

# Assimilation d'informations issues des systèmes d'observation de la terre dans les modèles de croissance : potentialités et limitations

*La collecte de l'information et le développement de systèmes d'aide à  
la décision, un appui à une agriculture en constante évolution*

**Yannick Curnel**

*U11 – Systèmes agraires, territoires et technologie de l'information*

# Contexte



Les modèles de croissance représentent d'estimables outils pour :

- La **recherche** :
  - Synthèse des connaissances
  - Amélioration de la compréhension des processus physiologiques modélisés
  - ...
- La **gestion efficace des systèmes agricoles (SAD)**:
  - Gestion de l'eau
  - Gestion des fertilisants
  - ...
- La **mise en place de politiques** :
  - Prévion des rendements
  - Évaluation des changements climatiques
  - Aide à la mise en place de meilleures pratiques en vue de réduire par exemple l'érosion du sol et le lessivage des nitrates et des pesticides
  - ...

# Contexte



La **précision des modèles** est malheureusement limitée par différentes **sources d'incertitudes** au niveau :

- Des **variables d'entrées** (e.g. données météorologiques)
- Des **paramètres** (e.g. profondeur de sol, variétés) et des **états initiaux** (e.g. calendrier cultural)
- Du **modèle** (e.g. compréhension incomplète du processus modélisés, non prise en compte de certains phénomènes comme (maladies...))

→ *Induit de l'incertitude au niveau des variables d'états / sorties du modèle (e.g LAI)*

Centre wallon de Recherches agronomiques

# Contexte



L'incertitude dans les modèles peut être réduite notamment par :

1. Une meilleure estimation des paramètres du modèle (e.g. amélioration du réseau d'observations et/ou de la précision de mesures)
2. L'amélioration du modèle *sensus stricto* (e.g. meilleure représentation des processus physiques)
3. Le développement de techniques permettant de combiner de façon optimale variables d'état du modèle et observations (assimilation de données)
  - Observations et simulations fournissent des informations complémentaires, éventuellement à différentes échelles temporelles et spatiales
  - L'imagerie satellitaire constitue une excellente source de données pouvant être assimilée dans les modèles par la fourniture d'informations sur la croissance des cultures quasiment en temps réel sur une large aire d'intérêt

# Observations assimilées



Fonction des variables d'état du modèle et des observations pouvant être estimées au départ de l'imagerie satellitaire

	Biophysical Variables	Spectral domains				
		Visible Near Infrared	Near Infrared Short Wave Infrared	Thermal Infrared	Active $\mu$ -wave (radar)	Passives $\mu$ -wave
Canopy structure	<i>LAI</i>	+++	+++	+	++	+
	Leaf orientation	+++	+++	+	+	+
	Leaf size and shape	+	+	+	+	+
	Canopy height	-	-	-	++	-
	Canopy water mass				+++	+++
Leaf characteristics	Chlorophyll content	+++	-	-	-	-
	Water content	-	+++	-	+++	+++
	Temperature	-	-	++++	-	++
Soil characteristics	Surface soil moisture	-	+	+	+++	+++
	Roughness	+	+	-	++	+
	residues	+++	++	-		-
	Organic matter	++	++	-	-	-
	Soil type	++	++	+		
Secondary variables	<i>fCover</i>	++++	++++	++	++	+
	<i>fAPAR</i>	++++	++++			
	albedo	++++	+++			
	Long wave flux	-	-	++++	-	-

+ états initiaux du modèle (e.g. dates de coupe...)

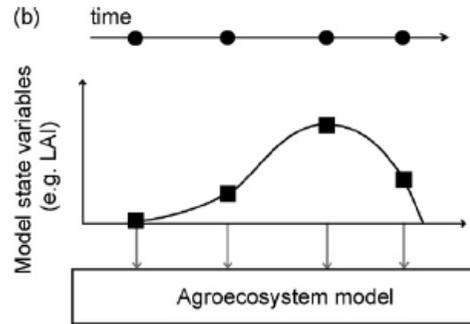
Centre wallon de Recherches agronomiques



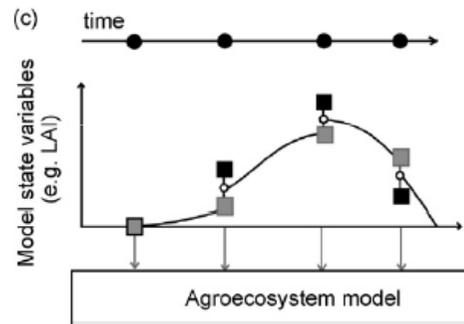
# Techniques d'assimilation



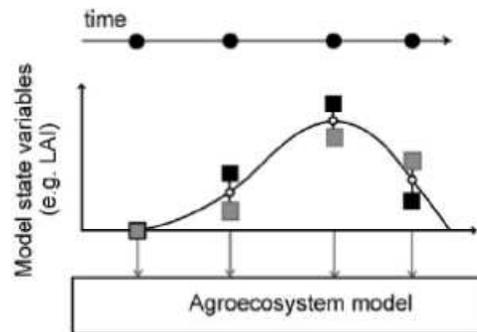
## Forçage



## Filtrage



## Recalibration



- Signal satellitaire (réflectances...)
- Variable biophysique issue de l'imagerie satellitaire (observée)
- Variable d'état simulée (avant assimilation)
- Variable d'état du modèle (après assimilation)

