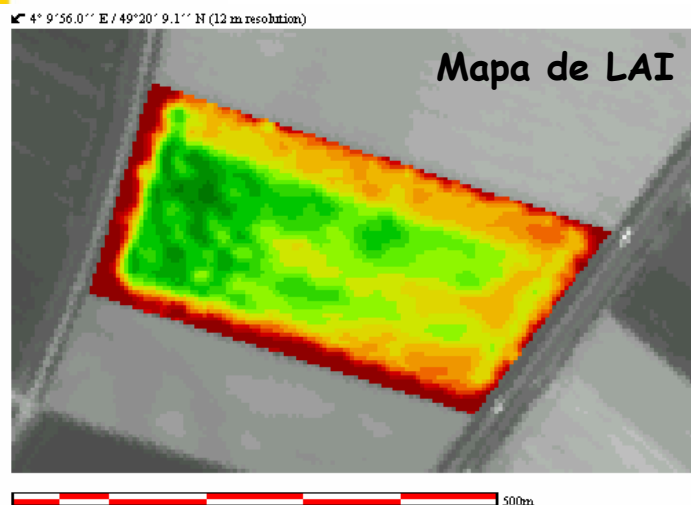
Revisita teòrica de 4 dies



Contingut de clorofil·la
Correlacionat amb el
nivell de nitrogen

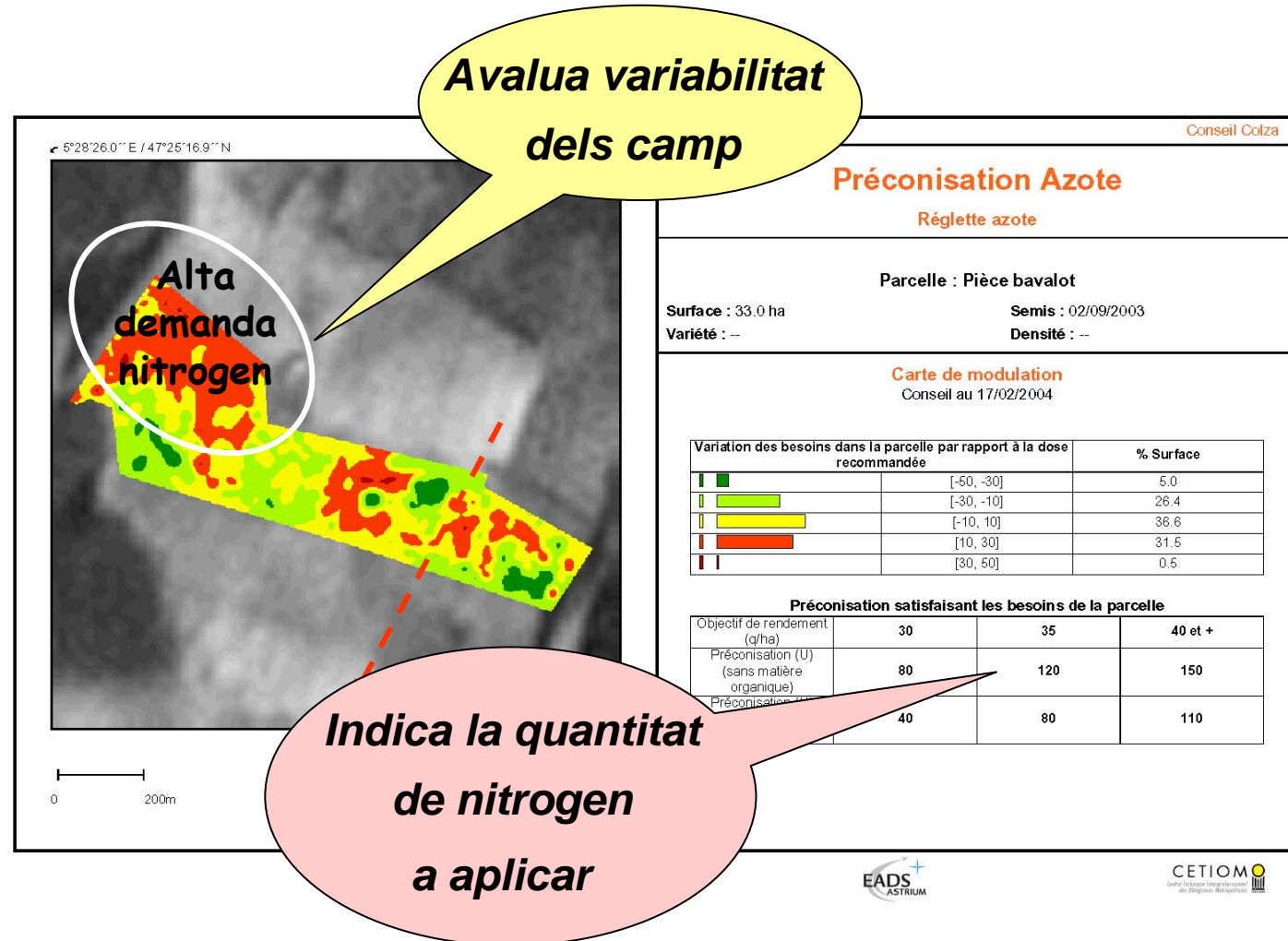


Leaf Area Index (LAI)
Indicador del vigor del conreu
Correlacionat amb la biomassa



EADS Astrium Farmstar

Mapa de recomanacions: Nitrogen recomanat per Colza

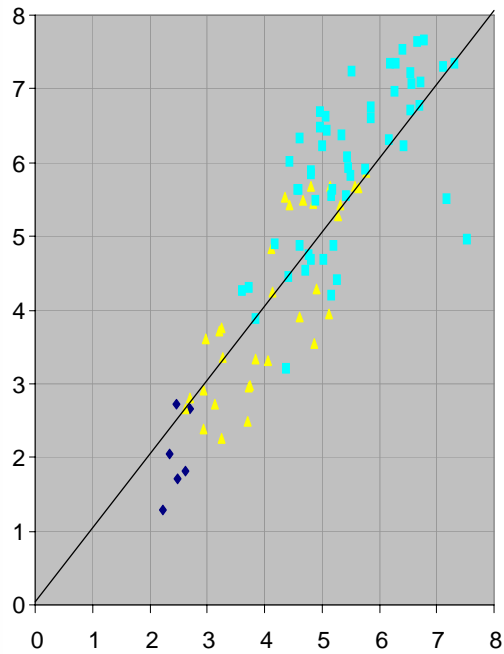


Densitat de conreu fèrtil

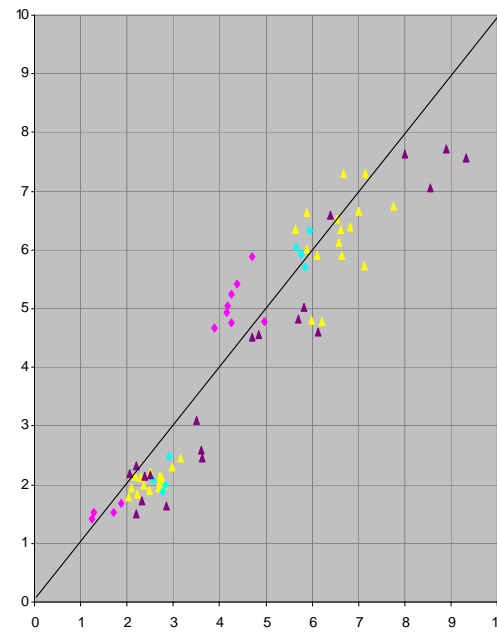
Estimació collita potencial



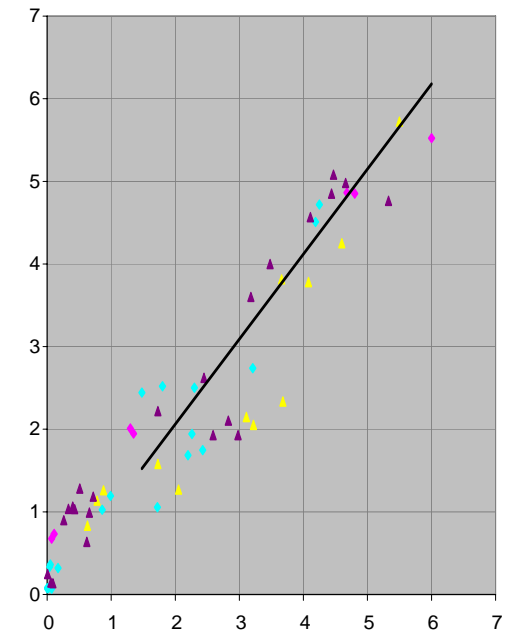
Comparació FARMSTAR LAI (eix y) i LAI mesurant a camp (eix x)



Blat França 2000



Blat UK



Blat UK 2003

Farmstar és un servei desenvolupat a França per Infoterra França i ARVALIS, el qual, a partir d'imatges de satèl·lit ofereix consells als agricultors sobre les accions a fer tenint en compte la variabilitat de la parcel·la.

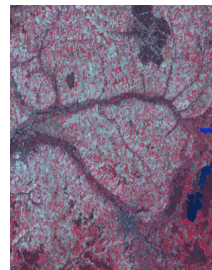
Aquests consells van des de la quantitat de fertilitzant que necessita efectivament el conreu (bàsicament herbacis), l'ús racional de l'aigua, previsions de collita o problemes de malalties.

El Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural va promoure la realització d'una prova pilot a Catalunya, centrant-se en el blat de moro i la gestió de l'aigua.

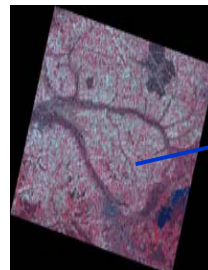
Imatges SPOT utilitzades:

11/06/2006 – 17/07/2006 – 28/08/2006

Adquisició

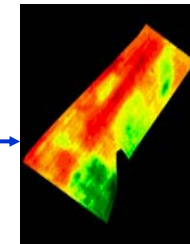


Imatge
bruta



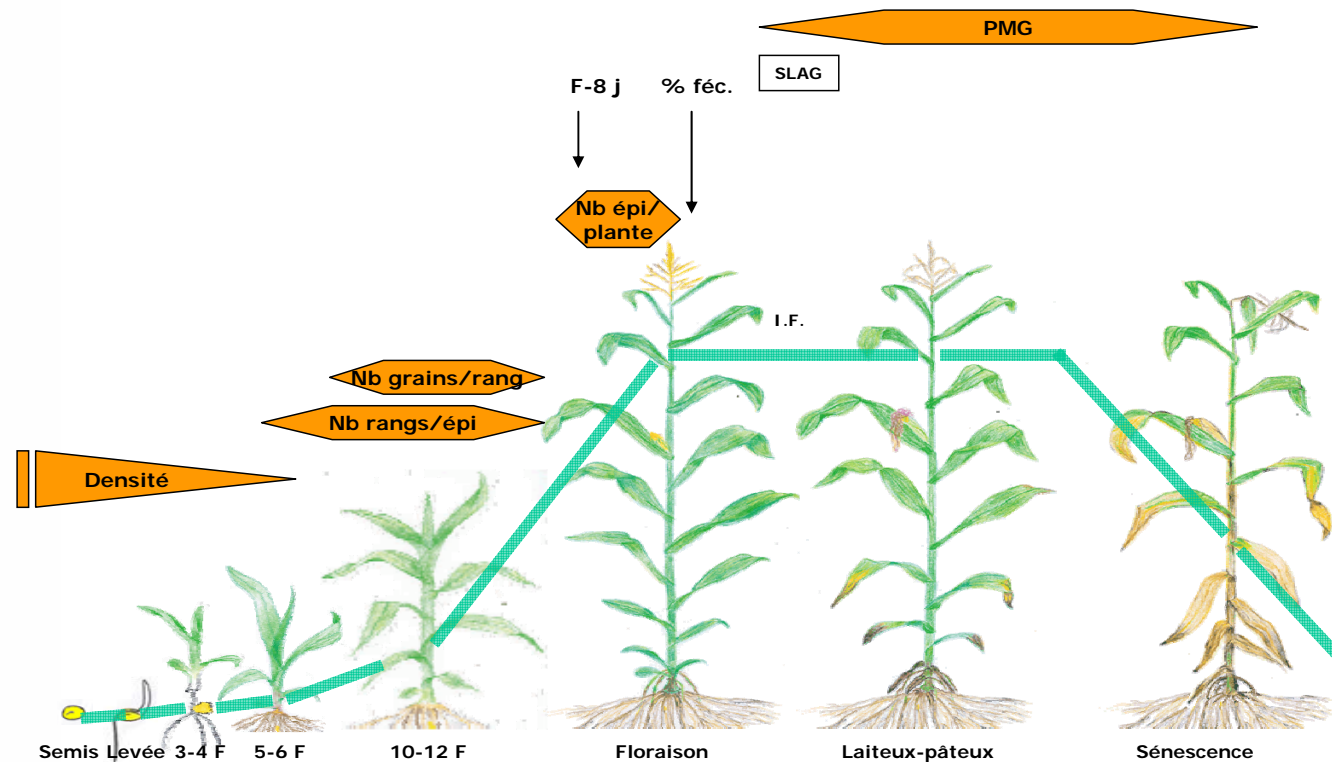
Imatge de
reflectància

Model



Imatge de
fracció de
coberta

Détermination des composantes



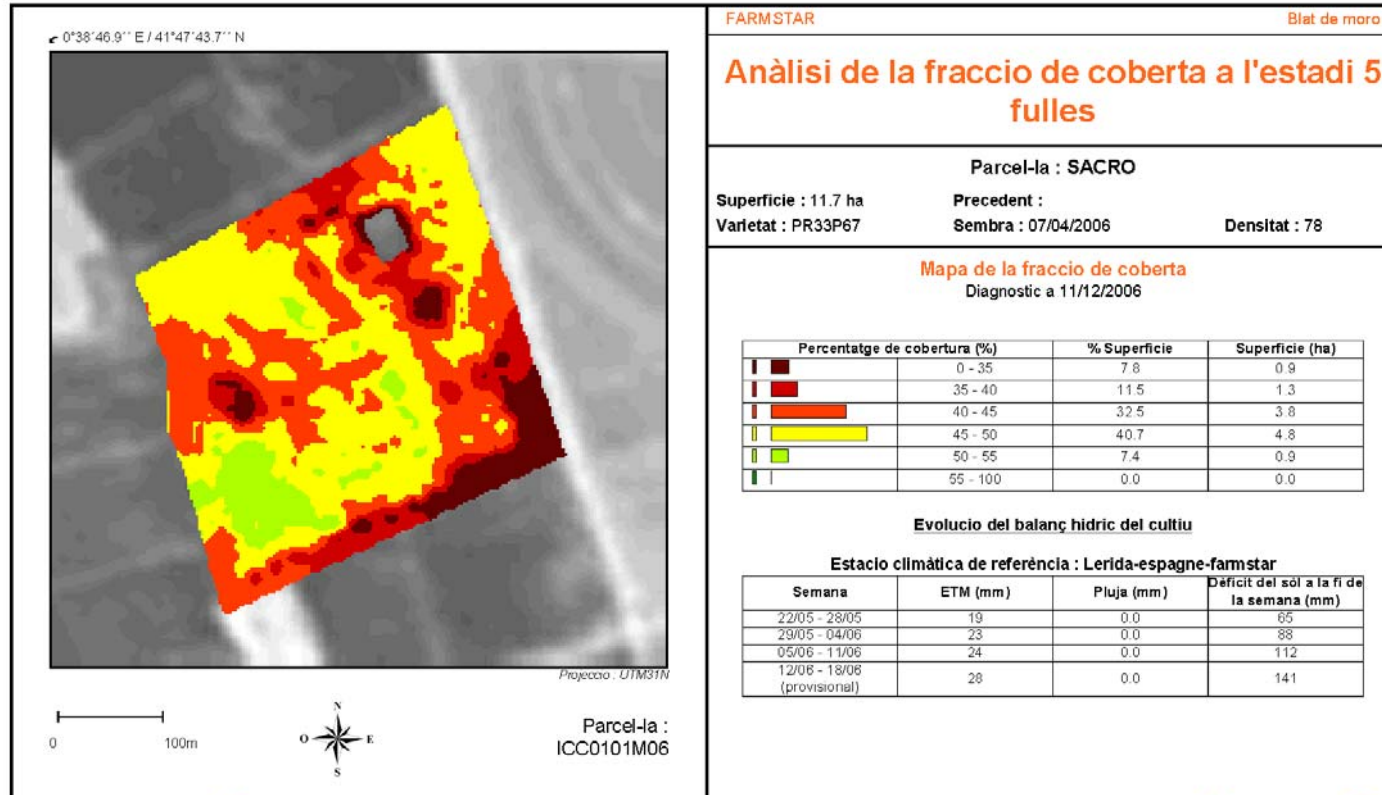
$$\text{Rendiment} = \text{nbre plantes} * \text{nbre espigues/planta} * \text{nbre file/espiga} * \text{nbre grans/fila} * \text{PMG}$$



INSTITUT CARTOGRÀFIC
DE CATALUNYA

Prova Farmstar Catalunya

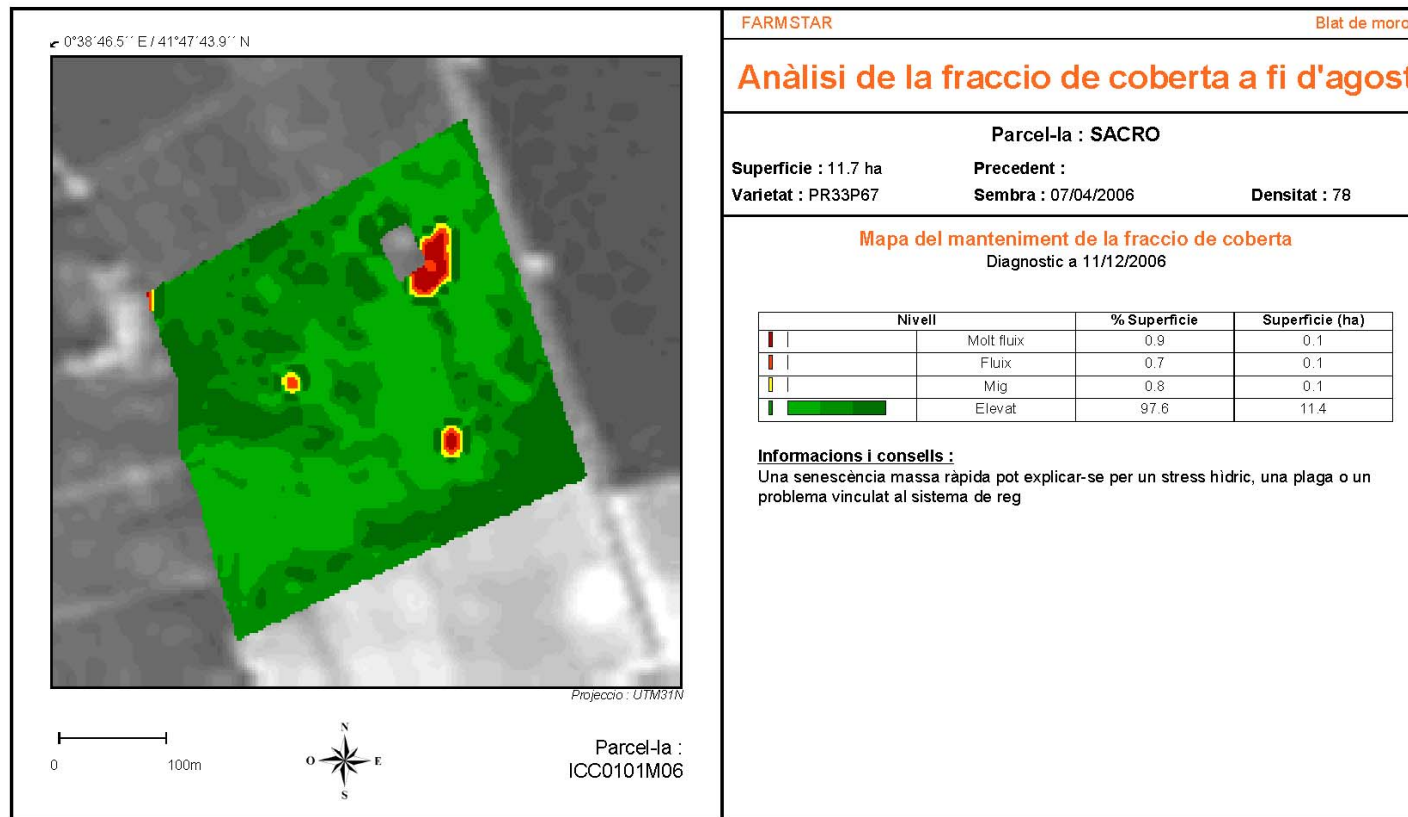
Fracció de coberta estadi 5 fulles



Fase nbre files/espiga i nbre grans/fila

El consum d'aigua està lligat a l'índex foliar

El mapa de fracció coberta indica quines són les zones de la parcel·la poc desenvolupades, que necessiten un augment de l'aportació d'aigua



És fàcil identificar deficiències o irregularitats en el sistema de rec

Detecció de problemes deguts a manca de fertilització, mancances del sòl o malalties

Permet extreure molta informació per a la gestió del conreu

Objectiu: Una configuració dels models estable

- Amb tants paràmetres estàndard com sigui possible
- Sense mesures de camp
- Per totes les imatges
- Amb els millors resultats

Calibració amb dades reals i sintètiques

- Un cop per cada tipus de conreu
- Ajustar la ponderació de la informació a priori
- Fixar tots els valors a priori
- Ajustar els paràmetres dels algorismes

Validació amb dades reals i models de creixement

- Avaluar la qualitat de la inversió
- Comparar els resultats de la inversió, de les simulacions i de les mesures de camp

La ponderació de la informació a priori

- **Pesos baixos pels paràmetres ben determinats**
LAI, clorofil-la, coeficients del sòl, [contingut d'aigua]
- **Pesos alts per paràmetres mal determinats o no estimables**
Geometria de las fulles, estructura de las fulles, ...

Els valors a priori

- **Segons els valors promig**
- **Distingir dos estats del creixement del blat de moro:**
Blat de moro jove o sòl nu
Blat de moro madur

- **5 dies de campanya**
3.6., 14.6., 14.7., 22.7. y 30.7.
- **6 parcel·les de blat de moro prop de Lleida**
1 de “Eleonora”, 5 de “Oropesa”
- **Una part de les parcel·les no es va aplicar fertilització**
- **Imatges CASI amb la configuració “ASTRIUM”**
- **Mesures de camp (LAFSOL)**
 - Paràmetres del conreu
 - Àrea de les fulles, biomassa, contingut de nitrogen i aigua, mesures de *SPAD*
 - Paràmetres del sòl
 - Textura, contingut de nitrat i aigua, paràmetres químics
 - Paràmetres de conreu
 - Irrigació, fertilització,...

Model de transferència radiativa a l'atmosfera

Mesura CASI = Radiància directa + difusa + atmosfèrica

Càlcul dels paràmetres del model amb 6S

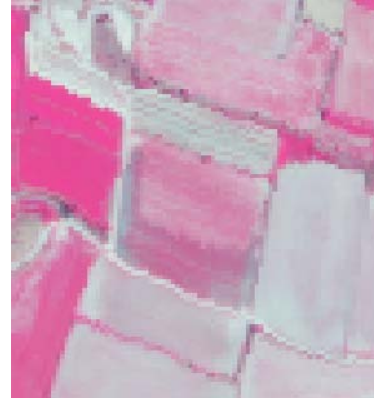
(Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum)

- Valors atmosfèrics estàndard
- Dades geomètriques d'il·luminació i observació
- Característiques radiomètriques CASI

Resultat:

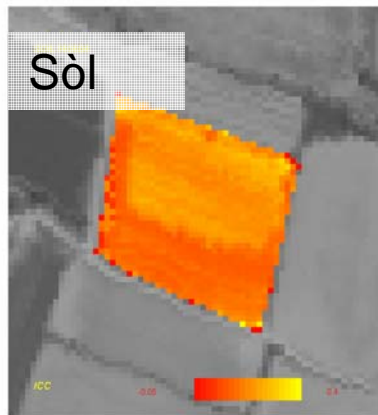
- Reflectàncies corregides al nivell de la coberta
- Obtenció de dades addicionals per models de vegetació

Imatge CASI

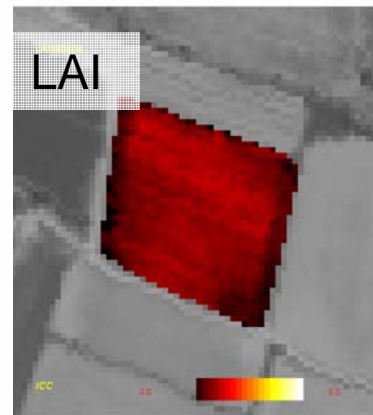


Estructures
dintre de la
parcel·la

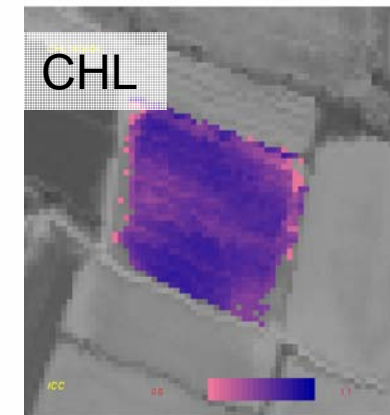
Inversió



Fons



Vegetació



3.6.2004



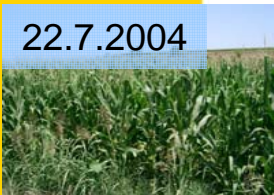
14.6.2004



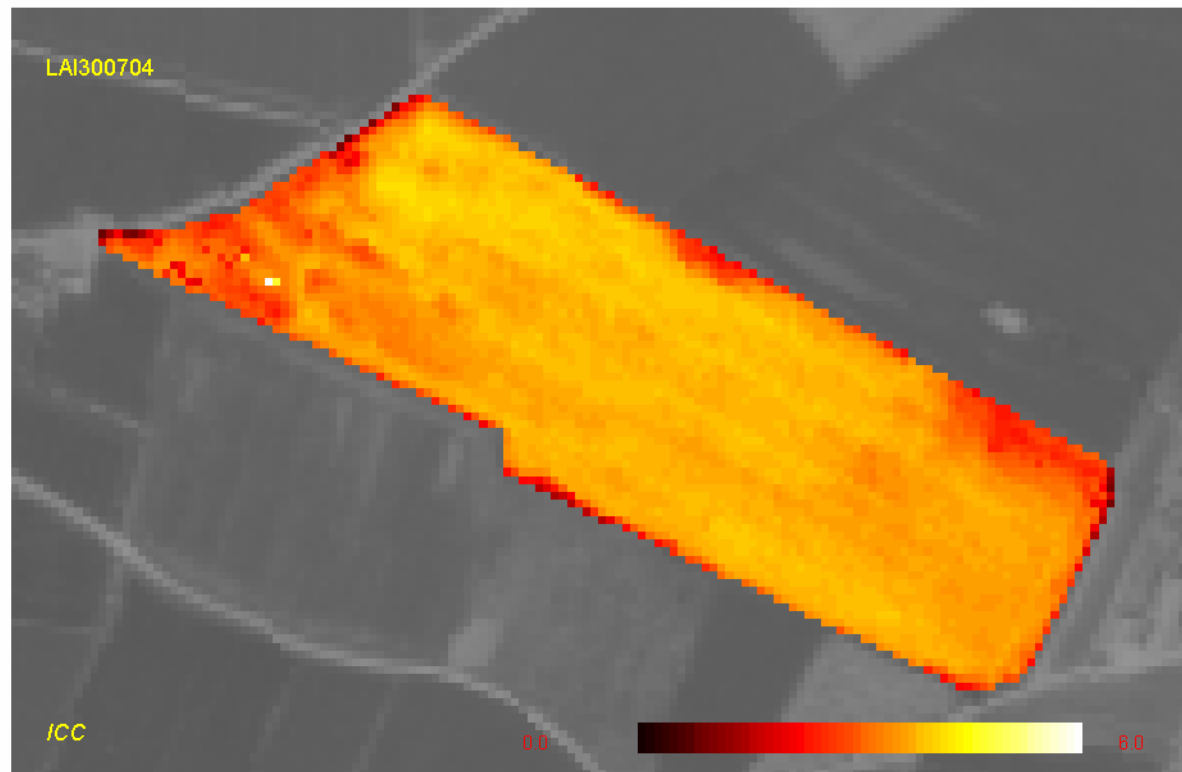
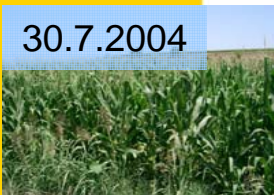
14.7.2004



