

# Projet MIMOSA



## Analyse des méthodes d'intégration des techniques de modélisation et de l'information satellitaire multi-capteurs dans des systèmes d'aide à la décision

---

Dominique Buffet  
Frédéric Vanwindekens  
Yannick Curnel

**Département Agriculture et Milieu naturel (D3)**  
Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information  
(U11)

Jean-Pierre Goffart  
**Département Productions et filières (D2)**  
Unité Stratégies phytotechniques (U5)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

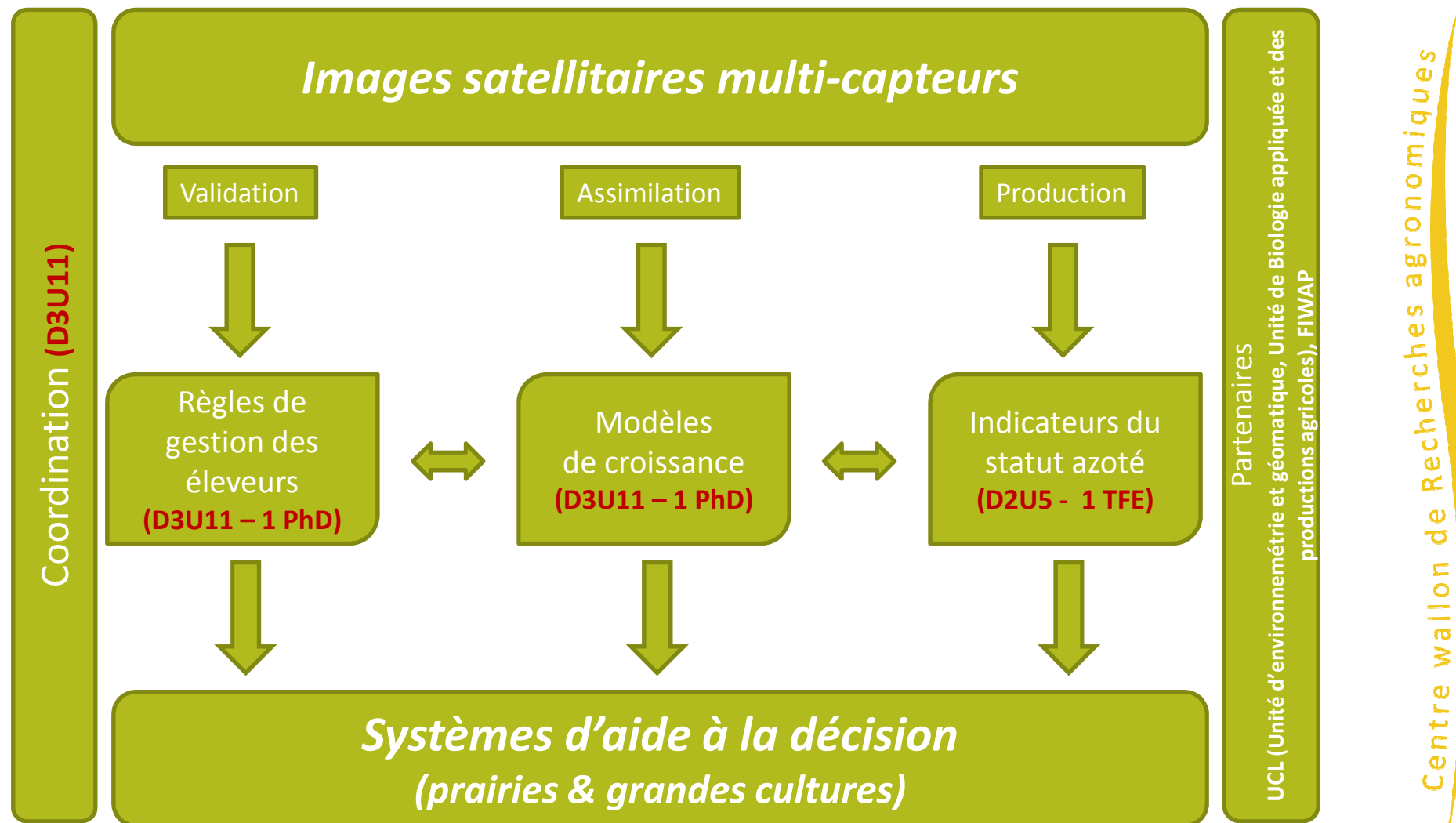
Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



Centre wallon de Recherches agronomiques

# Contexte et objectifs généraux de MIMOSA



Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# « SAD-N et Grandes Cultures »

## Mise en relation l'information satellitaire avec le statut azoté des cultures de pomme de terre et de froment d'hiver

---

Jean-Pierre Goffart  
Département Productions et filières (D2)  
Unité Stratégies phytotechniques (U5)

# Contexte et objectifs



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Etude des potentialités d'utilisation des caractéristiques spectrales (VIS et NIR) de la biomasse obtenues par **télédétection spatiale**, pour la gestion de la fertilisation azotée.
- Amélioration de SAD-N développés au CRA-W, opérationnels à l'échelle de la parcelle agricole avec des mesures de transmittance de terrain  
(chlorophyllomètre manuel)



- **SAD - Pomme de terre :**

Fixer la nécessité d'un apport N complémentaire en c  
(fractionnement des apports)

- **SAD - Froment d'hiver :**

Fixer le niveau de la 3ième fraction (stade GS39)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Contexte et objectifs

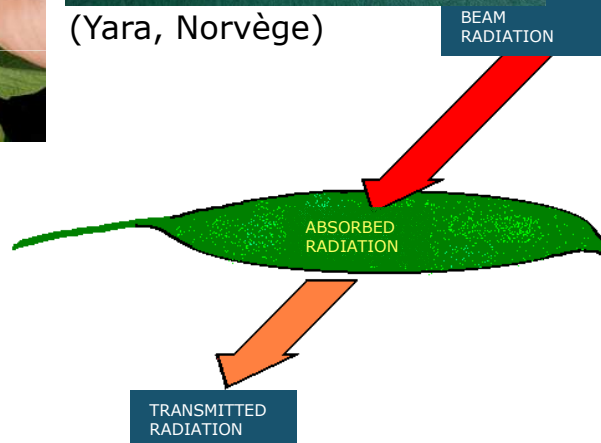
## Chlorophyllomètre SPAD / HN-Tester



(Minolta, Japon)



(Yara, Norvège)



**Transmittance dans 2 longueurs d'onde: 650 nm (R) and 940 nm (PIR)**

1 mesure = moyenne de 30 lectures individuelles (= 2- 3 mm surf. fol.)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5

# Caractéristiques importantes des SAD à considérer



- Règles de décision basées sur des valeurs relatives des mesures chlorophyllomètre HNt
  - Pomme de terre: HNt parc(70%) - HNt ref 0N
  - Froment d'hiver: HNt parc(100%) / HNt ref 200% (surf)
- Zones de référence de petite taille (aspect opérationnel) mais suffisamment représentatives de la parcelle
- Périodes optimales de mesure avec chloro sont définies
  - Pomme de terre: entre 20 et 50 Jours après émergence (15/6 et 15/7)
  - Froment d'hiver: entre stade GS30 et GS 39 (1er et 20 mai)

Centre wallon de Recherches agronomiques

# Caractère innovant de l'approche par télédétection spatiale



- Prise en compte de l'ensemble de la biomasse aérienne de la parcelle, comparativement à un échantillon de 30 mesures individuelles au sol avec le chlorophyllomètre.

