

# Systemes Multi-Agents multi-niveaux pour la modélisation et la simulation en épidémiologie



Sébastien Picault  
Y.-L. Huang, V. Sicard,  
F. Beaudeau, P. Ezanno

Bioepar, INRA / Univ. Lille



ModStatSAP, 14 mars 2017

# Contexte

## Équipe SMAC, CRIStAL, Lille : *Systèmes Multi-Agents*

- ▶ modéliser des comportements individuels  
→ expliquer/reproduire des phénomènes collectifs
- ▶ **méthodes** de simulation (IA, génie logiciel)
- ▶ modélisation **multi-niveaux**

## Projet MIHMES, Bioepar, INRA, Nantes

- ▶ modèles mécanistes en épidémiologie animale
- ▶ proposer et évaluer des mesures de contrôle
- ▶ pathogènes × échelles × paradigmes × langages × ...  
→ réutilisabilité ? évolutivité ? fiabilité ?

# Agentification croissante des modèles

Modèles multi-agents multi-niveaux

Modèles multi-agents (MAS/MABS)

Modèles centrés individus (IBM)

Modèles équationnels

+ variabilité individuelle des états

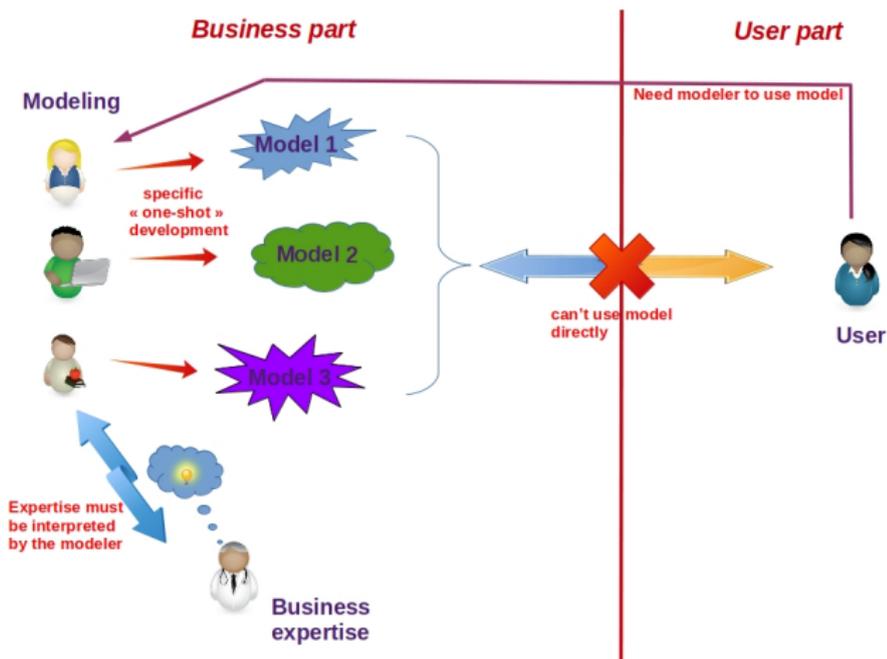
+ autonomie comportementale

+ interactions entre acteurs

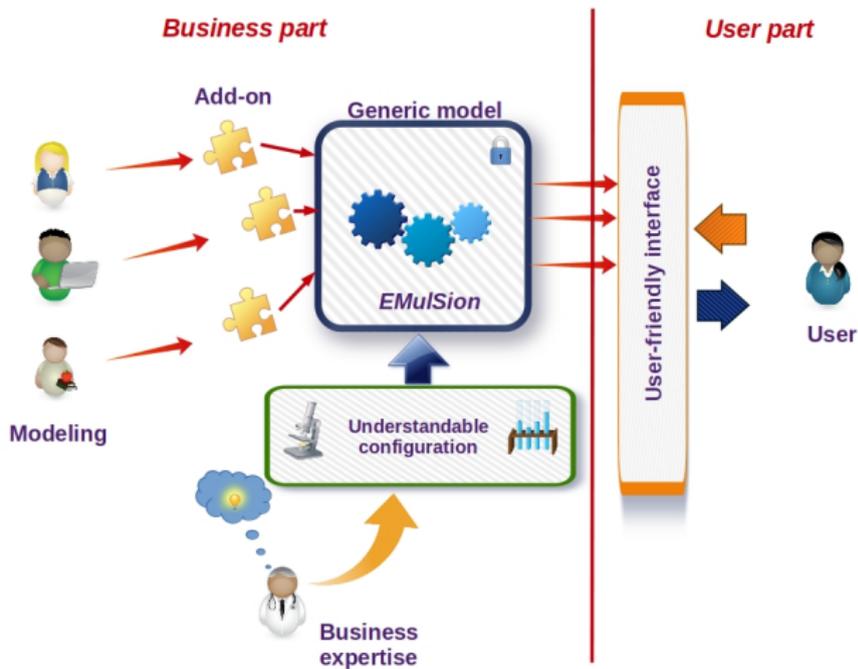
+ environnement

+ agentification des niveaux d'organisation

# Situation actuelle



# Objectifs (framework EMuLSion)



# Deux démarches conjointes

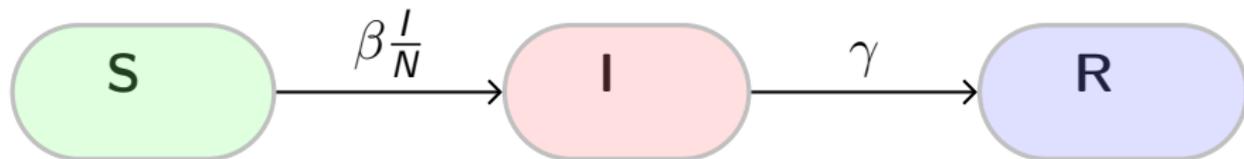
## Séparation déclaratif / procédural

- ▶ représenter les **connaissances**
  - ▶ indép. du code (format lisible)
  - ▶ séparation entre domaines
- ▶ construire un **moteur de simulation générique**

## SMA multi-niveaux → organisation

- ▶ un agent = individu/compartiment/troupeau/métapop. . .
- ▶ multiples relations d'hébergement

# Existant : diagrammes de flux

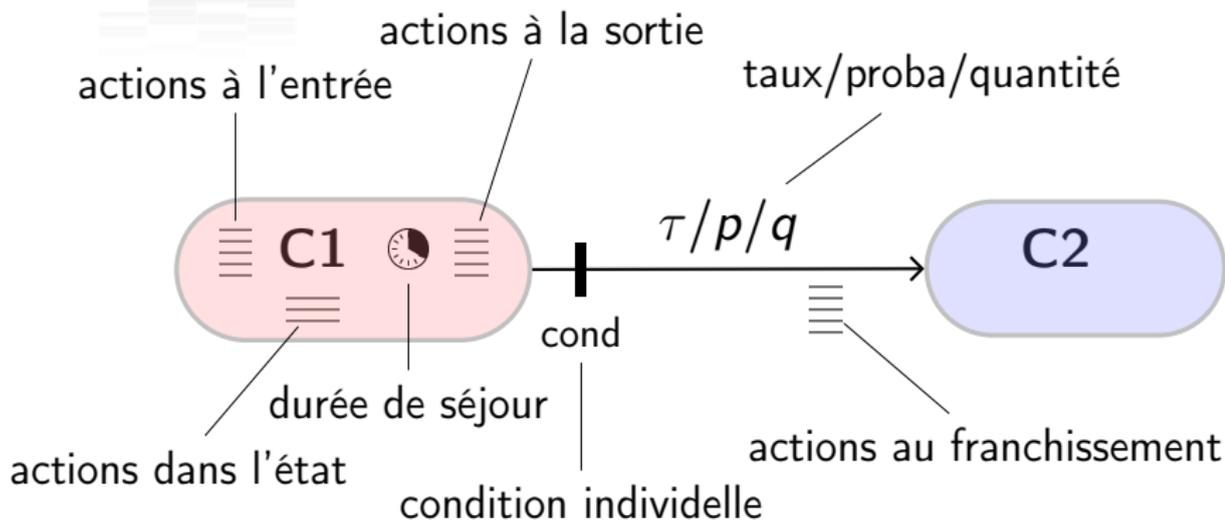


- ▶ représentation générique
- ▶ indépendant du paradigme (compartiments vs. IBM)

mais :