From Dorigo et al. (2007)



# De la théorie à la pratique...



Assimilation de LAI issus d'images MODIS (250 m) dans le modèle WOFOST (Méthode d'assimilation)

AOI: Région wallonne, période : 2000-09

	R <sup>2</sup> (%)	RMSE (t/ha)
Trend	24,30	0,45
No assimilation	46,85	0,43
After assimilation	64,65	0,36

Adapté de "De Wit et al. (2012)"

Centre wallon de Recherches agronomiques

# De la théorie à la pratique...



Assimilation de LAI issus d'images MODIS (250 m) dans le modèle WOFOST (Méthode d'assimilation)

AOI: Région wallonne, période : 2000-09

	R <sup>2</sup> (%)	RMSE (t/ha)
Trend	24,30	0,45
No assimilation	46,85	0,43
After assimilation	64,65	0,36

Adapté de "De Wit et al. (2012)"

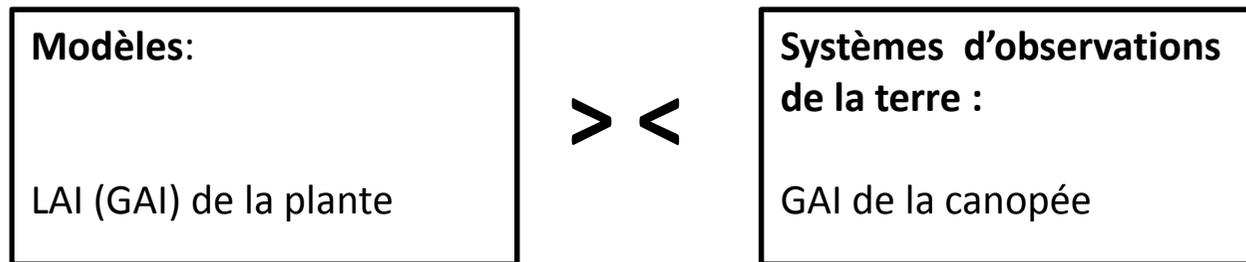
**! Différents facteurs influent sur l'efficacité de l'assimilation**

# Assimilation (possibles limitations)



## 1. Absence de concordance stricte entre variables observée et simulée (e.g. LAI)

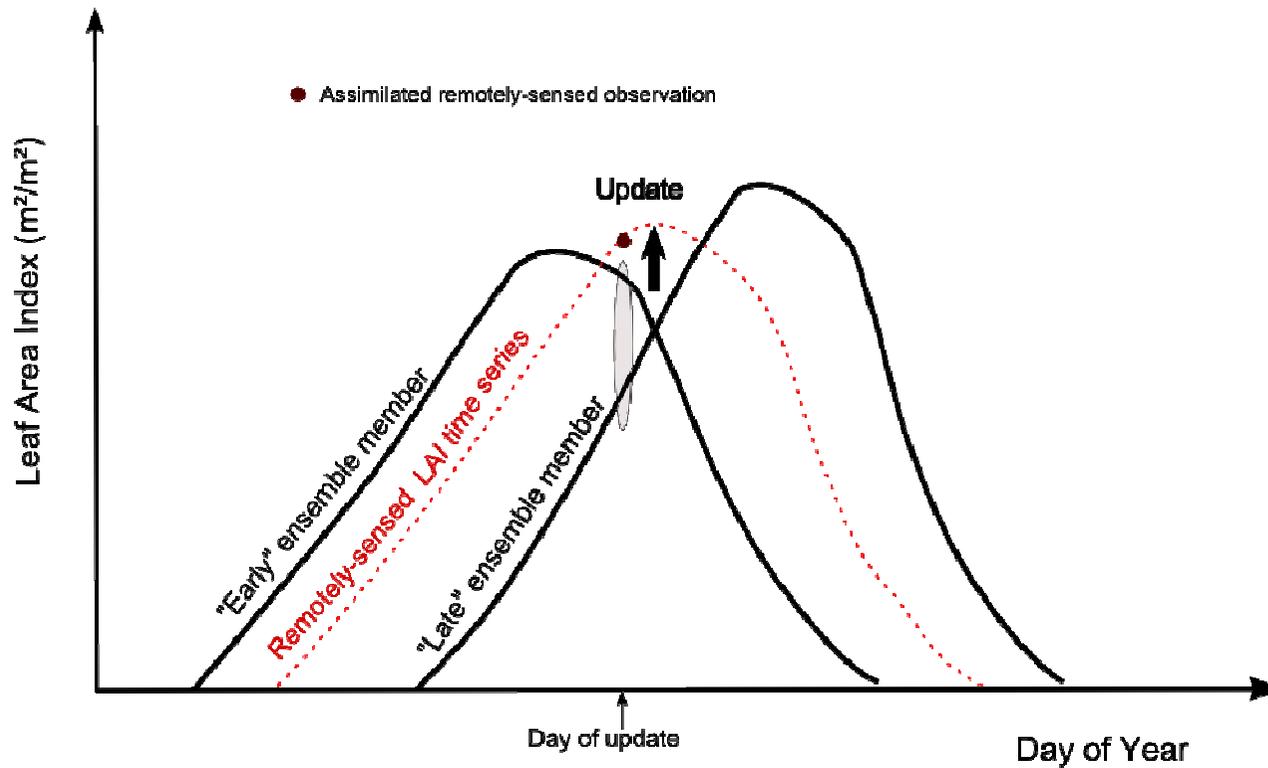
- Les modèles de croissance simulent le LAI de l'ensemble de la plante alors que...
- ...le « LAI » estimé au départ des systèmes d'observation de la terre se rapporte en réalité à la portion de la canopée photosynthétiquement active (incluant les feuilles mais aussi les organes de stockage, les tiges...)