- Possibilité de détecter et de géoréférencer l'hétérogénéité de la parcelle en SIG et de l'intégrer dans le conseil.

(zones à conseil N spécifique au sein d'une parcelle)

- Prise en compte simultanée, au sein d'une même image satellite, de l'information de l'ensemble des parcelles géoréférencées d'une région.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Contraintes imposées à la télédétection spatiale pour sa mise en œuvre dans les SAD



Centre wallon de Recherches agronomiques

- **Résolution spatiale** de 10 m maximum  
(taille des pixels de l'image numérique)
- **Résolution temporelle** de quelques jours  
(temps de retour du satellite sur la même parcelle)
- **Résolution spectrale** : multispectrale au minimum  
(bande dans le vert, le rouge et le proche infra-rouge)
- **Résolution radiométrique** suffisante  
(sensibilité des capteurs du satellite)
- Angle de vue des capteurs par rapport au Nadir : max 31°
- Absence de nuages au passage du satellite
- Disponibilité très rapide des données optiques corrigées  
(dans les 24h)
- Sensibilité à l'azote et précision des données optiques
- Facilités de programmation du passage du satellite

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Acquisition d'informations SPOT 5



Centre wallon de Recherches agronomiques



## *Pomme de terre*

25 juillet 2008 (trop tard) - 5 août 2009 (trop tard) - 8 juillet 2010 ok!

Scène SPOT 5 à 10m (G R NIR MIR) - bonne qualité d'image

2008: niveaux brut 1A (corr radiom.) et 3 (ortho-rectifié; CP et MNT)

2009: niveau 2A

2010: niveau brut 1A

## *Froment d'hiver*

8 mai 2008 – 2009 pas d'acquisition d'image (conflit/météo)

Scène SPOT 5 à 10 m (G R NIR MIR) - très bonne qualité d'image  
niveaux brut 1A (corr radiom.) et 3 (ortho-rectifié; GCP et MNT)

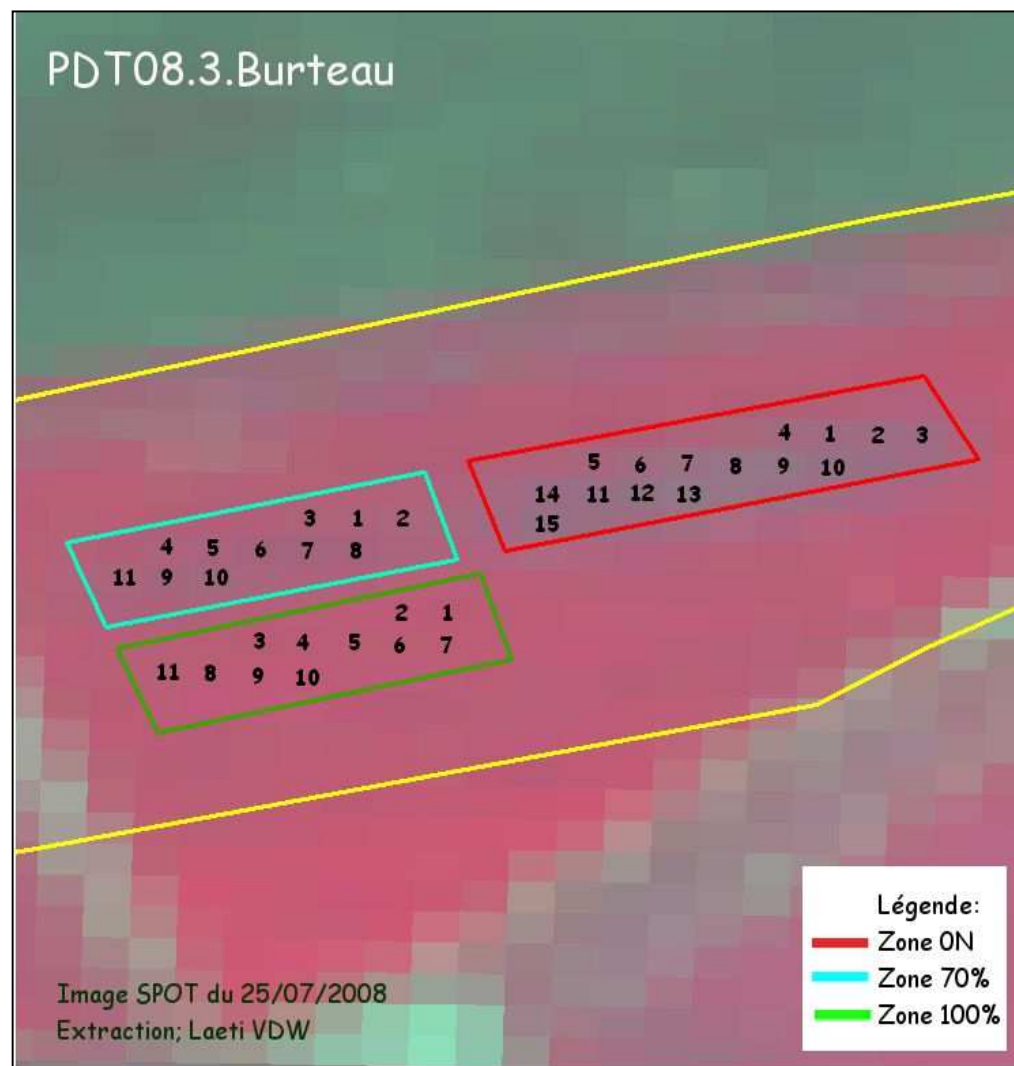
Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5