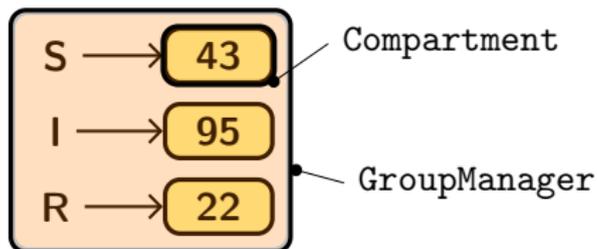
- ▶ beaucoup d'implicite
- ▶ mélanges de domaines

# Transformation en machines à états



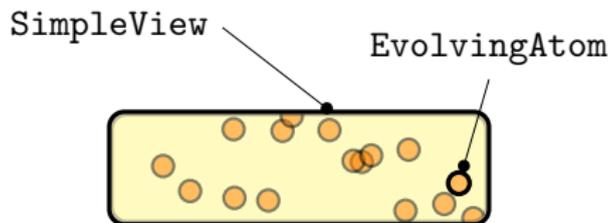
- ▶ un seul processus (e.g. infection, démographie, gestation)
- ▶ durées, conditions, actions individuelles explicites

# Construire un modèle à compartiments



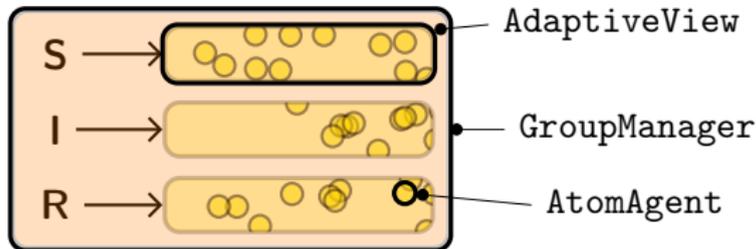
- ▶ l'agent GroupManager agit selon un machine à états
- ▶ les agents Compartment = une population

# Construire un modèle centré individus



- ▶ les agents `EvolvingAtom` agissent selon leur machine à états
- ▶ la `SimpleView` est un simple conteneur

# Vers des modèles hybrides



- ▶ le GroupManager agit selon une machine à états
- ▶ les agents AdaptiveView vérifient l'homogénéité de leur contenu
- ▶ regroupements adaptatifs pour optimiser les calculs

## Modèle : machines à état

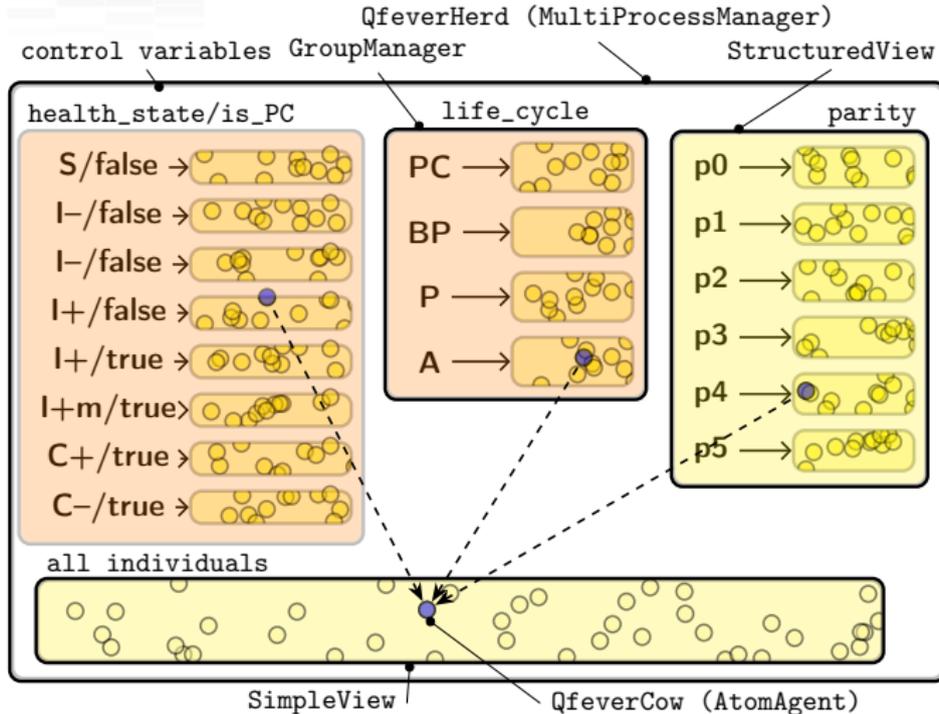
```

state_machines:
  health_state:      # name of the state machine
  states:           # list of states
    - I-:
      name: Infectious minus
      desc: 'shedder cows without antibodies'
      fillcolor: yellow
      on_stay:
        - increase: Eexcr
          rate: 'Q1*rho_E'
    ...
  transitions:      # list of transitions
    - {from: S, to: I-, proba: p}
    - {from: I-, to: I+m, proba: 'q*plp'}
    ...