22.7.2004



30.7.2004



LAI (Leaf area index): parcel·la d'estudi 9-57

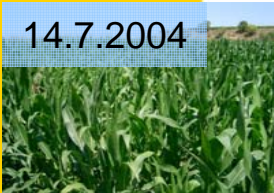
3.6.2004



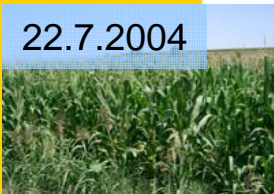
14.6.2004



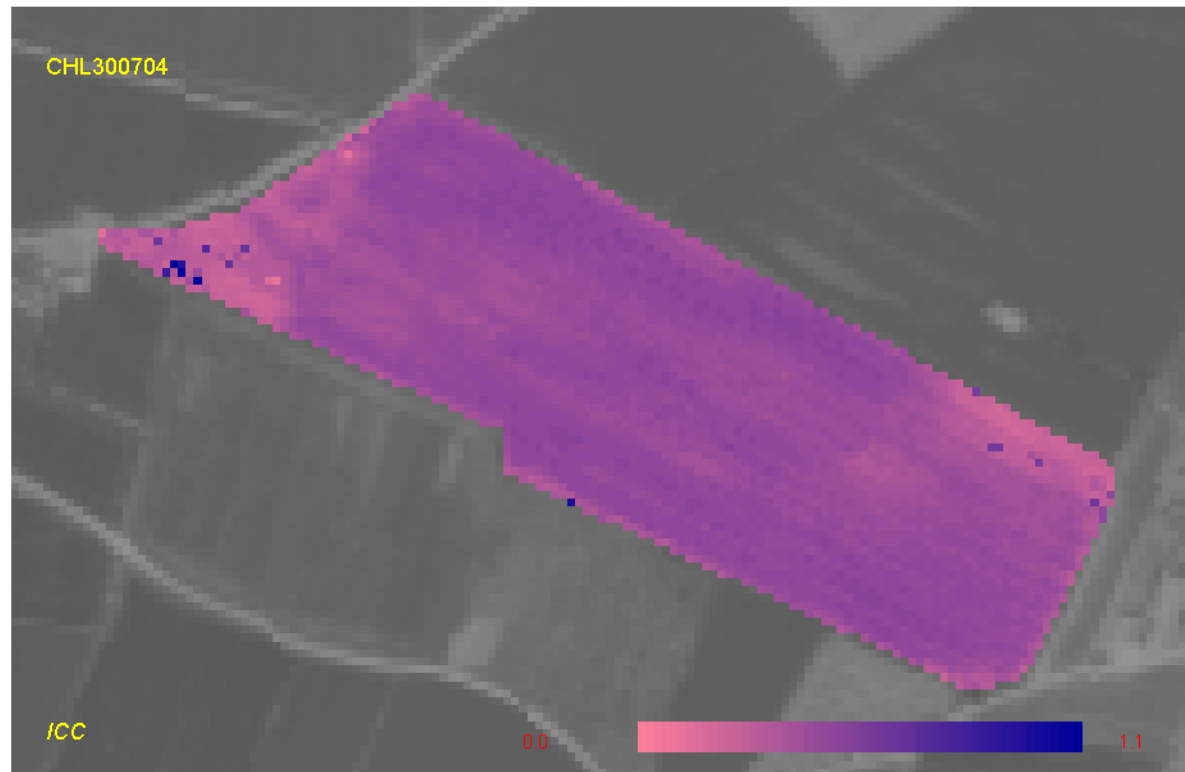
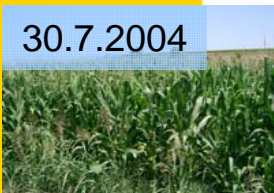
14.7.2004



22.7.2004



30.7.2004



Contingut de clorofil·la: parcel·la d'estudi 9-57

3.6.2004



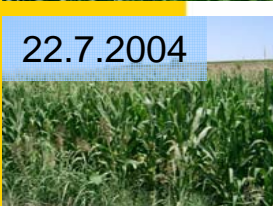
14.6.2004



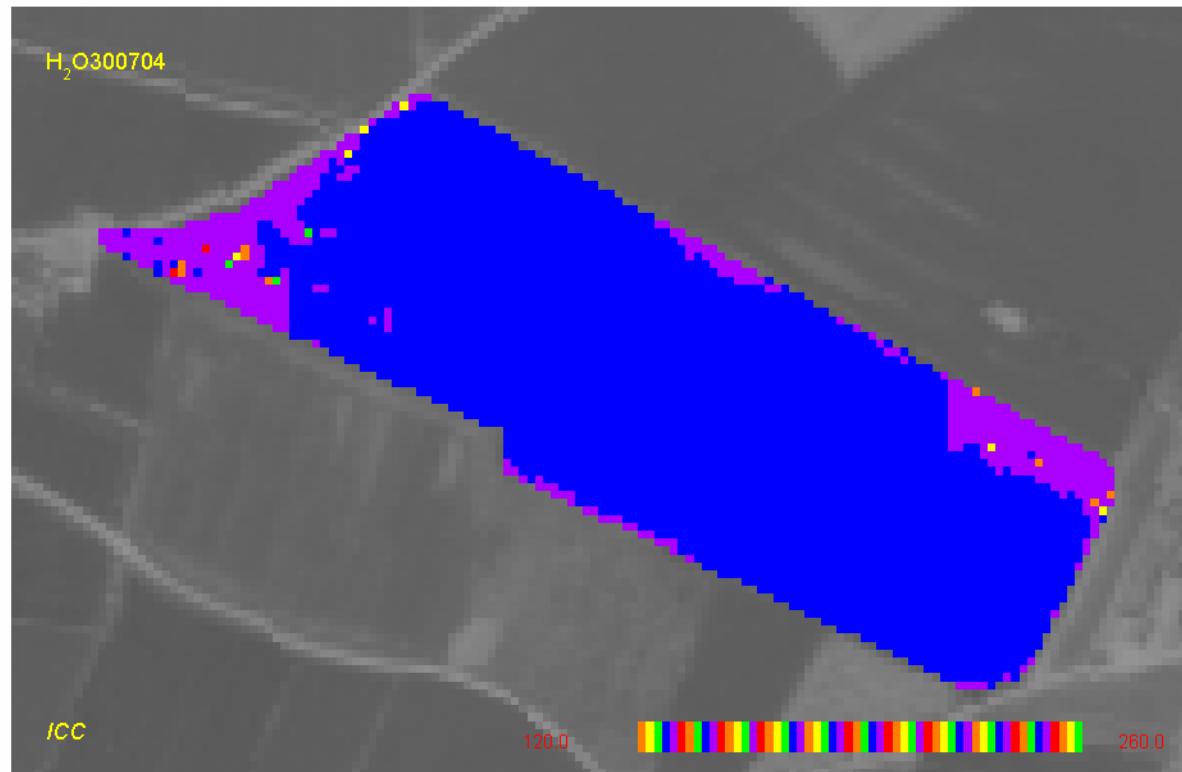
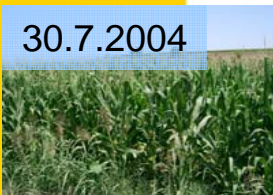
14.7.2004



