

# Modélisation et évaluation intégrées des systèmes et territoires agricoles

Olivier Therond – INRAE – UMR LAE

*Séminaire ASSESS - 14 septembre 2021*

Zoom

# Disciplines

Interactions entre agricultures et ressources naturelles et agricoles

## « *Landscape Agronomy* »

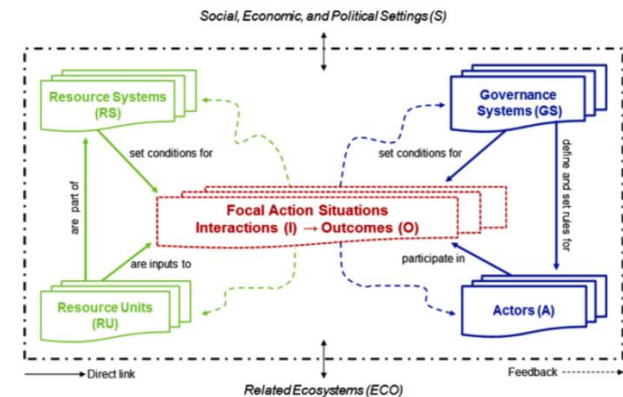
*Benoît et al. 2012*

Conception de Territoire (*Landscape*) : « *a social–ecological system comprising a dynamic mosaic of land uses* »

## « *Landscape sustainability science* »

*Nassauer and Opdam 2008 ; Cumming et al. 2013 ; Schouten et al. 2012 ; Wu 2013*

- connaissances sur la gestion durable des territoires qui fassent sens pour les gestionnaires et politiques
- Echelle locale/régionale (*landscape*) pour considérer les caractéristiques clefs des systèmes humains et biophysiques

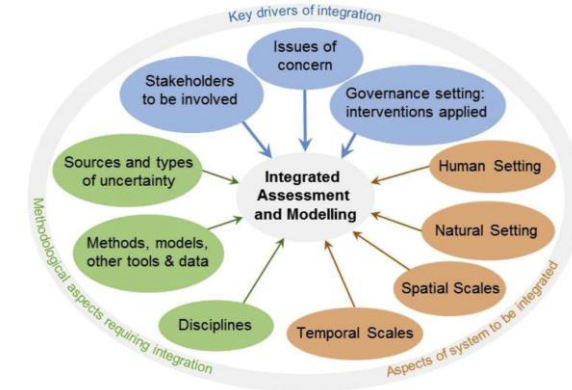


*McGinnis & Oström 2014*

# Posture

## Développement d'outils de modélisation des dynamiques spatiales multiniveaux -> Integrated Assessment and Modelling

Sayer et al. 2013; Cumming et al. 2013; Parrott and Meyer 2012 ; Parrott 2011 ; Wu 2013



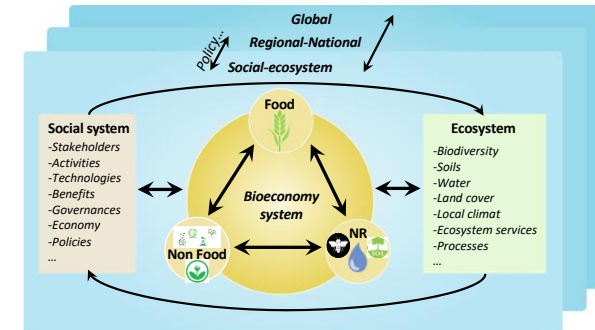
### 10 « dimensions of integration »

Hamilton et al. 2015

## Pour accompagner les transitions agroécologique et bioéconomique

Duru et al. 2015a,b, Therond et al. 2017, SPRINGER 2018

Dépasser les approches par enjeu (azote), ressources (eau), type de système (culture...)...  
via la prise en compte du  
**nexus Food – Non Food – Natural Resources**



Adapté de Liu et al. 2018

➔ Quelles organisations territoriales des filières de production, transformation et recyclage des biomasse considérant les changements globaux ?

Therond et al. 2017

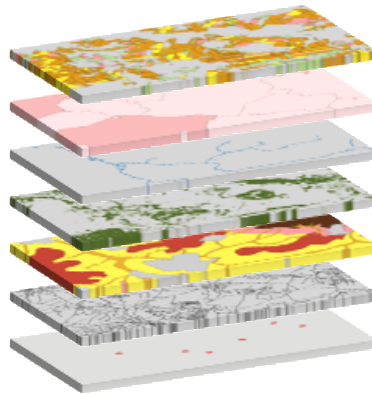
# MAELIA :