# Année 2008 - SPOT 5

## Extraction de **PLUSIEURS PIXELS** dans chaque zone N de la parcelle



Centre wallon de Recherches agronomiques



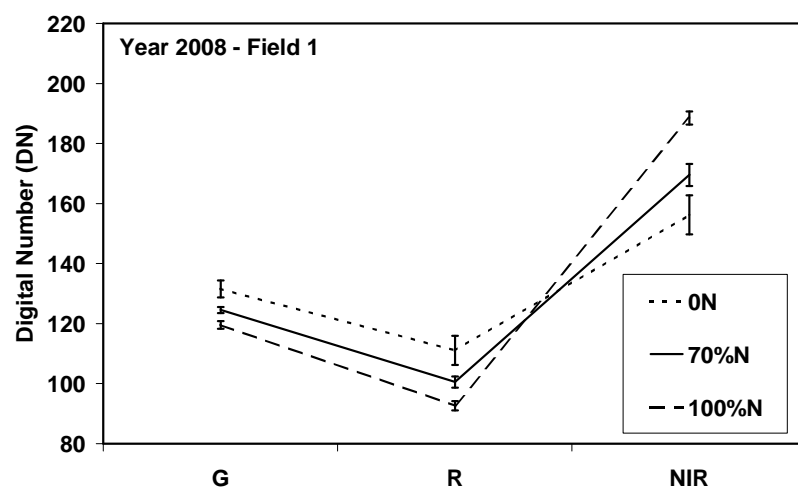
# Résultats en pomme de terre



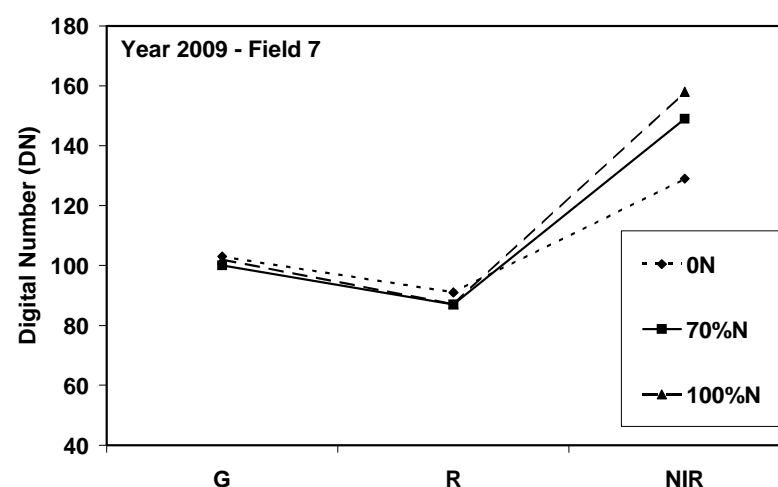
## ● Sensibilité et précision des données SPOT5

Pomme de terre 2008: discrimination et  
faible variation entre pixels

Pomme de terre 2009: discrimination maintenue (1 pixel)



Entre 15 à 30 pixels par zone



1 pixel central par zone

Centre wallon de Recherches agronomiques

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Résultats en froment d'hiver



## ● Sensibilité et précision des données SPOT5

Froment d'hiver 2008 : peu ou pas de discrimination entre zones 100% et référence surfertilisée

	Parcelles	Nbre de pixels	G	R	NIR
Zone 100% N	Brion	44	<b>77</b> (3,1)	<b>67</b> (3,6)	<b>113</b> (5,0)
	Reuliaux	18	<b>77</b> (1,9)	<b>65</b> (2,2)	<b>126</b> (1,9)
	Dubois	33	<b>79</b> (1,9)	<b>68</b> (2,7)	<b>119</b> (2,2)
Zone 200% N	Brion	55	<b>76</b> (2,1)	<b>67</b> (2,3)	<b>114</b> (3,8)
	Reuliaux	23	<b>76</b> (1,1)	<b>63</b> (1,5)	<b>126</b> (1,1)
	Dubois	32	<b>80</b> (3,8)	<b>70</b> (5,0)	<b>131</b> (1,9)

Centre wallon de Recherches agronomiques

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



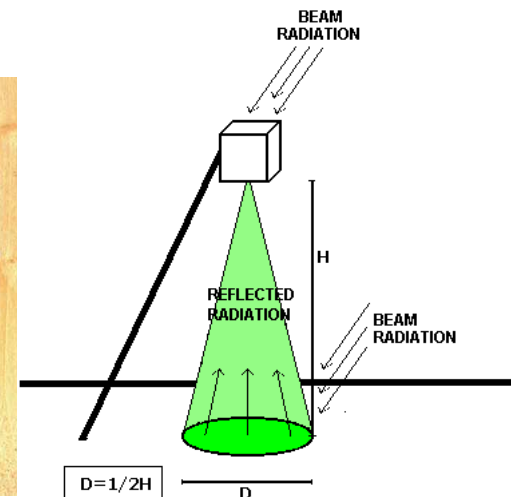
# Résultats

## Validation des données de réflectance SPOT

A l'aide de données de réflectance de terrain acquises de manière hebdomadaire avec un radiomètre multispectral portable: le Cropscan



460 - 510 - 560 - 610 - 660 - 710 - 760 - 810



Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5

# Résultats



## ● Etablissement d'Indices de végétation (VI)

- Requis pour accroître la sensibilité des indicateurs du statut azoté de la culture, intégrables dans les SAD.
- Basés sur des combinaisons des données de réflectance des différentes longueurs d'onde considérées (G, R, NIR)

### Exemples:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{R}) / (\text{NIR}+\text{R})$$

$$\text{SAVI} = [ (\text{NIR}-\text{R}) / (\text{NIR}+\text{R}+0,5) ] * 1,5$$

$$\text{GSAVI} = [ (\text{NIR}-\text{G}) / (\text{NIR}+\text{G}+0,5) ] * 1,5$$

Centre wallon de Recherches agronomiques

# Conclusions préliminaires et perspectives



1. Bonne sensibilité des images SPOT 5 en pomme de terre, indépendamment de la taille des zones de référence (plusieurs pixels ou 1 pixel central) et faible variabilité entre pixels d'une même zone

*Année 2010*: année de confirmation (30 parcelles en pdt)

2. Faible disponibilité des images SPOT 5 pendant les périodes requises (nuages, conflit de programmation avec autres utilisateurs)

*Solution*:

- soit recherche de collaboration plus étroite avec SPOT 5 image
- soit recherche de collaboration avec d'autres fournisseurs d'images satellites (constellation pléiades, Rapid-Eye)

3. Le rêve:

Développement d'un service « Conseil de fumure N CRA-W » on-line via le site Web du CRA-W

Centre wallon de Recherches agronomiques

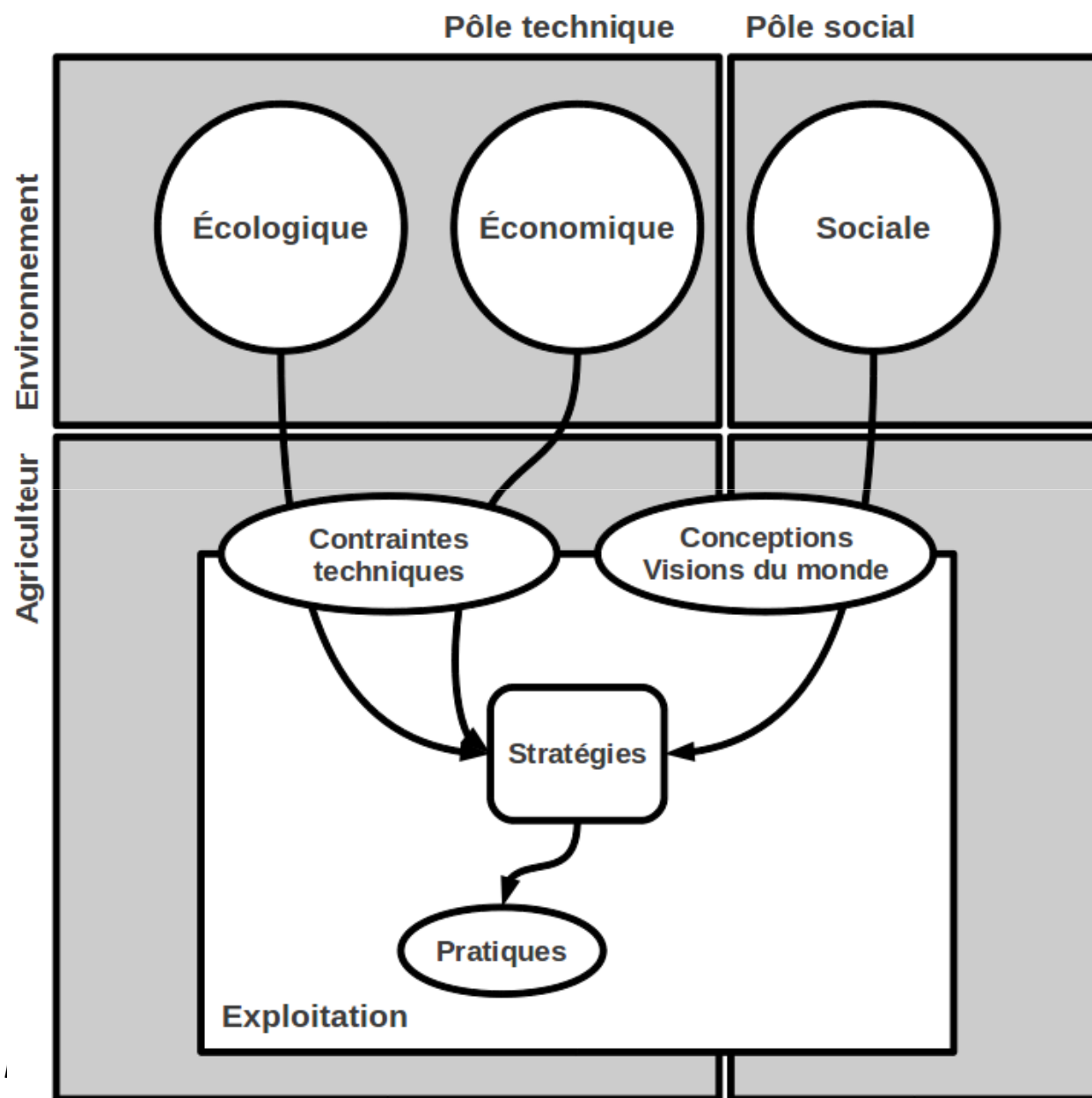
# Compréhension et modélisation des processus décisionnels dans les systèmes fourragers en région herbagère

---

Frédéric Vanwindekens  
Didier Stilmant  
Le personnel technique U11

Département Agriculture et Milieu naturel (D3)  
Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information  
(U11)

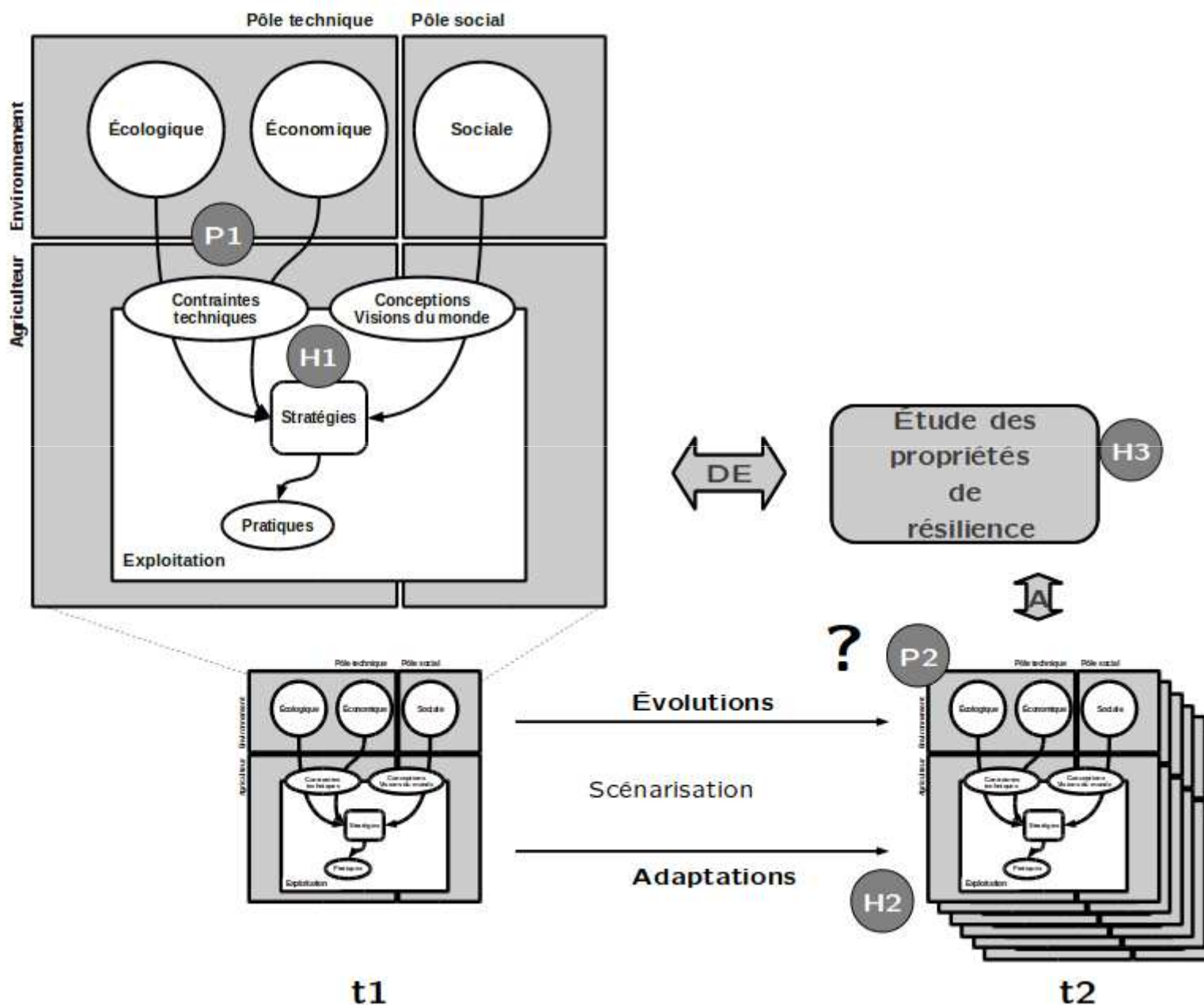
# Contexte & objectifs



Centre wallon de Recherches agronomiques



# Contexte & objectifs



# Caractère innovant de l'approche



## ● Approche systémique

**Système** : « ensemble d'éléments en interaction dynamique organisés en fonction d'un but »

(De Rosnay, 1975)