Centre wallon de Recherches agronomiques

# Assimilation (possibles limitations)

## 2. Décalage phénologique entre variables observées et simulées

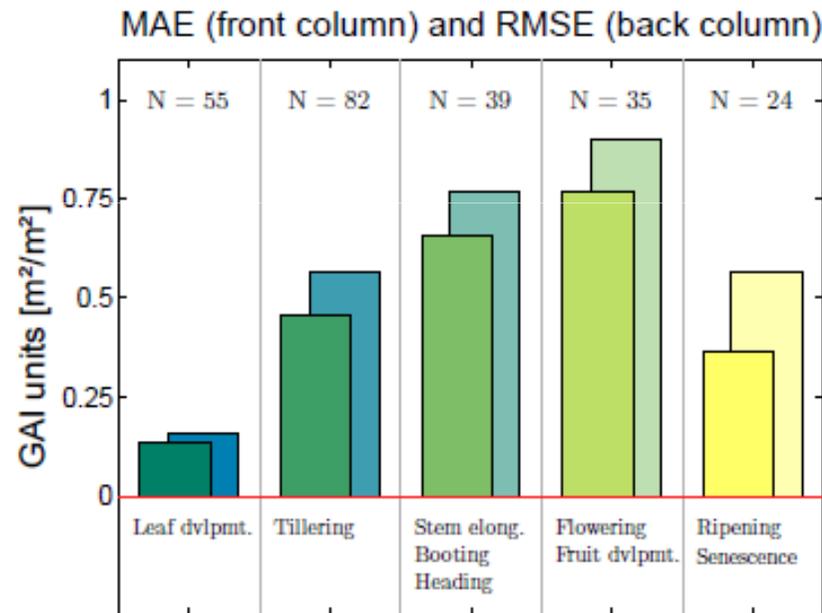


# Assimilation (possibles limitations)



## 3. Observations issues des systèmes d'observation de la terre

- Incertitude importante



Centre wallon de Recherches agronomiques



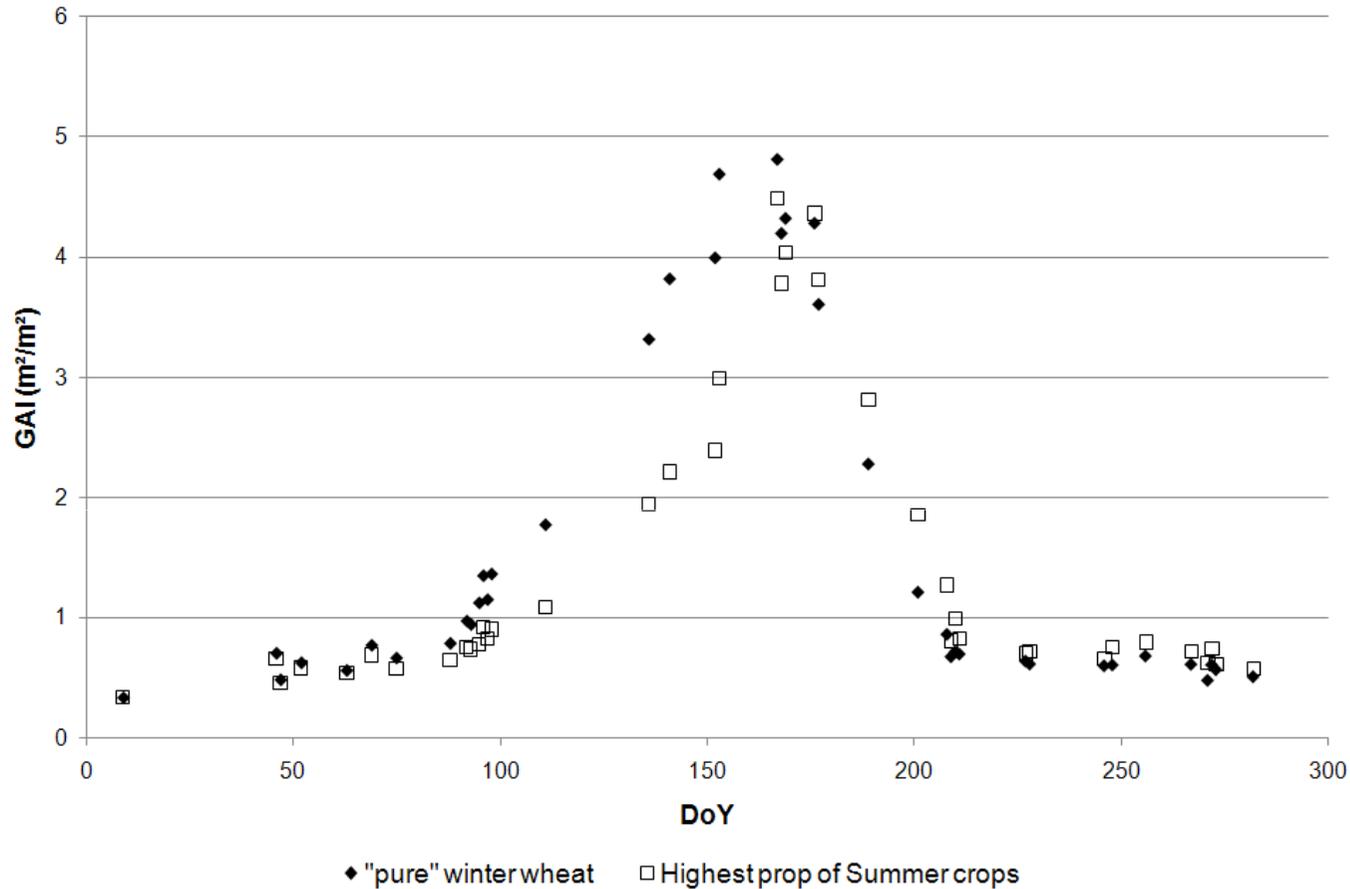
# Assimilation (possibles limitations)



## 3. Observations issues des systèmes d'observation de la terre

- Incertitude importante
- Résolution temporelle Vs résolution spatiale (optique)
  - Actuellement il existe une relation inverse entre résolution temporelle (absolue) et résolution spatiale
    - MODIS : 250 m de résolution spatiale, 1-2 j de résolution temporelle
    - SPOT : 10 m de résolution spatiale, 26 j de résolution temporelle
  - ! Modèle culture spécifique (! pixels mixtes)

# Assimilation (possibles limitations)



MODIS (250 m) – pureté d'au moins 75% en froment d'hiver



# Assimilation (possibles limitations)



## 3. Observations issues des systèmes d'observation de la terre

- Incertitude importante
- Résolution temporelle Vs résolution spatiale (optique)
  - Actuellement il existe une relation inverse entre résolution temporelle (absolue) et résolution spatiale
    - MODIS : 250 m de résolution spatiale, 1-2 j de résolution temporelle
    - SPOT : 10 m de résolution spatiale, 26 j de résolution temporelle
  - ! Modèle culture spécifique (! pixels mixtes)
  - Solution dans les constellations de capteurs (Sentinel) ?

Merci de votre attention !



Centre wallon de Recherches agronomiques

# Références



- Dorigo, W.A., Zurita-Milla, R., de Wit, A.J.W., Brazile, J., Singh, R., Schaepman, M.E., 2007. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. *International Journal of Applied earth Observation and Geoinformation* 9, 165-193.
- De Wit, A., Duveiller, G., Defourny, P., 2012. Estimating regional winter wheat yield with WOFOST through the assimilation of green area index retrieved from MODIS observations. *Agricultural and forest meteorology* 164, 39-52.

Centre wallon de Recherches agronomiques