

# Formation « METHODES DE PREVISIONS DES RENDEMENTS DES CULTURES »

« Introduction à la prévision des rendements  
agricoles »

Animation : Antoine DENIS

📅 Du 20/09 au 24/09/2021

📍 Grand-Popo, Bénin



Ce programme est financé par  
l'Union européenne



# La prévision des rendements Pourquoi?



## Pourquoi faire une prévision des rendements?

- En vue d'analyser la situation de la **sécurité alimentaire** d'une région, d'un pays.
- En vue de supporter les **politiques agricoles** concernées
- Contribue à la **stabilité des marchés** en réduisant l'incertitude

Rendement (tonnes/ha) x Superficie (ha) = Production (tonnes)



# La prévision des rendements Dans quels cas?



## Dans quels cas faire une prévision des rendements?

- Lorsqu'il y a un besoin clair d'estimer les rendements de cultures annuelles **AVANT** que les statistiques officielles ne soient disponibles.
- Lorsqu'il y a une **VARIATION** significative des rendements d'une année à l'autre.

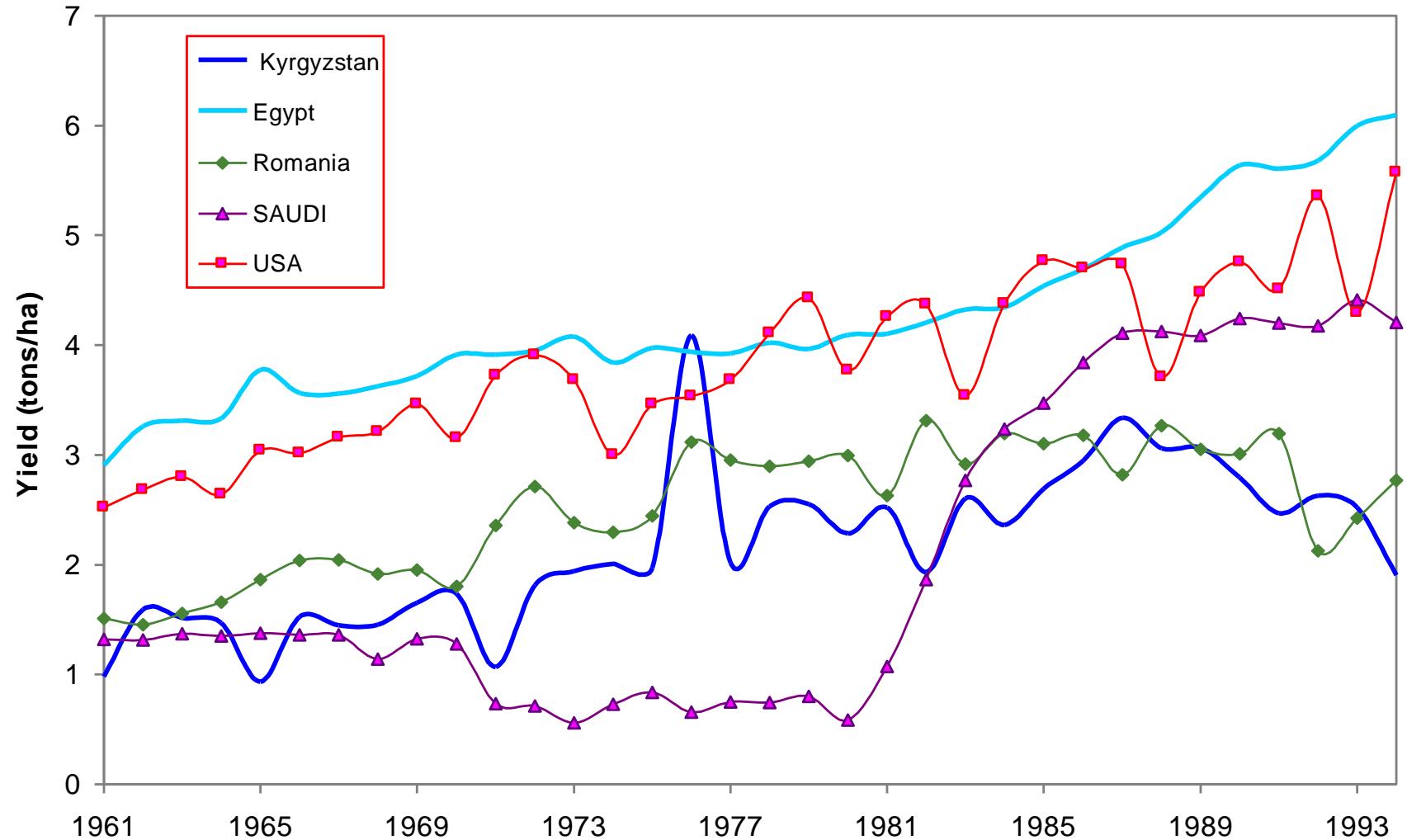


# Facteurs de variabilité du rendement



Le rendement d'une culture est variable !

Le cas des céréales.

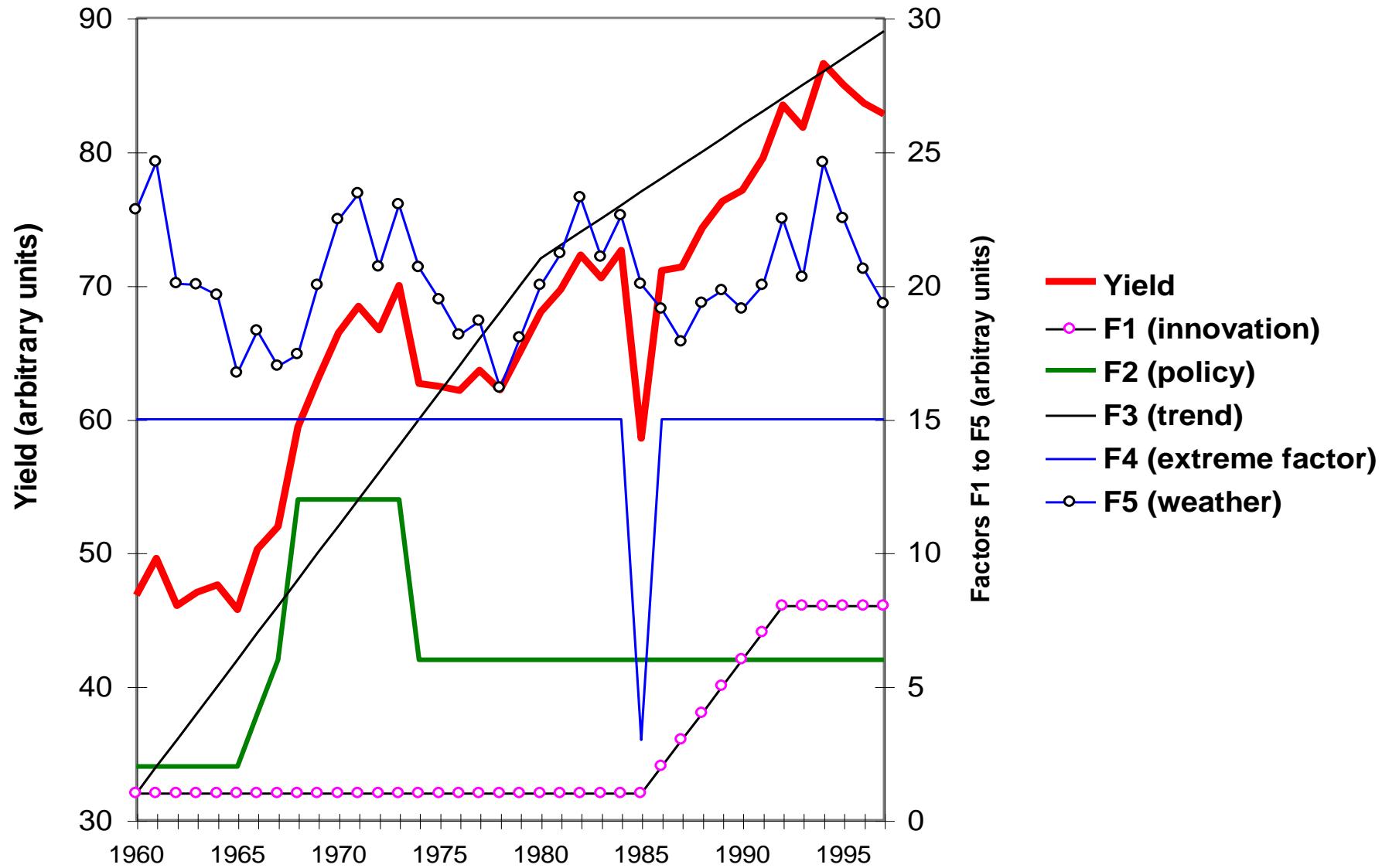


Le rendement d'une culture est conditionné par bien des facteurs !

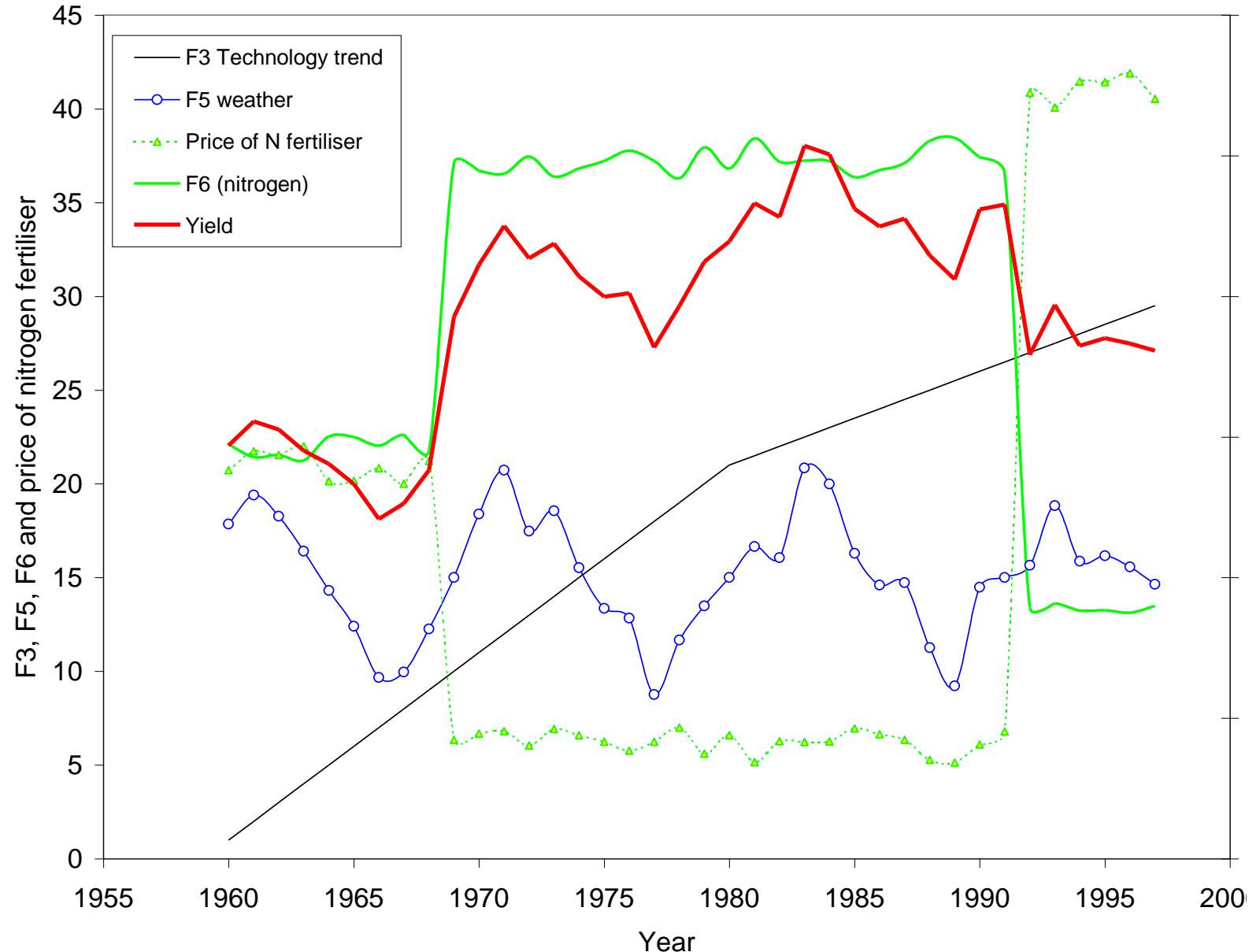
“...**ET SI** LES SEMIS ONT REUSSI, **ET SI** CE N'EST PAS ENDOMMAGE PAR LE GEL OU LA GRELE, **ET S'IL** PLEUT SUFFISAMMENT MAIS PAS TROP, **ET S'IL** Y A ASSEZ DE SOLEIL MAIS PAS TROP, **ET SI** CE N'EST PAS RAVAGE PAR LES INSECTES OU LES MALADIES, **ET S'IL** N'Y A PAS D'INSECURITE DANS LA REGION, **ET SI** NOUS AVONS PU FERTILISER CORRECTEMENT ET APPLIQUER LES BONS TRAITEMENTS, **ET SI**...



Le rendement d'une culture est conditionné par bien des facteurs !



Le rendement d'une culture est conditionné par bien des facteurs !