Objets d'étude complexes, ne pouvant être étudiés par l'approche expérimentale classique (Checkland, 2004) - approche développée depuis les années '50 (Wiener, Bertalanffy, Le Moigne, ... )

En agriculture, intègre les aspects biologiques, sociaux, économiques et organisationnels ou institutionnels afin de comprendre et améliorer le « système » dans son ensemble (Ison et al., 1997)

Articule les atouts des sciences naturelles (expérimentales) et sociales et convient particulièrement à l'agronomie, multidisciplinaire par essence

Centre wallon de Recherches agronomiques

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Méthodologie



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Identification d'une **diversité** de systèmes de pratiques.
- Intégration de méthodes **quantitatives & qualitatives** dans les phases de ...
  - ... récolte des données :  
démarche **inductive** (sociologie)  
Ref. : Kaufman, Huberman&Miles,
  - ... traitement des données :  
Retranscription complète  
**Codification** du matériau, (**logiciel R-QDA**)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

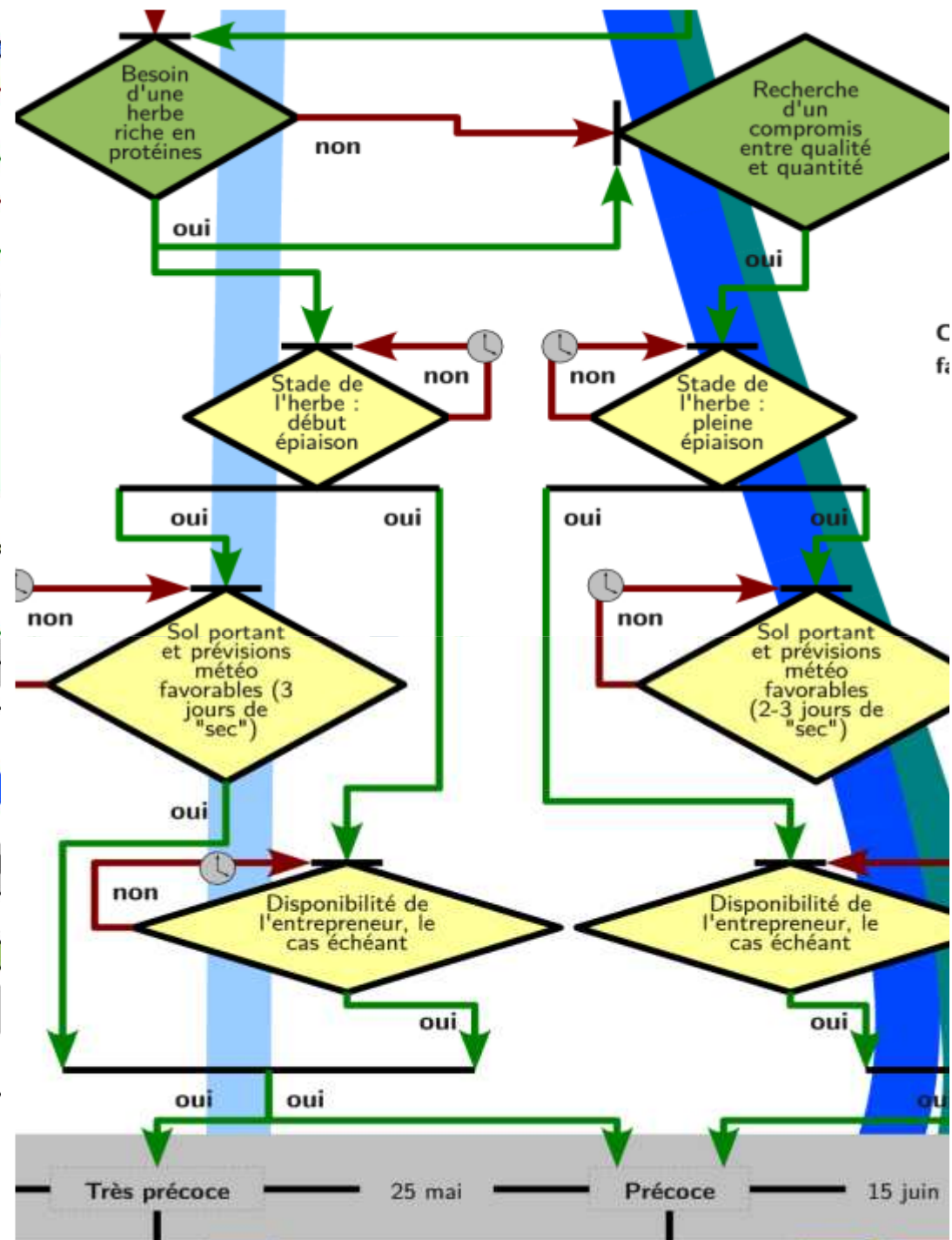
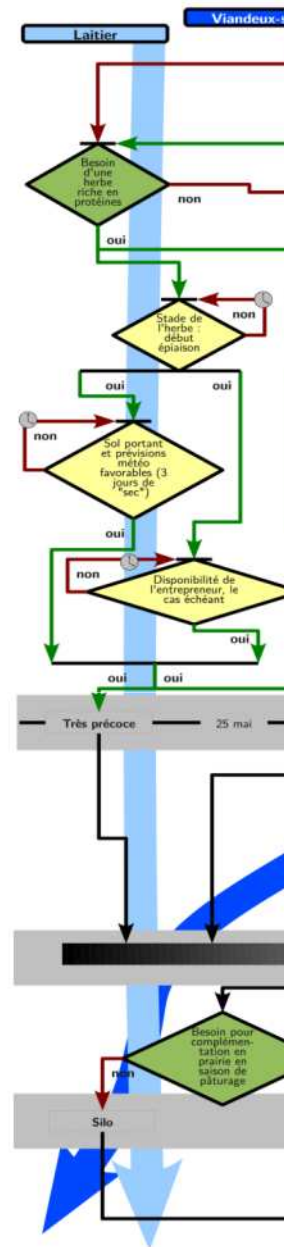
Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Résultats