22.7.2004



30.7.2004



Contingut d'aigua: parcel·la d'estudi 9-57

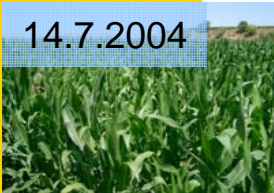
3.6.2004



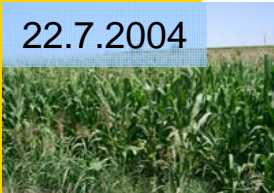
14.6.2004



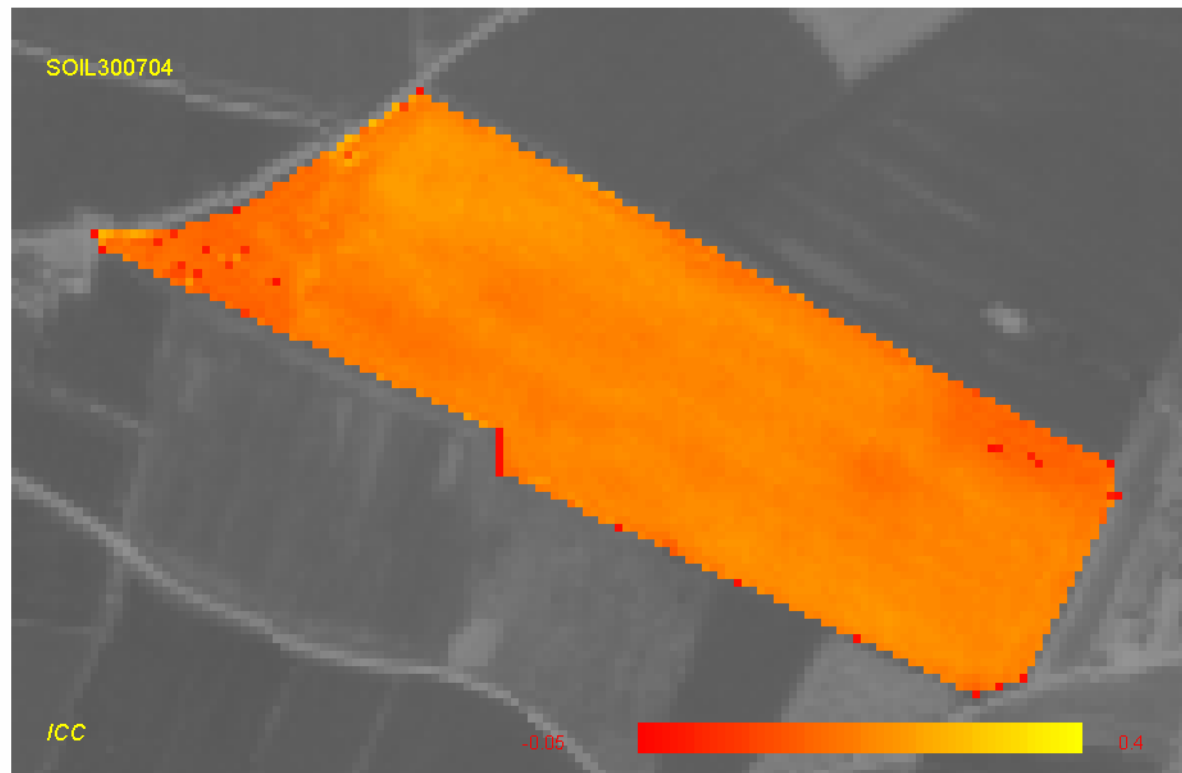
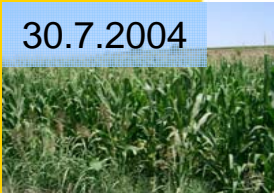
14.7.2004



22.7.2004



30.7.2004



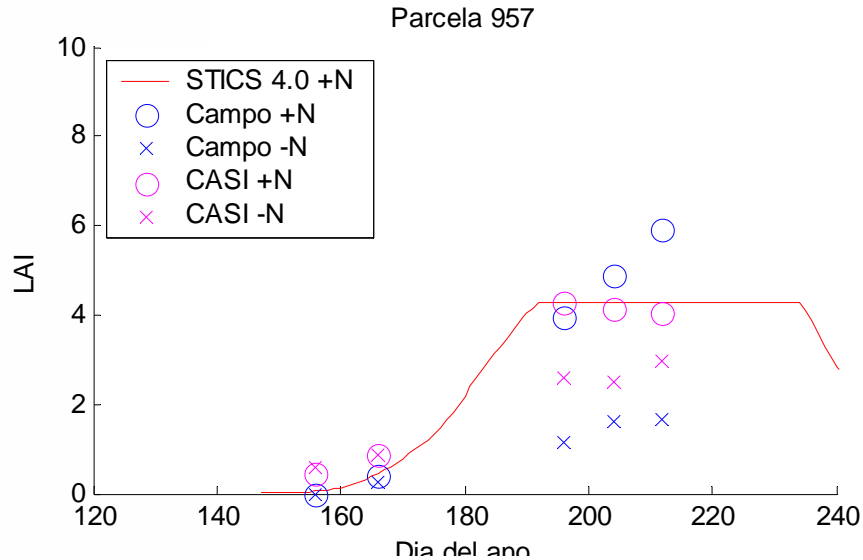
Coeficient del sòl: parcel·la d'estudi 9-57