# Quelques méthodes de prévision des rendements



# L'art divinatoire... demander aux coquillages



# La méthode expert de terrain



Source:

<https://www.agriculture-afrigue.com/estimer-la-production-du-mais-avant-la-recolte/>

<https://www.cta.int/fr/climat/article/une-solution-agricole-intelligente-face-au-climat-beneficie-du-soutien-du-gouvernement-zambien-sid02da3dc2b-c98d-4603-bf06-2835254fea4d>

# L'utilisation d'une simple tendance par régression linéaire ou quadratique

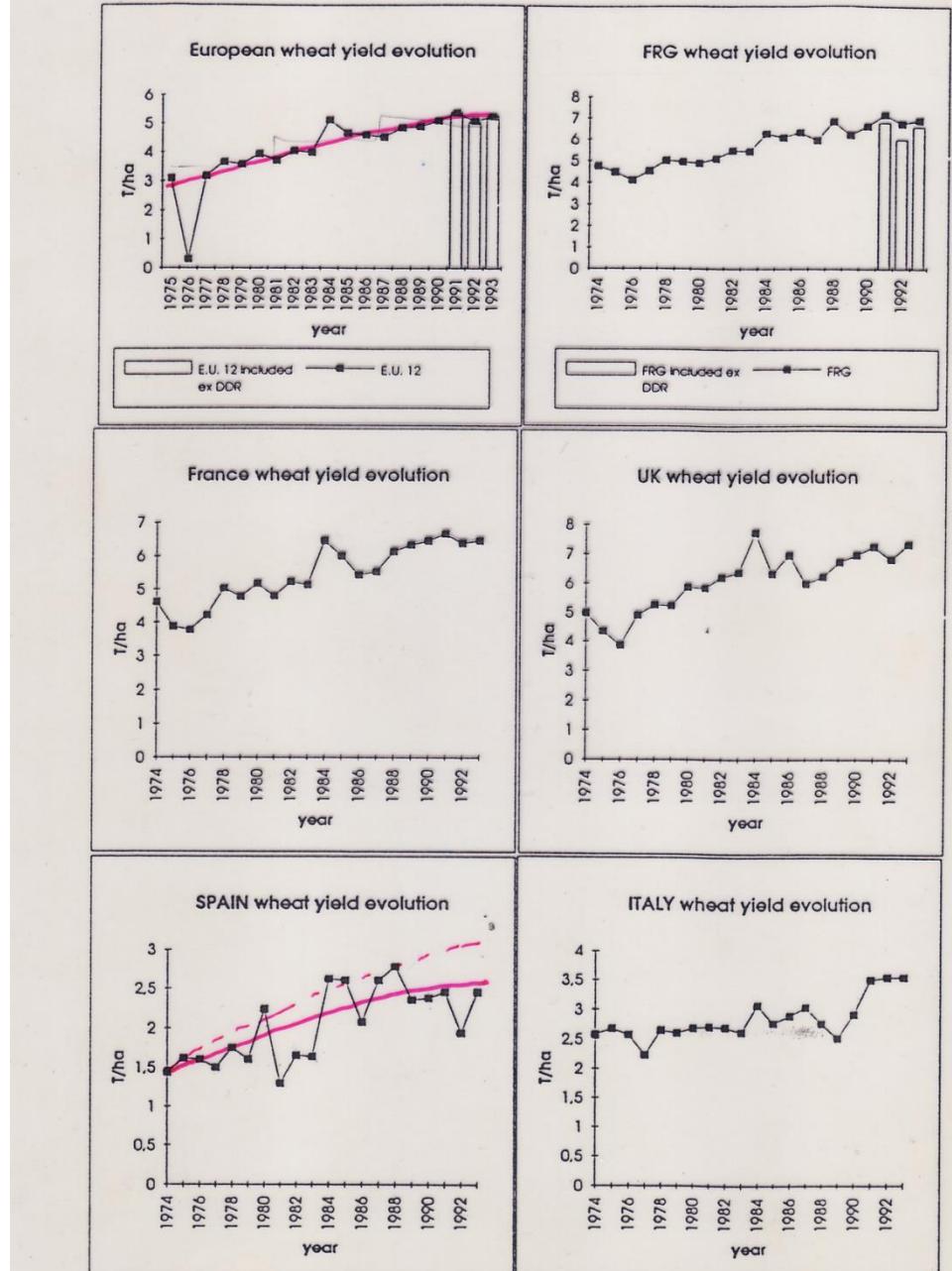
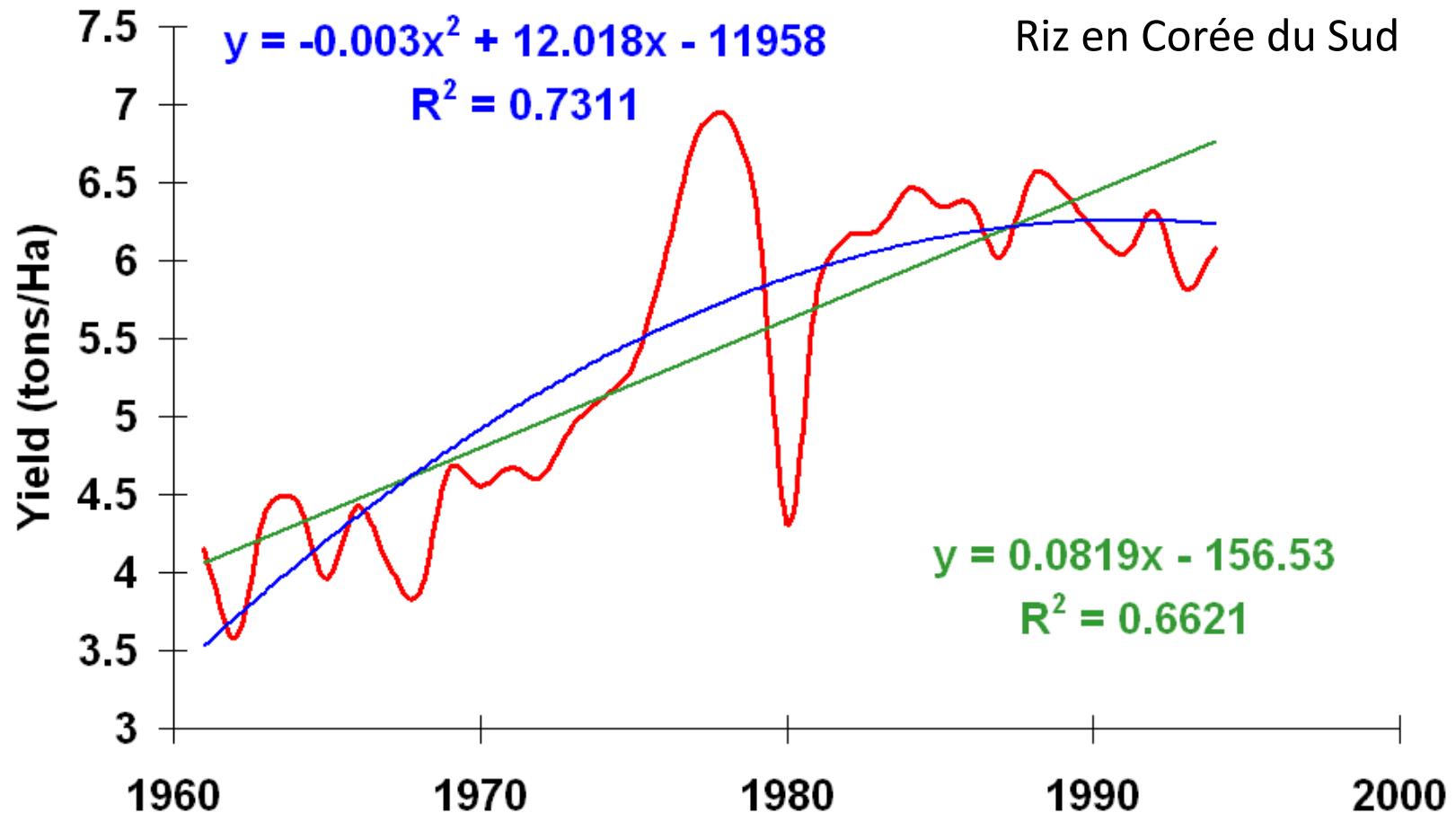
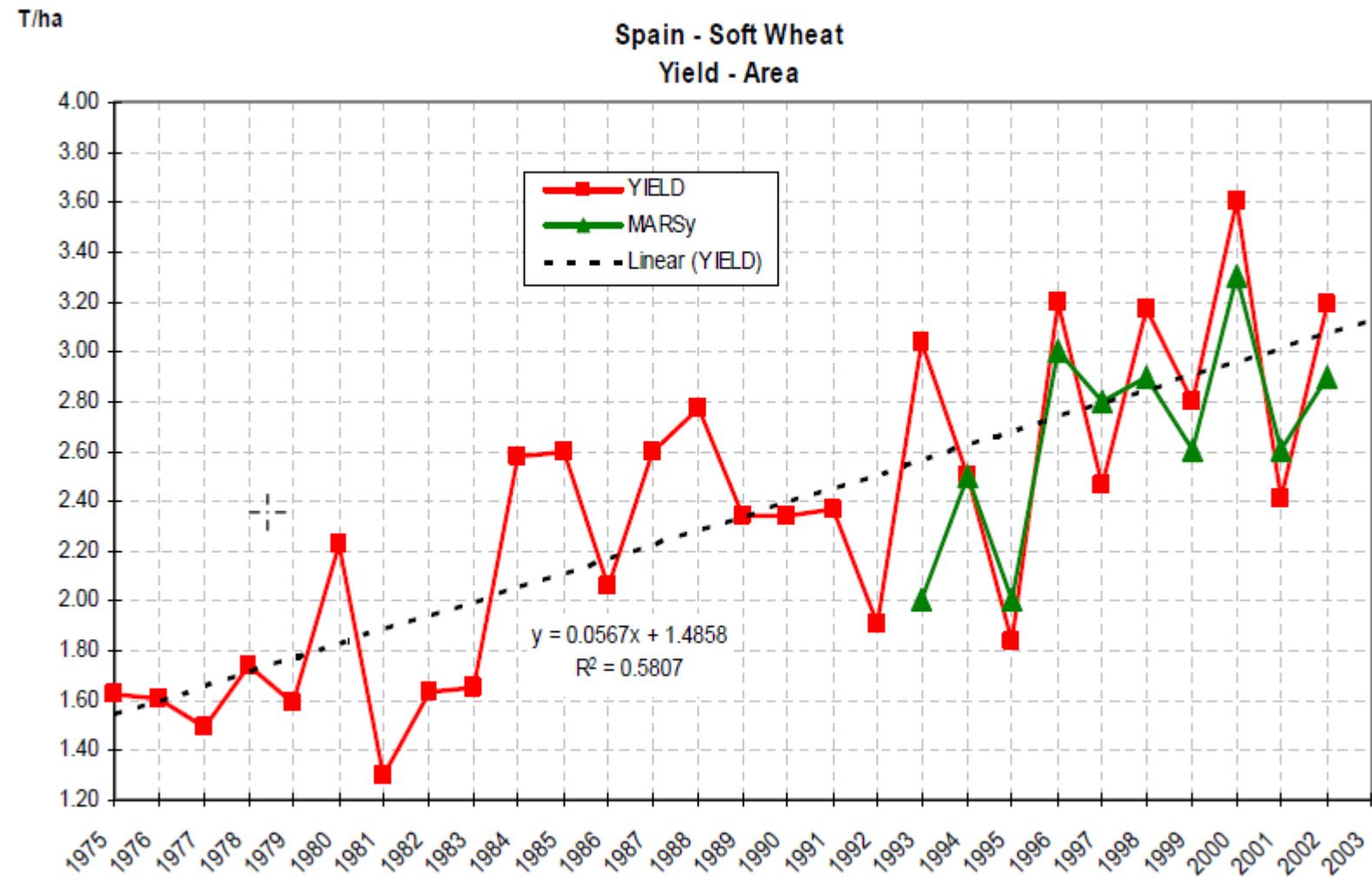


Figure 2: The mean wheat yields during the period 1974-1993, for the E.U. as a whole and for some selected countries. (Source: Statistical Office of the European Communities, OSCE)

L'utilisation d'une simple tendance par régression linéaire ou quadratique... n'est pas toujours suffisante!

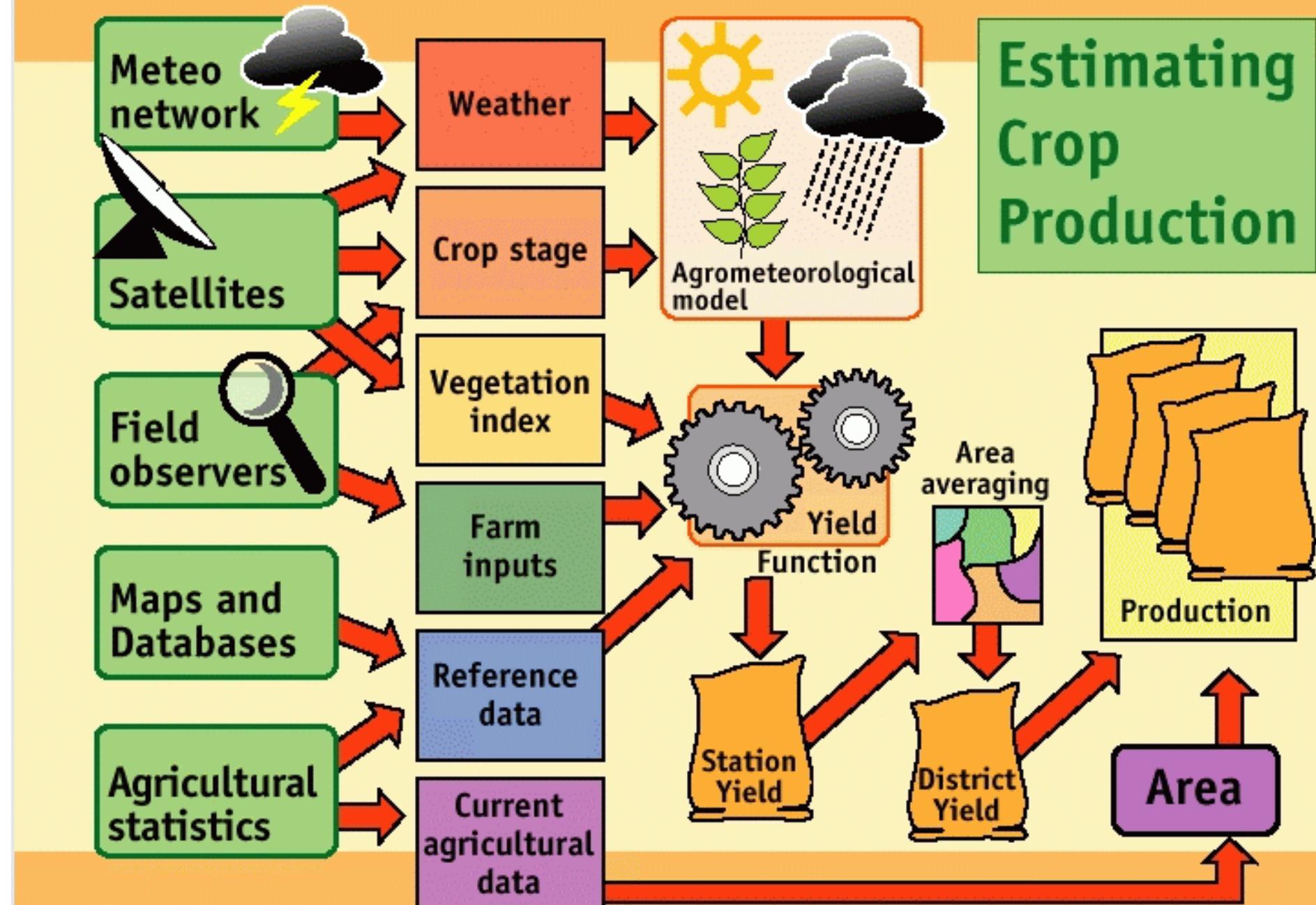


L'utilisation d'une simple tendance par régression linéaire ou quadratique... n'est pas toujours suffisante!