(Vanwindekens, Stilmant & Baret, 2009)

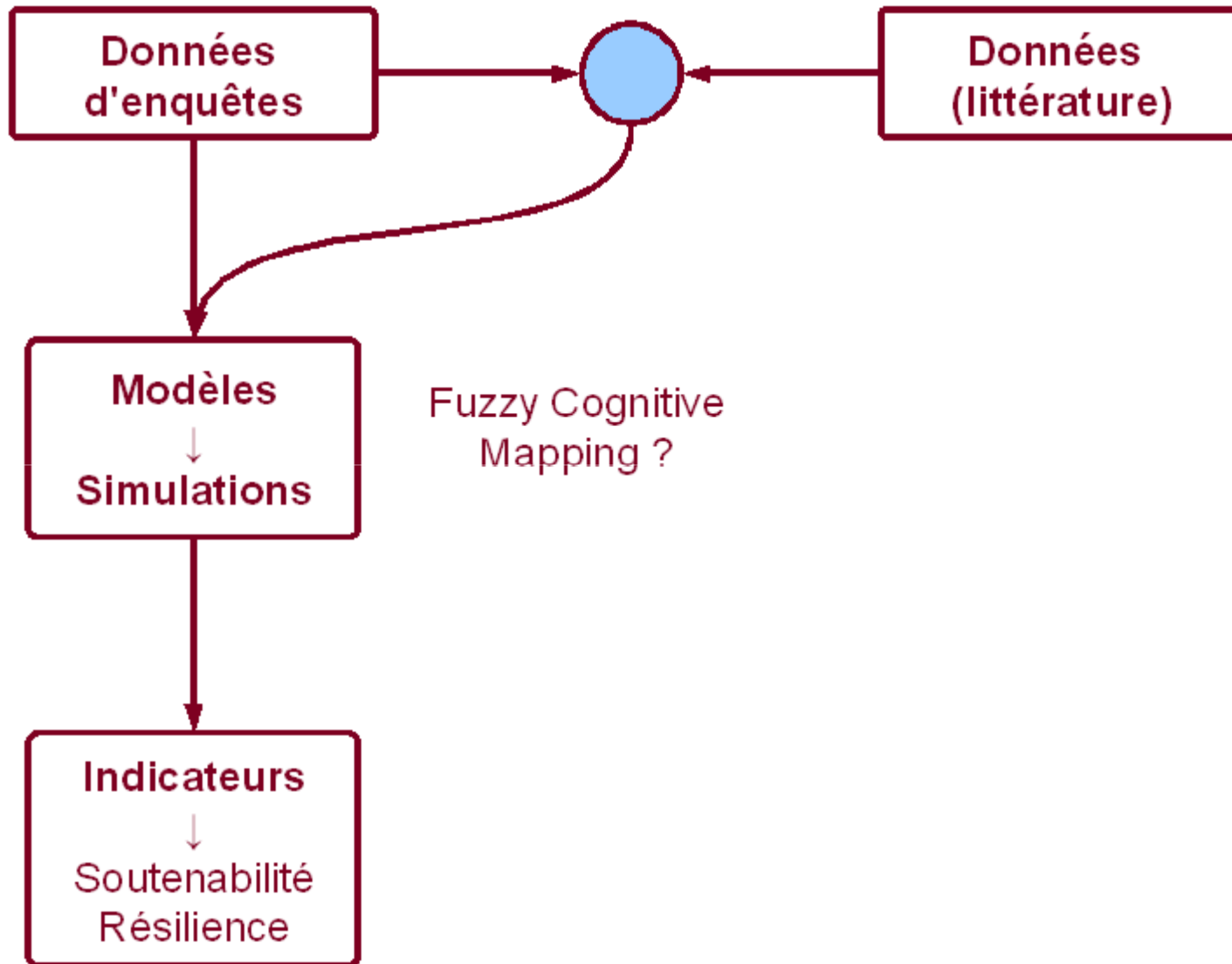


→ Diversité des stratégies

# Perspectives



Centre wallon de Recherches agronomiques



Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Assimilation of biophysical variables derived from remote sensing in crop and grassland growth models

---

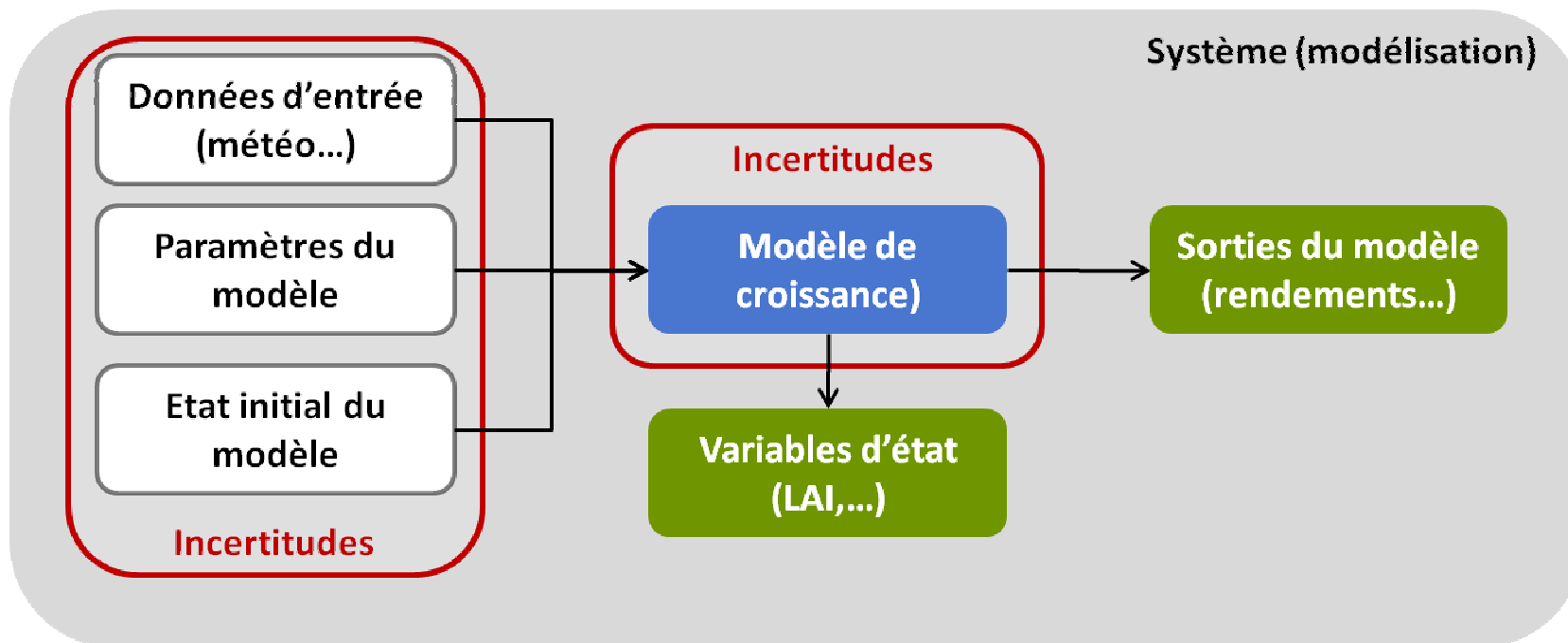
Yannick Curnel  
Robert Oger

Département Agriculture et Milieu naturel (D3)  
Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information  
(U11)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11  
Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5

# Contexte & objectifs



Centre wallon de Recherches agronomiques

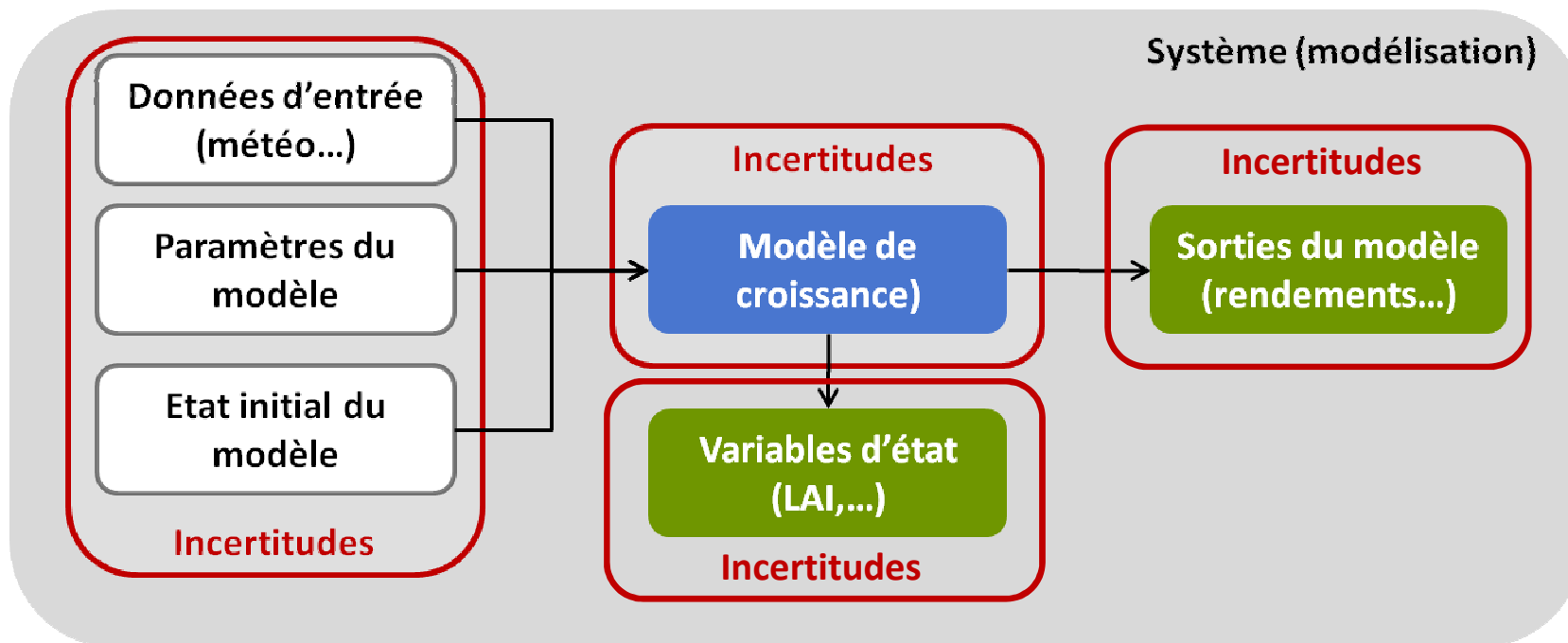
Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Contexte & objectifs



Centre wallon de Recherches agronomiques

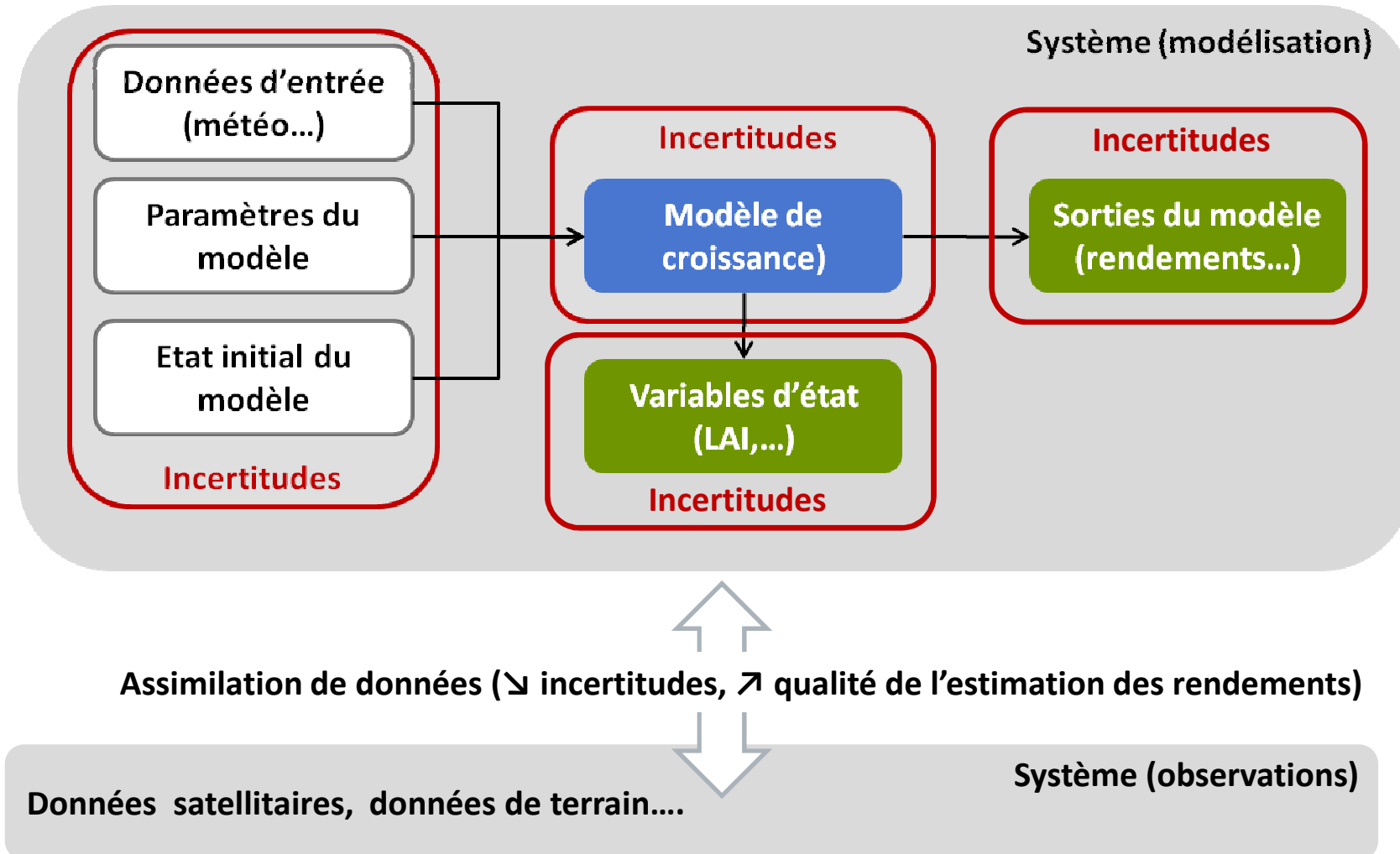
Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Contexte & objectifs