Validació amb:

- Les mesures de la campanya 2004
- Les simulacions dels models de creixement

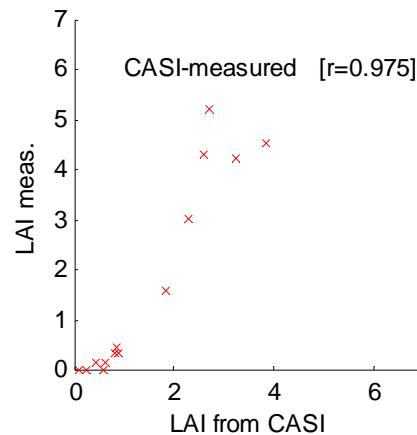
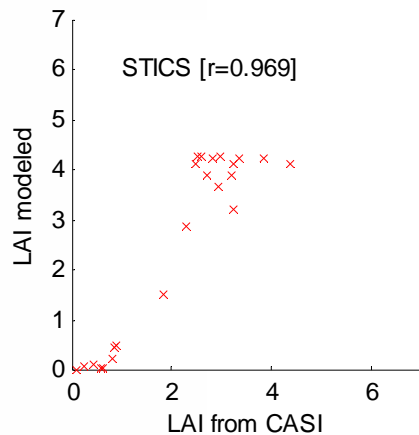
Comparació valor de camp, simulació (amb el model STICS) i inversió:

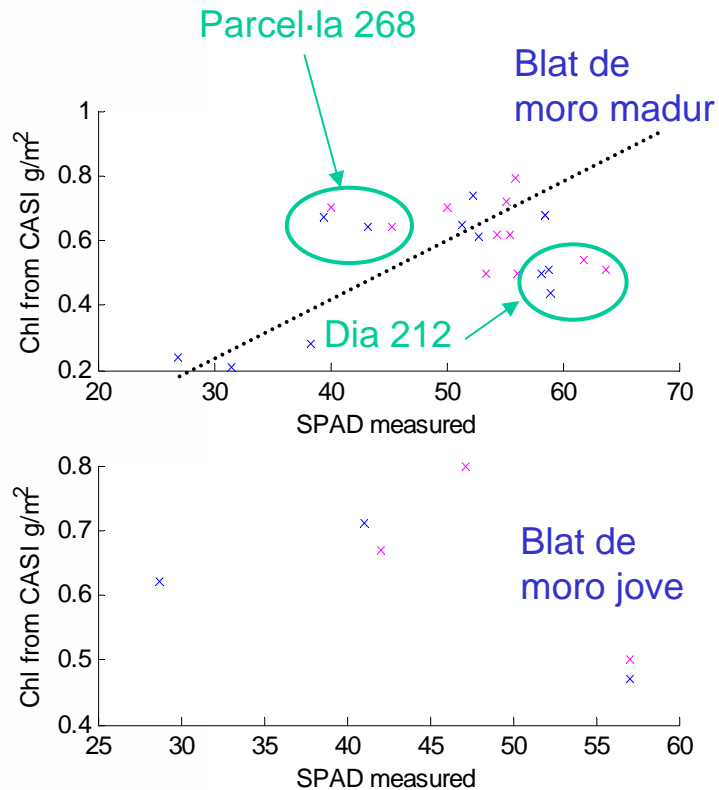
- LAI
- Clorofil-la
- ...



Resultats:

- **Bona correspondència segons les precisions**
- **Valors CASI baixos pel blat de moro jove**
- **Valors de camp baixos pel blat de moro madur**

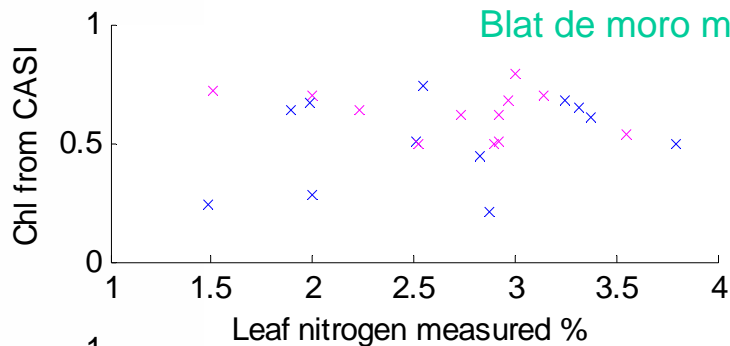




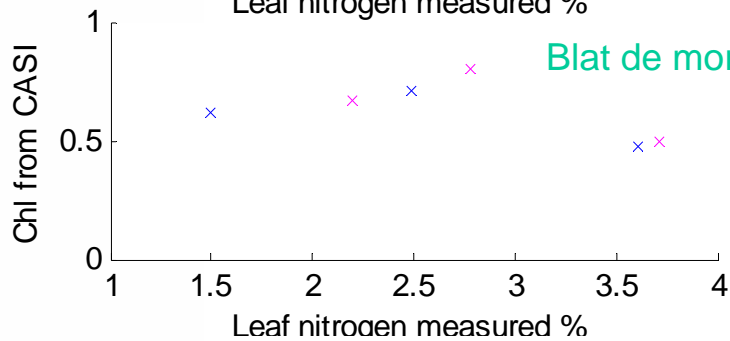
Relacionar les mesures del SPAD (Clorofilòmetre) amb els valors derivats

Resultats:

- **No correlació per a blat de moro jove**
- **Correlació feble per a blat de moro madur**



➤ **Objectiu:**
Derivació de nitrògens
a partir de clorofil·la
derivada de CASI



➤ **No relacions visibles**

La derivació dels paràmetres del cultiu

- **Avantatge dels mètodes físics**
- **Necessitat de calibració**
- **Validació amb les dades de la campanya 2004**

Resultats bons i estables per LAI i biomassa

Resultats no verificables per la clorofil·la i el nitrogen

Gràcies per la seva atenció!