

# ATLAS

un modèle multi-agent pour simuler  
la disponibilité spatio-temporelle des cultures  
en vue du contrôle biologique  
des bioagresseurs dans les agroécosystèmes

Séminaire DYNAFOR-MIAT, 26janvier 2017

# Modèle ATLAS



• **ATLAS** = AGRICULTURAL LANDSCAPE SIMULATOR

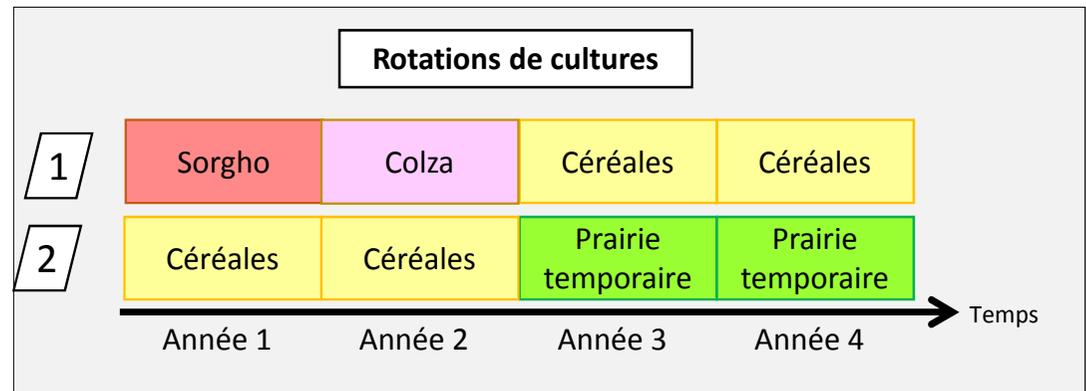
- Un des résultats de la thèse d'Hugo THIERRY (23 nov 2015) co-encadrée par Aude Vialatte et Claude Monteil :  
**"Elaboration d'un modèle spatialisé pour favoriser le contrôle biologique de ravageurs de cultures par gestion du paysage agricole"**
- Objectif : simuler la disponibilité spatio-temporelle des cultures, ressources pour les ravageurs, dans un paysage agricole

# Contexte : régulation des ravageurs de cultures

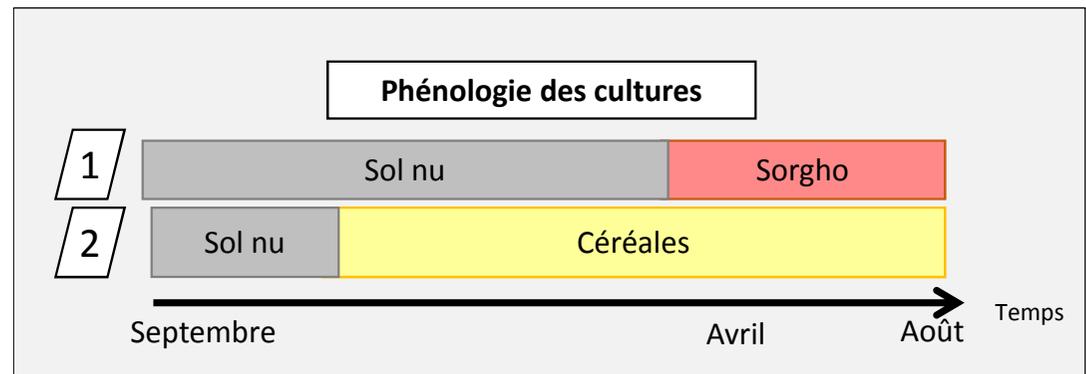
- Ravageurs de cultures : dégâts importants
  - 30 % à l'échelle mondiale sur grandes cultures (Birch et al., 2011)
- Méthode de lutte principale : produits phytosanitaires
  - Effets néfastes sur la santé humaine (Hernández et al., 2013) et la biodiversité (Gill et al., 2012)
  - Développement de résistances des populations (Hardy 2014)
- Méthode de lutte alternative : régulation biologique
  - Réflexion agroécologique
  - Vision systémique => socio-agro-écosystème
  - Interactions entre entités : cultures – ravageurs – auxiliaires – paysage
  - Dynamiques spatiales

# Paysage agricole : une forte variabilité spatio-temporelle

- Variabilité interannuelle : rotation des cultures
  - Reliée aux décisions des gestionnaires



- Variabilité intra-annuelle : phénologie des cultures

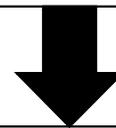
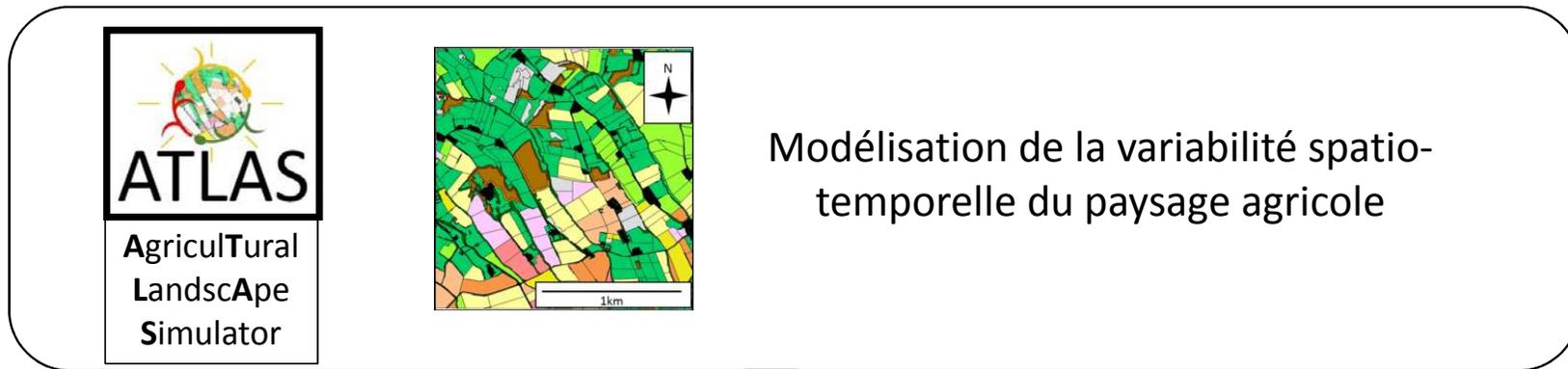