Regression:  
 $\text{Yield} \approx f(\text{trend; crop indicators})$

# Estimating Crop Production



Système plus complexe

# Système plus complexe

Plant physiology described by  
**WOFOST**

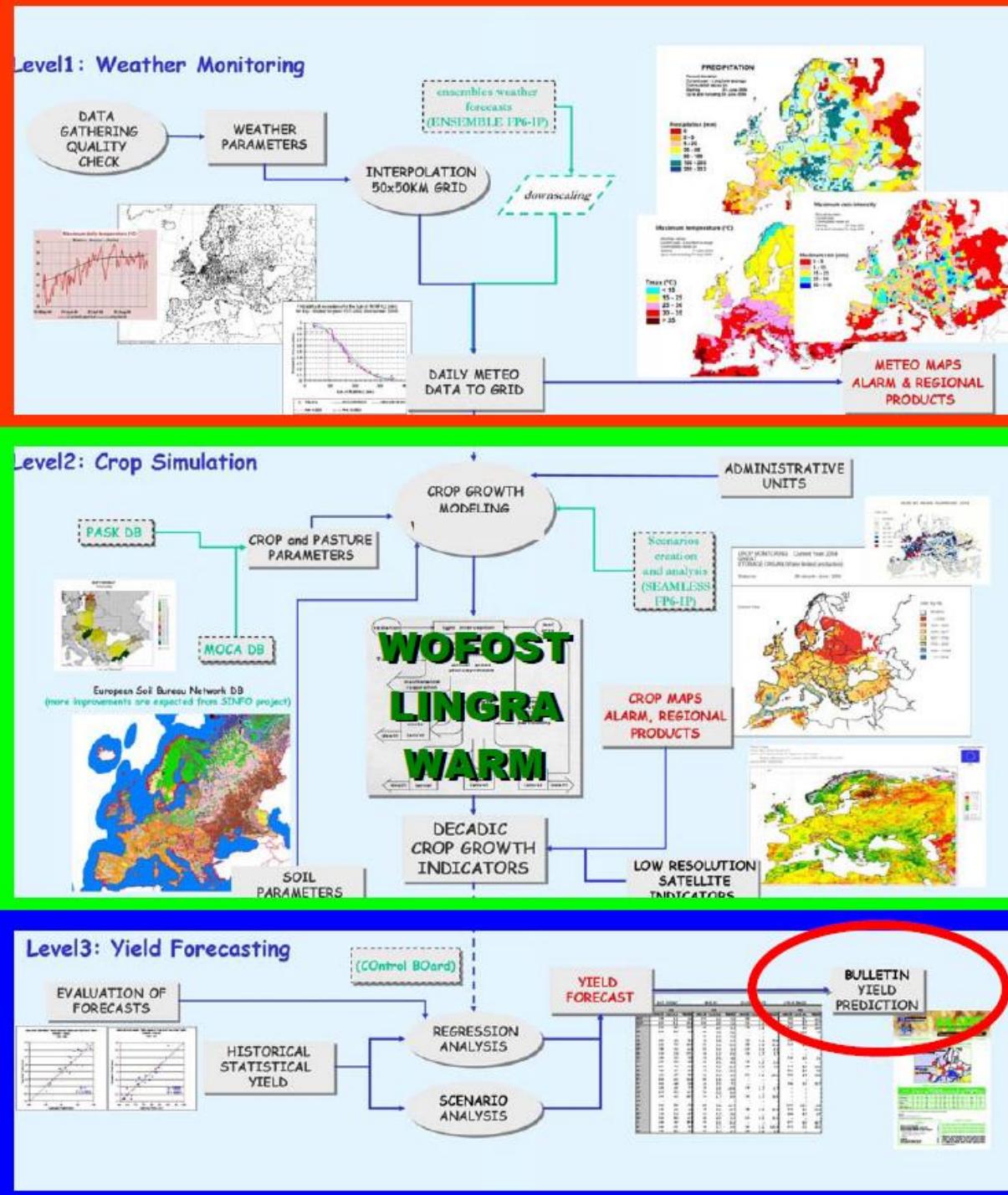
- Calculations of
- **energy** balance effect on plant
  - **water** balance effect on plant

Soil-crop effect modeled through the  
information of the European Soil  
Map

## MCYFS: Flux of information

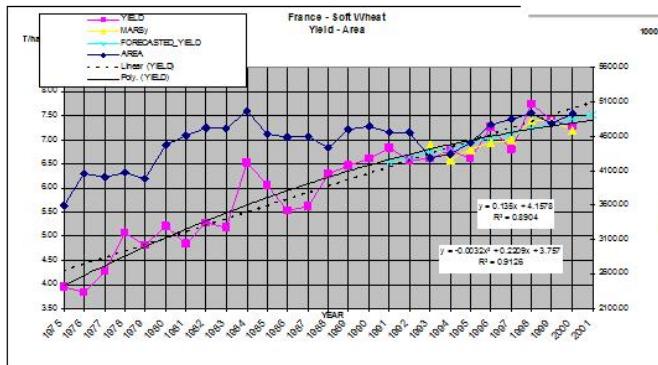
Deterministic

Statistical



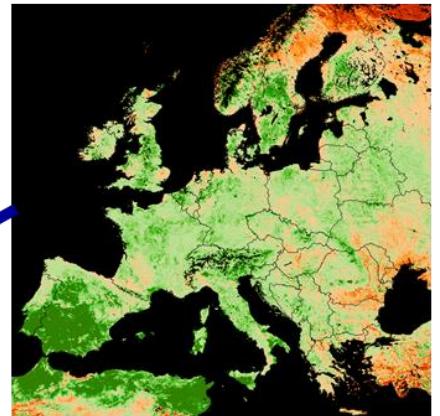
## 4. MCYFS: Methodological approach

Système plus complexe



Statistical analyses:  
time series,  
tendency analyses,  
etc.

Indicators from low resolution satellite data (since 1991)



	CEREALS				YIELD (tha)			
	SOFT WHEAT		DURUM WHEAT		BARLEY		GRAIN MAIZE	
	yield-00	yield-01	yield-00	yield-01	yield-00	yield-01	yield-00	yield-01
EU15	6.7	6.8	-0.9	2.6	2.3	-12.9	4.6	-4.8
BE	7.5	7.4	1.2	2.2	0.6	6.3	6.5	2.8
DE	7.2	7.1	2.8	2.8	0.6	7.4	8.2	8.0
ES	4.7	4.8	-0.8	2.0	2.2	-15.1	3.7	3.4
FR	4.0	4.0	0.0	2.0	3.5	25.5	3.6	4.3
IT	1.0	1.0	-02.0	1.6	1.2	24.8	1.4	3.2
NL	2.6	2.5	-2.4	-	-	2.6	3.2	4.7
SE	6.0	5.8	-2.8	-	-	4.0	3.8	-4.4
UK	8.0	8.1	1.2	6.0	6.0	0.0	5.8	5.7

Note: The national yield forecasts are based on agro-meteorological model outputs and AWPR indicators at country level in combination with time trend analysis.  
Rape and sunflower yields calculations do not include the areas planted for industrial uses.  
Yield figures are rounded to 100 kg.

	WEATHER MONITORING RAIN				COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES JOINT RESEARCH CENTRE			
	Current Year: 2003				INSTITUTE FOR THE PROTECTION AND SECURITY OF THE CITIZEN - MARS PROJECT			
Status on:	1st decade - March - 2003				Data elaboration and mapping by MARS Project - IPCS/JRC			
	Data: 12 Mar 03				Data elaboration and mapping by MARS Project - IPCS/JRC			
	Data: 12 Mar 03				Data: 12 Mar 03			

Percent deviation Current Year - Long Term Average

Units: per cent

- NO DATA
- <-30
- 30 - -20
- 20 - -10
- 10 - +10
- +10 - +20
- +20 - +30
- +30 - +40

Indicators from agrometeo parameters

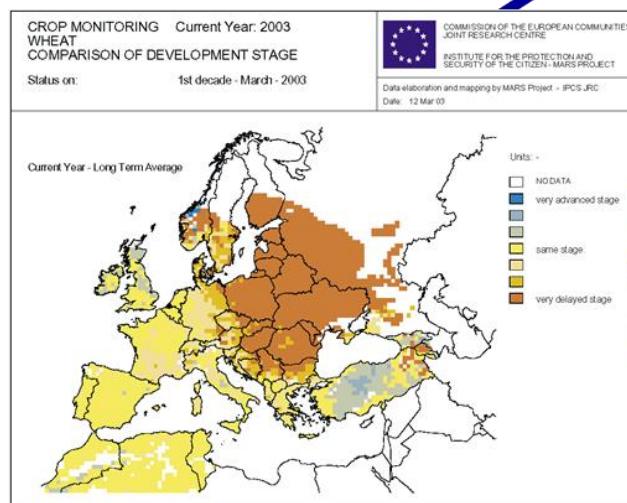
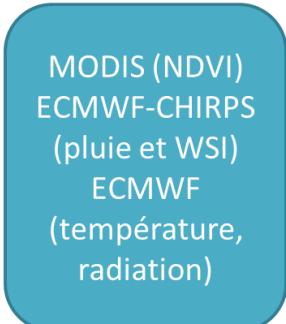
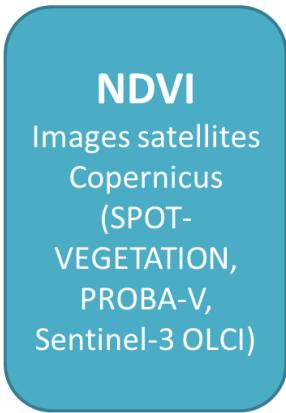


Schéma général de la méthode de prévision des rendements pour une culture donnée



## Rendements historiques

Statistiques agricoles à l'échelle des communes et départements

## Variables explicatives (indicateurs) potentielles du rendement

### 11 paramètres phénologiques (NDVI)

- Vav : average NDVI value
- Vmn : minimum NDVI value
- Vmx : maximum NDVI value
- Aup : largest increase
- And : largest decrease
- Rsd : relative Standard deviation
- Rrg : relative Range (Max - Min)
- Dmn : relative date of (first) Vmn
- Dmx : relative date of (last) Vmx
- Dup : relative date of (first) Aup
- Ddn : relative date of (last) Adn

### NDVI cumulé sur une/plusieurs période(s)

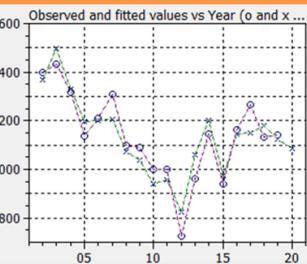
### 8 paramètres ASAP

- NDVI décadaire moyen
- NDVIz: anomalie du NDVI décadaire
- zNDVIC : anomalie du NDVI cumulé depuis le début de la saison de végétation
- Pluie décadaire cumulée
- SPI 3: anomalie du Standardized precipitation Index, calculé sur une période d'accumulation des pluies de 3 mois
- zWSI: anomalie du Water Satisfaction Index (WSI) depuis le début de la saison de végétation
- Température de l'air moyenne décadaire
- Rayonnement solaire accumulé décadaire

**Autres:** satisfaction en eau à chaque phase phénologique, Evapotranspiration, Teneur en eau du sol, ...

## Prévisions des rendements

- Départements
- Communes



## Modèles de prévision des rendements

### CST : CGMS-Statistical-Tool

- Tendance
- Régression
- Scénario
- Moyenne mobile

### SQLite

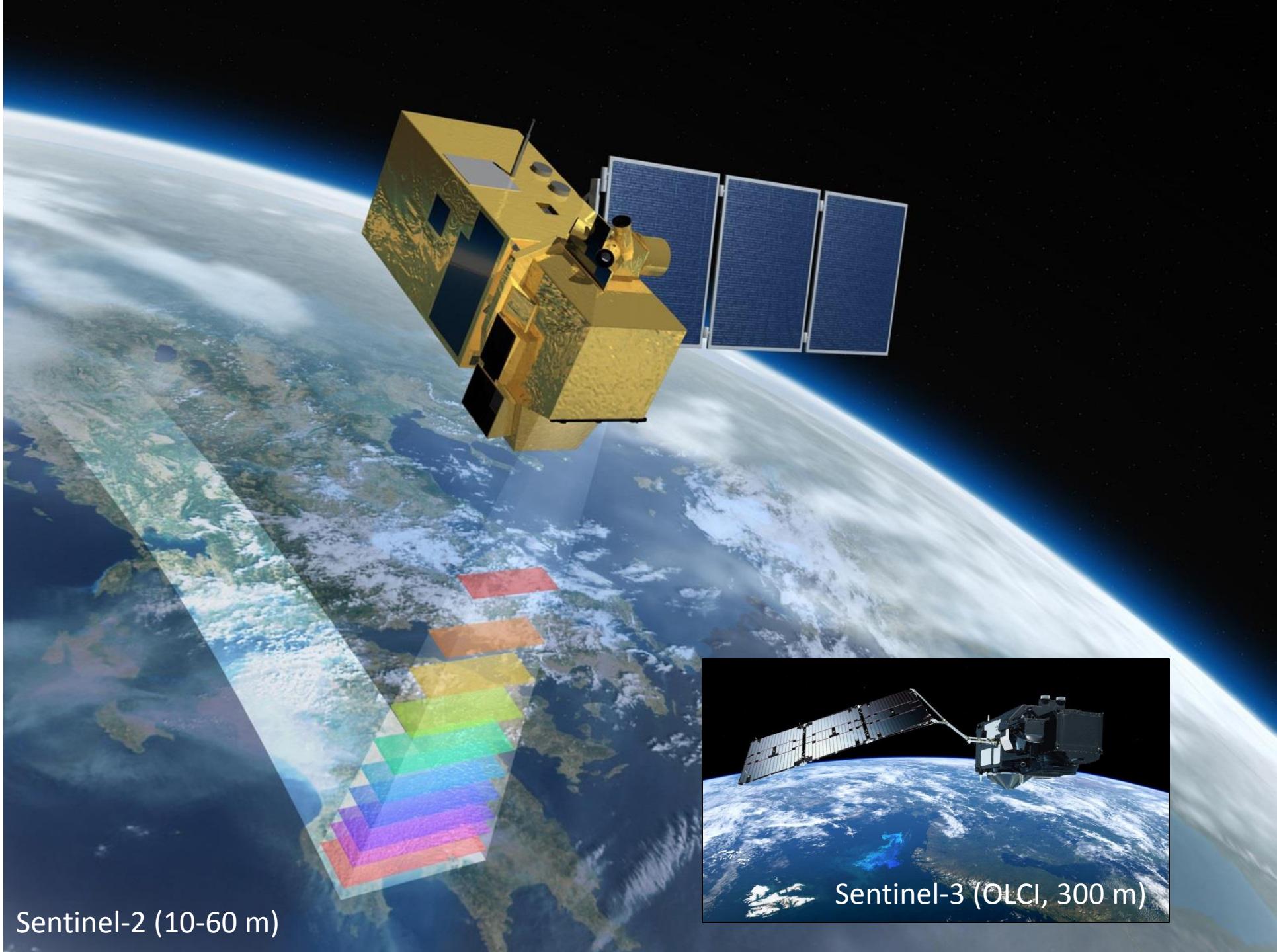
Création de la base de données relationnelle

**Production**  
=

**Rendement x superficie**

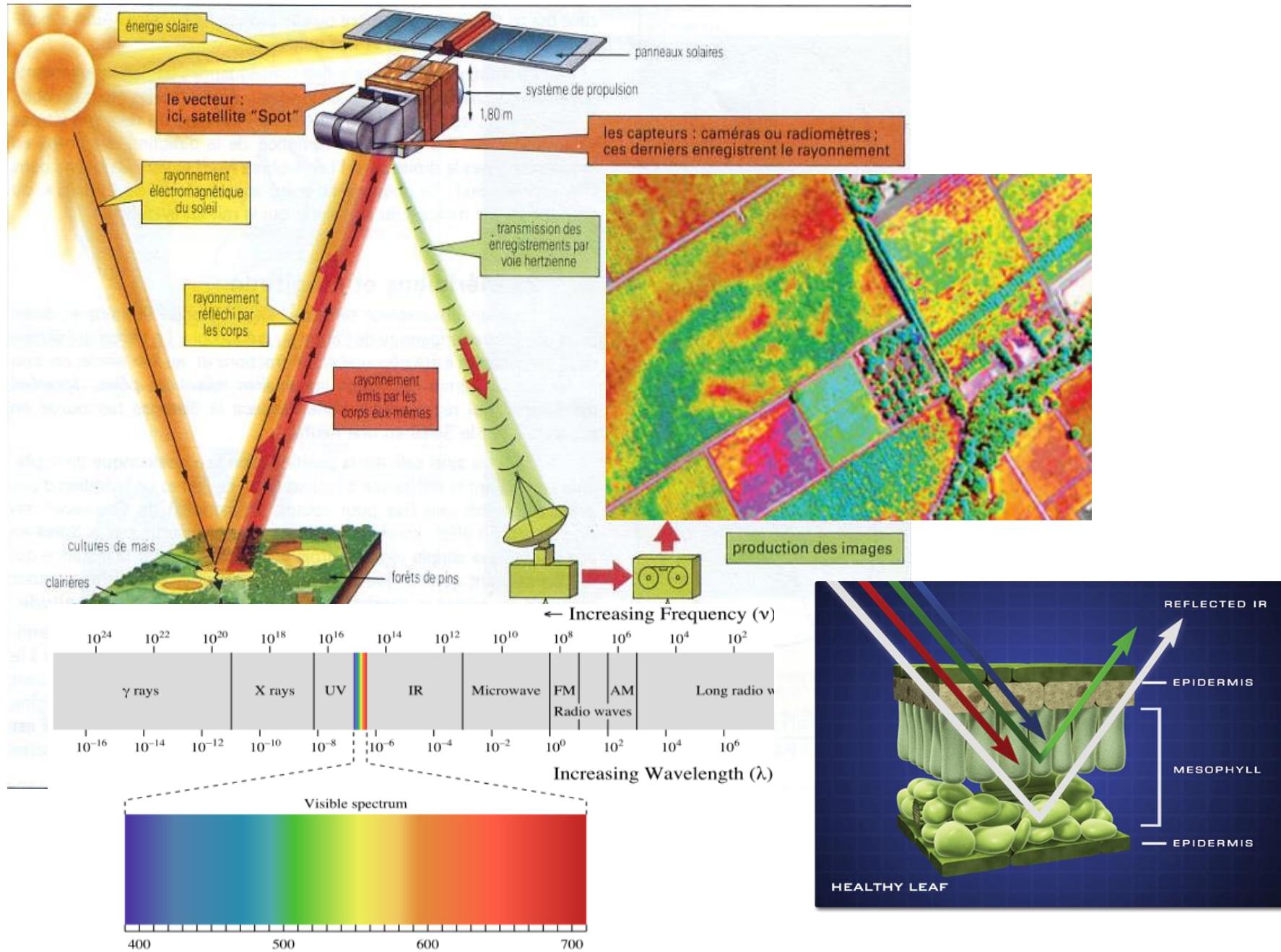
- Communes
- Département
- Pays

Source de données  
satellite:  
Sentinels (Copernicus)  
-> Indice de  
végétation (NDVI)



# Source de données satellite:

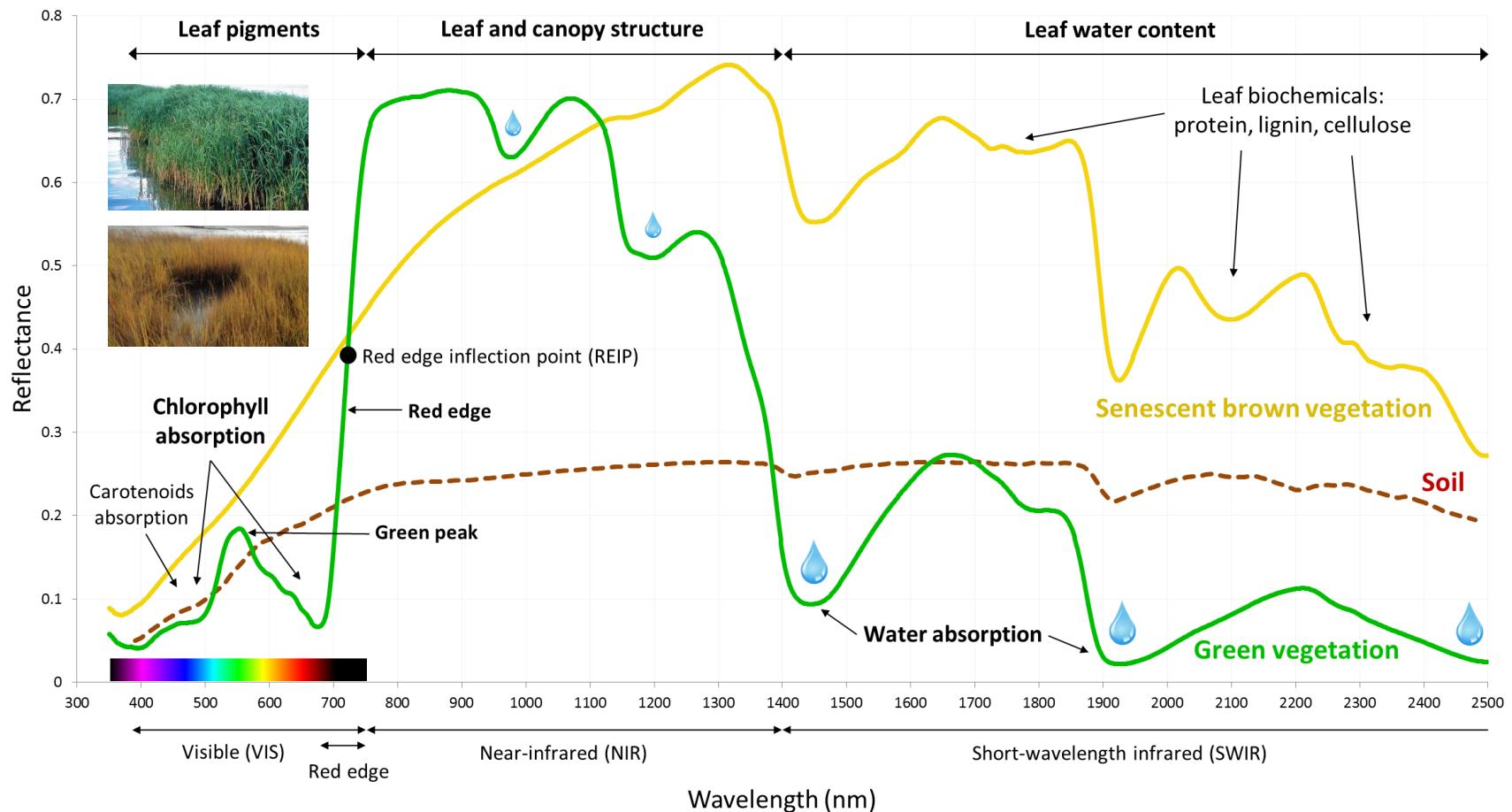
Acquisition d'information sur la végétation par satellite



Source de données satellite:

La réflectance varie en fonction de l'état de la végétation

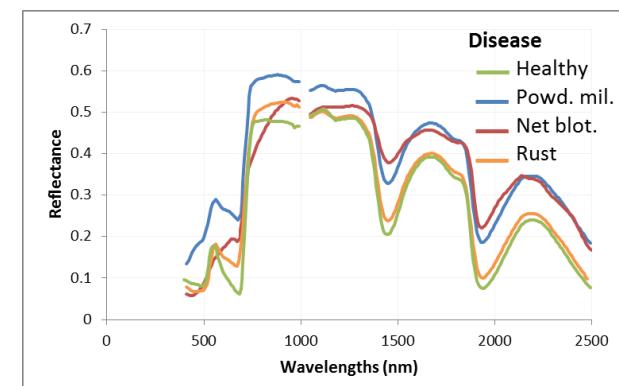
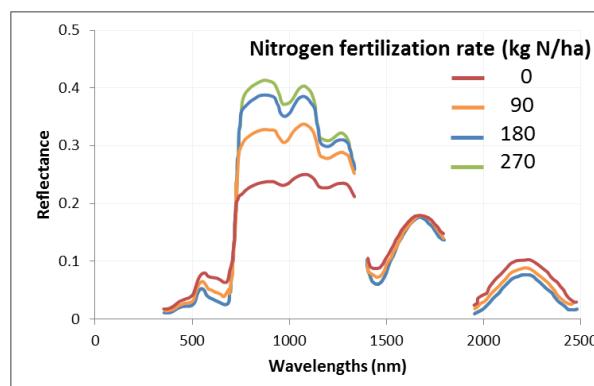
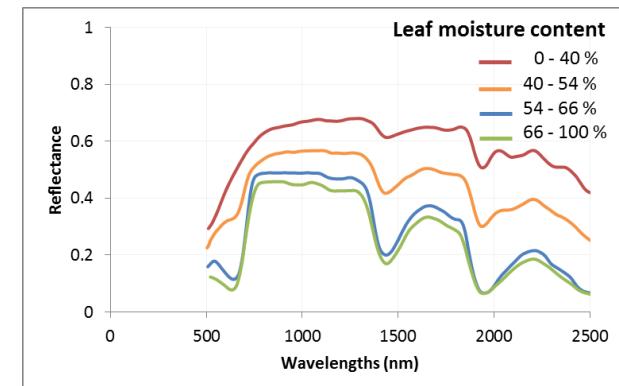
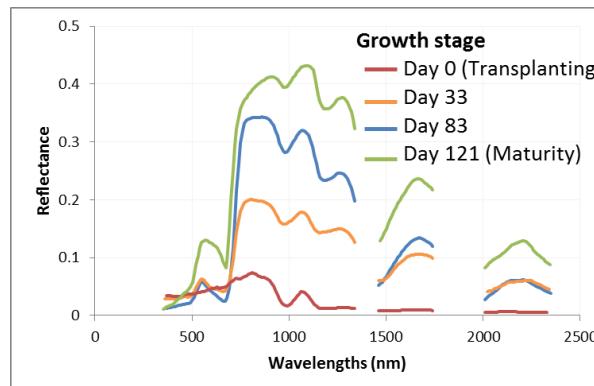
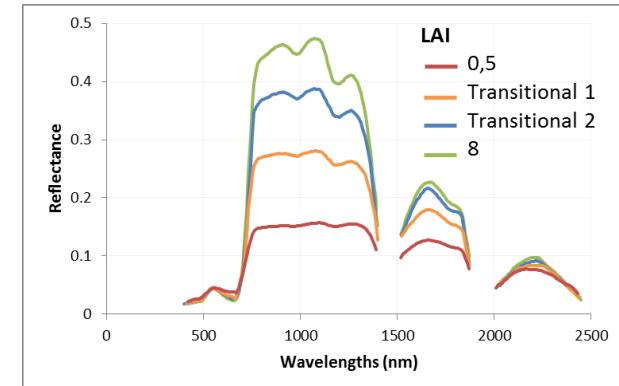
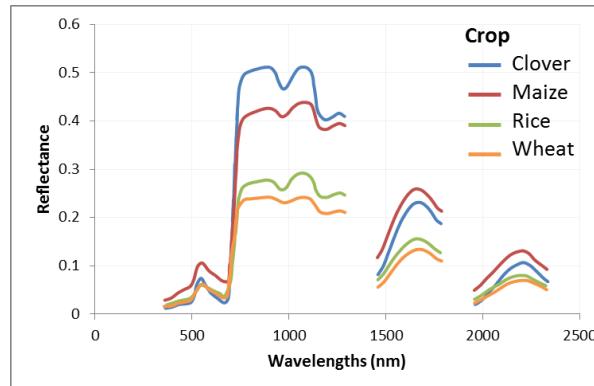
## Dominant factor controlling leaf reflectance



Vegetation spectra correspond to bundles of leaves and stems of *Spartina alterniflora*, a wetland perennial grass, from Kokaly *et al.* (2017). Soil spectrum from Clark (1999). Figure adapted from Kokaly *et al.* (1998), Bowker *et al.* (1985), Curran (1989) and Thenkabail *et al.* (2013).

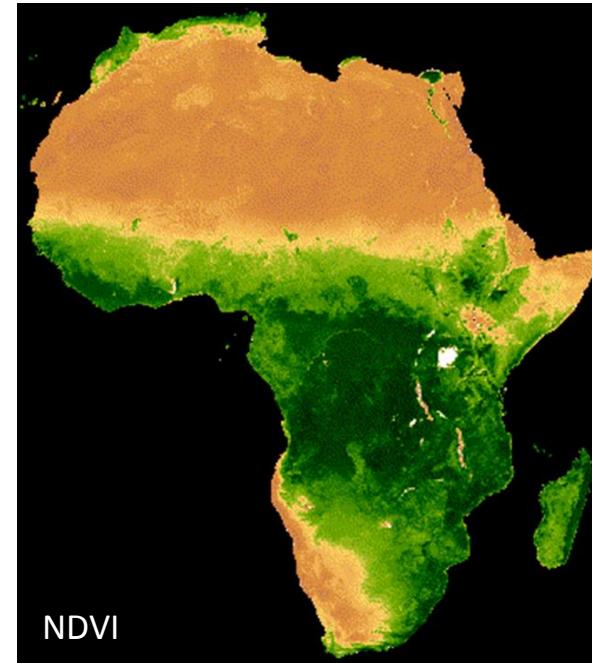
# Source de données satellite:

La réflectance d'une culture est impactée par différents paramètres



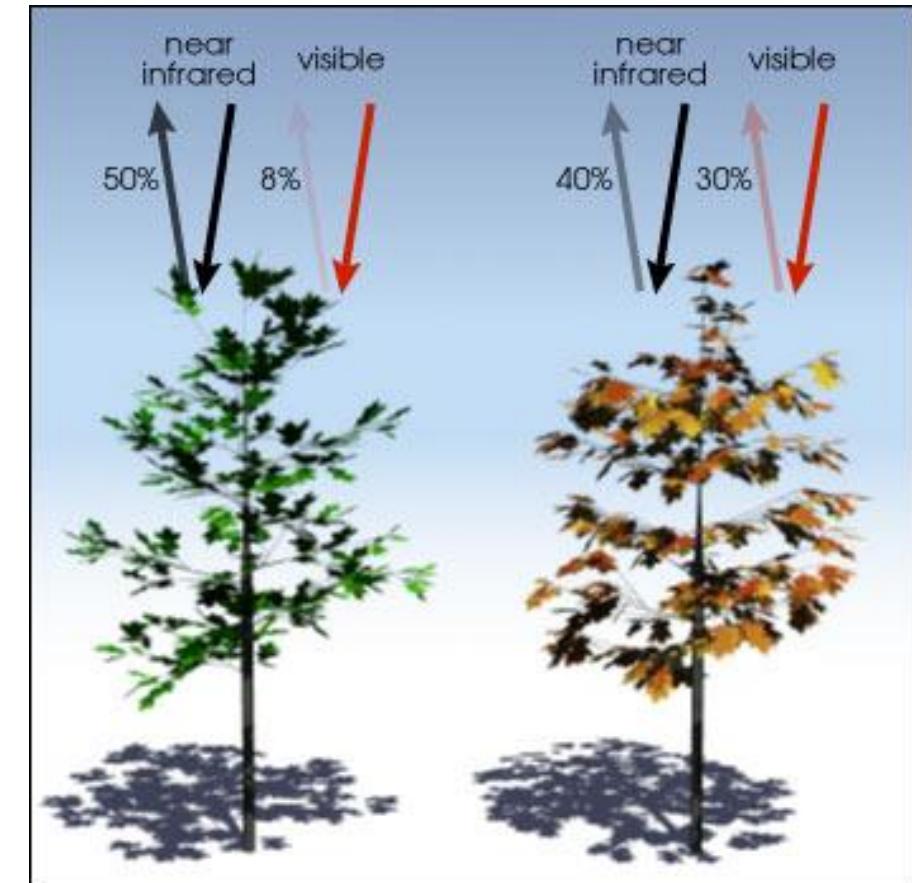
Source de données  
satellite:

L'indice de végétation  
NDVI traduit  
l'état/l'abondance de  
la végétation



## NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{(PIR - Rouge)}{(PIR + Rouge)}$$



$$\frac{(0.50 - 0.08)}{(0.50 + 0.08)} = 0.72$$

$$\frac{(0.4 - 0.30)}{(0.4 + 0.30)} = 0.14$$

Source de données  
satellite:

L'indice de végétation  
NDVI traduit  
l'état/l'abondance de  
la végétation

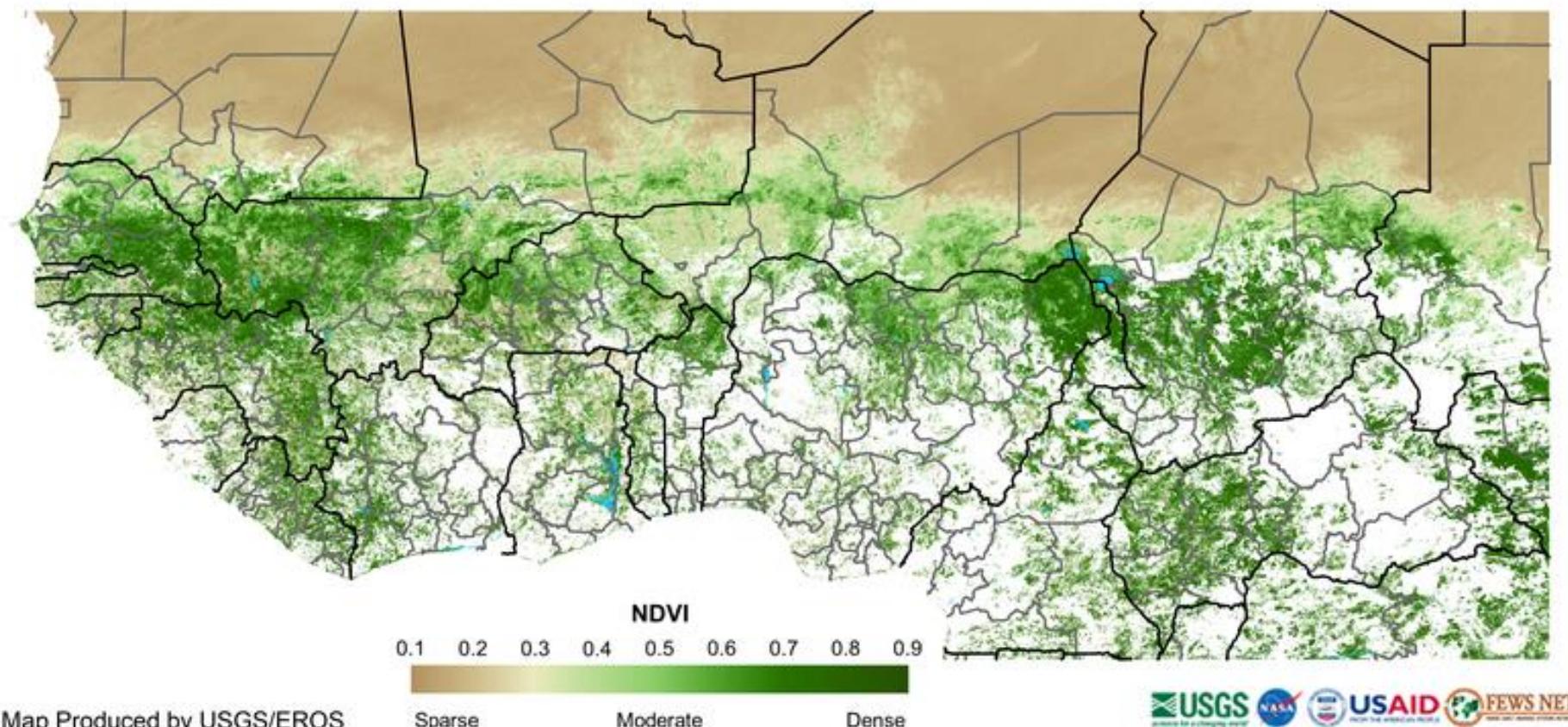


Source de données  
satellite:

Carte de NDVI

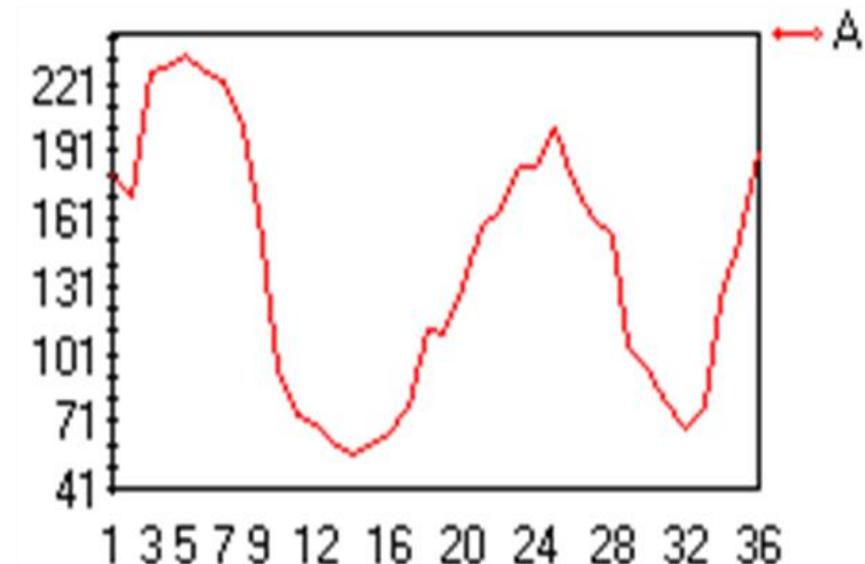
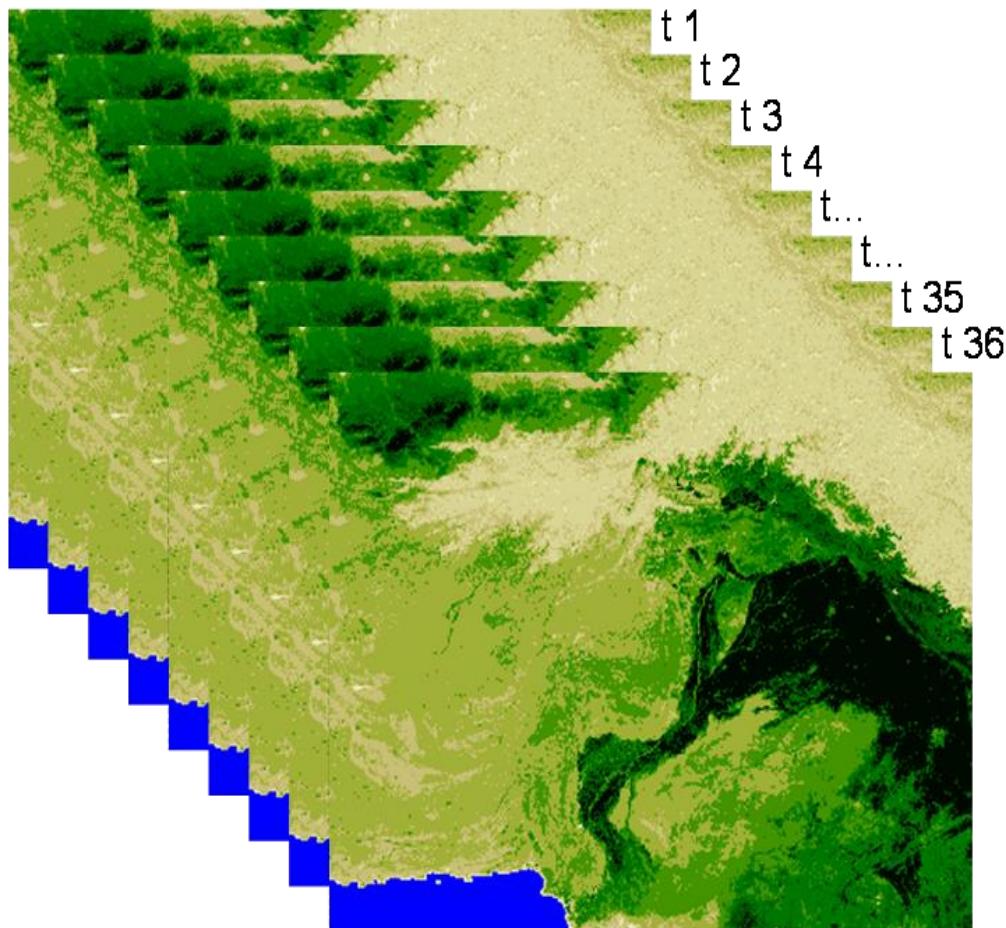
## West Africa eMODIS 250m Temporally Smoothed NDVI

Period 25 / Sep 01 - 10, 2021

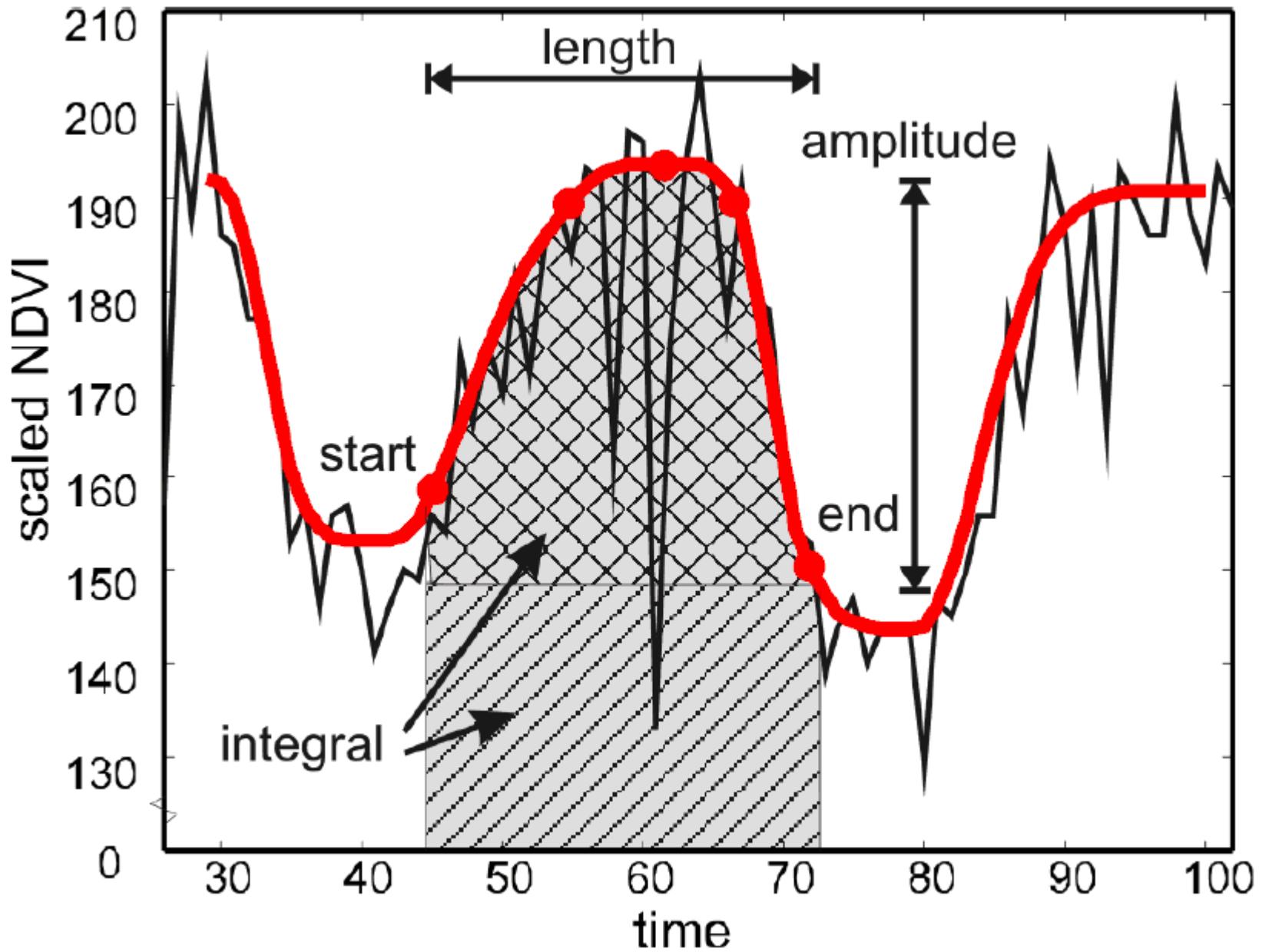


# Source de données satellite:

Série temporelle d'images NDVI et courbe d'évolution du NDVI pour un endroit donné



# Paramètres phénologiques dérivés des courbes NDVI

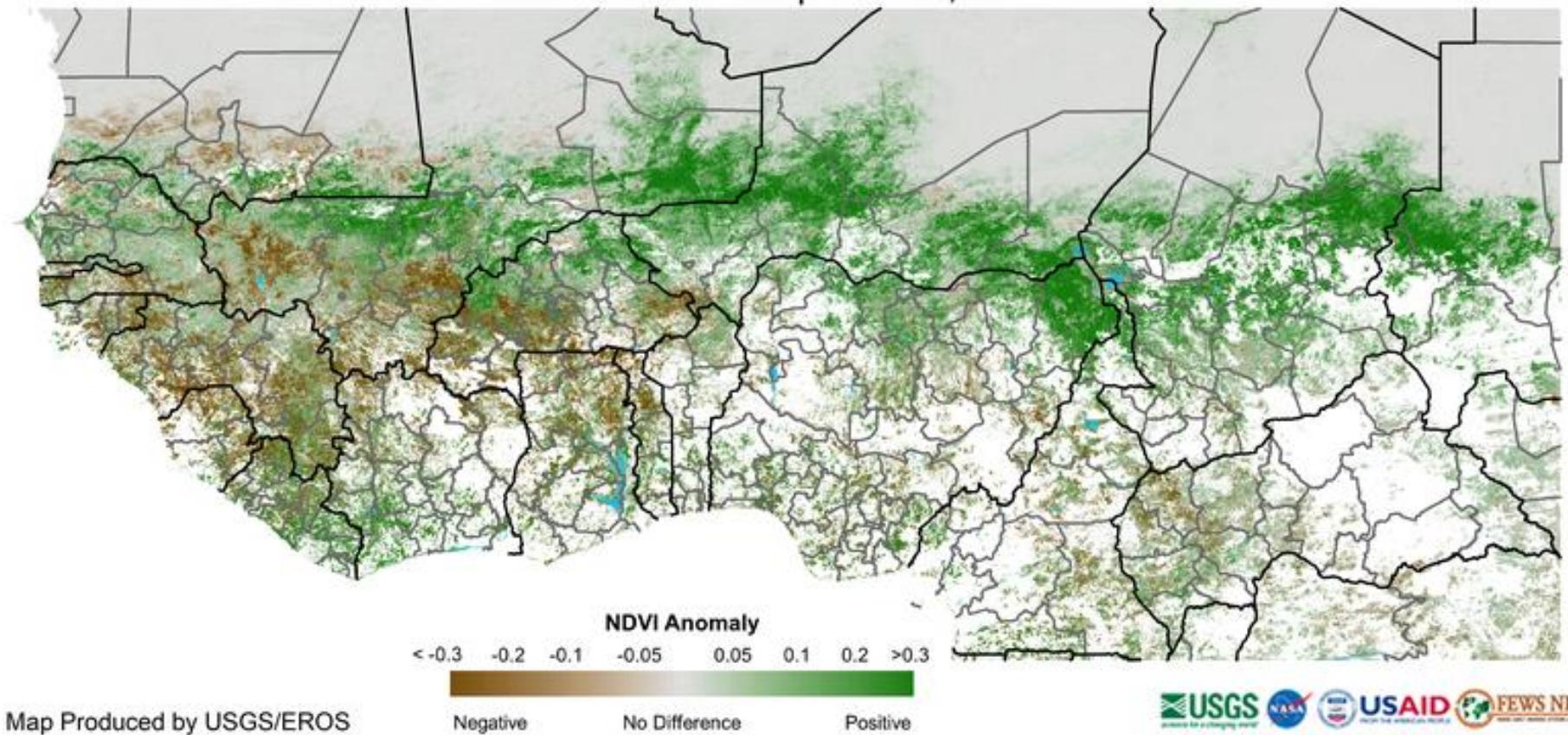


Source de données  
satellite:

Carte d'anomalie de  
NDVI

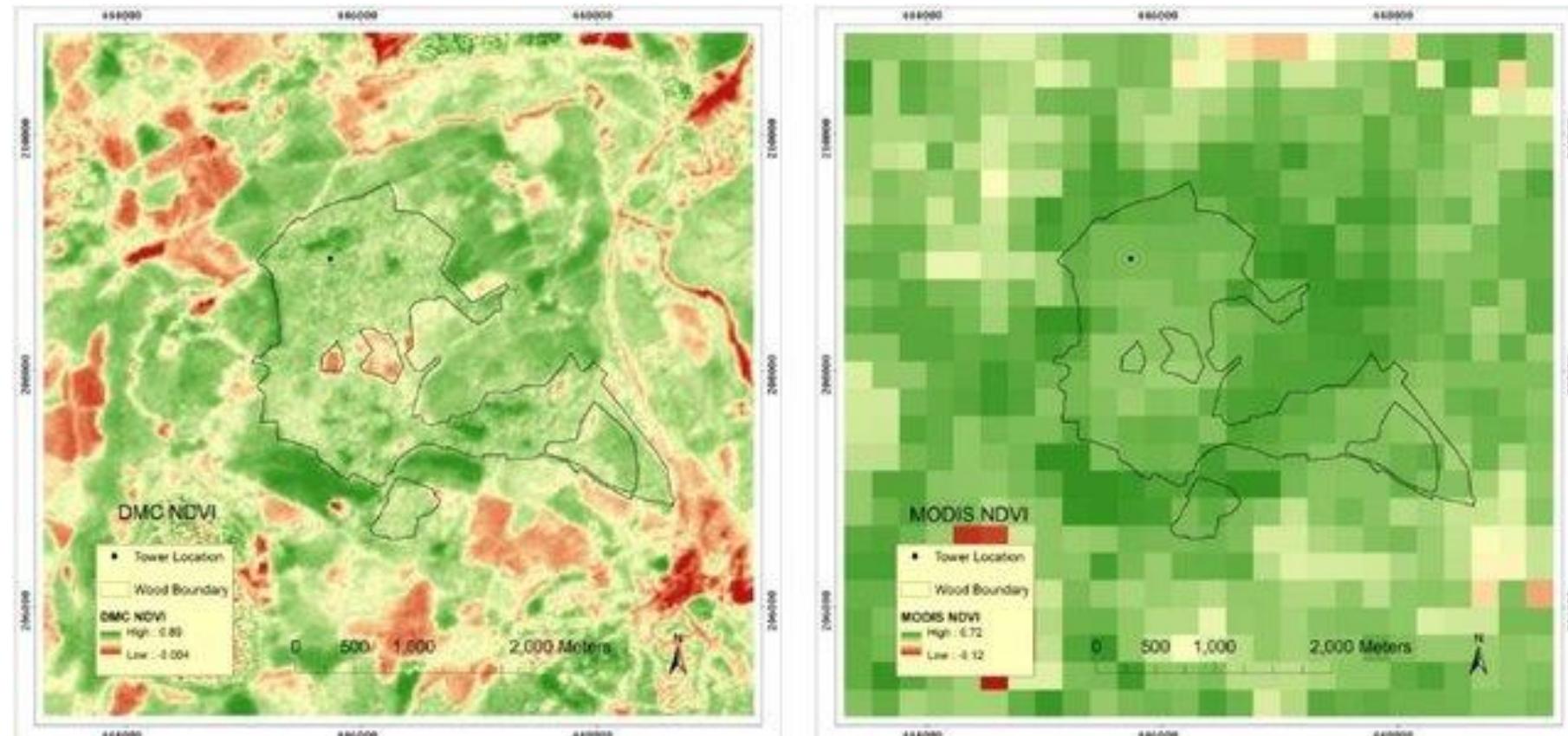
## West Africa eMODIS 250m NDVI Anomaly

2021 minus Median (2003 - 2017)  
Period 25 / Sep 01 - 10, 2021



# Source de données satellite:

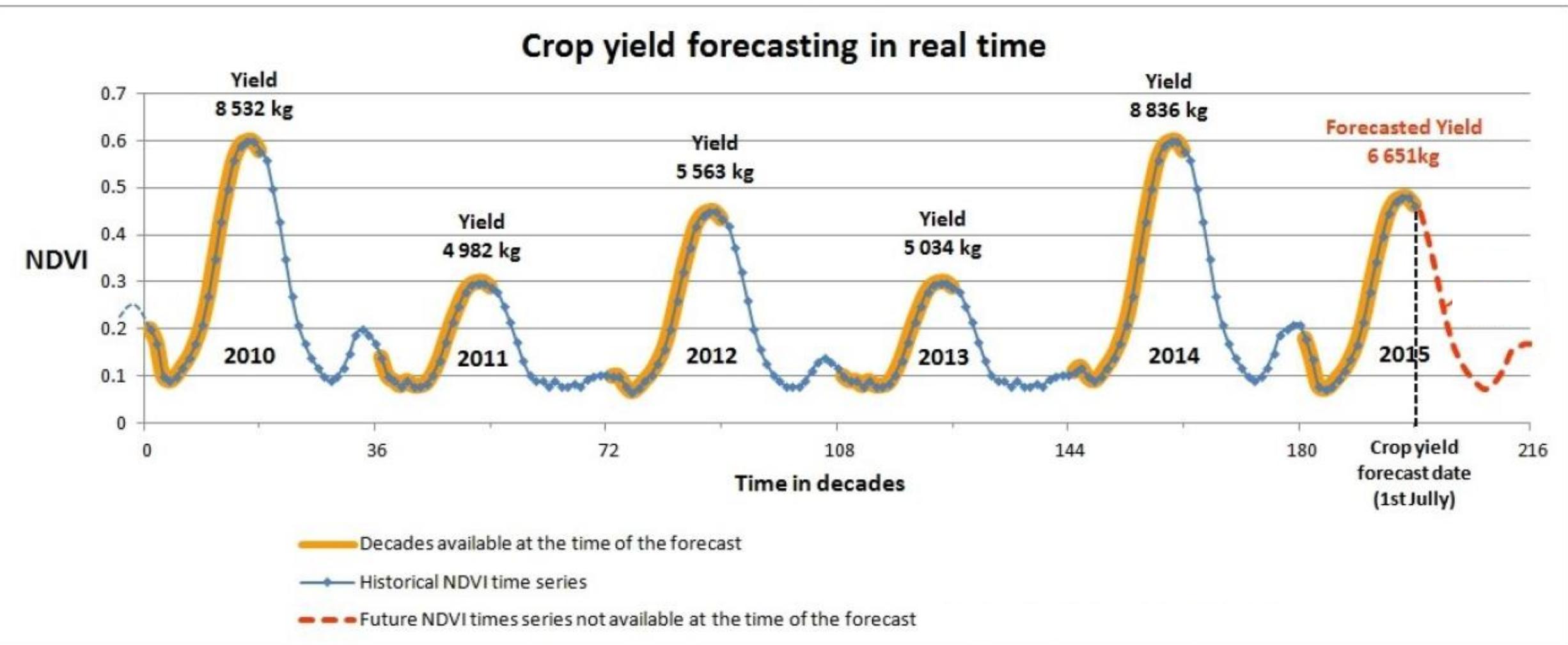
Différentes résolution spatiales existent



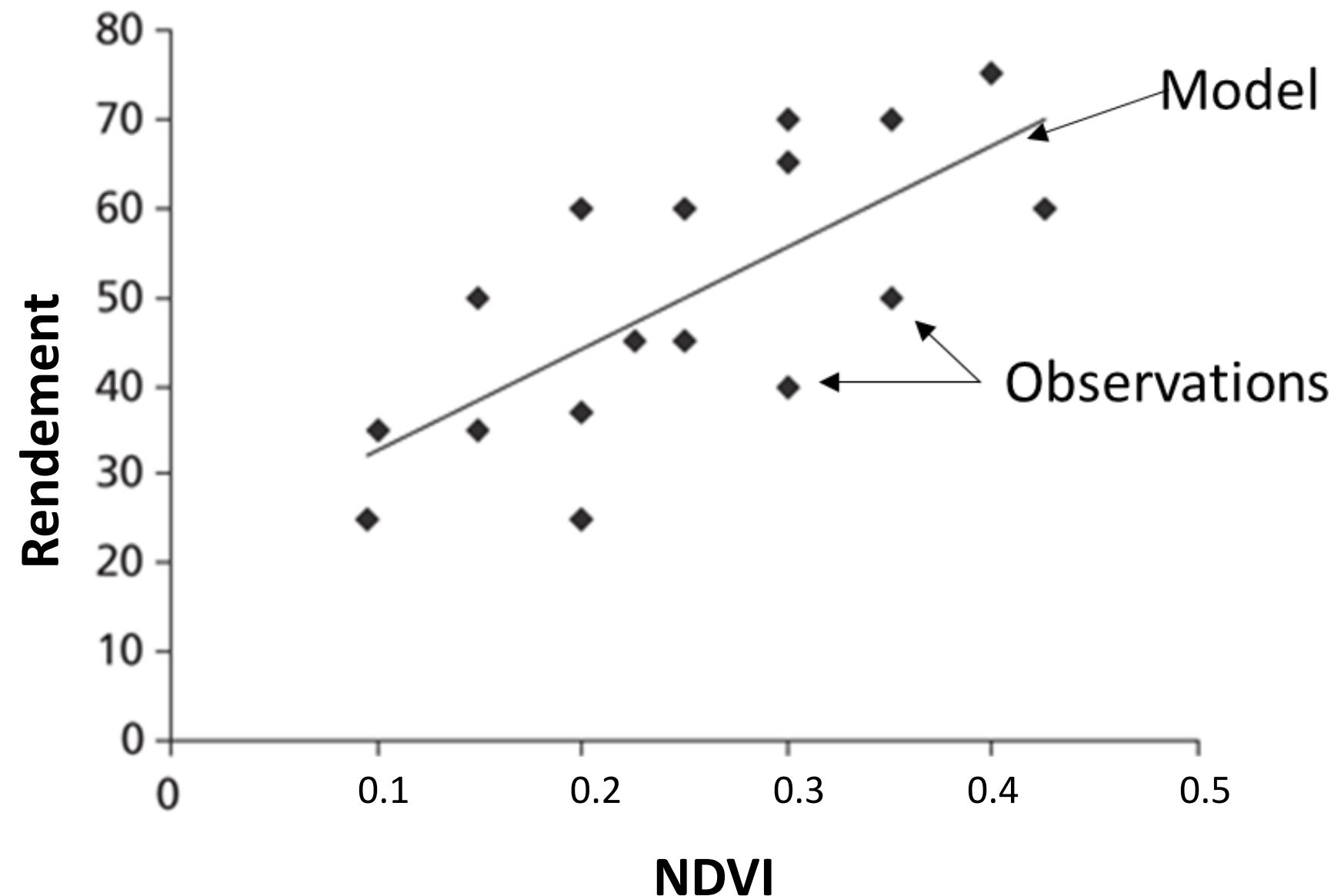
DMC NDVI 22 m

MODIS NDVI 250 m

# Principe de base d'une relation empirique entre rendements et NDVI

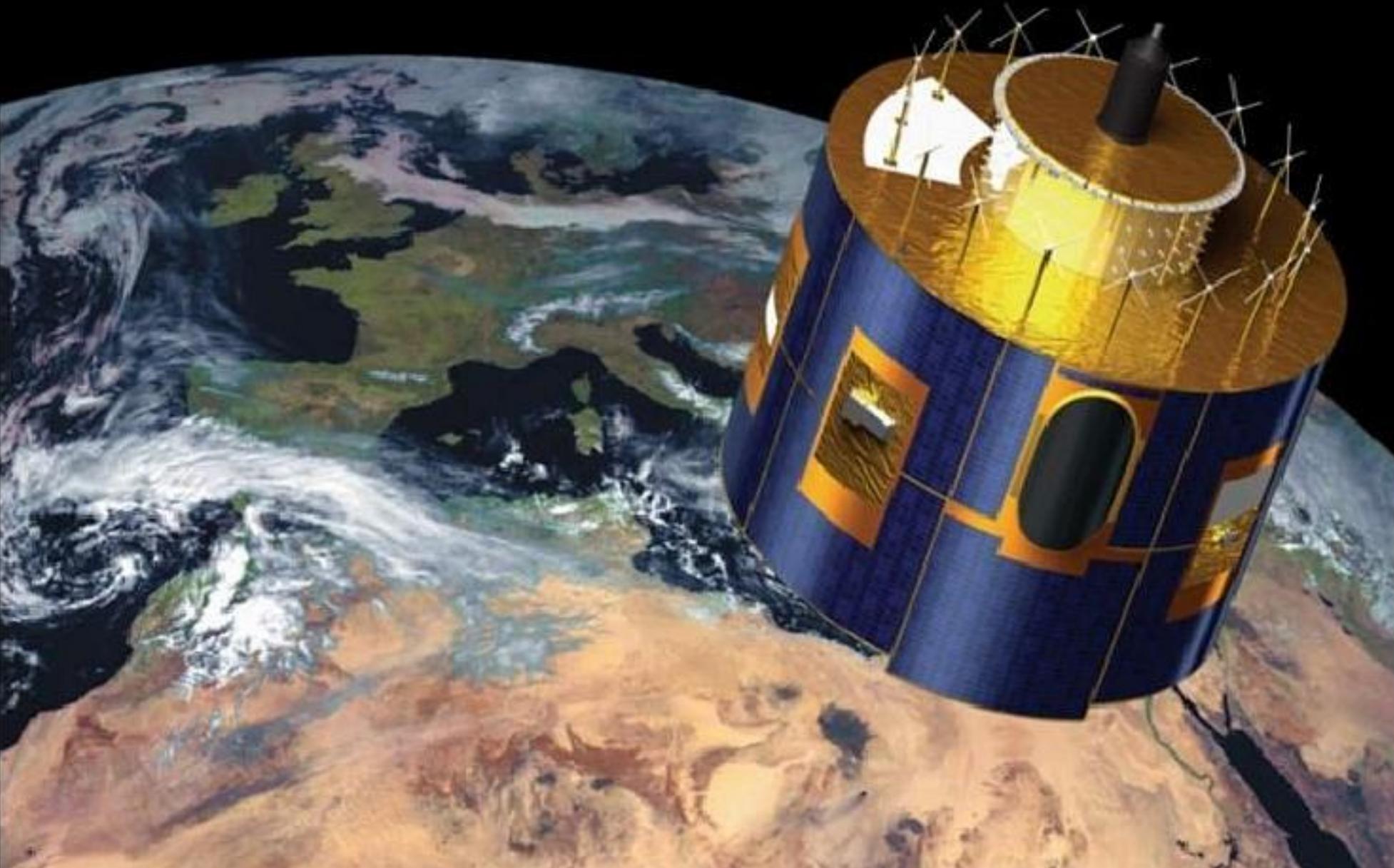


Principe de base  
d'une relation  
empirique entre  
rendements et  
NDVI



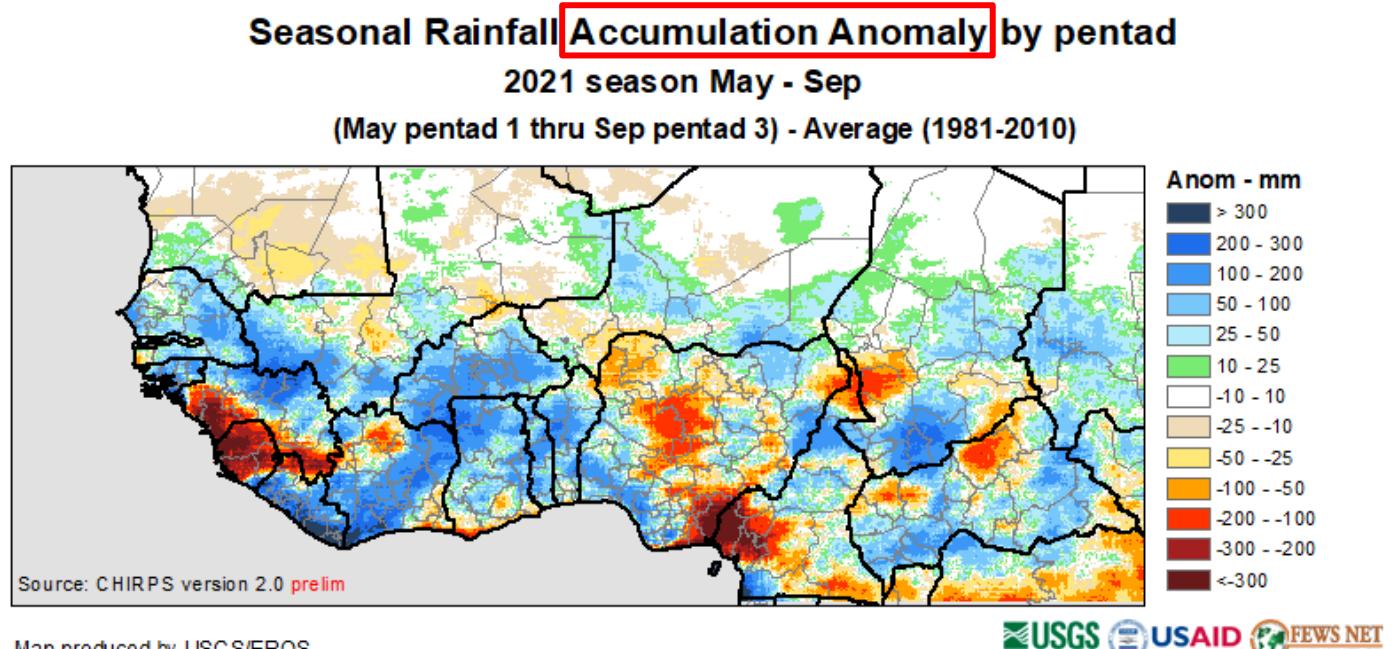
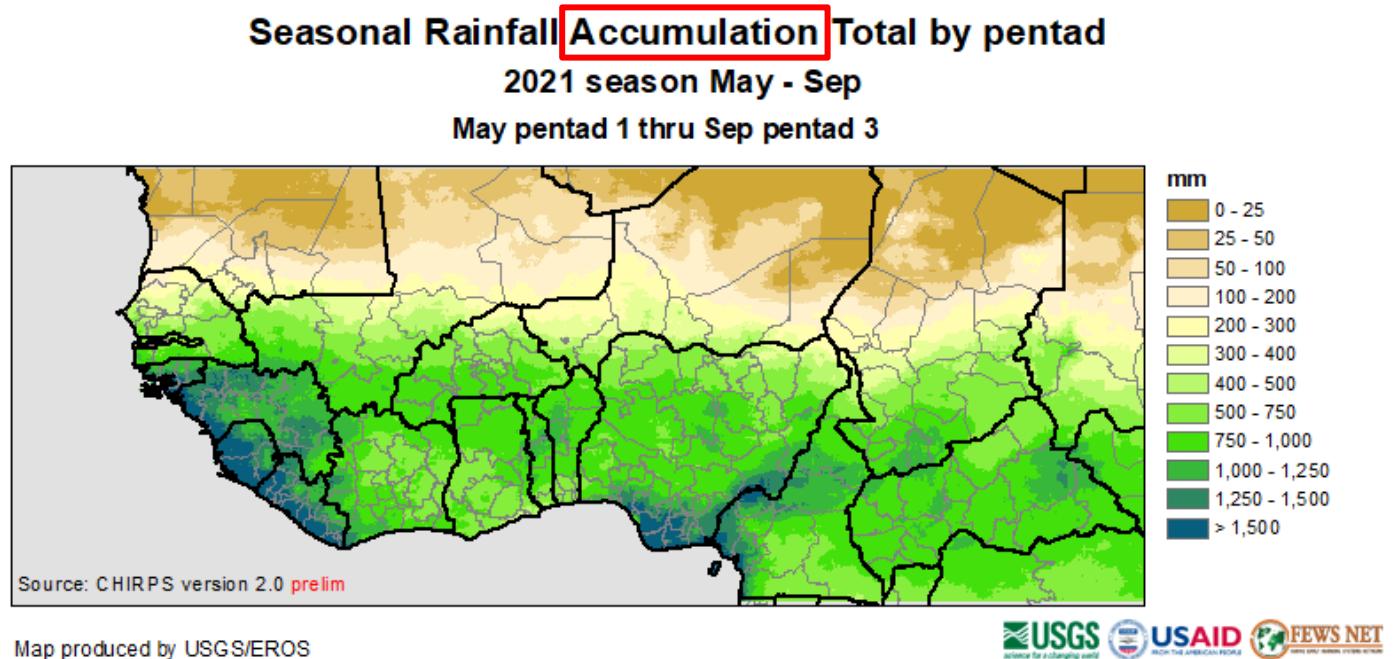
# Source de données satellite: Précipitations

Artist's rendition of the MeteoSat-8 satellite (image credit: EUMETSAT) Meteosat Second Generation (MSG)



Source de données satellite:

Cartes de précipitations saisonnières

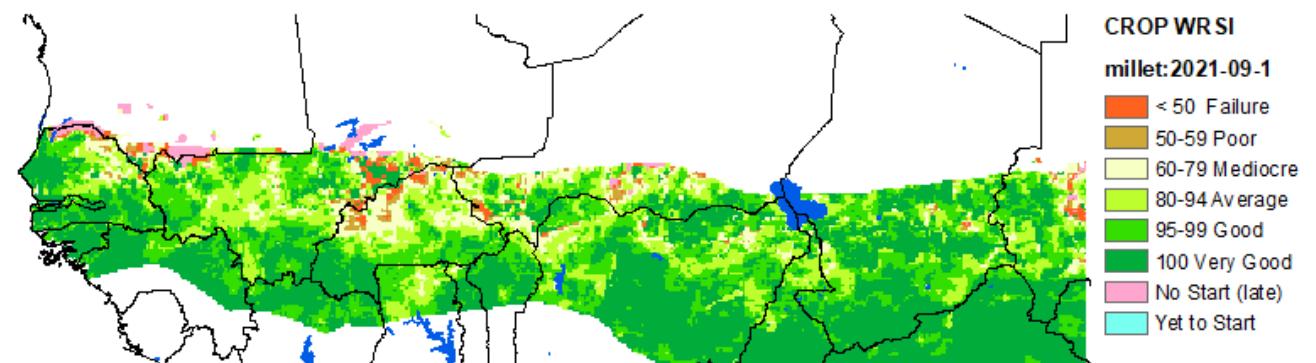


# Source de données satellite:

Cartes de WRSI (indice de satisfaction des besoins en eau) des cultures selon différentes sources de données de précipitations

Source: RFE

WRSI Current  
September 2021 Dekad 1

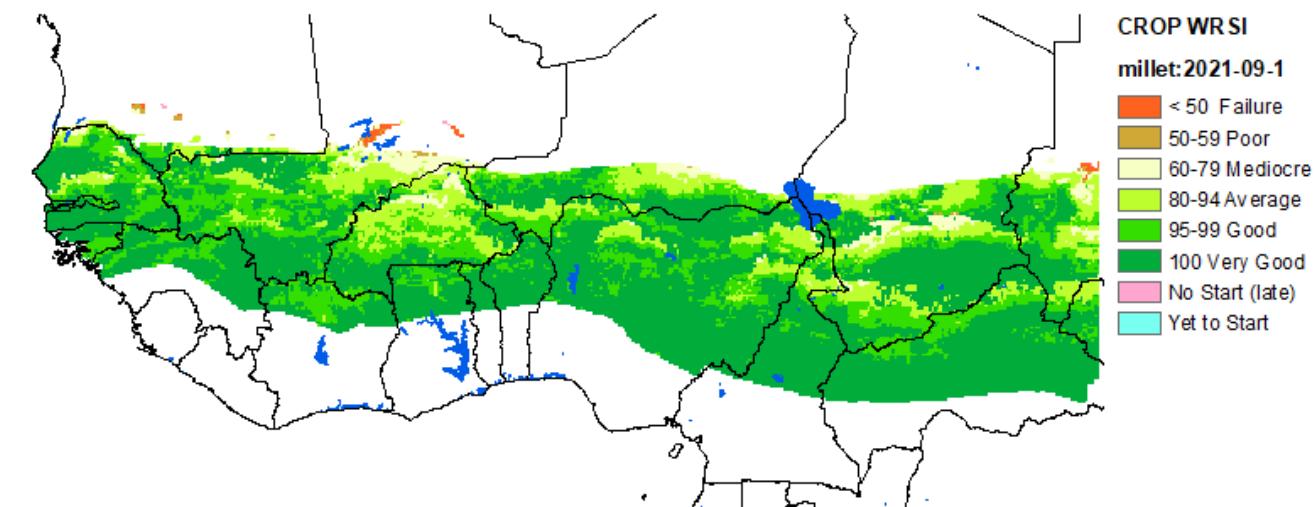


Map produced by USGS/EROS



Source: CHIRPS

WRSI Current  
September Dekad 1 2021



Map produced by USGS/EROS

Source: version prelim

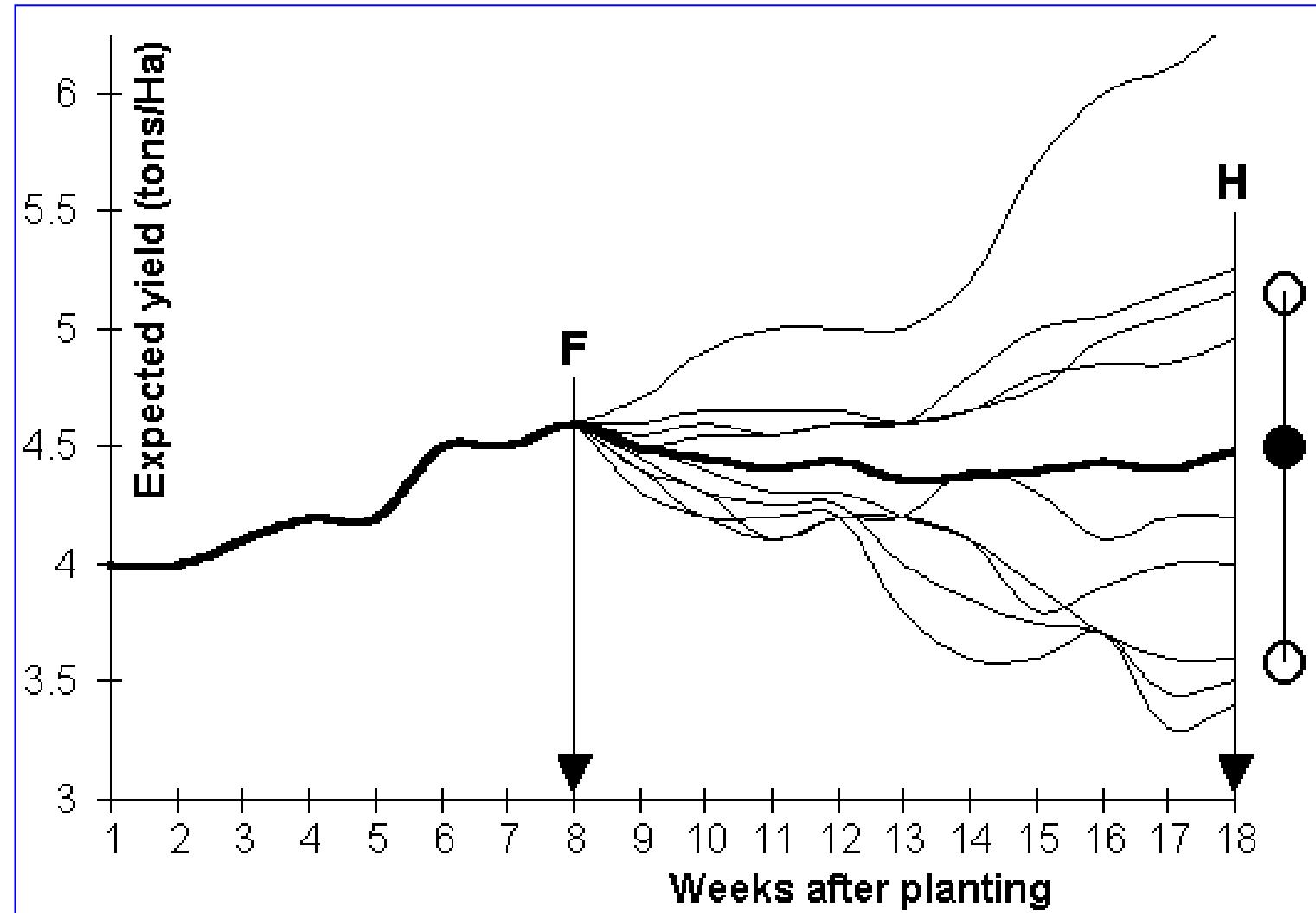


# Date de prévision et incertitude:

Au plus la date de la prévision est précoce, au plus l'incertitude est grande.

Elle dépend notamment de la météo.

Des prévisions météo à moyens termes peuvent être utilisées pour réduire l'incertitude.



# Date de prévision et incertitude:

Au plus la date de la prévision est précoce, au plus l'incertitude est grande.

Elle dépend notamment de la météo.

Des prévisions météo à moyens termes peuvent être utilisées pour réduire l'incertitude.

**Monthly RMSE (% values) of MARS yields (from 1993 to 1997)**

	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.	OCT.	Average
Wheat	5.06	4.11	4.63	4.74	4.06	3.13	3.18	4.1
Soft	5.08	4.42	5.11	5.33	4.56	3.57	3.59	4.5
Durum	12.04	9.49	8.46	8.56	7.90	7.41	4.21	8.3
Barley	4.30	4.59	4.79	4.39	3.58	2.78	1.98	3.8
Maize	5.95	5.73	5.31	5.13	4.66	3.77	3.72	4.9

Diminution du RMSE avec le temps !

# **Workflow de la méthode prévision des rendements utilisé dans le cadre de cette formation**



Schéma général de la méthode de prévision des rendements pour une culture donnée

**NDVI**  
Images satellites  
Copernicus  
(SPOT-  
VEGETATION,  
PROBA-V,  
Sentinel-3 OLCI)

**SPIRITS**  
(logiciel)

MODIS (NDVI)  
ECMWF-CHIRPS  
(pluie et WSI)  
ECMWF  
(température,  
radiation)

**ASAP**  
(site web  
<https://mars.jrc.ec.europa.eu/asap/download.php>)

## Autres sources potentielles

Modèles de croissances des cultures  
(WOFOST, AgroMetShell (AMS),...)  
Autres sources de données: FEWS  
NET, GeoWRGI (indice de satisfaction  
des besoins en eau), TAMSAT (pluie),  
etc

## Rendements historiques

Statistiques agricoles à l'échelle des communes et départements

## Variables explicatives (indicateurs) potentielles du rendement

### 11 paramètres phénologiques (NDVI)

- Vav : average NDVI value
- Vmn : minimum NDVI value
- Vmx : maximum NDVI value
- Aup : largest increase
- And : largest decrease
- Rsd : relative Standard deviation
- Rrg : relative Range (Max - Min)
- Dmn : relative date of (first) Vmn
- Dmx : relative date of (last) Vmx
- Dup : relative date of (first) Aup
- Ddn : relative date of (last) Adn

### NDVI cumulé sur une/plusieurs période(s)

### 8 paramètres ASAP

- NDVI décadaire moyen
- NDVIdz: anomalie du NDVI décadaire
- zNDVIdz : anomalie du NDVI cumulé depuis le début de la saison de végétation
- Pluie décadaire cumulée
- SPI 3: anomalie du Standardized precipitation Index, calculé sur une période d'accumulation des pluies de 3 mois
- zWSIdz: anomalie du Water Satisfaction Index (WSI) depuis le début de la saison de végétation
- Température de l'air moyenne décadaire
- Rayonnement solaire accumulé décadaire

**Autres:** satisfaction en eau à chaque phase phénologique, Evapotranspiration, Teneur en eau du sol, ...

## Modèles de prévision des rendements

### CST : CGMS-Statistical-Tool

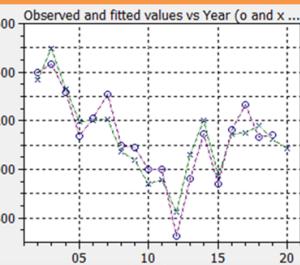
- Tendance
- Régression
- Scénario
- Moyenne mobile

### SQLite

Création de la base de données relationnelle

## Prévisions des rendements

- Départements
- Communes



**Production**  
=

**Rendement x superficie**

- Communes
- Département
- Pays

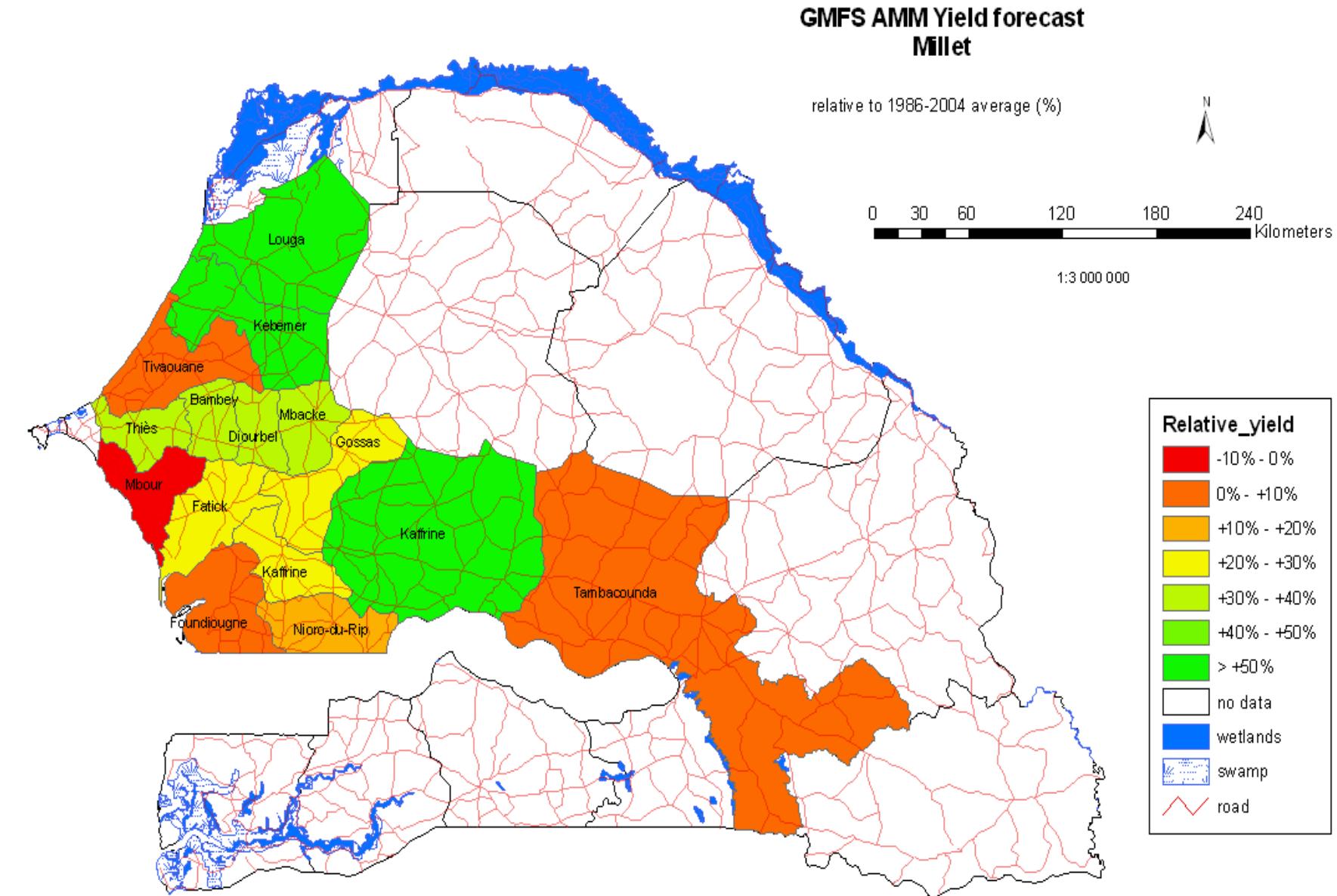
# Limites de la méthode !

- Fiabilité des **statistiques de rendements** (utilisées pour chercher et calibrer les modèles de prévision)
- Fiabilité des **données d'entrée** (météo, télédétection, culture,...) (données manquantes ou imprécises)
- Des **conditions météorologiques** « extrêmes », imprévisibles
- La rencontre de **conditions non prise en compte par le modèle**
- **L'approche statistiques** en elle-même (modèle non parfait)

# Publication des prévisions de rendements



# Présentation des résultats de la prévision des rendements sous forme de carte



# Publication des prévisions de rendements

## Bulletins MARS pour l'Europe



EUROPEAN COMMISSION

Wageningen 19 October 2007 – 1° WIMEK workshop on Earth Observation and crop growth modeling



7



Robust science for policy making

Source: « MCYFS – The agrometeorological

system of the EC: present and Future”, Fabio Micale, JRC, Wageningen 19 October 2007 – 1° WIMEK workshop on Earth Observation and crop growth modeling

# Publication des prévisions de rendements



## EU SCIENCE HUB

The European Commission's science and knowledge service

Search



European Commission > EU Science Hub > Monitoring Agricultural ResourceS (MARS) > Bulletins

Home About Us Research Knowledge Working With Us Procurement News & Events Our Communities

MARS

Bulletins

JRC MARS Bulletins

JRC MARS Bulletin Vol.29 No 8 - Crop monitoring in Europe, August 2021

JRC MARS Bulletin Vol.29 No 7 - Crop monitoring in Europe, July 2021

Continued positive yield outlook

JRC MARS Bulletin global outlook, June 2021 - Kazakhstan

Fair yield outlook for spring cereals but decreased prospects for winter cereals

JRC MARS Bulletin global outlook, June 2021 - Russia

Fair yield outlook despite contrasting weather conditions

JRC MARS Bulletin Vol.29 No 6 - Crop monitoring in Europe, June 2021

Improved yield outlook for EU winter crops

JRC MARS Bulletin global outlook, June 2021 - Ukraine

Adverse conditions jeopardise a positive outlook

## MARS bulletins - crop monitoring in Europe

The JRC MARS bulletins provide:

- crop yield forecasts and
- agricultural production estimates.

MARS helps authorities in the EU and its neighbourhood to make informed market decisions.

[See the latest releases](#)

### Next issues:

The next issues of the JRC MARS Bulletins Crop monitoring in Europe will be published on: 25 January, 22 February, 15 March, 26 April, 25 May, 21 June, 26 July, 23 August, 20 September, 25 October, 22 November, 13 December

The JRC MARS Bulletins in the Global outlook series will be published in February (North Africa), May (Turkey), June (Ukraine, N. Africa, Russia, Kazakhstan), September (Ukraine, Turkey), October (Russia, Kazakhstan).

### Related Publications

Impacts of COVID-19 and desert locusts on smallholder farmers food systems and value chains in Kenya

Seasonal climate forecast can inform the European agricultural sector well in advance of harvesting

JRC MARS Bulletin - Crop monitoring in Europe - August 2021 - Vol. 29 No 8

Mapping of groundwater potential zones in the drought-prone areas of south Madagascar using geospatial techniques

JRC MARS Bulletin - Crop monitoring in Europe - June 2021 - Vol. 29 No 6

[More >](#)

### Related Content

[Publications archive: MARS Bulletin](#)

# Publication des prévisions de rendements: plateforme web (BCGMS)



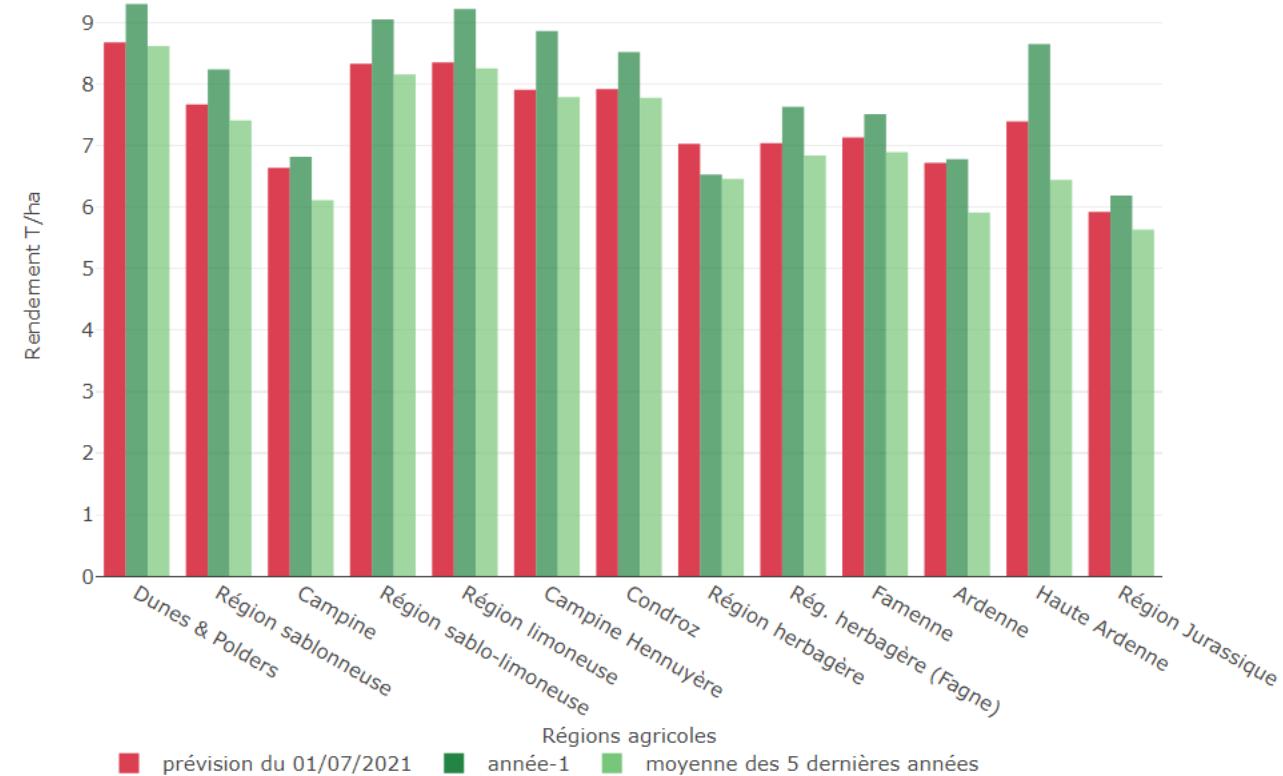
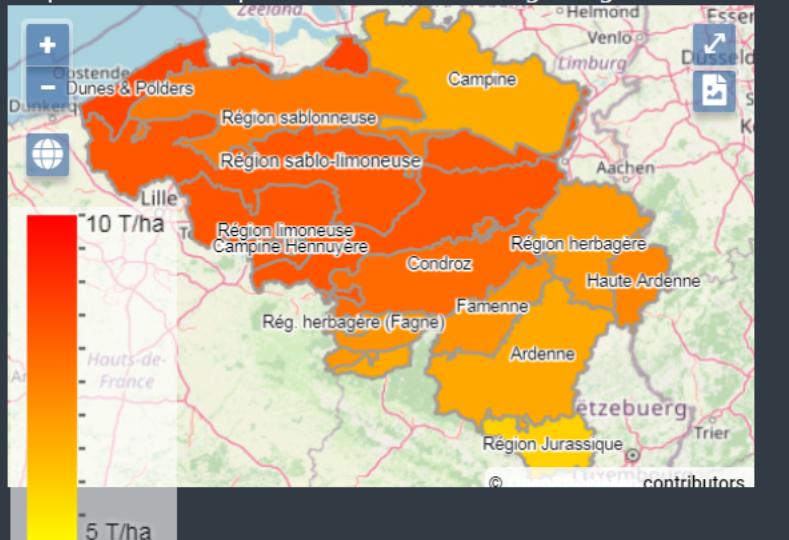
FCST > fcstYieldTha > Orge d'hiver > 2021  
Prévisions de rendement

Bulletins

Langage ▾

## B-CGMS

Cliquez sur la carte pour sélectionner une région agricole



Données

Prévision

Culture

Orge d'hiver

Rendement

par  
L-tres

© 2021 CRAW – Version 0.4 dev



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,  
DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PÊCHE  
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



**Assistance Technique- Appui Complémentaire  
Centralisé  
Programme d'Appui au Développement Durable du  
Secteur Agricole (PADDSA)**

Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP)  
Secrétariat Général du MAEP  
03 BP 2900 Cotonou  
Tél.: +229 21 30 10 87 / +229 21 30 04 10  
Courriel : [formation\\_acc@paddsa.bj](mailto:formation_acc@paddsa.bj)



Ce programme est financé par  
l'Union européenne