```



# Architecture multi-niveaux



# Modèle : processus

processes:

- bacterial\_dispersion
- # - *leaving\_animals*
- culling\_process # *depends on parity*
- renewal\_process
- infection # *state-machine driven*
- lifecycle # *state-machine driven*
- parity\_grouping
- # - *arriving\_animals*
- # - *vaccination\_decision*

## Modèle : paramètres

parameters:

Ettotal:

desc: 'total bacteria deposited in the environment'

value: 'Eexcr + Eplume'

p:

desc: 'infection probability'

value: '(1-exp(-Ettotal)) \* (1 - phi\*vaccinated)'

phi:

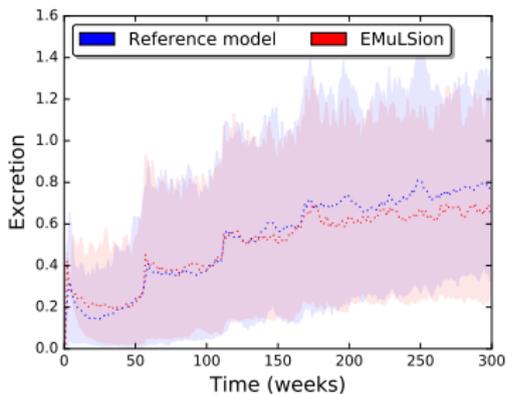
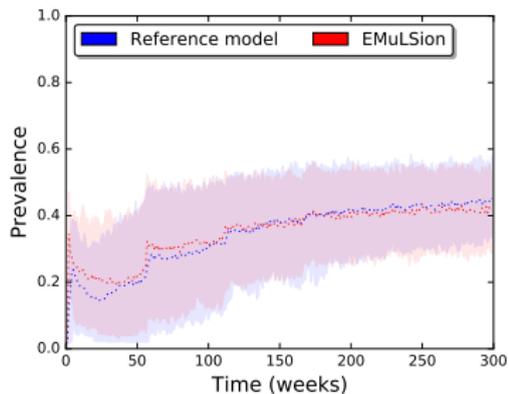
desc: 'efficiency of vaccination'

value: 0.79

...

# Comparaison / modèle de référence

comparaison avec modèle intra-troupeau (Courcoule *et al.* 2011)



## Work in progress !

- ▶ application à d'autres maladies
- ▶ couvrir un large spectre de fonctionnalités pour l'épidémiologie
  - ▶ réduire le temps de développement des modèles
  - ▶ améliorer fiabilité + réutilisabilité
  - ▶ explorer rapidement des hypothèses alternatives
  - ▶ description explicite et lisible des modèles

S. Picault, Y.-L. Huang, V. Sicard, F. Beaudeau, P. Ezanno,  
"A Multi-Level Multi-Agent Simulation Framework in Animal  
Epidemiology", **PAAMS 2017** (to appear)



CE PROJET EST COFINANCÉ PAR  
LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL