

Suivi de la croissance des cultures: potentialités des modèles agrométéorologiques et des systèmes d'observation de la terre

Bernard Tychon
Université de Liège
Arlon Campus Environnement

Définition de l'Agrométéorologie (E. Bernard, 1992)

L'agrométéorologie est l'ensemble des activités – diffusion d'informations et opérations de terrain, études et recherches, éducation et vulgarisation...- dont les buts sont les suivants:

1. Mettre les agriculteurs en mesure de tirer le parti maximum des ressources bénéfiques du temps et du climat pour que leurs productions soient à la fois plus abondantes et plus rentables;
2. Aider les agriculteurs à lutter efficacement contre les fléaux météorologiques destructeurs directs ou indirects (pestes biologiques) de leurs productions;
3. Analyser, dans la diversité du contexte géographique, le rôle de l'atmosphère dans les interactions environnement-agriculture-population; ceci en vue de définir l'équilibre écologique entre conservation et exploitation des ressources de la biosphère. Cet équilibre est en effet le fondement de l'agriculture stable et intensifiée et du développement durable.

Rôle croissant de la télédétection

- Suivi continu dans l'espace <> réseau d'observation de stations au sol
 - Suivi continu dans le temps <> réseau délabré de certains pays
 - Suivi de la végétation via certains indices (NDVI) qui réagit aux conditions météo
- ⇒ Recherche d'un meilleur couplage entre données météo et télédétection dans les bonnes applications agrométéorologiques.

Trois principales méthodes de prévision des rendements

1. Relations statistiques empiriques (régression multiple, ACP)

$$\text{Rendement} = 5 + 0.03 \text{ Pluie}_{\text{Mars}} - 0.10 T_{C,\text{Juin}}$$

+ : simplicité, nombre limité de données et paramètres

- : performance limitée en dehors de la gamme de valeurs utilisées pour la calibration

2. Modèles paramétriques mécanistes de croissance des cultures

Décrit le comportement de la culture en fonction des conditions environnementales

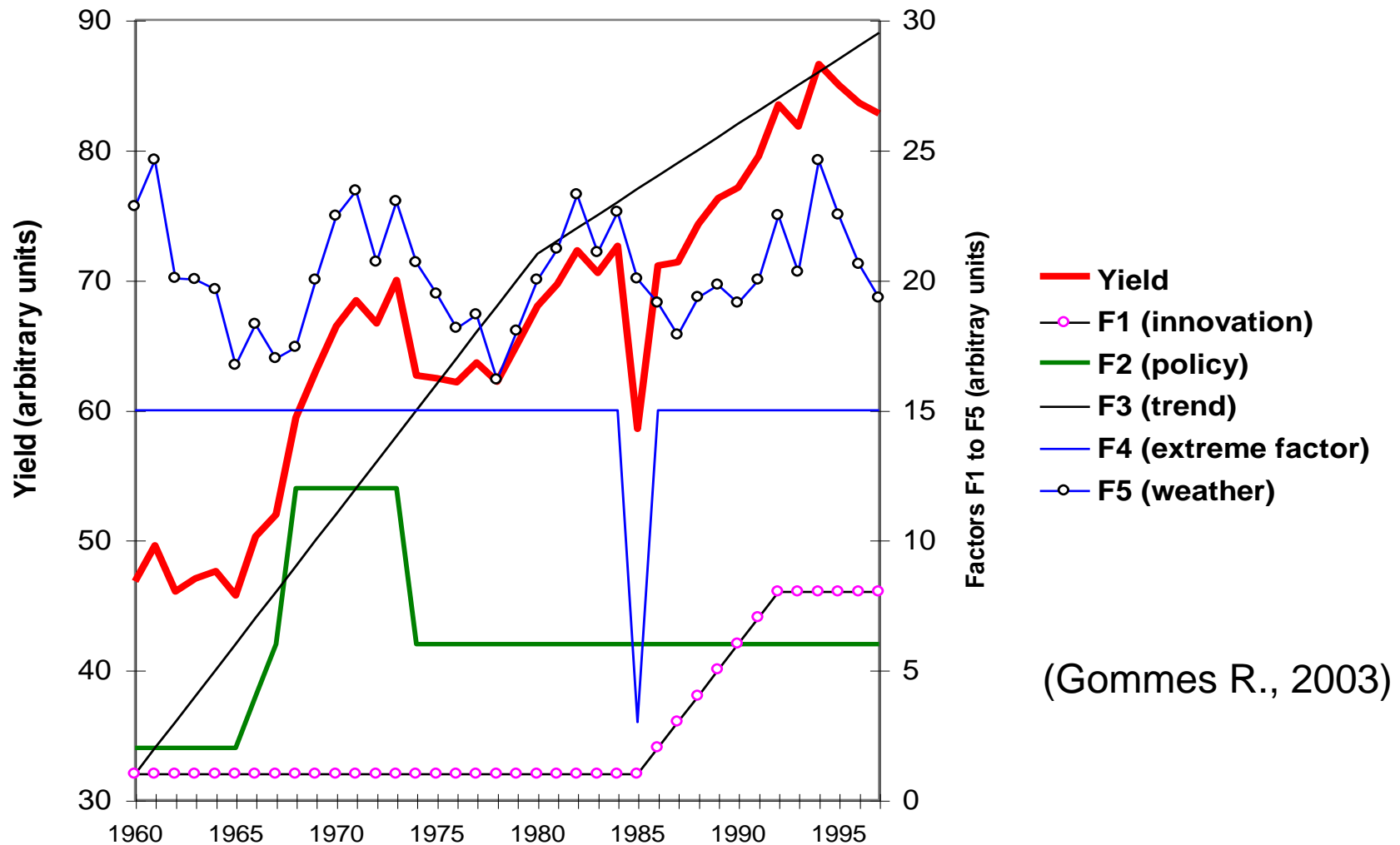
+ : plus proche de la physiologie de la plante