Centre wallon de Recherches agronomiques

# Caractère innovant de l'approche



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Observations : dérivées de l'imagerie satellitaire
  - Zone d'observations large
  - Fréquence d'observations élevée
  - Information objective « en temps réel » sur les conditions de croissance
  - Moindre coût comparativement à des campagnes de terrain
  
- Variables biophysiques considérées différentes suivant le type de modèle

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Caractère innovant de l'approche



Centre wallon de Recherches agronomiques

- Modèle de croissance « grandes cultures » (pyWoFost)
  - LAI (« culture spécifique »)
  - Images optiques (MODIS / SPOT)
  - Froment d'hiver
  - Codage en Python
  
- Modèle de croissance « prairies » (LINGRA or MCP)
  - Dates de coupes
  - Images RADAR (ERS-2+ affinage sur base de données météo)

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



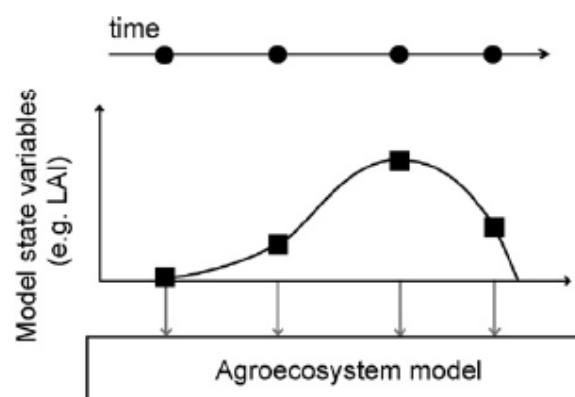
# Caractère innovant de l'approche



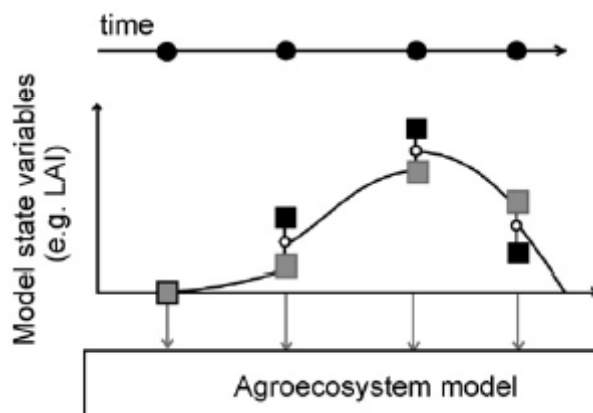
sciences agronomiques

## Principales techniques d'assimilation

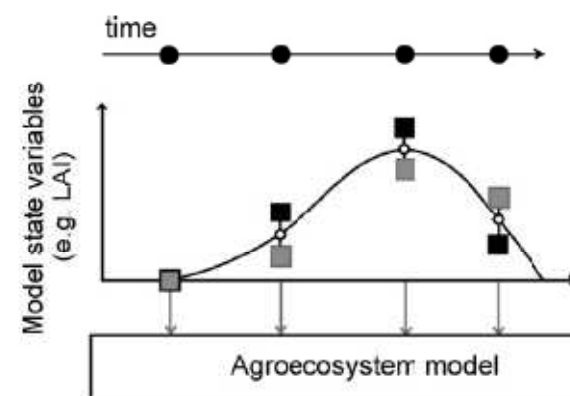
Forçage



Filtrage (EnKf...)



Calibration



Centre v

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



# Caractère innovant de l'approche



Centre wallon de Recherches agronomiques

- **Objectif premier du doctorat** : *étudier les potentialités offertes par l'assimilation de données satellitaires dans les modèles de croissance en mettant l'accent sur les notions d'incertitudes.*
  - Incertitudes sur les variables biophysiques fonction du capteur (résolution spatiale), des conditions atmosphériques, de l'aire d'intérêt (structure du parcellaire)...
  - Lien entre disponibilité temporelle et résolution spatiale (niveau d'incertitudes).
  - Le niveau d'incertitudes conditionne la mise en œuvre des techniques d'assimilation
  - Analyses sur des jeux de données synthétiques (OSSE, analyses exploratoires) et réelles ('validation').

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5



## ● Analyses sur des jeux de données synthétiques – Simulations à partir du logiciel PyWofost

- Estimation du niveau d'incertitude (et de la disponibilité temporelle) minimum à atteindre au niveau du LAI dérivé de la télédétection pour atteindre deux objectifs (25 et 50%) de réduction de l'erreur sur l'estimation des rendements.
  - *Objectif actuellement difficile voire impossible à atteindre dans le contexte actuel*
- Comparaison de 2 méthodes d'assimilation (EnKf et recalibration).
  - *Inefficacité de la méthode basée sur les filtres de Kalman d'ensembles (EnKf).*
- Soumission à la revue 'agricultural and forest meteorology' (FI: 3,197).

# Résultats



Centre wallon de Recherches agronomiques

## ● Expertise acquise & résultats à long terme

- Expertise accrue en modélisation
- Amélioration des performances des modèles régulièrement utilisés au CRA-W (et des SAD: Optimae...)
- Acquisition de compétences en gestion de l'information satellitaire (projet GLOBAM, UCL – équipe du Pr. Defourny)

### → ***Meilleure gestion du territoire***

- Acquisition de compétences nouvelles en programmation (Python), en gestion de bases de données (MySQL) et en gestion de l'information (techniques d'assimilation).

Projet MIMOSA – 1ère Journée Moerman – 27 janvier 2011

Département Agriculture et Milieu naturel D3 – Unité Systèmes agraires, Territoire et Technologies de l'information U11

Département Productions et Filières D2 - Unité Stratégies Phytotechniques U5