## Modelling of socio-Agro-Ecological system for Landscape Integrated Assessment

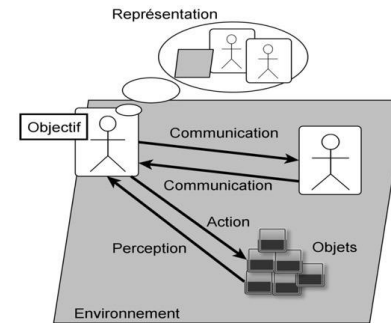
Plateforme générique multi-agent à instancier localement (<http://maelia-platform.inra.fr/>)

### Système multi-agent spatialisé

Base de données géoréférencée  
-> **structure**



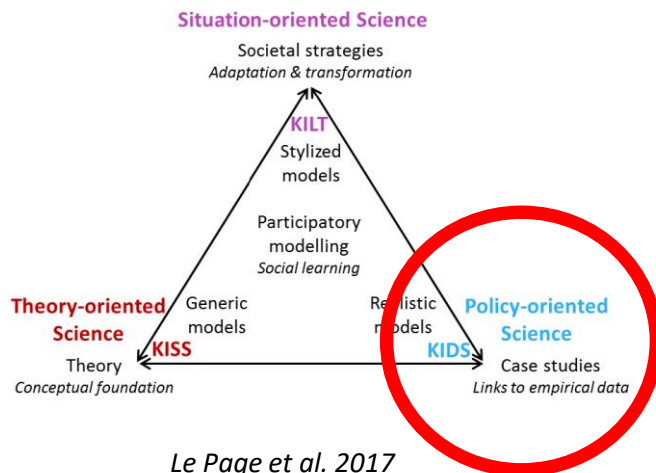
Chaîne de modèles  
-> **dynamique**



**Modèles couplés :**

- Sol-plante
- Hydrologie
- Transformation
- Agriculteur
- Gestionnaires...

+



- Représentation de la diversité des situations d'action et propriétés émergentes

McGinnis & Oström 2014

- Echelles pertinentes des phénomènes → « pattern modelling » → parcimonie et robustesse

Grimm and Railsback 2012; Parrott 2011

# Vers une plateforme IAM des territoires agricoles et forestiers

**Stratégie : articulation des projets de recherche complémentaires**

**Gestion PRO** : filières, cycles N et C, indicateurs qualité des sols

**Hydrologie-Erosion** : effets état sol et couverts

**Agroforesterie** : cycles eau, N et C de l'arbre, interactions arbres et culture/prairie

**Agroécologie/diversification** : eau verte/bleue, N, C, GES pour rotations diversifiés et CI

**Culture-élevage** : prairies, animaux, effluents...

**Noyau dur :**  
**modélisation-simulation de la dynamique des systèmes de culture/prairie et de production agricole dans un territoire**

**Résilience/Vulnérabilité** : indicateurs (moyenne, tendances, variabilité, résistance...)

**Economie et travail** : indicateurs, scénarios prix

**Régulations biologiques** : réseaux tritrophiques, approches mécaniste et statistique

**Bioéconomie territoriale** : biomasse énergie, filière

*Biodiversité, pollinisateurs (LAE...)*

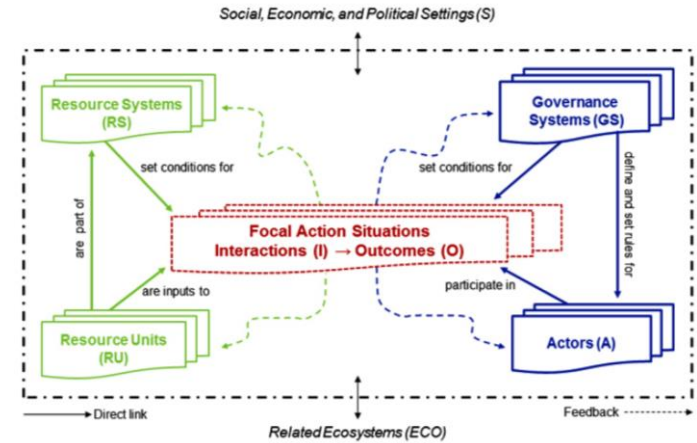
*Risques de fuite de pesticides*

# Challenges

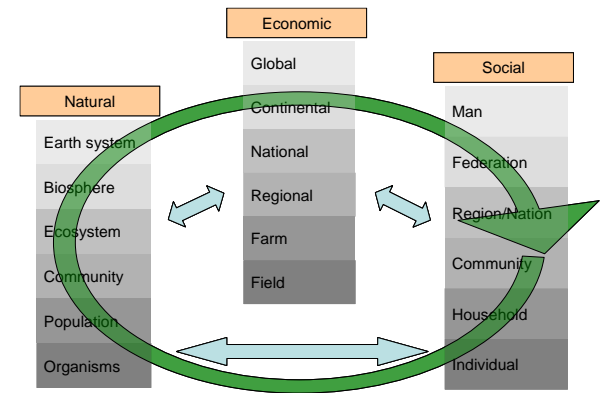
Modélisation des **dynamiques et interactions des sous-systèmes des systèmes socio-écologiques**