- : complexité, souvent utilisés à des échelles pour lesquelles ils n'ont pas été calibrés

3. Modèles non-paramétriques

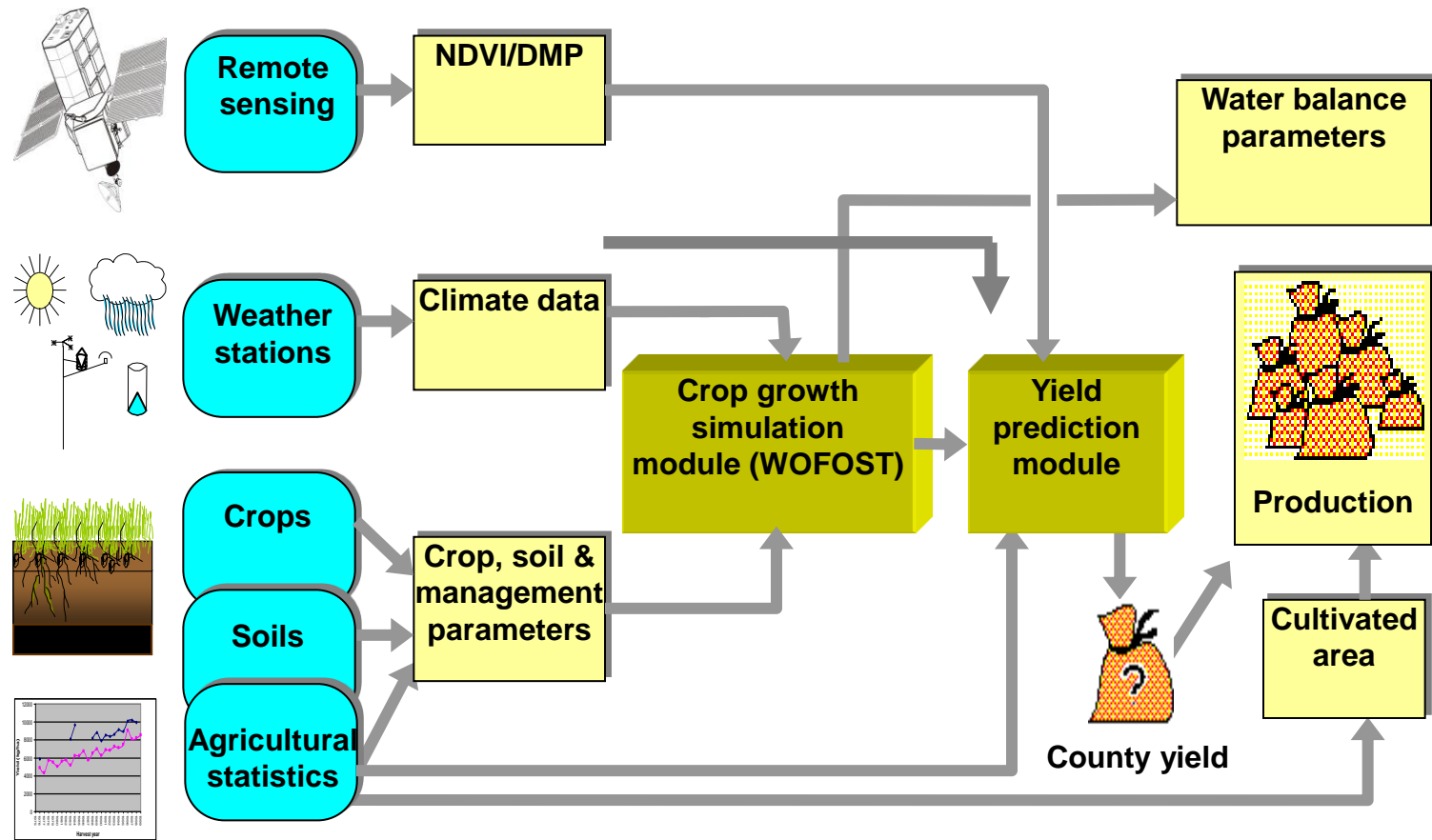
Décrivent des méthodes pratiques fournissant une estimation qualitative des effets du climat sur la croissance des cultures (Seuils, systèmes experts, similarity analysis)

Facteurs de variabilité du rendement



(Gommes R., 2003)

Suivi des cultures & prévision des rendements: organigramme



FAO, modified

Estimation pour chaque ANNEE x REGION x CULTURE par:

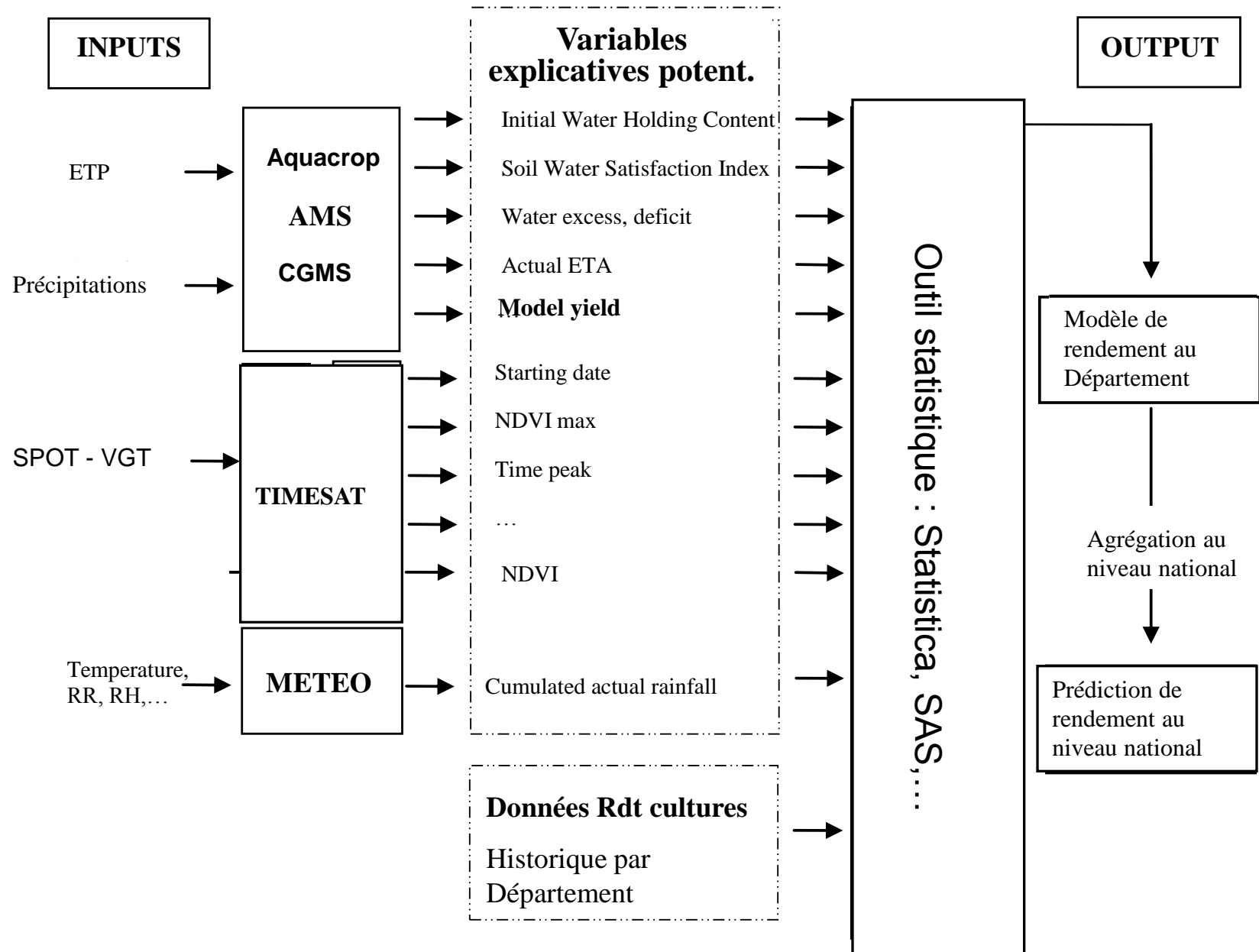
– Rendement = f_{cal} (4 types d'indicateurs)



Tendance, Meteo, Modèle Agrométéo, Télédétection

– Production = Rendement x Surface

Méthodologie générale

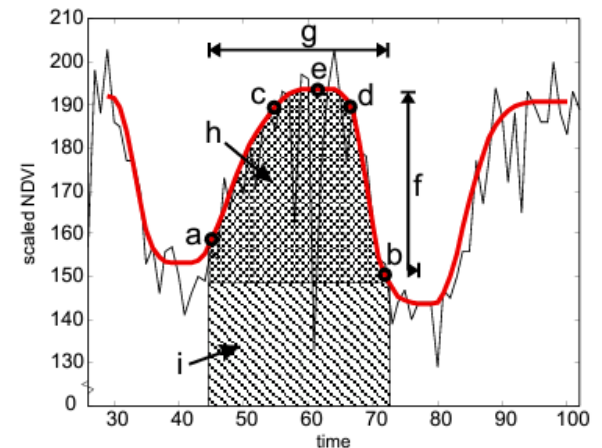
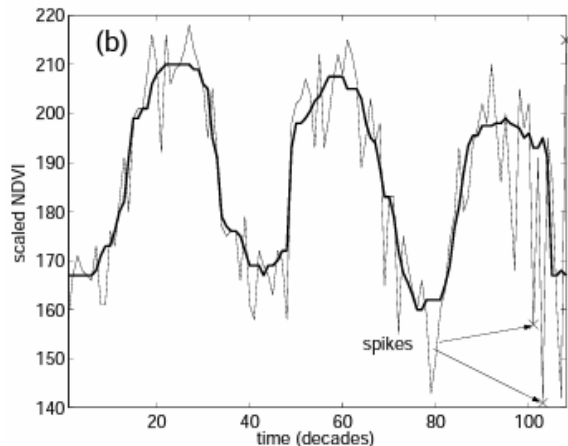


TIMESAT

- ❖ Timesat (Lars Eklundh et Per Jönsson) sert à l'analyse des séries temporelles de données satellites et l'utilisation de filtres +/- complexes pour atténuer les bruits qui perturbent le signal.

**LISSAGE DE SERIES
TEMPORELLES**

**EXTRACTION DE
METRIQUES SUR LA
SAISON DE
CROISSANCE**



AGROMETSHELL

Data Input ?

Stations	Lists	Crop definition
Actual daily data	Crop coefficients	
Actual 10-day data	Import ASCII files	
Actual monthly data		
10-daily normals	Monthly normals	

Database

Select file
Inventory
Backup

Data Output

Reports
Maps
Graphs

AgroMetShell

AMS

What it is ?
What it does

Water Balance

Crop Monitoring

New run	Edit run
Execute run	
View results	

Risk Analysis

New run	Edit run
Execute run	
View results	

Output Files ?

Make Images

Simple
Make SEDI file
SEDI interpolation

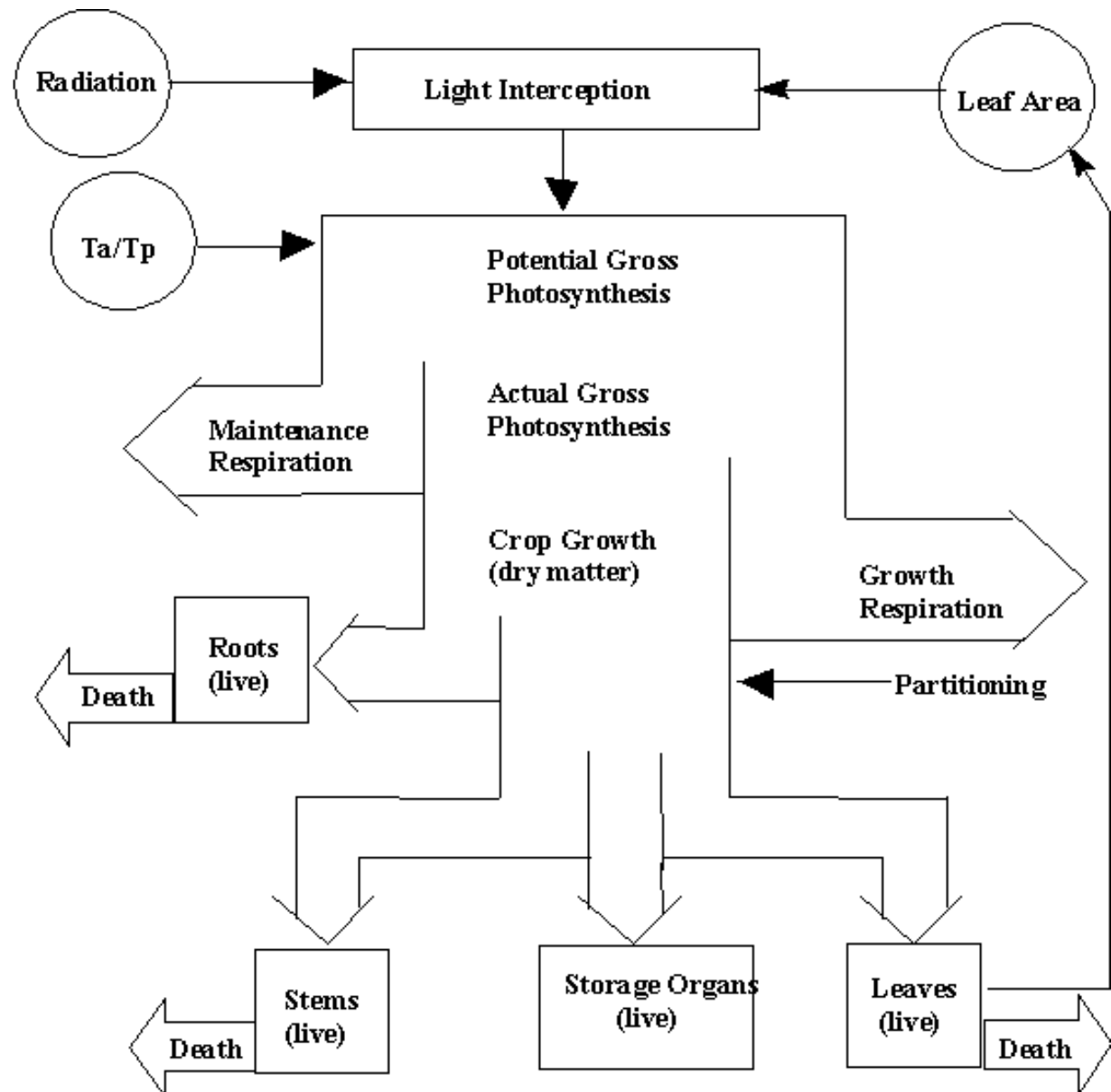
Some Tools

A note about file format ?

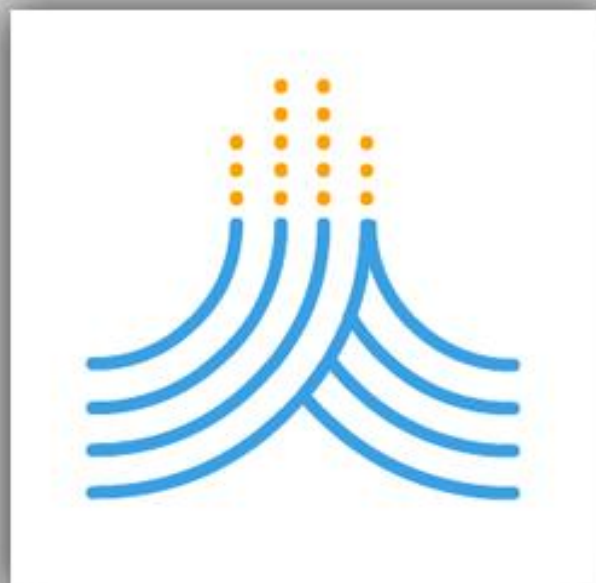
Interpolate missing data in file
Rainfall probabilities
Potential evapotranspiration
Length of growing period
Rescale image

Modèle basé sur la simulation de la photosynthèse

Schéma
général du
modèle de
croissance
cultural
WOFOST
(CGMS)



About



AquaCrop

Crop Water Productivity Model

Start

Exit

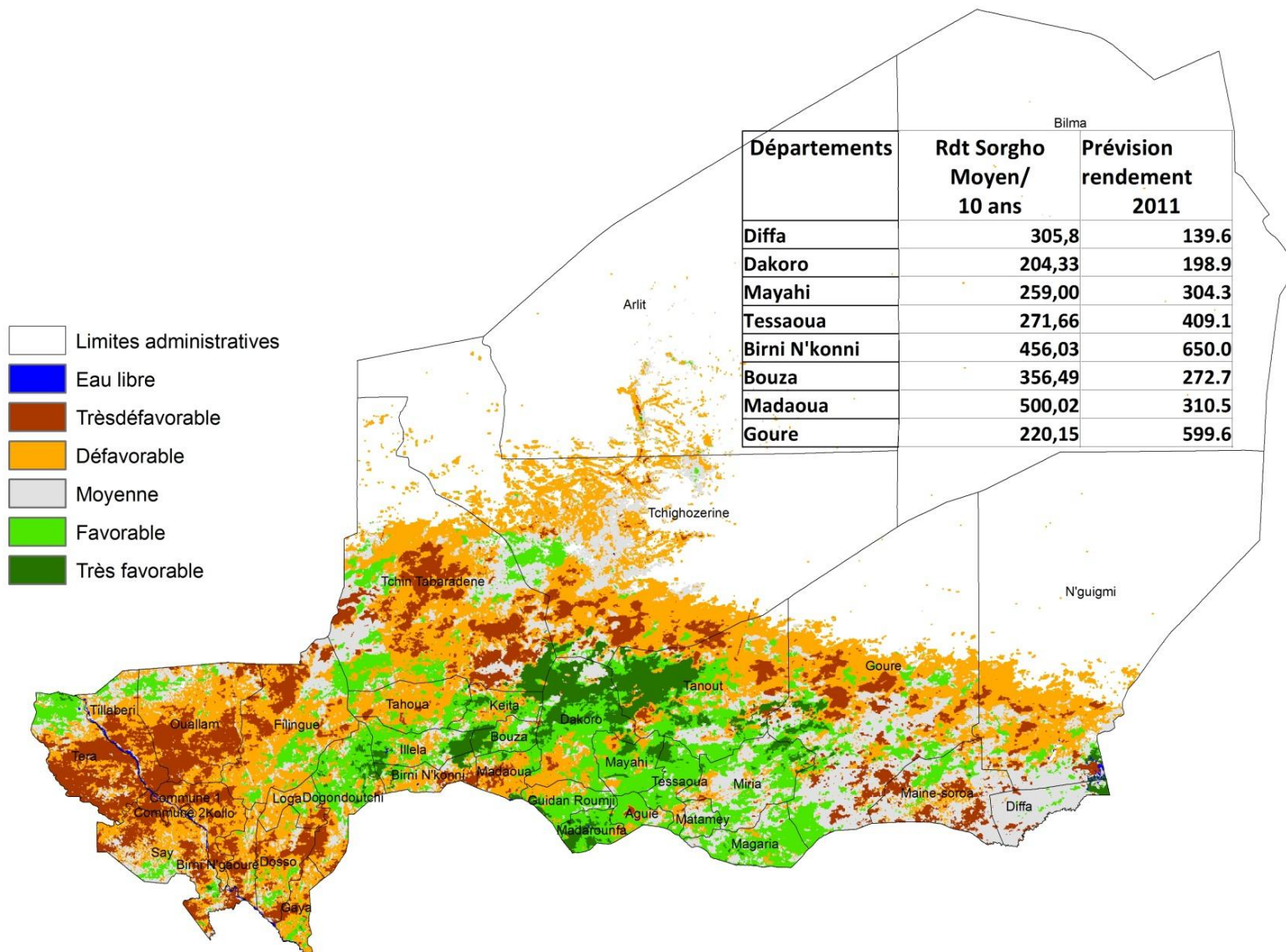
Land and Water Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations



Applications et quelques résultats

Prévision de rendement du sorgho au *Niger*

Départements	Rdt Sorgho Moyen/ 10 ans	Prévision rendement 2011	Borne inférieure 95%	Borne supérieure 95%
Diffa	305,8	139.6	107.7	171.4
Dakoro	204,33	198.9	176.5	221.3
Mayahi	259,00	304.3	289.2	319.3
Tessaoua	271,66	409.1	393.4	424.8
Birni N'konni	456,03	650.0	597.0	702.9
Bouza	356,49	272.7	245.0	300.5
Madaoua	500,02	310.5	285.6	335.4
Kollo	481,98	548.0	520.4	575.7
Goure	220,15	599.6	492.4	706.7