# Questions sous-jacentes

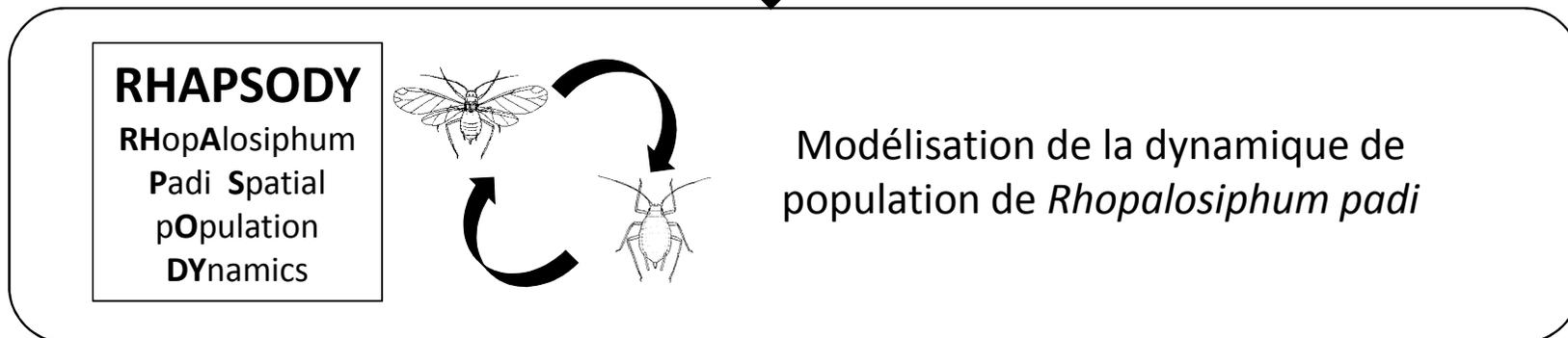
- Questions agroécologiques
  - Influence de la disponibilité spatio-temporelle des ressources et de leur qualité sur les densités de ravageurs ?
  - Effets de scénarios plausibles de changements de pratiques agricoles sur les densités de ravageurs ?
- Questions méthodologiques sur la modélisation
  - Echelles spatio-temporelles et niveaux d'organisation ?
  - Types de modèles ?
  - Intégrer différents modèles pour répondre aux questions agroécologiques ?

# Deux étapes de modélisation

Etendue spatiale : Paysage



Ressources

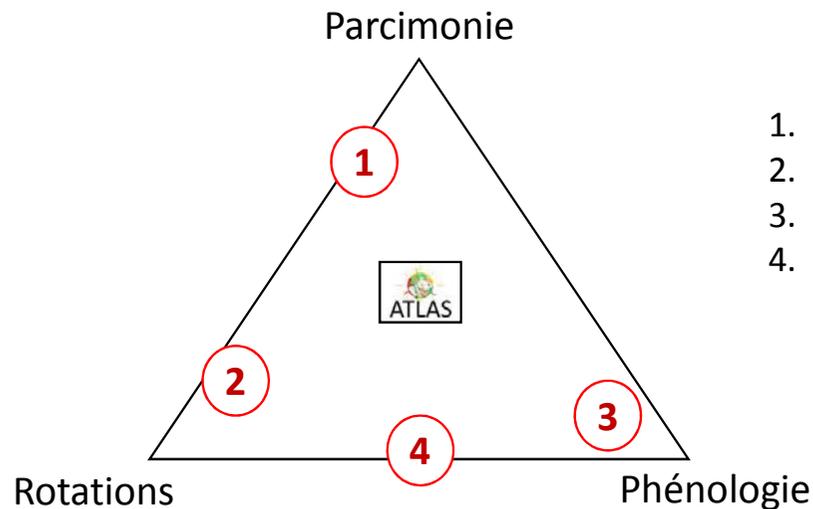


Etendue temporelle : Décennie



# ATLAS – Objectifs

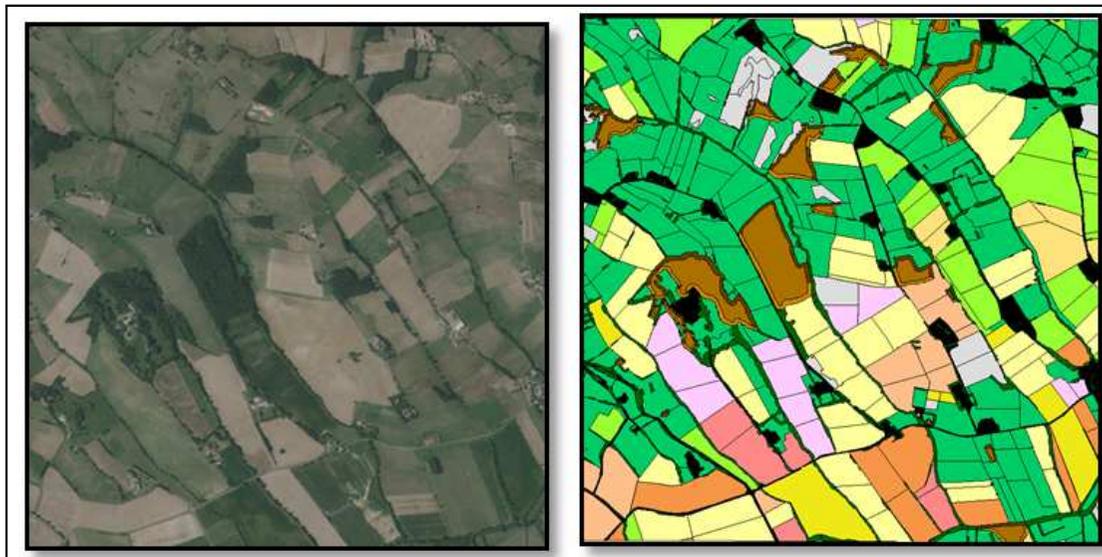
- Modéliser la variabilité spatio-temporelle du paysage agricole
- Avec généricité et parcimonie
- Pour explorer facilement des scénarios de gestion réalistes



1. DYPAL (Gaucherel et al., 2006)
2. LUMOCAP (Van Delden et al., 2010)
3. APSIM (Holzworth et al., 2014)
4. ALMASS (Topping et al., 2003)

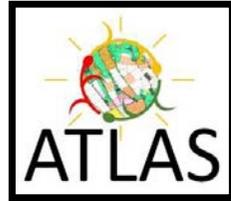
# Représentation du paysage

- Des parcelles avec des cultures ou des éléments statiques



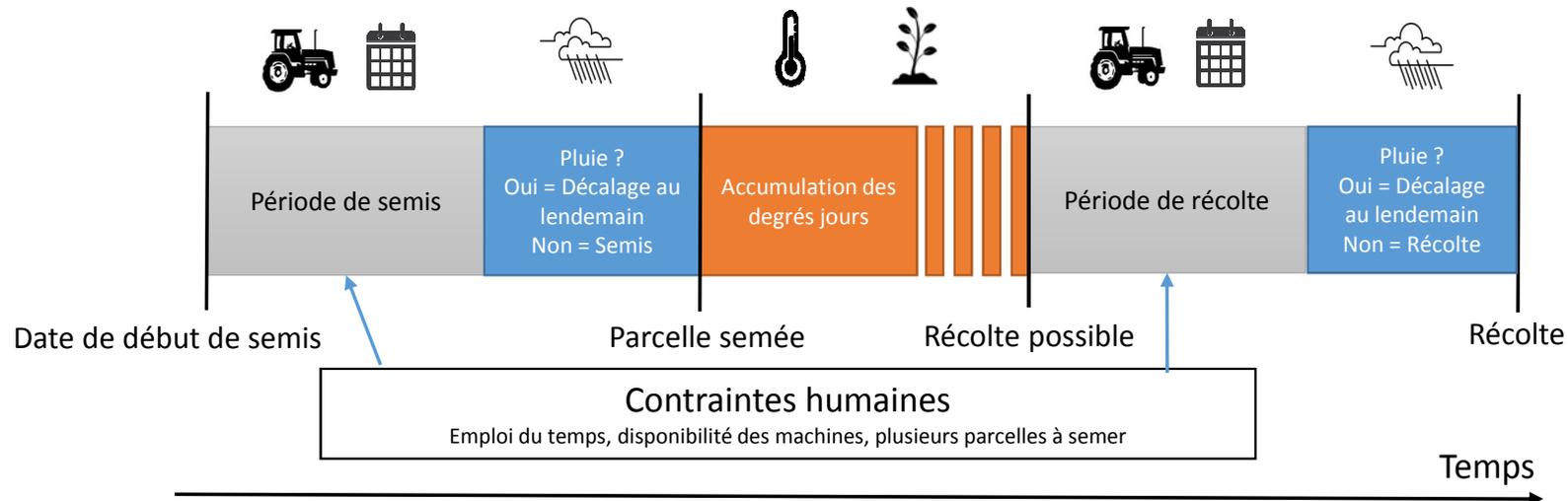
Céréales	Cer
Maïs	Cor
Colza	Rap
Sorgho	Sor
Tournesol	Sun
Prairie temporaire	Tem
Friche	Fal
Autre culture	Oth

Forêt	
Lisière Sud	
Lisière Nord	
Bâti	
Eau	
Prairie permanente	
Haie	

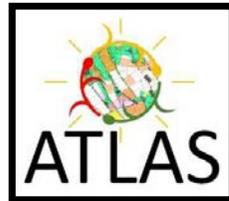


# Des cultures et leur phénologie

- Date de début des semis, date de récolte maximale, température de base, stades phénologiques et seuils de degrés jours cumulés



Crop	SowingDelay	HarvestDelay	Stage1		Stage2		Stage3		Stage4					
			GDDThreshold	Height	GDDThreshold	Height	GDDThreshold	Height	GDDThreshold	Height				
Sorghum (Sorgho)	15	15	Emergence	120	3	Flowering	1285	10	Maturity	1960	10	Harvestable	1961	10
Corn (Maïs)	15	15	Emergence	120	3	Flowering	1200	10	Maturity	1960	10	Harvestable	1961	10
Wheat (Blé)	15	15	Emergence	80	3	Flowering	970	10	Maturity	1670	10	Harvestable	2670	10



# Des cultures et des rotations

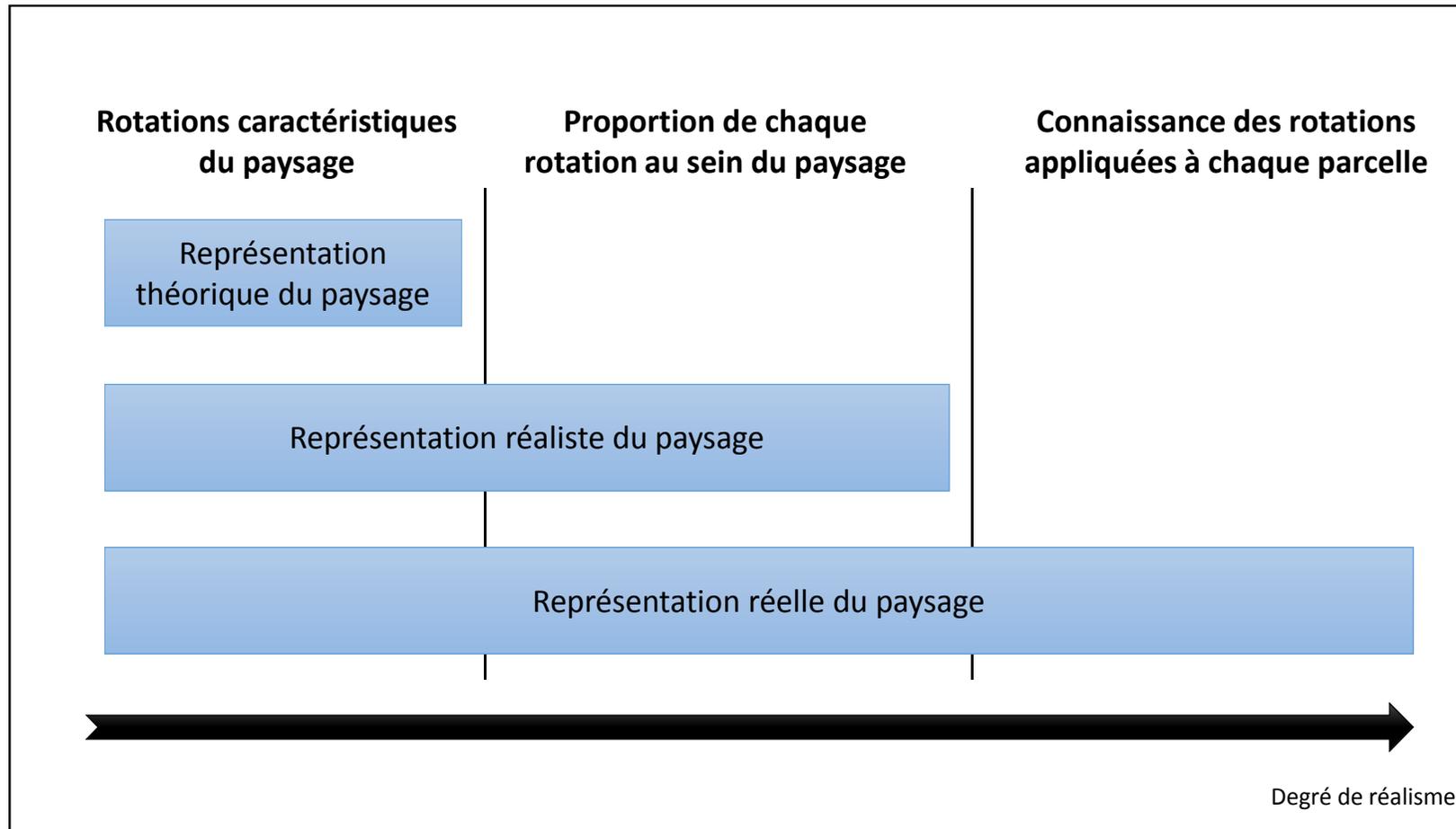
- Rotations-types de cultures, définies avec expert de la zone

Rotation	Surface (m <sup>2</sup> )	Couvert 1	Couvert 2	Couvert 3	Couvert 4	Couvert 5	Couvert 6	Couvert 7
WhRaSo4	261 026	Blé	Blé	Colza	Sorgho			
Cor1	221 112	Maïs						
WheRap3	175 989	Blé	Blé	Colza				
WheSun3	632 642	Blé	Blé	Tournesol				
WhTeCo4	109 291	Blé	Blé	Prairie Temporaire	Maïs			
WhTeSu4	334 462	Blé	Prairie Temporaire	Blé	Tournesol			
WheTem7	880 675	Blé	Blé	Prairie Temporaire				

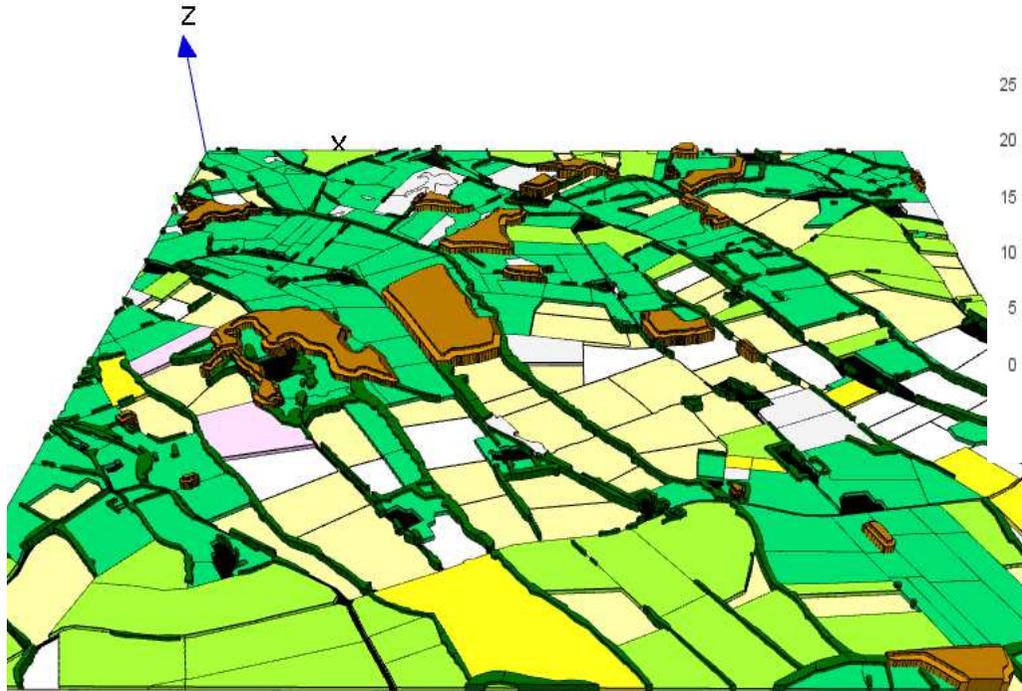
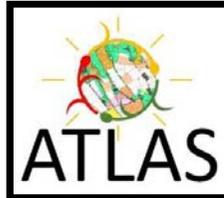
- Valeurs de référence sur les caractéristiques du paysage réel :
  - Configuration : Un indice d'agrégation (ANN, Average Nearest Neighbour index)
  - Composition : La surface moyenne annuelle attribuée à chaque culture

# Différents niveaux de réalismes

- Selon la disponibilité des données-terrains



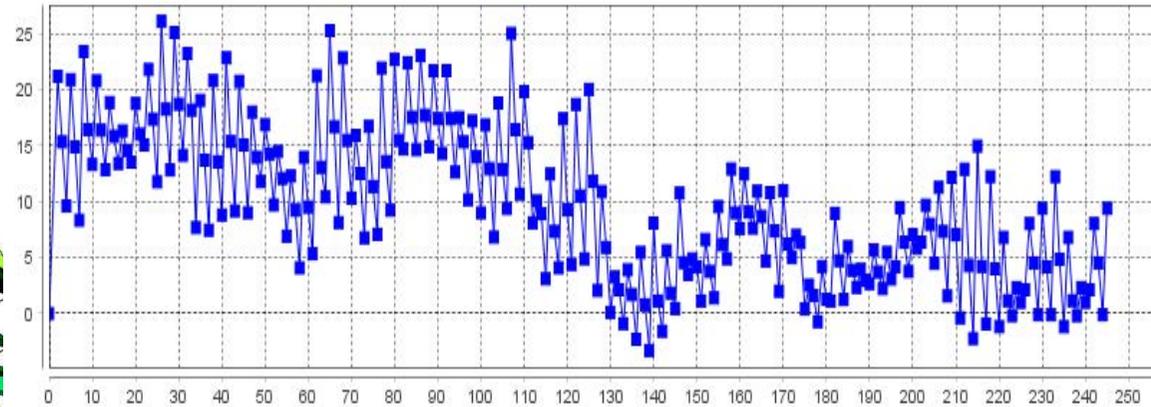
# Exemples de sorties – Plateforme



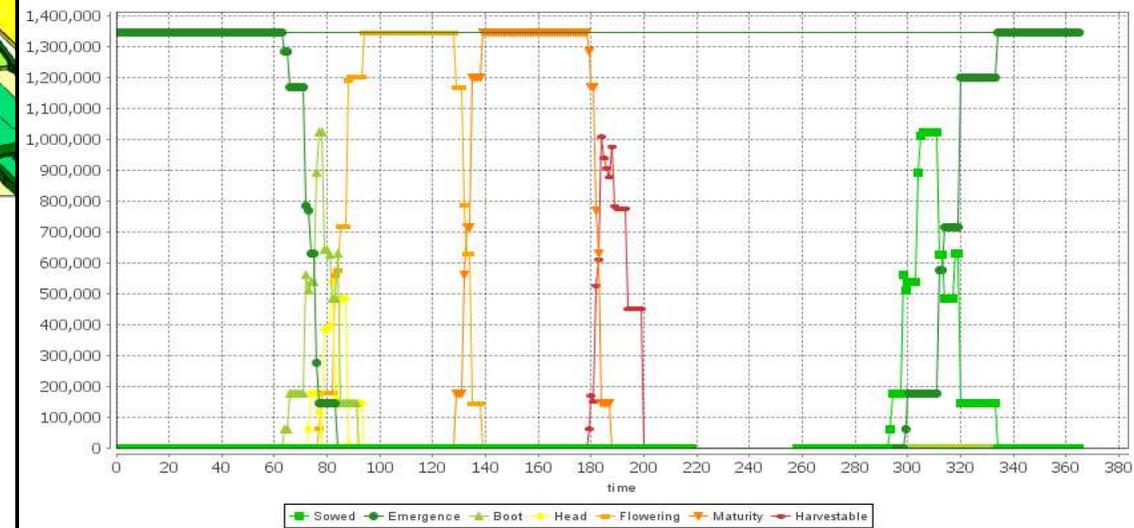
CODE	NAME	COLOR
Cer	Cereals	Light Green
Cor	Corn	Orange
Leg	Legume	Yellow
Rap	Rapeseed	Pink
Sor	Sorghum	Red
Sun	Sunflower	Light Orange
Tem	Temporary pasture	Light Green
Fal	Fallow	Grey
Oth	Other crop	Yellow

For	Forest	Brown
SEd	South edge	Dark Brown
NEd	North edge	Light Brown
Bui	Building/Road	Black
Wat	Water	Blue
Per	Permanent pasture	Green
Hed	Hedge	Dark Green

Mean Temperature



Daily surface of each Wheat Crop stage



# Tests sur 2 paysages contrastés

## Vallées et Coteaux de Gascogne

Zone « LongTerm Ecological Research Site » (LTER)



## Bowenville, Queensland, Australie

Collaboration avec Dr. Hazel Parry, laboratoire « Pest Suppressive Landscapes », CSIRO Brisbane, Australie



# Tests sur 2 paysages contrastés

Vallées et Coteaux de Gascogne



**Rotations longues**

**++ Éléments semi-naturels**

**Parcelles : moy 4 hectares**

Bowenville, Queensland, Australie



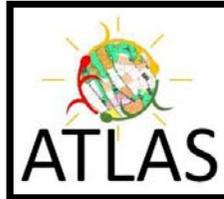
**Rotations courtes**

**-- Éléments semi-naturels**

**Parcelles : moy 23 hectares**

**→ Intensification**

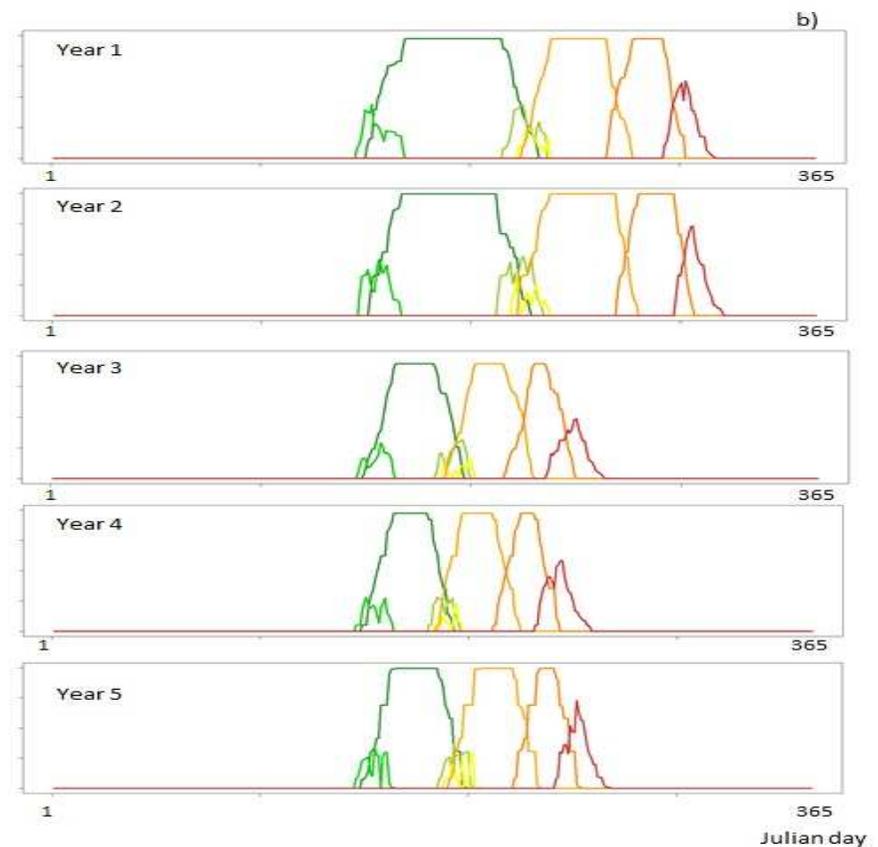
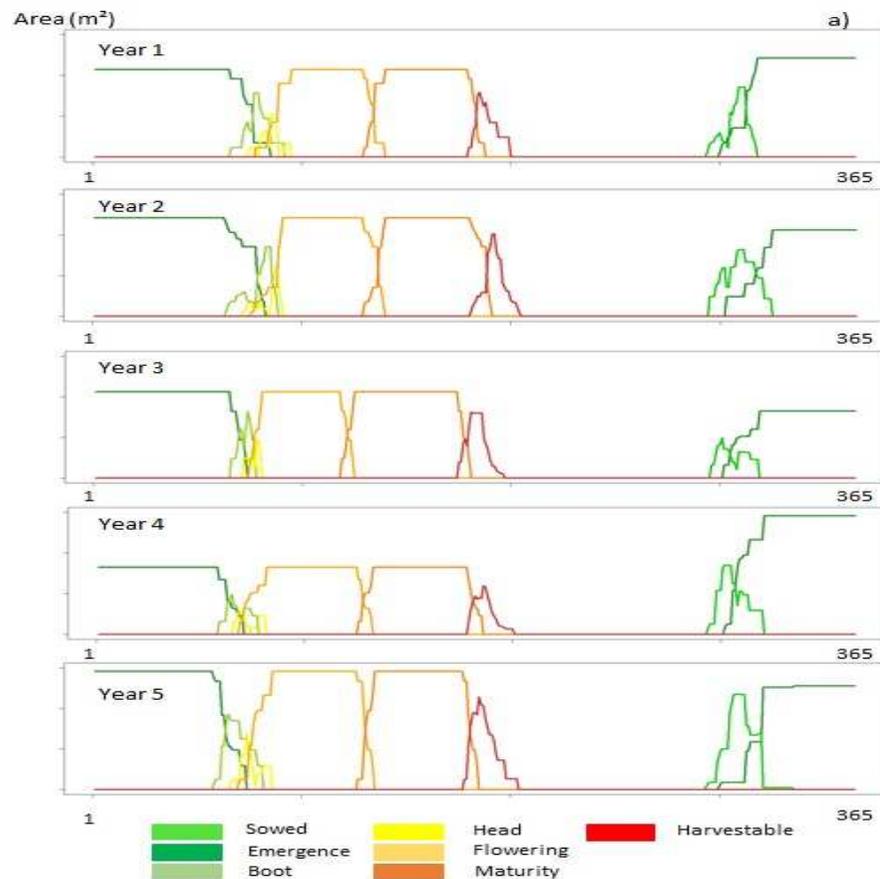
# Exemple d'évolution de la phénologie du blé