**Système complexe hiérarchisé** multi-domaine avec boucles de rétroactions Homme-Environnement

Exploration d'une **large gamme d'alternatives** de structure ou fonctionnement du SSE et évaluation sur **une large gamme de critères** via une **plateforme générique**



McGinnis & Oström 2014



Ittersum et al. 2008

# Fronts de recherche (1)

- Architecture générique et modulaire de modélisation des systèmes socio-écologiques → **méta-modèle conceptuel(s) et informatique(s)** (ex. Sibertin et al. 2019, Amineh Ghorbani et al., 2013)
- Base de données intégrées de données spatiales et attributaires → quelle mutualisation, généricité...
- Définition du grain adapté de modélisation : méthode d'estimation des biais d'agrégation ?
- Couplage vs. recodage de modèles -> assemblage vs. integral  
*Voinov and Shugart 2013*  
→ *Quelle voie intermédiaire, quelles fonctionnalités d'appel de modèles externes*
- Comportement des acteurs :
  - bibliothèques de cadre(s) de modélisation de processus décisionnels (ex. BDI, IF-THEN)... facilement instanciable
  - simulation émergence de stratégies d'adaptation et de relations entre acteurs
  - gestion de l'incertitude par les acteurs
  - dynamique/diffusion des technologies
  - représentation institutions/gouvernance, négociation sociale





**Merci de votre attention**

**« *create landscapes that work for nature and people* »**

*Kremen and Merenlender 2018*

# Coordination des développements et utilisations

## Un club des contributeurs au développement de MAELIA :

- Coordination scientifique (OT) et informatique (JV) : LAE
- Laboratoires : AGIR, CIRAD, DYNAFOR, ECOSYS, EEF, GET, IRIT, LAE, MIAT, BAGAPE, AGRONOMIE, SYSTEM, LISAH, G-EAU...
- Acteurs : ARVALIS, CACG, ARAA, ATRT, Terres Inovia ...

Une documentation : <http://maelia-platform.inra.fr/>

The screenshot shows a web browser displaying the MAELIA platform documentation. The page title is 'ENTITÉS'. The content describes the simulation model and the entities used in the simulation. It includes a list of entities and a diagram illustrating the relationships between them.

**ENTITÉS**

Le modèle de simulation de la *Maëlia* est construit en s'appuyant sur une méthodologie collaborative, où les acteurs, les ressources et les processus du système sont formalisés comme des instances d'un *Maëlia Modulo* dédié adapté à la description des systèmes socio-écologiques.

Le diagramme acteurs - ressources (DAR) est une représentation du modèle conceptuelle de la structure du système de gestion d'élevage (à dynamiser faisant l'objet d'autres diagrammes). Il associe les acteurs de la simulation, les ressources en jeu et le façon dont les entités des deux types sont en relation les unes avec les autres, constituant un tout cohérent. Le diagramme AR prend la forme d'un diagramme de classes UML, où les acteurs et les ressources sont représentés dans des boîtes contenant leurs propriétés (ou attributs) et opérations (ou méthodes) respectifs. Les relations sont symbolisées par les liens entre les entités, avec leur rôle et les contraintes de cardinalité. Les ressources sont de deux types: les ressources matérielles représentant des éléments tangibles alors que les ressources cognitives sont impliquées dans les processus décisionnels des acteurs.

Le DAR MAELIA a été construit par étapes, en suivant les indications fournies par le *Maëlia Modulo* des systèmes socio-écologiques. Trois classes d'entités sont définies comme étant nécessaires à représenter dans la plateforme de simulation de la gestion d'élevage :

- les ressources matérielles (en bleu ci-dessous)
- les acteurs (en blanc)
- les ressources cognitives utilisées par les acteurs (en vert).

Les instances de ces entités et leurs liens constituent le modèle conceptuel dont l'implémentation est le modèle de simulation exploité par la plateforme MAELIA.

Pour plus de clarté (et par suite avec un certain arbitraire), le DAR complet est décomposé en quatre sous-systèmes ci-après dont les représentations sont données ci-après (avec le diagramme dans son ensemble en fin de page):

- le sous-système *nutritionnel*
- le sous-système *agrotechnique*
- le sous-système *normal*
- le sous-système des autres usages.

Chaque sous-système peut impliquer des acteurs et des ressources (noter que tous les attributs et méthodes attachés à chaque entité ne sont pas montrés sur ces diagrammes simplifiés).

**1. VUE GÉNÉRALE**

Rappel méthodologique: les méthodes qui correspondent aux actions des processus sont localisées dans les classes des objets auxquels ils s'appliquent. Les processus apparaissent dans les mêmes classes préférés par "P".

Figure 1. DAR