Prévision des récoltes céréalières au Maroc

Campagne agricole

2008-09

2009-10

2010-11

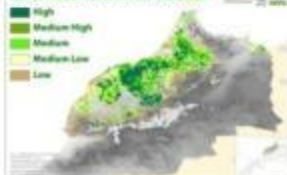
2011-12



DES PRÉCIPITATIONS PROLONGÉES ET SUPÉRIEURES À LA NORMALE ONT PERMIS UNE CAMPAGNE AGRICOLE EXCEPTIONNELLE

La campagne agricole 2008-2009 a été caractérisée par d'abondantes précipitations, bien réparties sur toute la saison. Il est prévu que cette campagne soit l'une des meilleures que le Maroc ait connues ces 20 dernières années, tant au niveau de rendement que de production.

2009 YIELD OF WINTER CEREALS



UNE CAMPAGNE AGRICOLE À NIVEAU EXCEPTIONNEL, DE FAISON À FAISON, DONT LE NIVEAU DE RENDEMENT A ÉTÉ TRÈS ÉLEVÉ, EN RAISON DES PRÉCIPITATIONS PROLONGÉES ET SUPÉRIEURES À LA NORMALE.

PRODUCTION DES CÉRÉALES D'HIVER (en millions de tonnes métriques)	PRODUCTION DES CÉRÉALES D'ÉTÉ (en millions de tonnes métriques)
Blé tendre	1.1
Blé dur	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1
Blé d'hiver	1.1
Blé d'été	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1

Source: JRC, IPS-AGRI4CAST, FAO, données nationales et données de terrain. Les données sont provisoires et peuvent être révisées.



BEAR-AVERAGE YIELDS FOR WINTER CROPS DUE TO DELAYED SOWING AND HISTORICALLY WARM APRIL



UNE CAMPAGNE AGRICOLE À NIVEAU EXCEPTIONNEL, DE FAISON À FAISON, DONT LE NIVEAU DE RENDEMENT A ÉTÉ TRÈS ÉLEVÉ, EN RAISON DES PRÉCIPITATIONS PROLONGÉES ET SUPÉRIEURES À LA NORMALE.

PRODUCTION DES CÉRÉALES D'HIVER (en millions de tonnes métriques)	PRODUCTION DES CÉRÉALES D'ÉTÉ (en millions de tonnes métriques)
Blé tendre	1.1
Blé dur	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1
Blé d'hiver	1.1
Blé d'été	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1

Source: JRC, IPS-AGRI4CAST, FAO, données nationales et données de terrain. Les données sont provisoires et peuvent être révisées.



Promising 2010-2011 crop season for winter cereals



UNE CAMPAGNE AGRICOLE À NIVEAU EXCEPTIONNEL, DE FAISON À FAISON, DONT LE NIVEAU DE RENDEMENT A ÉTÉ TRÈS ÉLEVÉ, EN RAISON DES PRÉCIPITATIONS PROLONGÉES ET SUPÉRIEURES À LA NORMALE.

PRODUCTION DES CÉRÉALES D'HIVER (en millions de tonnes métriques)	PRODUCTION DES CÉRÉALES D'ÉTÉ (en millions de tonnes métriques)
Blé tendre	1.1
Blé dur	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1
Blé d'hiver	1.1
Blé d'été	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1

Source: JRC, IPS-AGRI4CAST, FAO, données nationales et données de terrain. Les données sont provisoires et peuvent être révisées.



Bulletin de prévision de la récolte céréalière



UNE CAMPAGNE AGRICOLE À NIVEAU EXCEPTIONNEL, DE FAISON À FAISON, DONT LE NIVEAU DE RENDEMENT A ÉTÉ TRÈS ÉLEVÉ, EN RAISON DES PRÉCIPITATIONS PROLONGÉES ET SUPÉRIEURES À LA NORMALE.

PRODUCTION DES CÉRÉALES D'HIVER (en millions de tonnes métriques)	PRODUCTION DES CÉRÉALES D'ÉTÉ (en millions de tonnes métriques)
Blé tendre	1.1
Blé dur	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1
Blé d'hiver	1.1
Blé d'été	0.1
Orge	0.1
Maïs	0.1
Sorgho	0.1

Source: JRC, IPS-AGRI4CAST, FAO, données nationales et données de terrain. Les données sont provisoires et peuvent être révisées.

Modèles empiriques de régression pour la prévision des rendement du blé (100 x kg.ha⁻¹) au **Maroc** à différentes décades avant la récolte sur base du NDVI et des précipitations

Dekad	Regression model ^a	df ^b	R ²	Error ^c (100xkg.ha ⁻¹)	R _p ^{2 d}
Model 1 1 st March	-9.499 + 7.195 ΣNDVI ^e + 0.022 s3d2 + 0.106 f1m1 (66) ^f (4) (28)	12	98***	0.84 (8.6%)	96***
Model 2 2 ^d March	-9.943 + 6.079 ΣNDVI + 0.021 s3d2 + 0.096 f1m1 (73) (4) (21)	12	98***	0.79 (7.7%)	96***
Model 3 3 rd March	-9.090 + 5.001 ΣNDVI + 0.023 s3d2 + 0.076 f1m1 (83) (4) (10)	11	97***	1.00 (9.0%)	94***
Model 4 1 st April	-10.309 + 4.486 ΣNDVI + 0.026 s1d1 + 0.050 f1a1 (82) (6) (9)	11	97***	1.11 (9.5%)	92***
Model 5 2 ^d April	-8.829 + 3.765 ΣNDVI + 0.030 s3n3 + 0.032 j3a2 (84) (7) (7)	11	98***	0.73 (6.8%)	96***
Model 6 3 rd April	-8.823 + 3.593 ΣNDVI + 0.028 s3n3 + 0.028 j3a1 (85) (6) (6)	11	98***	0.82 (7.4%)	95***
Model 7 3 rd April	-7.427 + 4.584 ΣNDVI (85)	11	85***	1.65 (14.6%)	81***

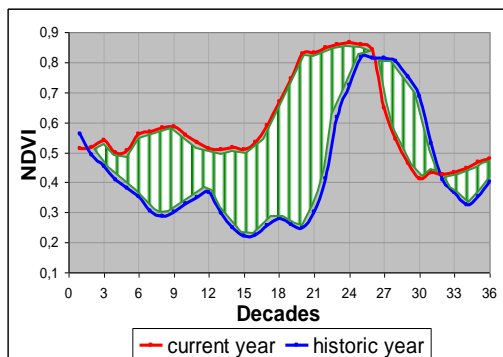
Analyse de Similarité

- Recherche de **l'année la plus semblable** à l'année en cours dans les séries historiques de pixels (profile matching) et identification de bonnes ou mauvaises années similaires
- Hypothèse: des conditions similaires vont donner des **rendements similaires**

DISTANCE



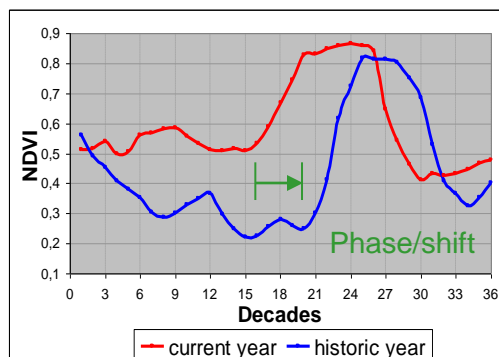
La similarité globale dépend de la phase et de l'intensité



CORRELATION



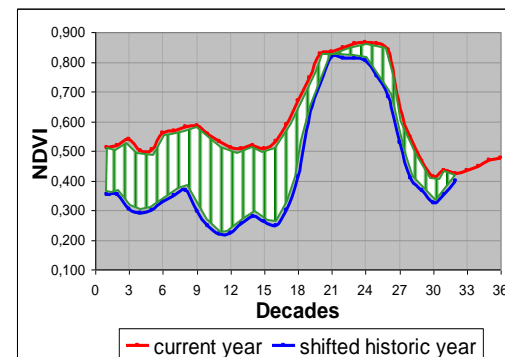
Le déphasage du cycle est indépendant de l'intensité



CORRELATION + DISTANCE



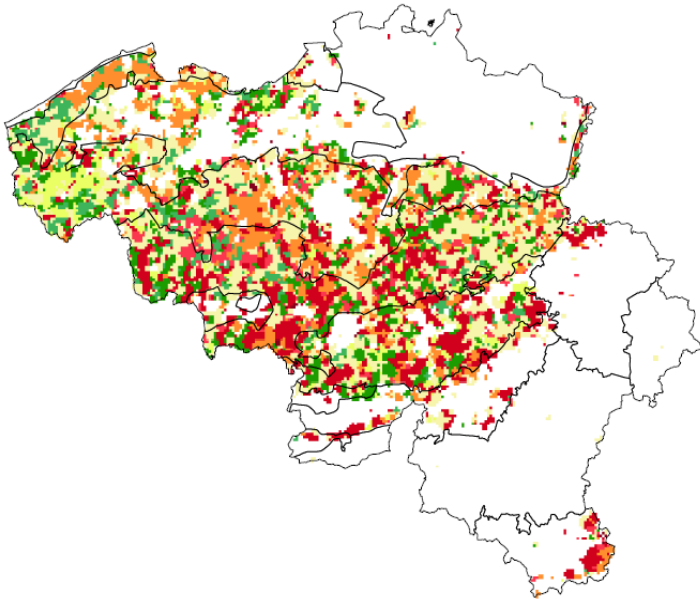
La similarité du cycle est indépendante de la date















Minimiser l'erreur quadratique!

$$RMSE_{archive,s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ongoing,i} - X_{archive,i,s})^2}{n}}$$

Analyse de Similarité



Année	Rendement dérendancé	Moyenne	Surface
 2007	8.2 t/ha	-8.6%	1.1%
 2006	8.7 t/ha	-3.6%	29.6%
 2000	8.7 t/ha	-2.8%	4.5%
 2001	8.8 t/ha	-2.2%	12.6%
 2010	8.9 t/ha	-0.5%	18.7%
 2002	8.9 t/ha	-0.5%	1.6%
 2005	9.0 t/ha	+0.1%	9.8%
 2008	9.0 t/ha	+0.1%	5.6%
 2003	9.1 t/ha	+1.0%	3.3%
 1999	9.3 t/ha	+3.9%	4.7%
 2004	9.5 t/ha	+5.8%	2.2%
 2009	9.7 t/ha	+7.3%	6.4%

Cas du froment d'hiver en Belgique en 2011 : bulletin de juillet

Bulletin Agrométéorologique National – Année 10



10^{ème} année, # 3



15 septembre 2012

Bulletin Agrométéorologique **Situation au 1^{er} septembre 2012**

Résumé

Les mois de juillet et août furent contrastés au niveau des précipitations. Juillet fut anormalement pluvieux, août anormalement sec, l'un compensant l'autre. Les conditions de températures au cours de ces deux mois furent par contre normales. La courte période chaude et sèche de la seconde décade d'août n'aura eu que peu d'impact négatif. Elle aura davantage permis aux cultures de rattraper leur retard phénologique. Les rendements annoncés sont proches des valeurs moyennes observées au cours de ces cinq dernières années que ce soit pour le maïs, la betterave ou la pomme de terre, ce qui confère à cette année un caractère normal (confirmé par les images satellites) si les semis ont pu être réalisés à temps et dans de bonnes conditions.

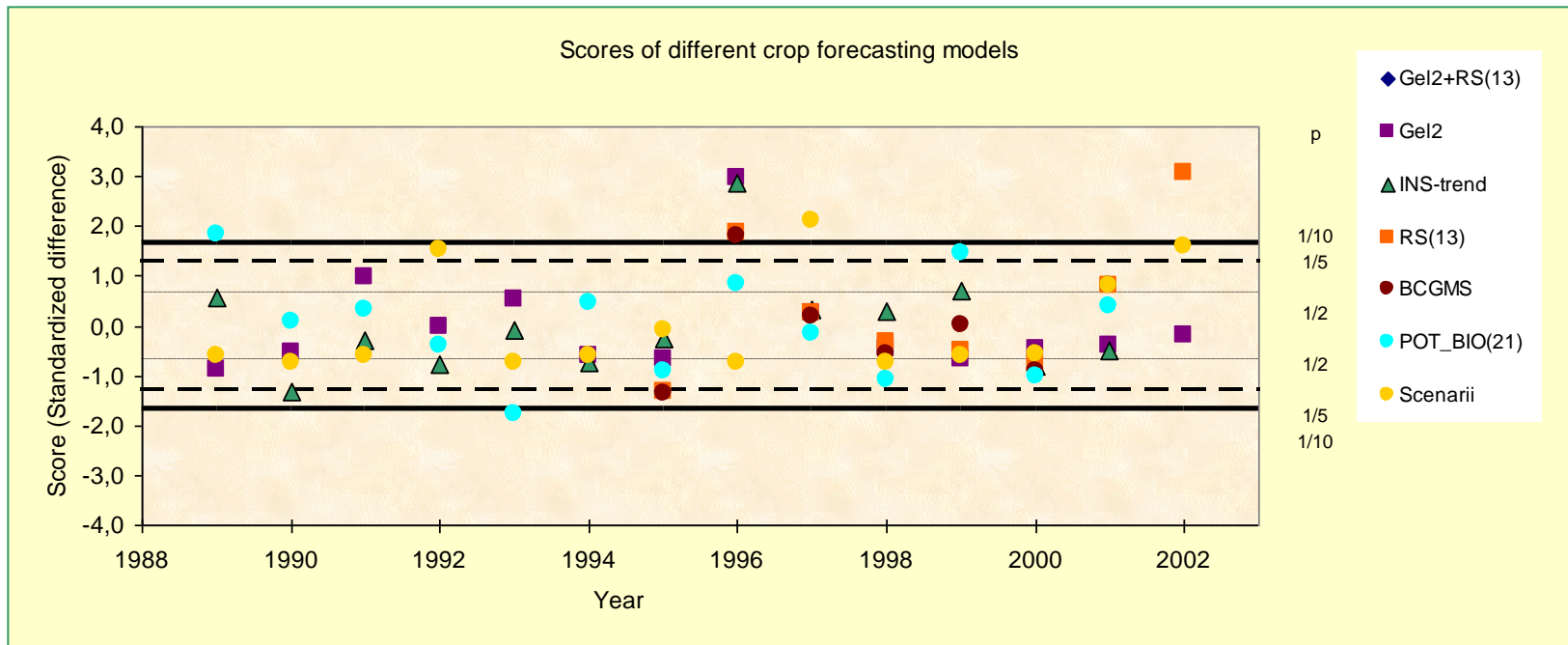
Objectifs

Le bulletin agrométéorologique fournit des informations sur les conditions météorologiques en lien avec les activités agricoles. Il renseigne sur le développement global de la biomasse. Il donne une indication des tendances des rendements des principales cultures à partir d'un ensemble de variables explicatives provenant de trois sources d'information : données météo, données agrométéorologiques issues du modèle B-CGMS (Belgian Crop Growth Monitoring System) et imageries satellitaires. L'approche ne tient pas compte des pertes de rendement liées aux difficultés de récolte.

Conclusions et perspectives: Analyse de l'incertitude

Plusieurs modèles de prévisions de rendements sont considérés simultanément

- Technological trend
- B-CGMS potential biomass
- Remote sensing indices
- B-CGMS + RS indices of biomass
- Agrometeorological variables
- Agrometeorological variables + RS indices
- Scenarii analysis
- ...



B et H-CGMS project

Conclusions et perspectives

- Limitations des modèles connues mais ils rendent des services à la Société
- Prise en compte d'autres facteurs du rendement : maladies, positionnement des pluies, politique agricole...
- Nouvelles approches : assimilation, analyse des phases sénescences des courbes d'indices de végétation.
- **Merci Robert pour ces si belles années de collaboration !**