- surfaces allouées à chaque stade phénologique du blé

VCG (Vallées et Coteaux de Gascogne)

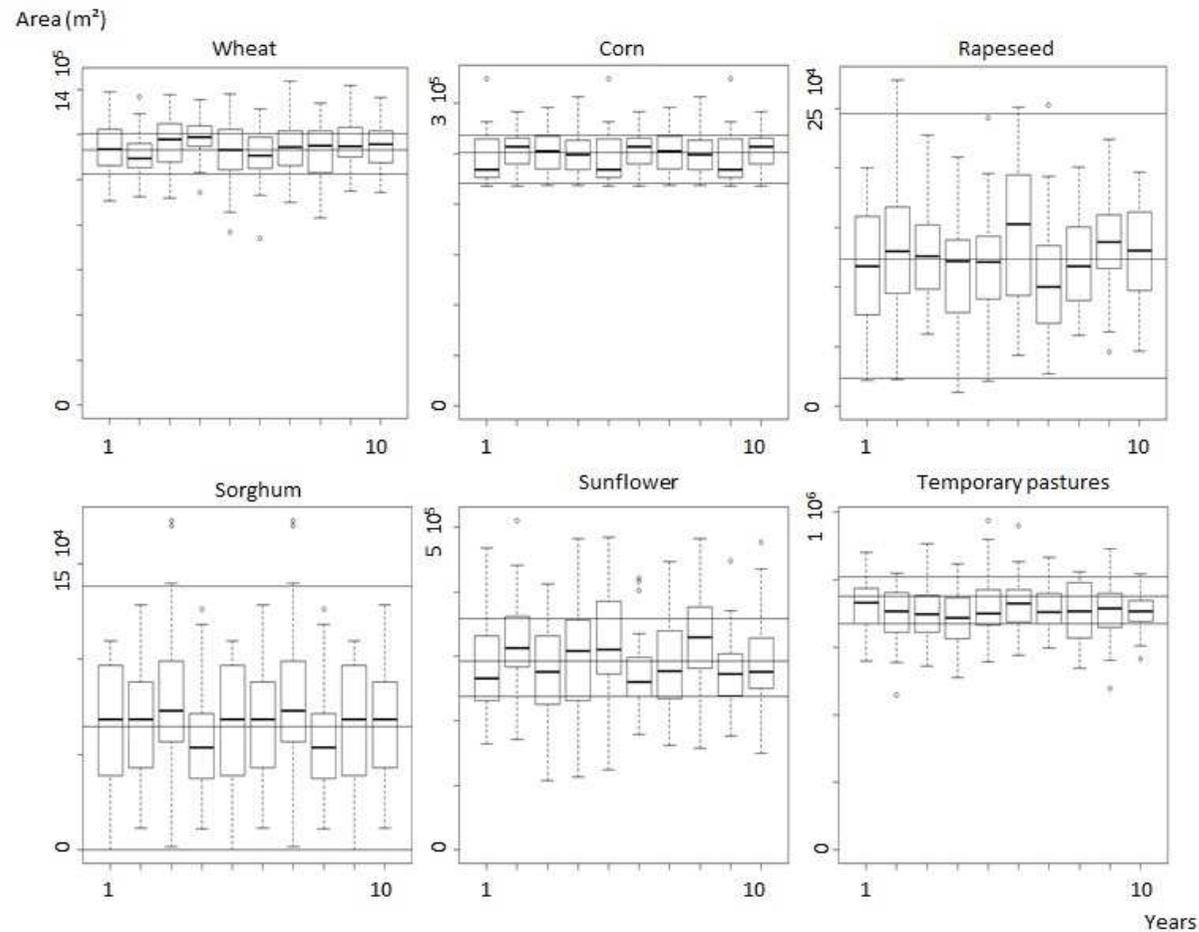
BWN (BoWeNville)



# Composition des paysages simulés

- Surfaces annuelles moyennes attribuées à chaque culture

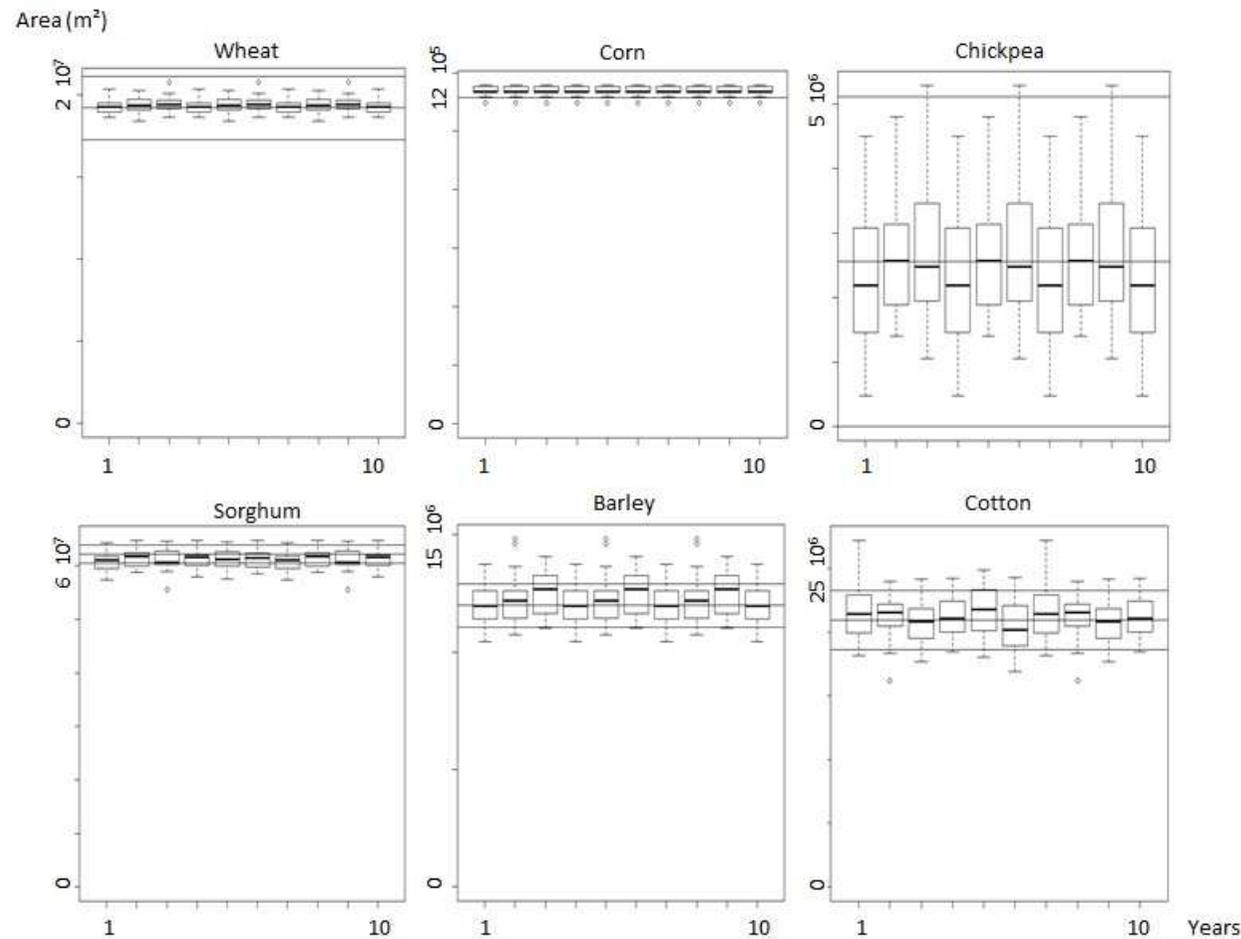
Paysage  
VCG



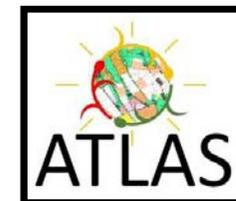
# Composition des paysages simulés

- Surfaces annuelles moyennes attribuées à chaque culture

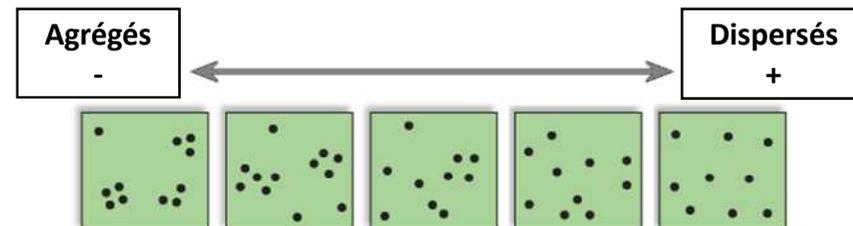
Paysage  
BWN



# Configuration des paysages simulés

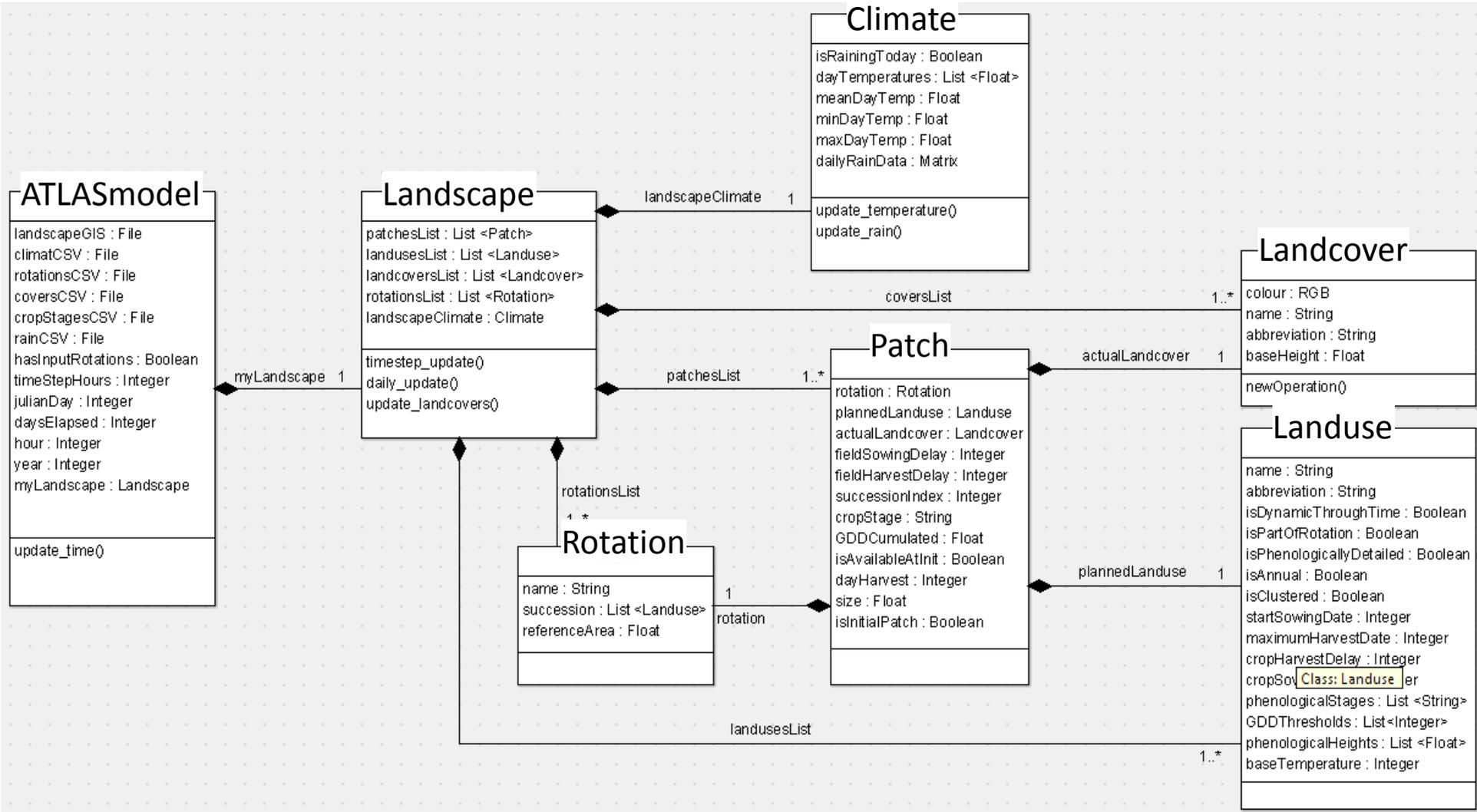
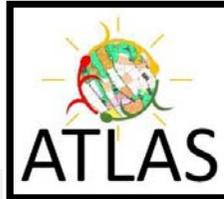


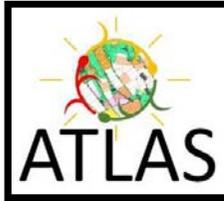
- Agrégation des cultures au sein des paysages (Average Nearest Neighbor)  
10 Simulations, soit 100 années



Paysage	Culture	Agrévé in situ	Efficacité d'agrégation (100 années)
VCG	Blé	Faux	1%
	Colza	Vrai	87%
	Maïs	Vrai	97%
	Prairies temporaires	Vrai	25%
	Sorgho	Vrai	87%
	Tournesol	Vrai	90%
BWN	Blé	Vrai	100%
	Orge	Vrai	100%
	Sorgho	Vrai	100%
	Maïs	Vrai	100%
	Pois chiche	Vrai	100%
	Coton	Vrai	100%

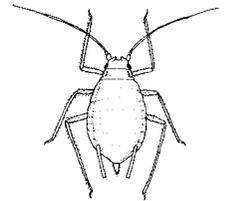
# Modèle conceptuel (classes UML)





# Conclusion ATLAS

- Une base solide pour simuler des modèles de dynamiques de populations exploitant des paysages agricoles
- Utilisation faite dans le cadre de la thèse d'Hugo : modèle RHAPSODY
  - RHopAlosiphum Padi Spatial pOpulation Dynamics
  - Modélisation des dynamiques pluriannuelles de *R. padi*
    - Disponibilité et qualité des ressources sur l'évolution des densités de *R. padi*
    - Effets de scénarios de changements de pratiques sur l'évolution des densités de *R. padi*
  - Des milliards d'individus de même comportement => Automate cellulaire
- Modèle "régulation biologique et pollinisation" => **thèse de Nirina**



# Modèle "régulation biologique et pollinisation"

- Thèse de Nirina RATSIMBA : déc 2016 => nov 2019
- Modélisation spatialement explicite des interactions entre services écosystémiques de contrôle biologique des bioagresseurs et de pollinisation dans les agroécosystèmes ; application à des simulations scénarisées de gestion à l'échelle du paysage
- Co-encadrée par Aude, Olivier Théron (INRA/LAE Colmar) et Claude
- Plateforme ciblée : MAELIA (bâtie sur GAMA)

# Projet MAELIA

- À l'origine, un projet de recherche : « **Multi-Agents for Environmental norms Impact Assessment »**
- Modéliser les impacts socio-environnementaux des normes de gestion des ressources naturelles

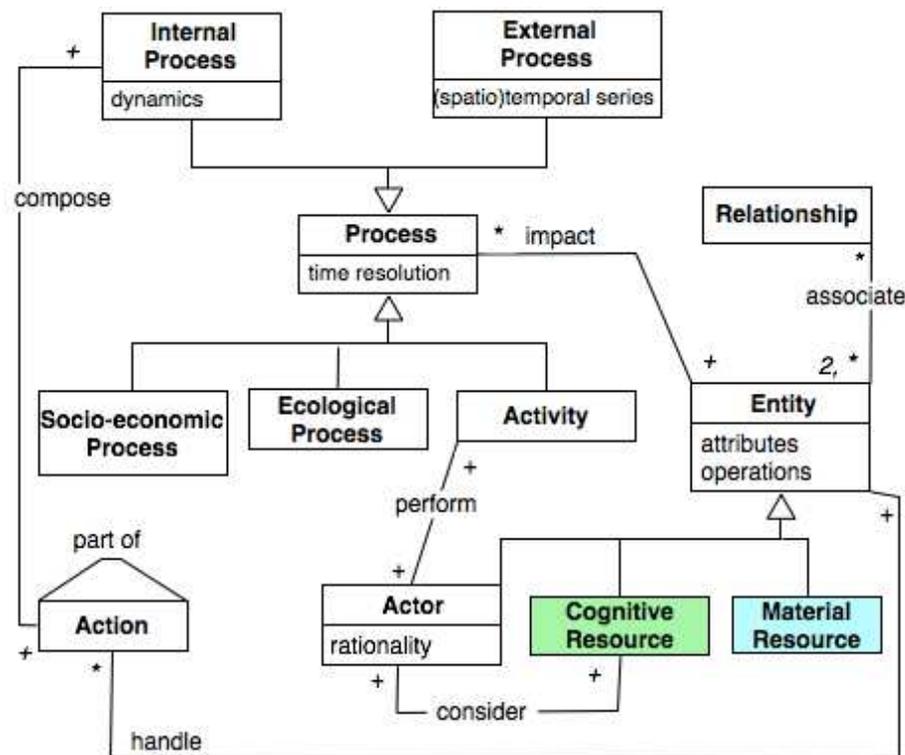


# Plateforme MAELIA

- Le projet MAELIA a conduit au développement d'une plateforme informatique de modélisation/simulation de systèmes socio-agro-hydrologiques à résolution spatio-temporelle fine (<http://maelia-platform.inra.fr/>)
  - Systèmes socio-écologiques appliqués à la gestion de la ressource en eau
- Extensions en cours à d'autres thématiques
  - interactions entre systèmes de grande culture et d'élevage, cycle des nutriments, érosion ...
- Mise en place d'un "club contributeurs MAELIA" (2016)

# MAELIA s'appuie sur un méta-modèle de SSE

- Méta-modèle de Système Socio-Ecologique , basé sur les concepts d'entités (acteurs et ressources) et de processus



Sibertin-Blanc Ch., Therond O., Monteil C. & P. Mazzega (2011) Formal modeling of social-ecological systems. *Proc. of the 7th European Social Simulation Association Conference*, 19-23 september, Montpellier.

# MAELIA intègre différents modules prédéfinis

- Module agricole :
  - Acteurs : agriculteur
  - Ressources matérielles : Culture, EA, Ilot, Parcelle ...
  - Ressources cognitives : ITK, Plan d'assolement, Stratégie OT...
- Module hydrologique :
  - Ressources matérielles : Barrage, Equipement de captage ...
- Module normatif :
  - Acteurs : Gestionnaire de barrage, Organisme unique, Préfet ...
  - Ressources matérielles : Unité de Gestion
  - Ressources cognitives : Secteur Administratif, Station de mesure ...
- Module Autres Usages :
  - Acteurs : Commune
  - Ressources matérielles : Equipement

# Autres plateformes envisagées : CORMAS, RECORD

- CORMAS (**C**ommon-pool **R**esources and **M**ulti-**A**gent **S**imulations) : plateforme de représentation des interactions entre acteurs à propos de ressources naturelles renouvelables – langage Smalltalk / environnement VisualWorks => <http://cormas.cirad.fr> . Cf. HOVER-WINTER (Arrignon 2007)



- RECORD : **R**enovation et **C**o**R**Dination de la modélisation des cultures pour la gestion des agro-écosystèmes – langage C++ / environnement VLE ( Virtual Laboratory Environment) + intégration R, Python => <https://www6.inra.fr/record>

