

Les changements d'échelle et de niveaux d'organisation

P. Faverdin

avec l'aide, directe ou indirecte, mais efficace de :
Bierkens et al., R. Faivre, J. Ferber, P. Bommel,
X. Coquil, R. Beaudouin,...

Les changements d'échelle et de niveaux d'organisation

- Généralités sur les changements d'échelle
- Étude des changements de support : Désagrégation
 - Stratégie
 - Un exemple : reconstituer la dynamique intra-année
- Étude des changements de support : Agrégation
 - Stratégie
 - Exemples
- Étude de changements de niveau d'organisation : le cas des systèmes multi-agents (SMA)

Un va-et-vient entre émergence et réduction

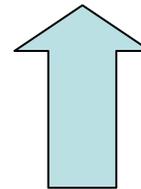
« Les propriétés macroscopiques diffèrent radicalement de celles de ces constituants; pourtant elles en découlent, et c'est le passage d'une échelle à l'autre qui donne naissance à des comportements nouveaux. »

» Roger Ballian (HS Sciences et Avenir Juillet 2005)

Définition du problème

Échelle

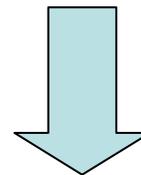
Niveau n+1



Niveau n



Niveau n-1



Équation synthétique ou usine à gaz ?

Quelles échelles ?

- Échelle spatiale
 - Échelle temporelle
- } Il existe souvent un continuum
- Niveau d'organisation
 - Pas de continuum
 - Ruptures
 - Fort lien entre les éléments d'un niveau

A quel niveau faut-il se placer ?

Ex : Environnement
et rejets en
Productions animales

Région,
bassin
versant

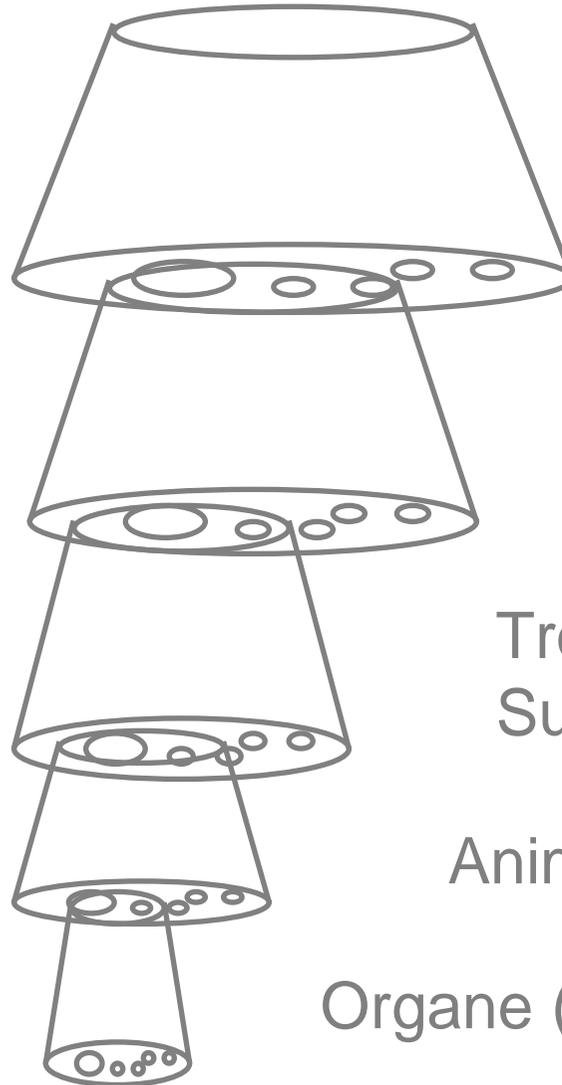
Système
d'exploitation

Le niveau dépend
- de la question posée et
- des réponses attendues

Troupeau &
Surface

Animal

Organe (rein ?)



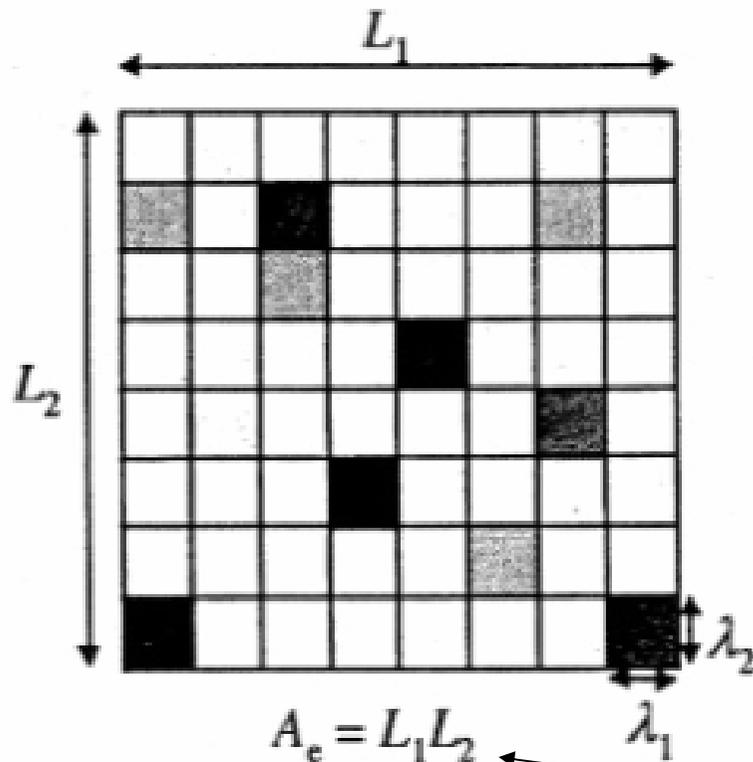
Caractéristiques des différentes échelles : définitions

- Lire : Bierkens M.F.P., Finke P.A. & de Willigen P. 2000. Upscaling and downscaling methods for environmental research. Developments in plant and soil sciences Vol. 88, Kluwer Academic Publishers)
- L'étendue de l'étude
 - Surface
 - Durée
 - Système
- L'unité de support
 - Unité de surface
 - L'unité de temps
 - Entités du système
- Taux de couverture = $(\sum \text{unités observées}) / \text{étendue}$
 - Peut être égal à 100%
 - Différent de la résolution (=Unité/Étendue)

(Bierkens et al, 2000)

Exemple spatial et temporel des notions de support, d'étendue et de couverture

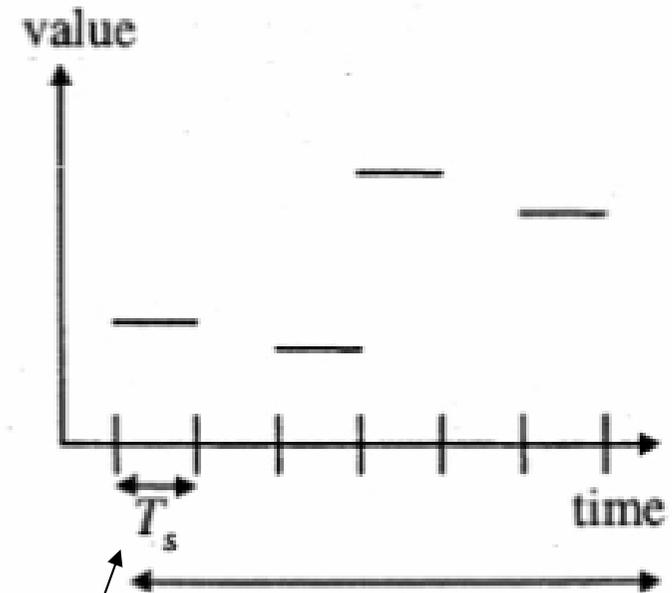
Exemple spatial



$$A_e = L_1 L_2$$

$$A_s = \lambda_1 \lambda_2$$

Exemple temporel



Support

Étendue

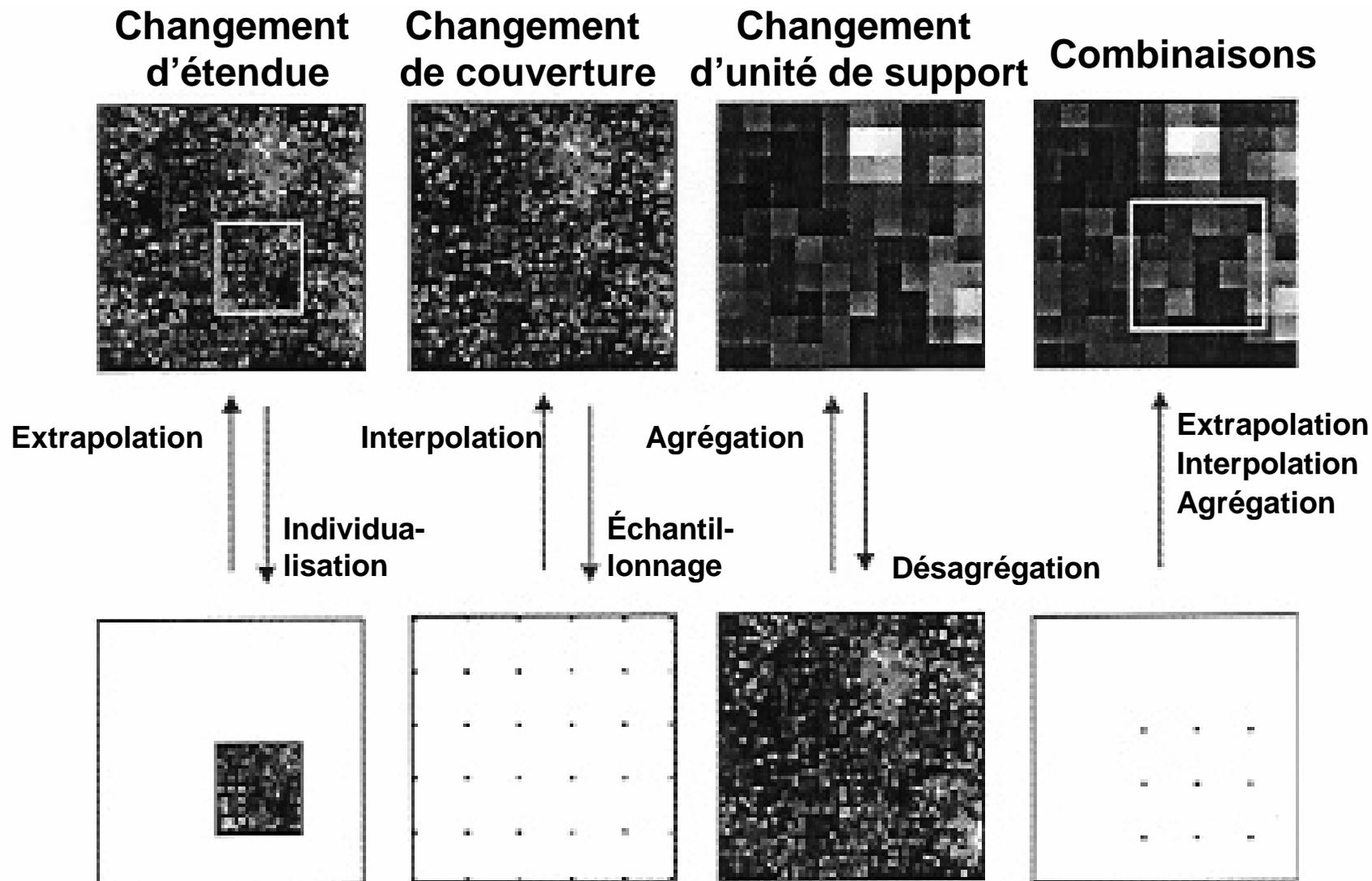
Couverture

= 11/64

= 4/6

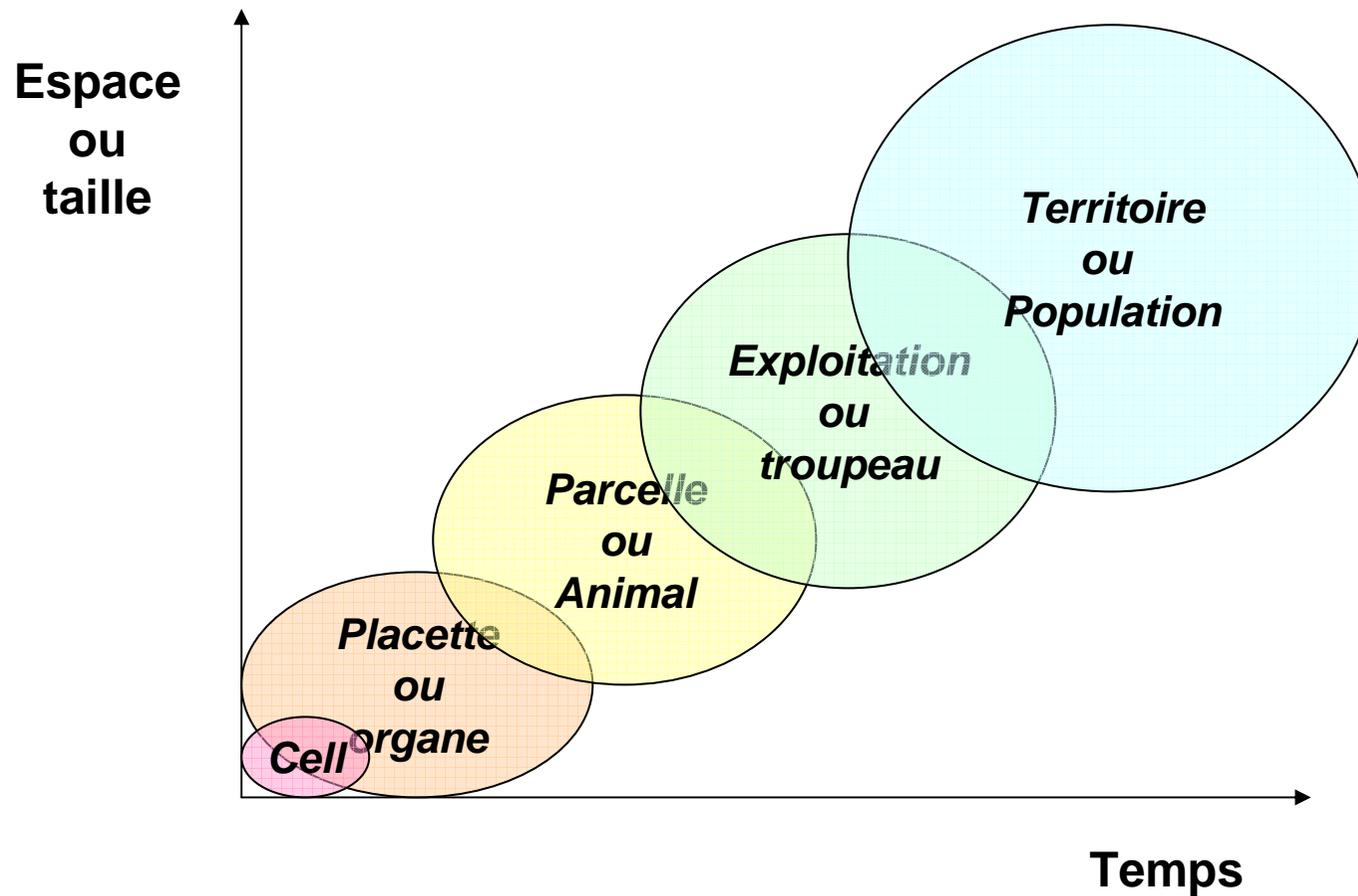
(Bierkens et al, 2000)

Les différents types de changements d'échelle



(Bierkens et al, 2000)

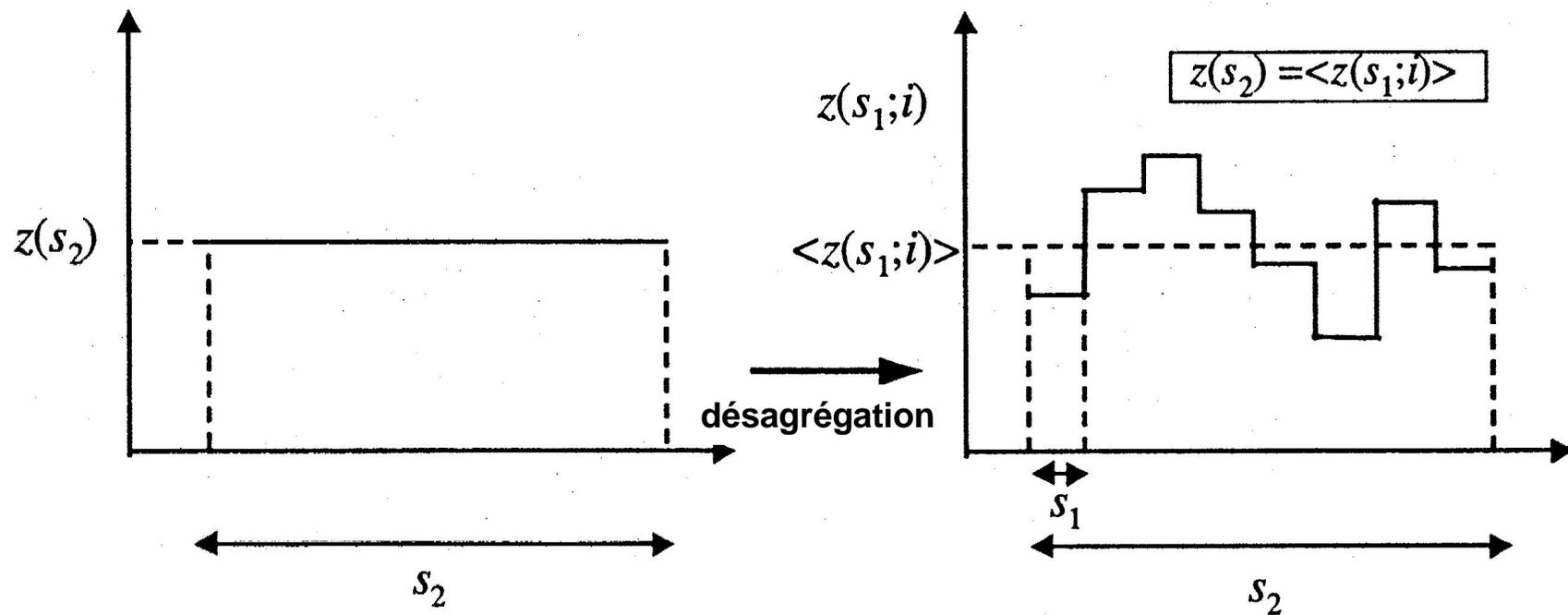
Changement d'échelle : souvent plusieurs échelles concernées



Les changements d'échelle et de niveaux d'organisation

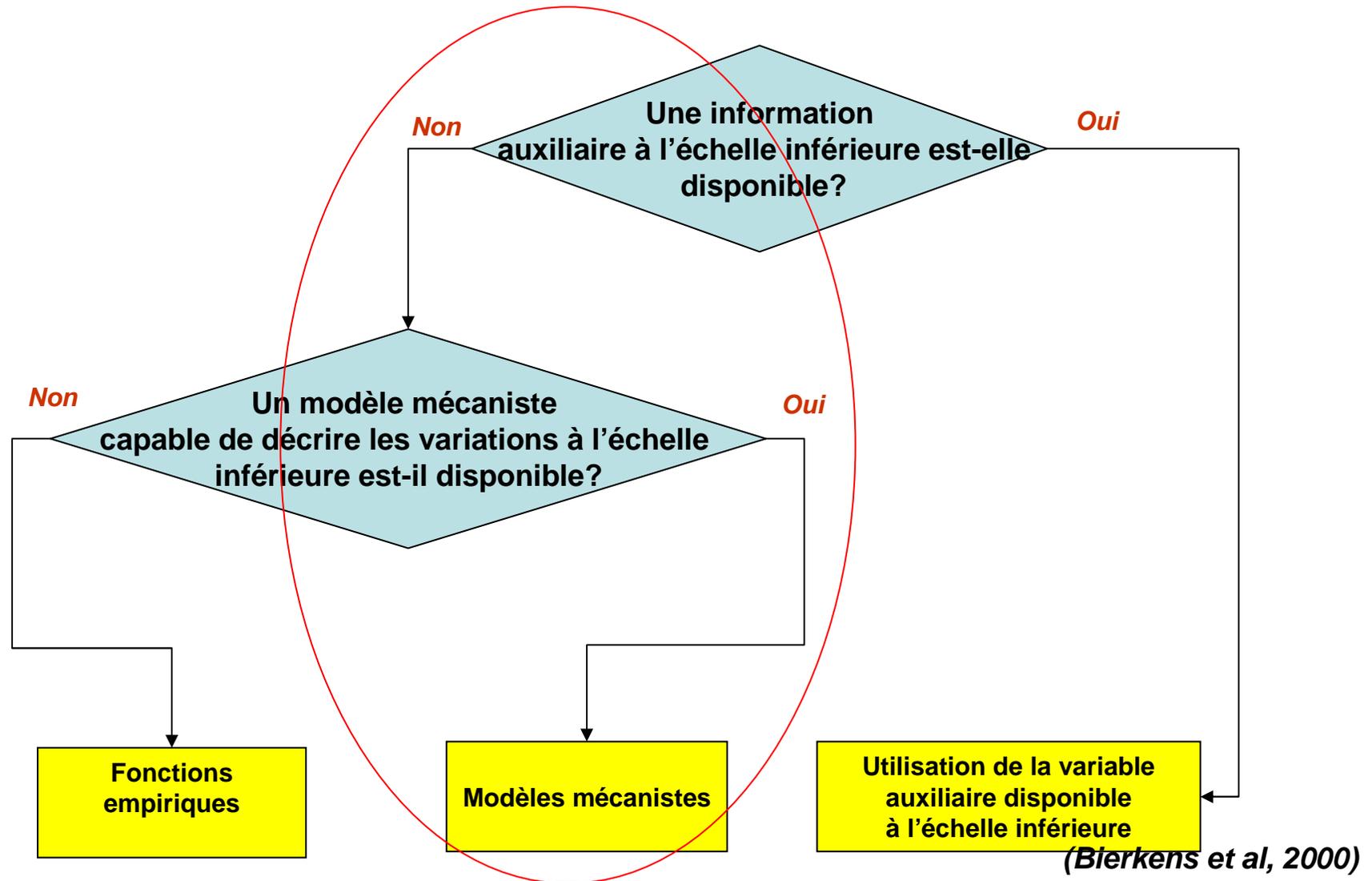
- Généralités sur les changements d'échelle
- Étude des changements de support : Désagrégation
 - Stratégie
 - Un exemple : reconstituer la dynamique intra-année
- Étude des changements de support : Agrégation
 - Stratégie
 - Exemples
- Étude de changements de niveau d'organisation : le cas des systèmes multi-agents (SMA)

Changement d'échelle : désagrégation



Il s'agit ici de reconstruire l'hétérogénéité qui n'apparaît pas au niveau S_2

Arbre de décision pour 3 grandes classes de méthodes de désagrégation



GEDEMO : un exemple de désagrégation sur le temps

Niveau année



Niveau journalier

Paramétrage de GEDEMO

Sorties de GEDEMO (en dynamique / classe)

Effectifs Initiaux des classes

Effectifs

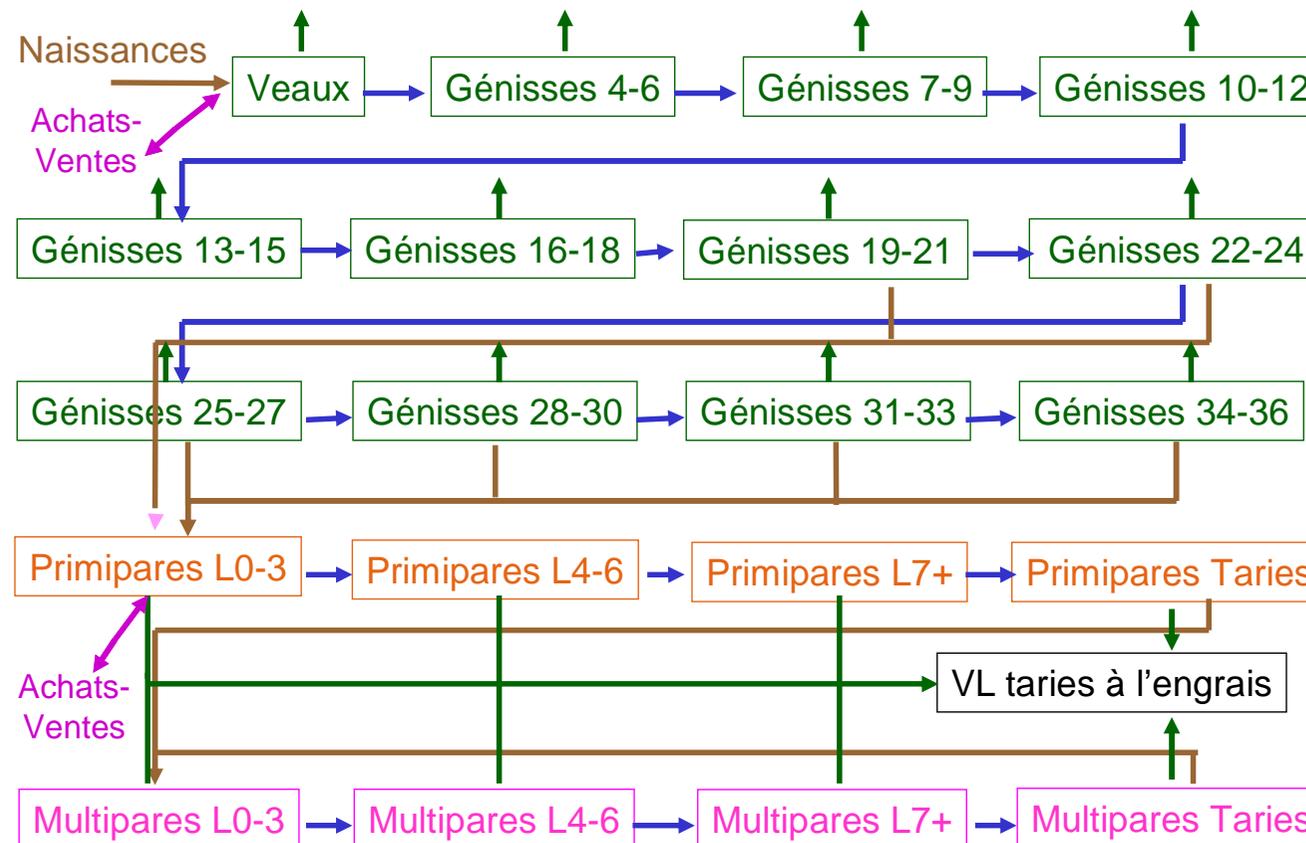
Taux de Réforme / catégorie animale / cause de réforme

Production laitière

Stratégie d'élevage (quota, PL / vache, groupement des vêlages, âge au 1^{er} vêlage)

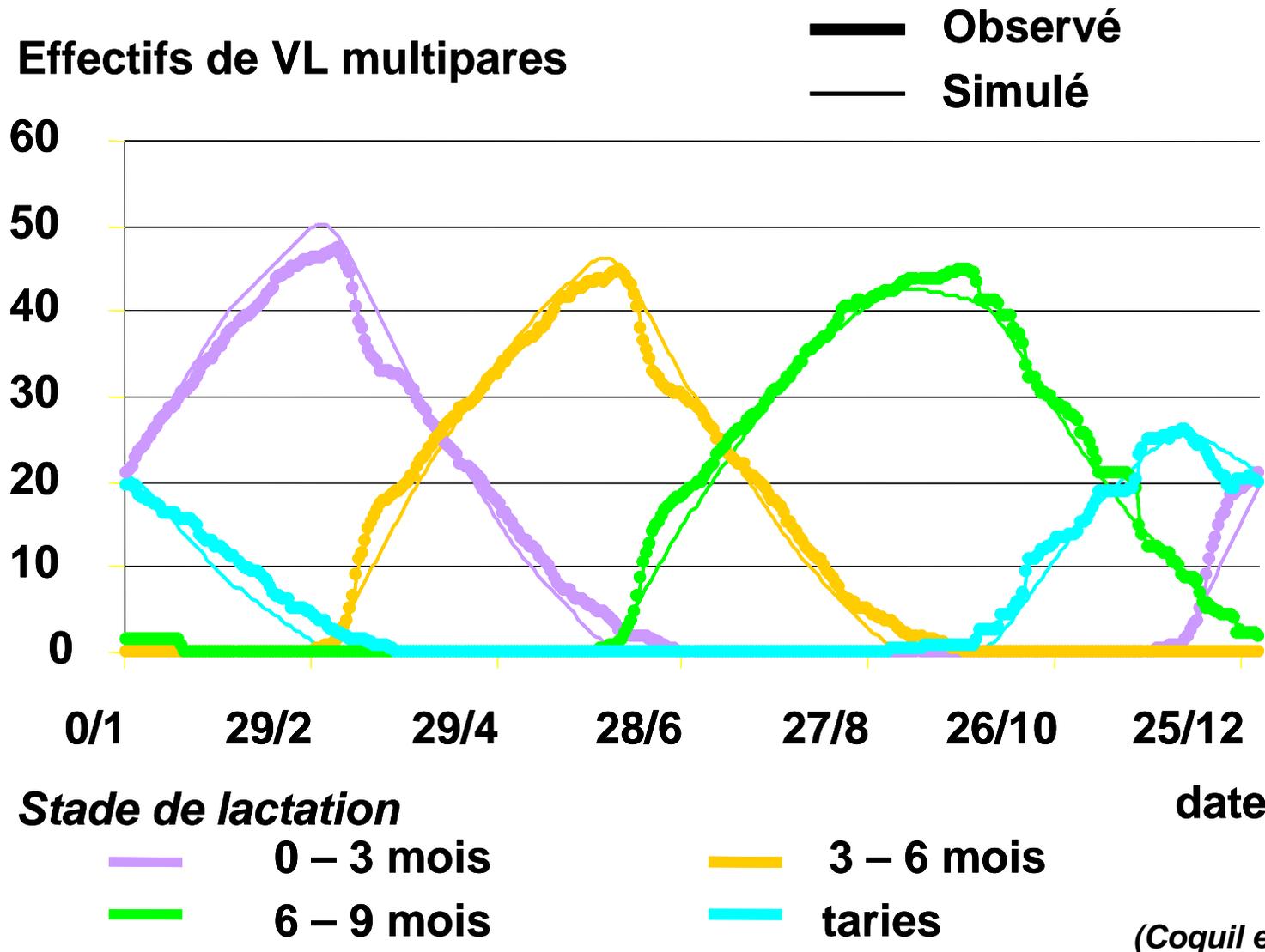
Ingestion

Un modèle de structure de population pour reconstruire la dynamique

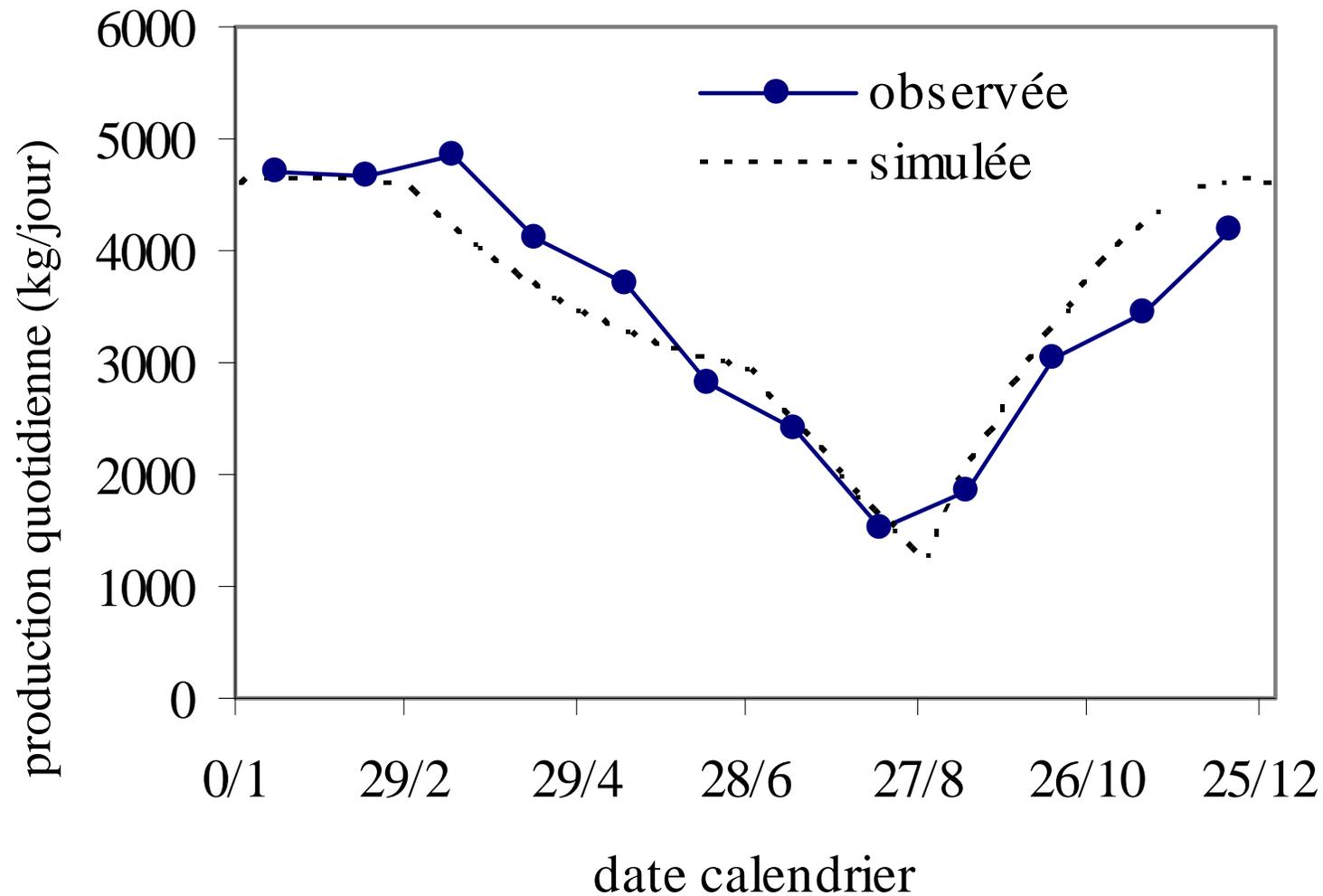


(Coquil et al, 2005)

Le modèle permet de reconstruire la dynamique de la structure de population



La dynamique de la production est ainsi rétablie sans entrée à chaque pas de temps

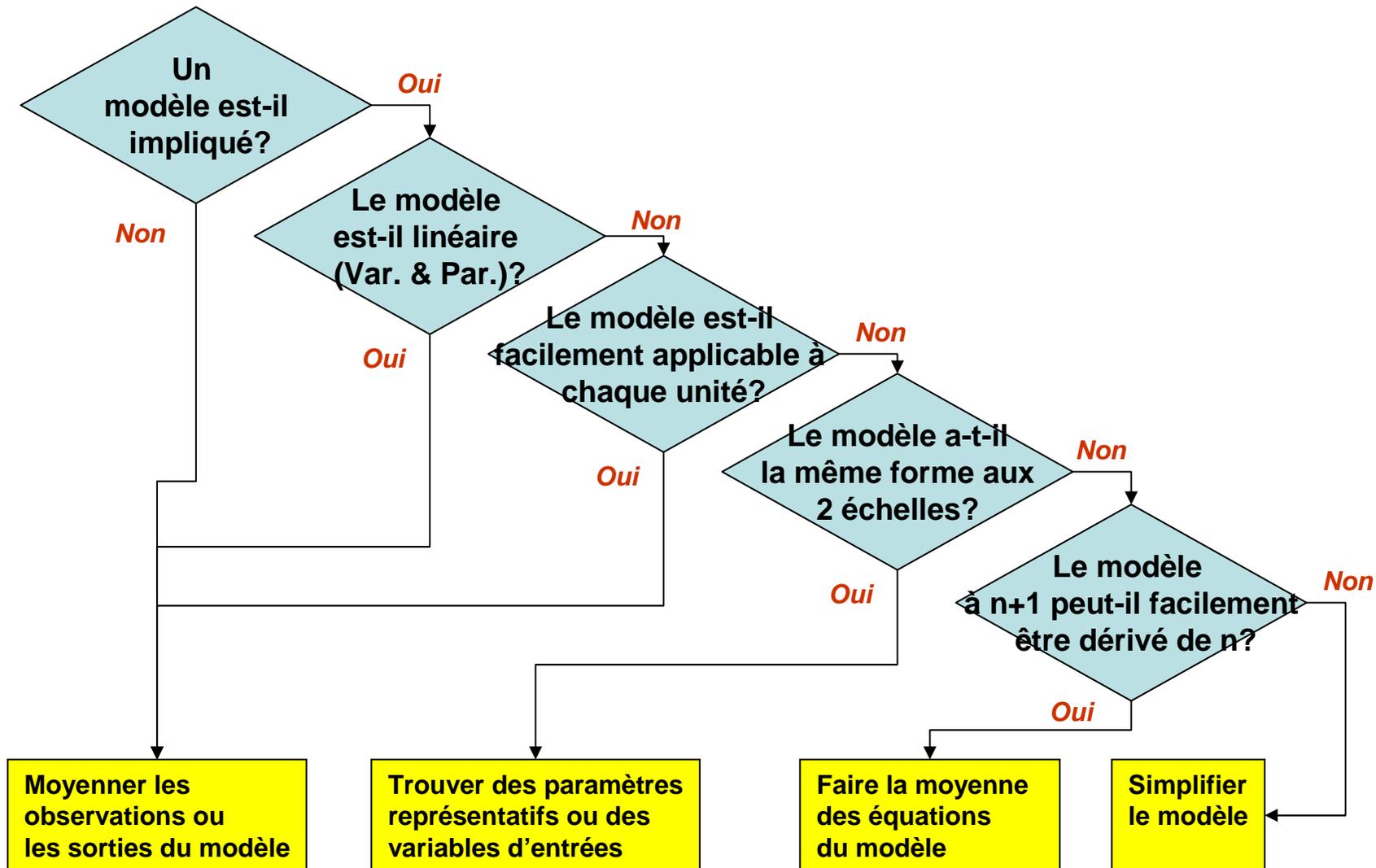


(Coquil et al, 2005)

Les changements d'échelle et de niveaux d'organisation

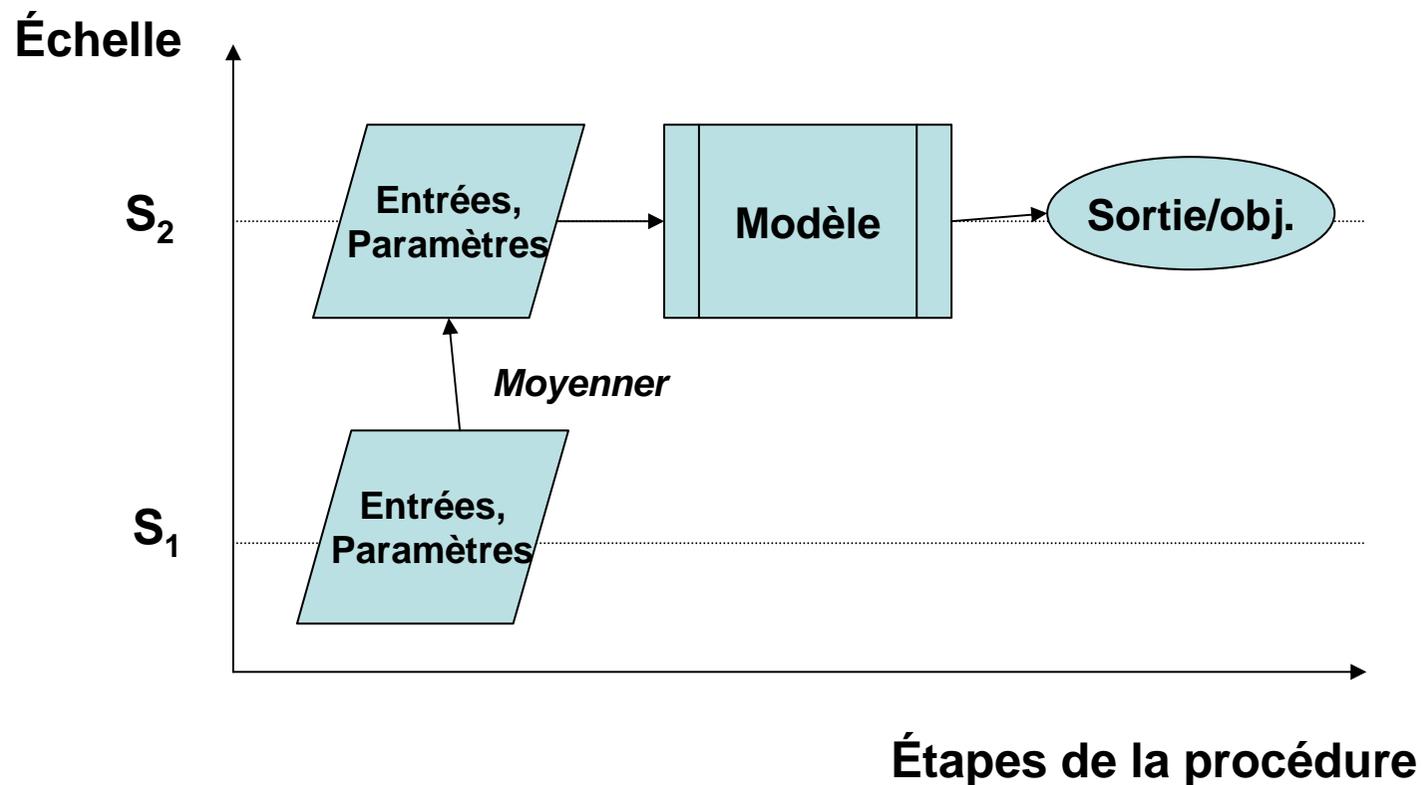
- Généralités sur les changements d'échelle
- Étude des changements de support :
Désagrégation
 - Stratégie
 - Un exemple : reconstituer la dynamique intra-année
- Étude des changements de support : Agrégation
 - Stratégie
 - Exemples
- Étude de changements de niveau d'organisation
: le cas des systèmes multi-agents (SMA)

Arbre de décision pour 4 grandes classes de méthodes d'agrégation



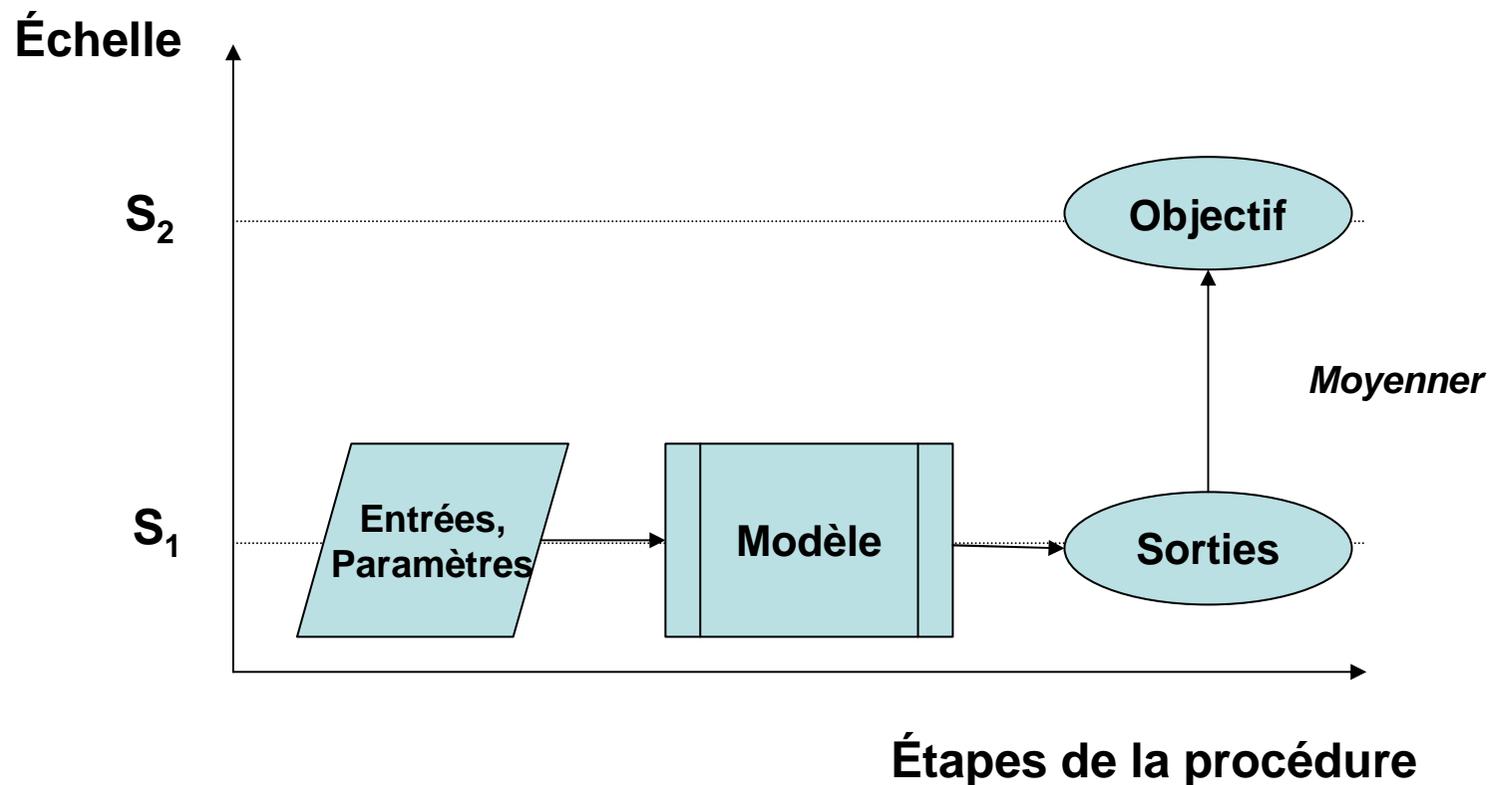
(Bierkens et al, 2000)

Stratégie d'agrégation à partir des entrées du modèle



Linéarité ?

Stratégie d'agrégation à partir des sorties du modèle

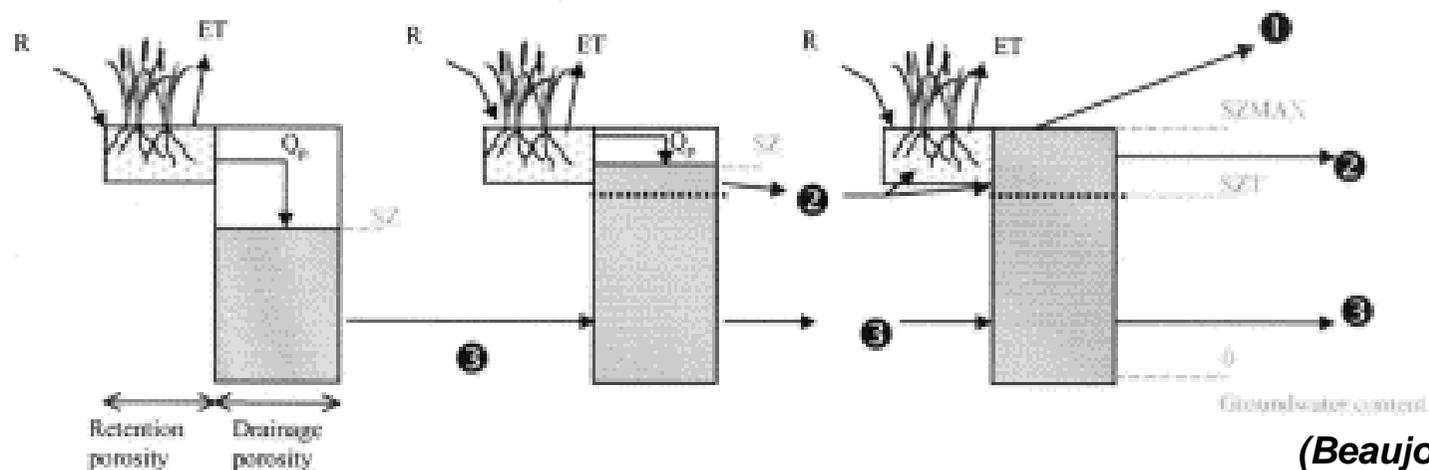
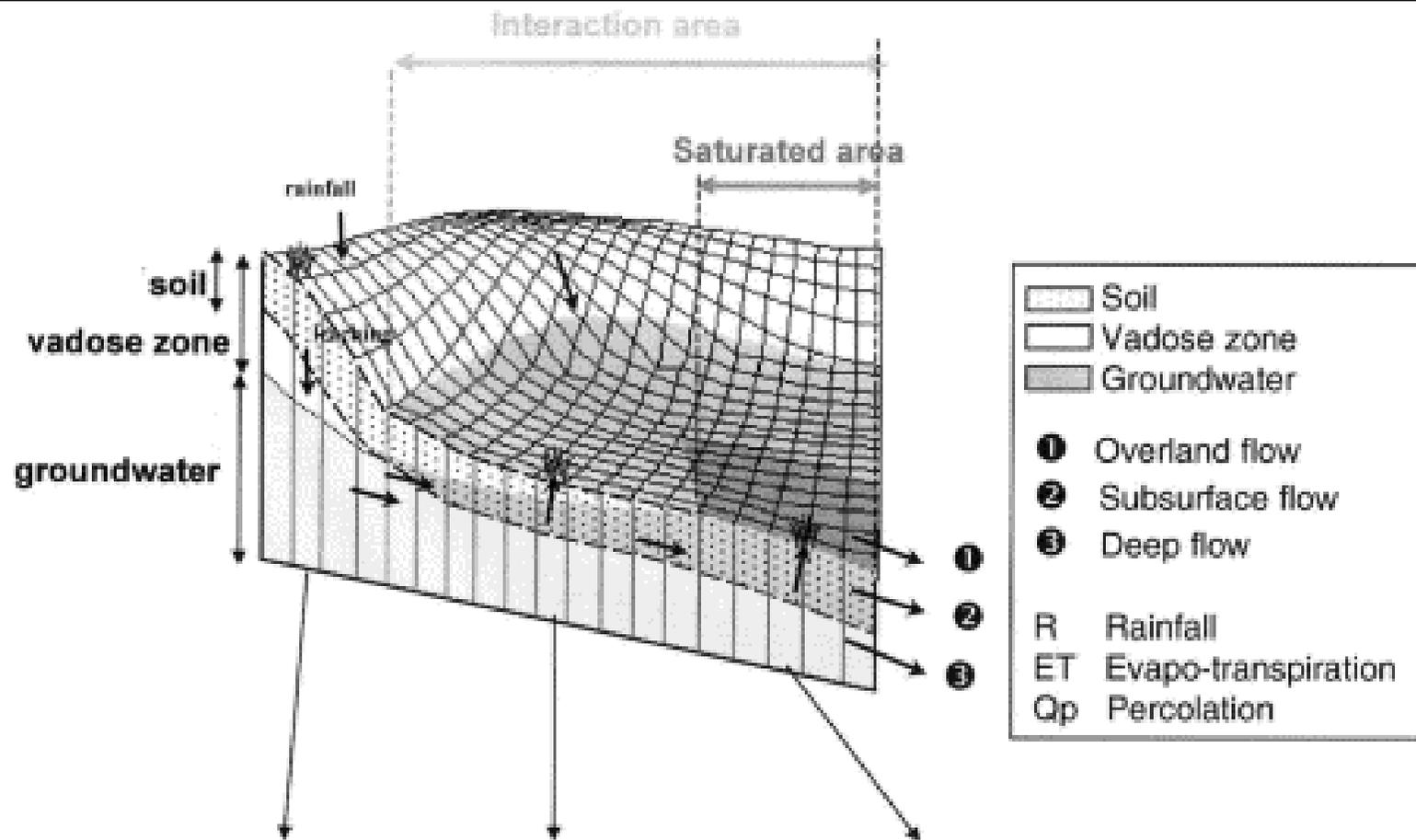


Consommatrice en temps et en calculs

(Bierkens et al, 2000)

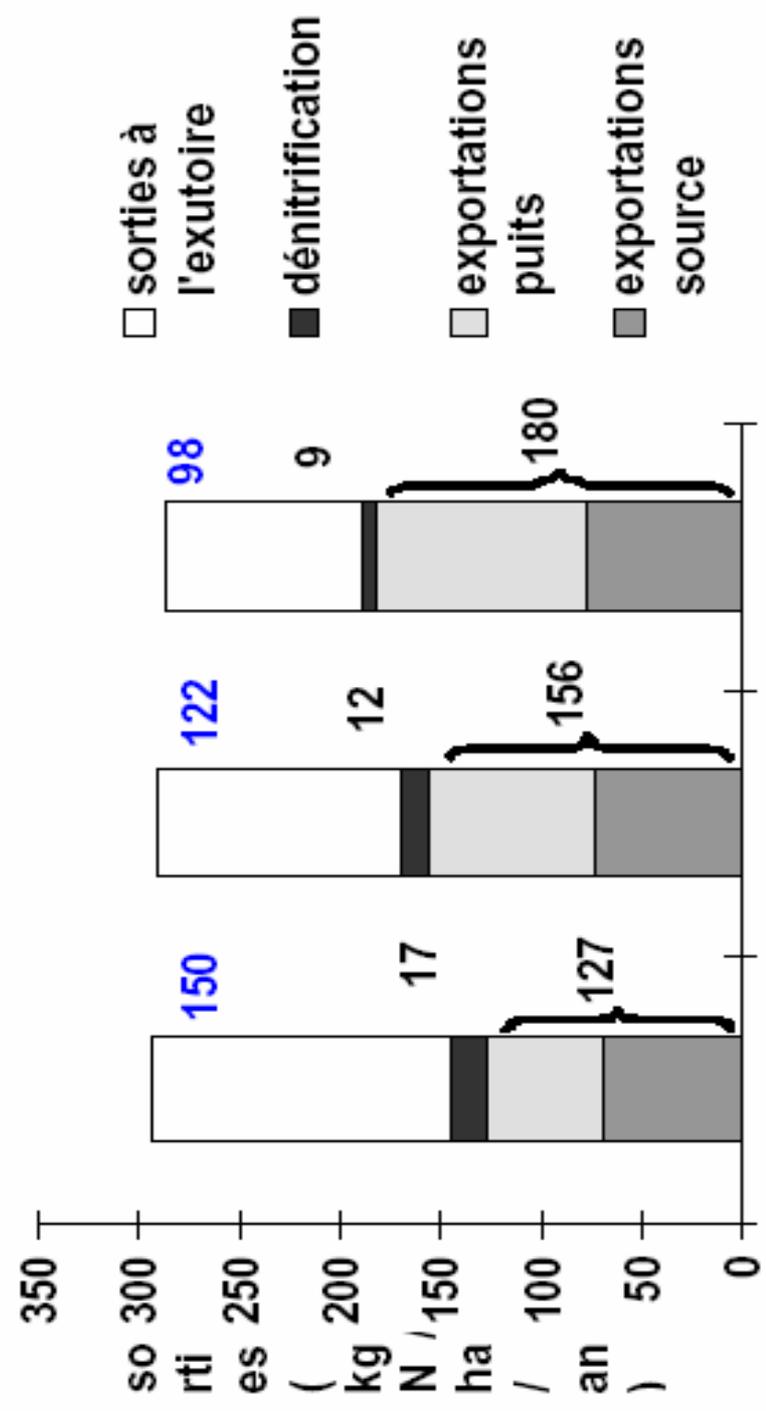
Un exemple d'agrégation : TNT

- Modèle couplant un **modèle de transfert d'eau et de nitrate dans les petits bassins versant agricole sur socle**, à une version simplifiée du modèle sol-plante STICS
- Objectif :
 - Étudier le rôle de **l'arrangement spatial des cultures** puits et sources d'azote
 - tester l'effet de **la forme des versants** et de la géométrie des écoulements sur les possibilités de piégeage des nitrates
 - estimer **les temps de transfert du nitrate** dans le versant en fonction de la localisation des apports



(Beaujouan et al, 2000)

sorties d'azote du bassin versant



(Beaujouan et al., 2001).

Extension d'un modèle individu pour estimer les caractéristiques d'une population

➤ Polluant agit sur l'individu → baisse des performances

↳ Simple à mesurer

↳ Mesure probabiliste (CE50)

➤ Population : niveau pertinent pour l'évaluation du risque

⇒ Simuler les effets d'un polluant au niveau de la population

sachant ses effets au niveau de l'individu : planification

d'expérience

 **Modèle individu-centré stochastique**

Étude au niveau de la population

- ⇒ Variabilité de la taille, de la structure et de la dynamique des populations témoins
 - + Limite du nombre de réplicats (contraintes matériels)
- ↪ Pose le problème de la représentativité des populations témoins

Simuler l'ensemble des populations attendues en conditions témoins

- Réaliser un modèle probabiliste

Choix du type de modélisation

Aide à la décision : simulation des populations témoins

1/ Cause de la variabilité de la structure et de la dynamique des populations ?

↳ Hypothèse : variabilité interindividuelle des performances (croissance, fécondité,...) de la gambusie

2/ Structure en taille : structure complexe (multimodale)

↳ Modélisation fine nécessaire

3/ Prise en compte de la variabilité des milieux (inter et intra)

↳ Intégrer des relations inter-individuelles spatialisées

 **Modèle individu-centré stochastique**

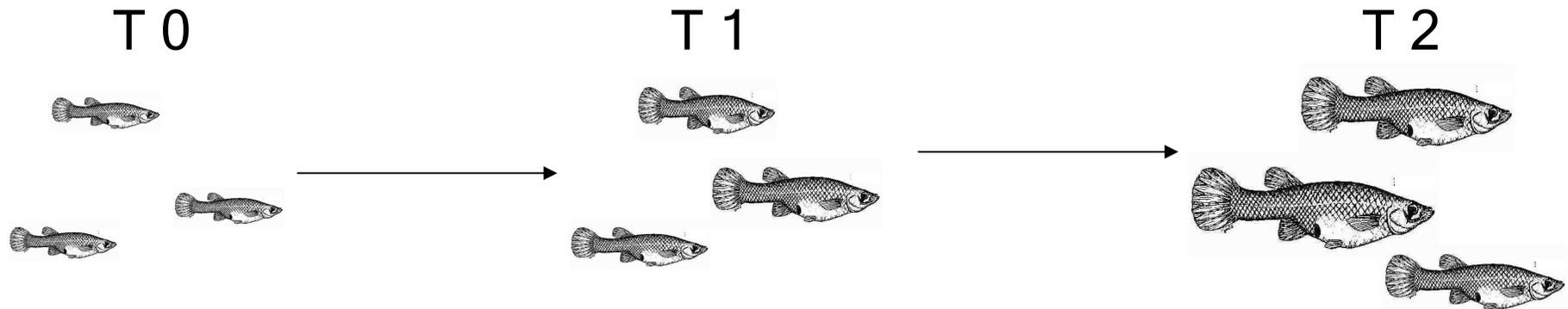
(R. Baudouin et al.)

Qu'est-ce que la modélisation individu-centrée ?

Objet modélisé : individu

Chaque individu a ses caractéristiques : attributs

Fonction biologique de l'individu régie par fonctions mathématiques : tâches



$$L_t = a \times \left(1 - \frac{L_{(t-1)}}{L_\infty}\right) \times t + L_{(t-1)}$$

t = temps

L_t = taille standard du poisson à l'âge t

L_∞ = taille standard maximale théorique du poisson

a = croissance initiale

⇒ Population :
ensemble d'individus interagissant entre eux et avec
leur milieu

(R. Baudouin et al.)

Outil de modélisation individu-centrée

⇒ Plate-forme de simulation individu-centrée :

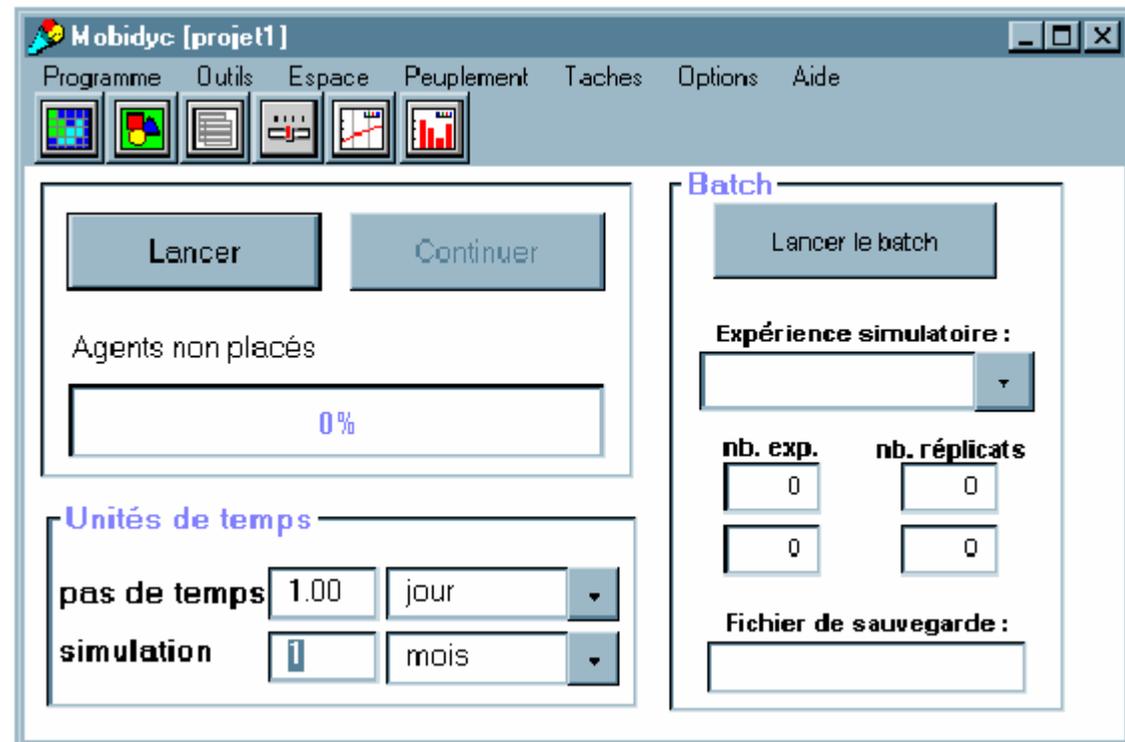
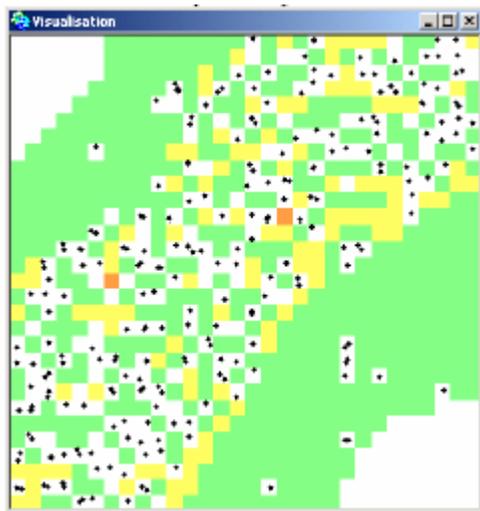
MOBIDYC

(MOdélisation Basée sur les Individus pour la DYnamique des communautés)

V. Ginot - Unité de biométrie - INRA Avignon

www.avignon.inra.fr/mobidyc

- Écriture des modèles simples
- Accélère leurs applications



Sortie du modèle : distribution de la population

⇒ Effectif

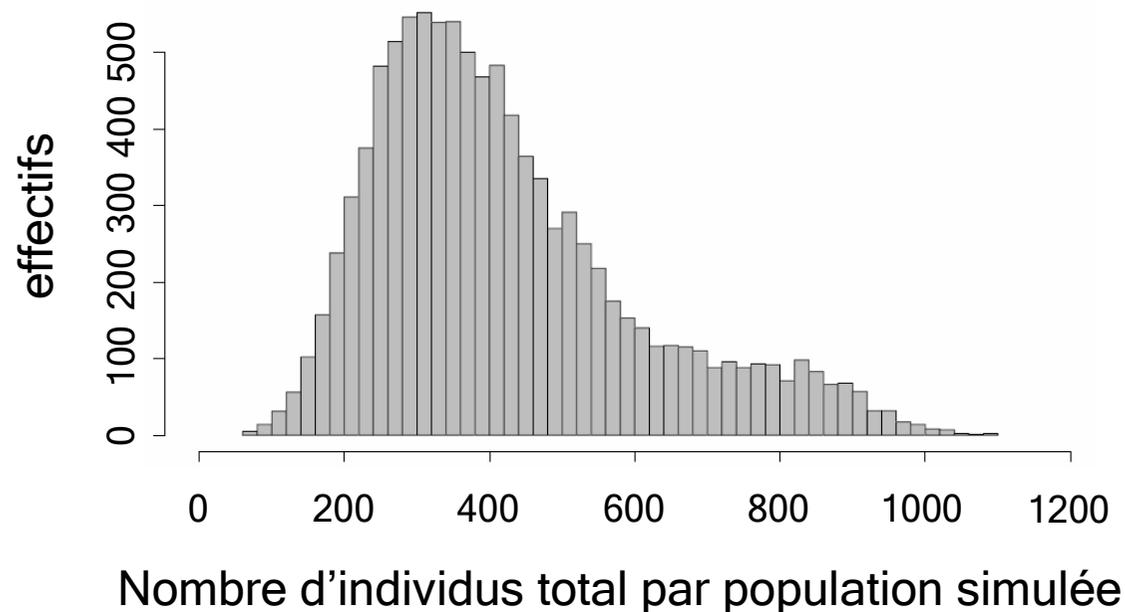
⇒ Sex-ratio

⇒ La structure en taille de la population

⇒ ...

Exemple de 10 000 simulations :

⇒ Expérience en mésocosmes 1999 : scénario thermique, individus initiaux,...

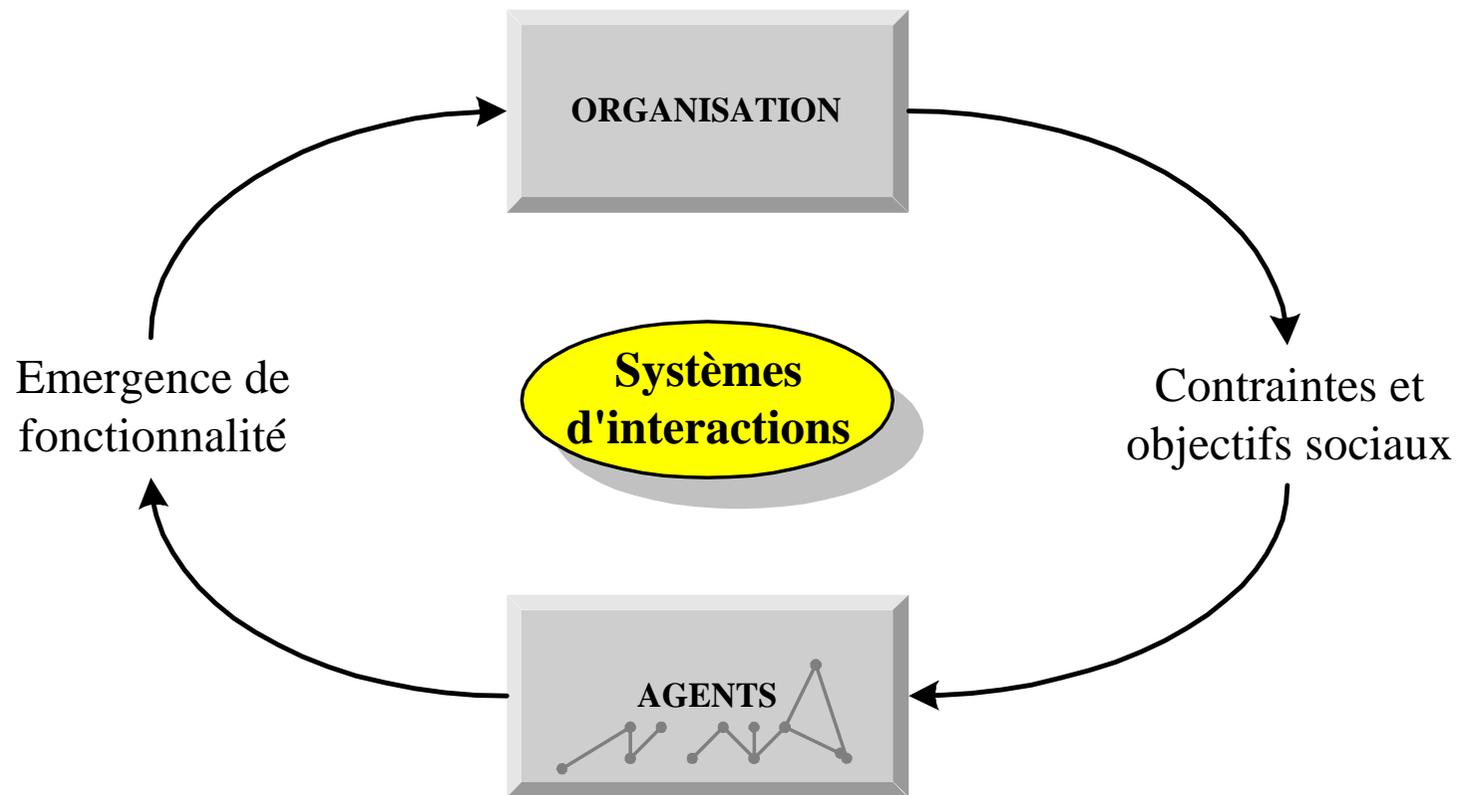


(R. Baudouin et al.)

Les changements d'échelle et de niveaux d'organisation

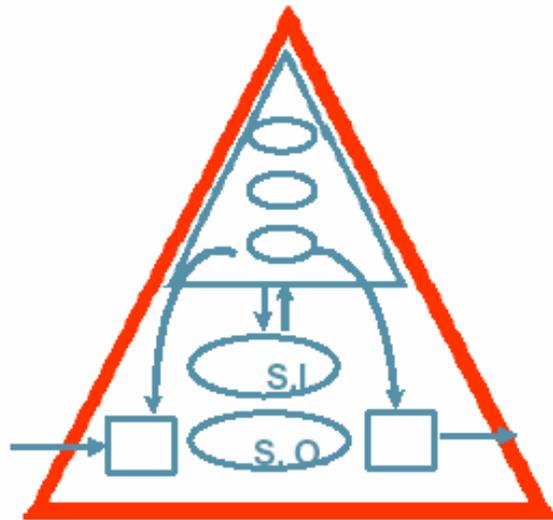
- Généralités sur les changements d'échelle
- Étude des changements de support :
Désagrégation
 - Stratégie
 - Un exemple : reconstituer la dynamique intra-année
- Étude des changements de support : Agrégation
 - Stratégie
 - Exemples
- Étude de changements de niveau d'organisation
: le cas des systèmes multi-agents (SMA)

Systemes Multi-Agent

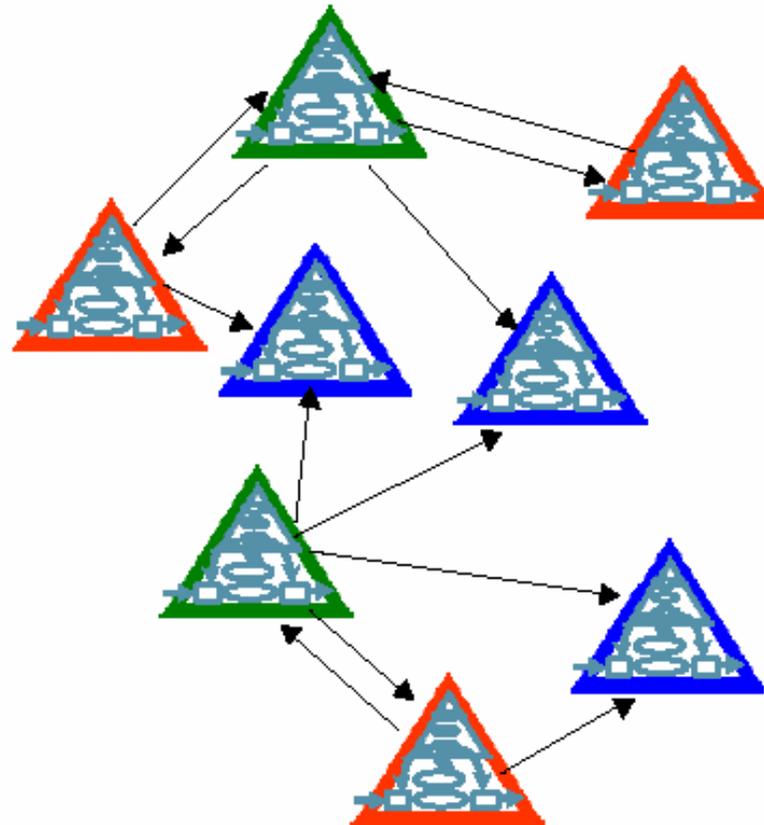


(Ferber 1995)

Les SMA : le contrôle est réparti



Contrôle centralisé

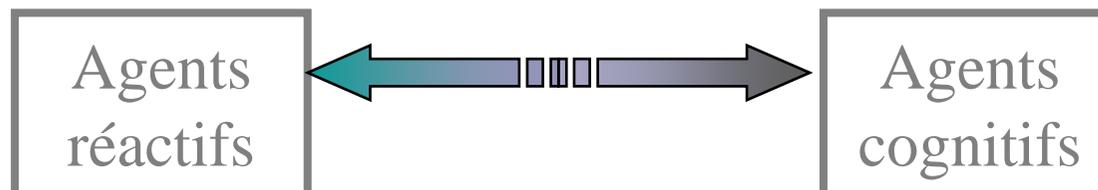


Contrôle décentralisé

Qu'est-ce qu'un agent ?

(J. Ferber. "Les systèmes multi-agents.
Vers une intelligence collective". InterEdition 1995)

- Un **agent** est une entité informatique située dans un environnement et capable de:
 - D'**agir** dans cet environnement
 - De **percevoir (de manière limitée)** et de **se représenter (partiellement)** cet environnement
 - De **communiquer** avec d'autres agents
 - De suivre des **tendances internes** (buts, recherche de satisfaction, survie, ...)
 - De se reproduire parfois
- Et qui a un **comportement collectif**, conséquence de ses perceptions, représentations et interactions avec l'environnement et d'autres agents [Ferber].
- On peut les classer selon un gradient « d'**intelligence** » :

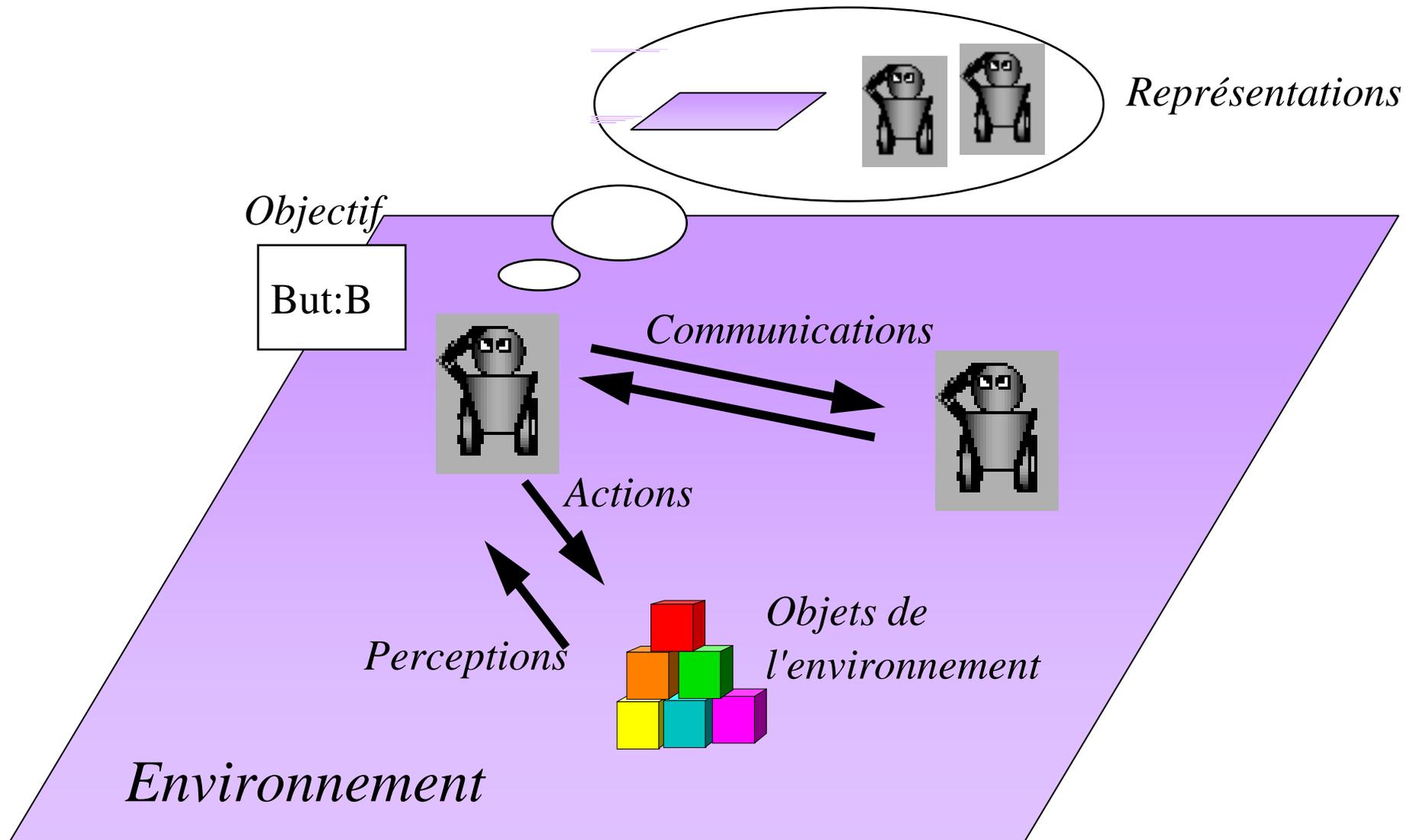


(Ferber 1995)

Environnement (J. Ferber)

- La notion d'agent implique celle d'environnement qui est à la fois
 - un contenant, un espace d'évolution pour les agents
 - un tout complexe dont les agents sont des parties
 - une ressource, ce sur quoi portent les actions des agents
 - le médium de communication entre agents
 - une dynamique qui exerce sa propre action

Représentation schématique d'un SMA



(Ferber 1995)

Catégories d'agents

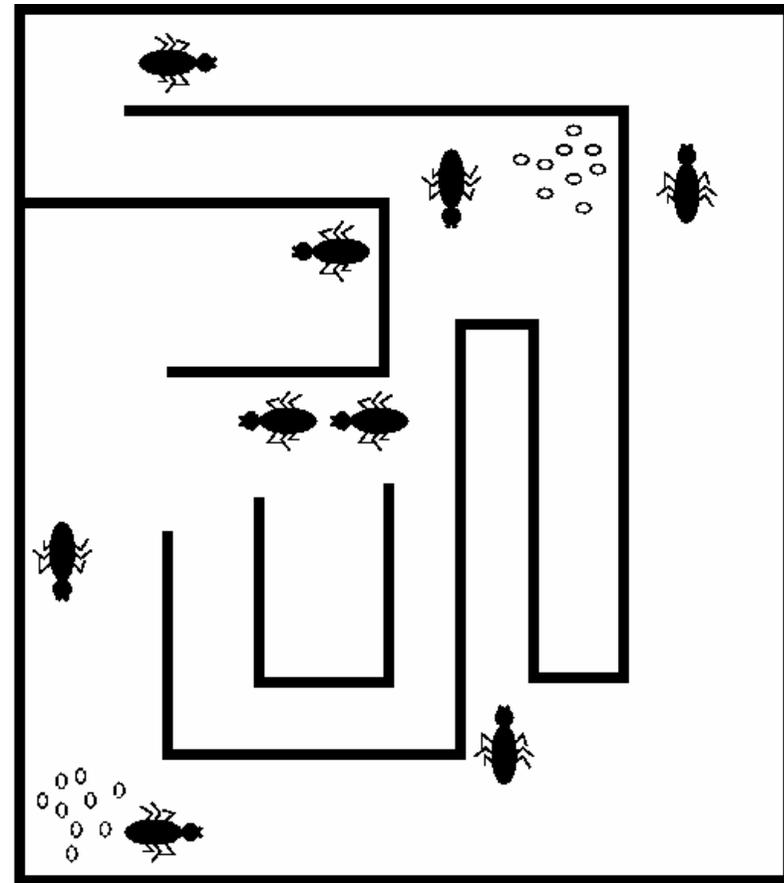
	Comportement réactif	Comportement cognitif
<p>Sans apprentissage « Reflexes »</p>	<pre> graph TD perception --> reaction reflexes --> reaction </pre> <p><i>Agents</i></p>	<pre> graph TD perception --> reflexion reflexion --> reaction inference --> reflexion </pre> <p><i>Agents « modules »</i></p>
<p>Avec apprentissage « Téléonomiques »</p>	<pre> graph TD perception --> reaction reaction --> evaluation inference --> reaction inference --> evaluation </pre> <p><i>Agents pulsionnels</i></p>	<pre> graph TD perception --> reflexion reflexion --> reaction reaction --> evaluation inference --> reflexion inference --> reaction inference --> evaluation </pre> <p><i>Agents intentionnels</i></p>

Classification des situations d'interactions

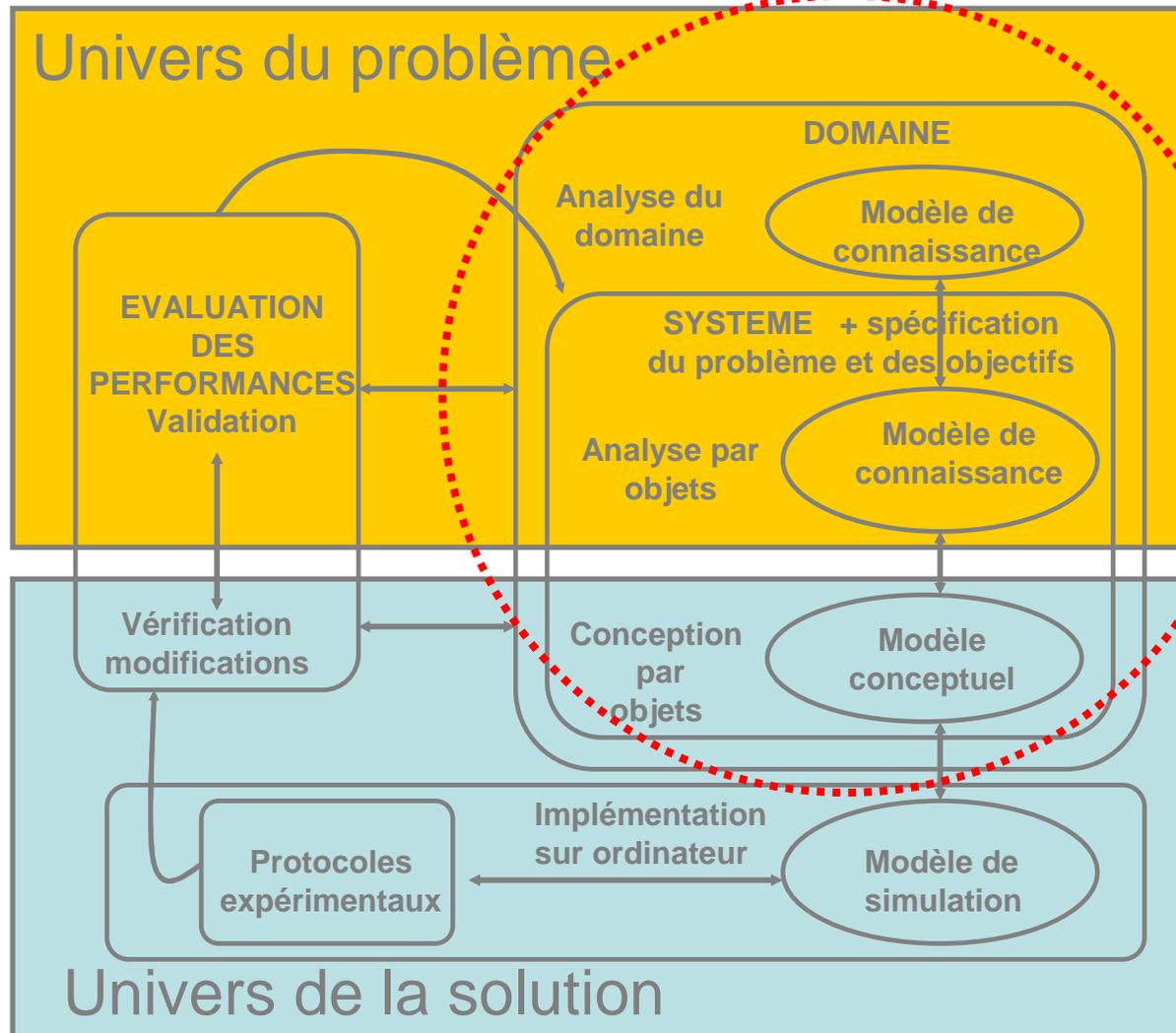
Buts	Ressources	Compétences	<i>Types de situation</i>	Catégorie
Compatibles	Suffisantes	Suffisantes	<i>Indépendance</i>	Indifférence
Compatibles	Suffisantes	Insuffisantes	<i>Collaboration simple</i>	Coopération
Compatibles	Insuffisantes	Suffisantes	<i>Encombrement</i>	
Compatibles	Insuffisantes	Insuffisantes	<i>Collaboration coordonnée</i>	
Incompatibles	Suffisantes	Suffisantes	<i>Compétition indiv. Pure</i>	Antagonisme
Incompatibles	Suffisantes	Insuffisantes	<i>Compétition collectives pures</i>	
Incompatibles	Insuffisantes	Suffisantes	<i>Conflits indiv. → ressources</i>	
Incompatibles	Insuffisantes	Insuffisantes	<i>Conflits collect. → ressources</i>	

Exemple: Manta, Simulation de systèmes complexes

- apprenant
- Structures de contrôle : chacun son tour
- Structures de communication : laisser des traces, interpréter les traces
- Protocole : effectuer la tâche préférée, si cela n'est pas possible, changer ses préférences
- Types d'agents : réactifs

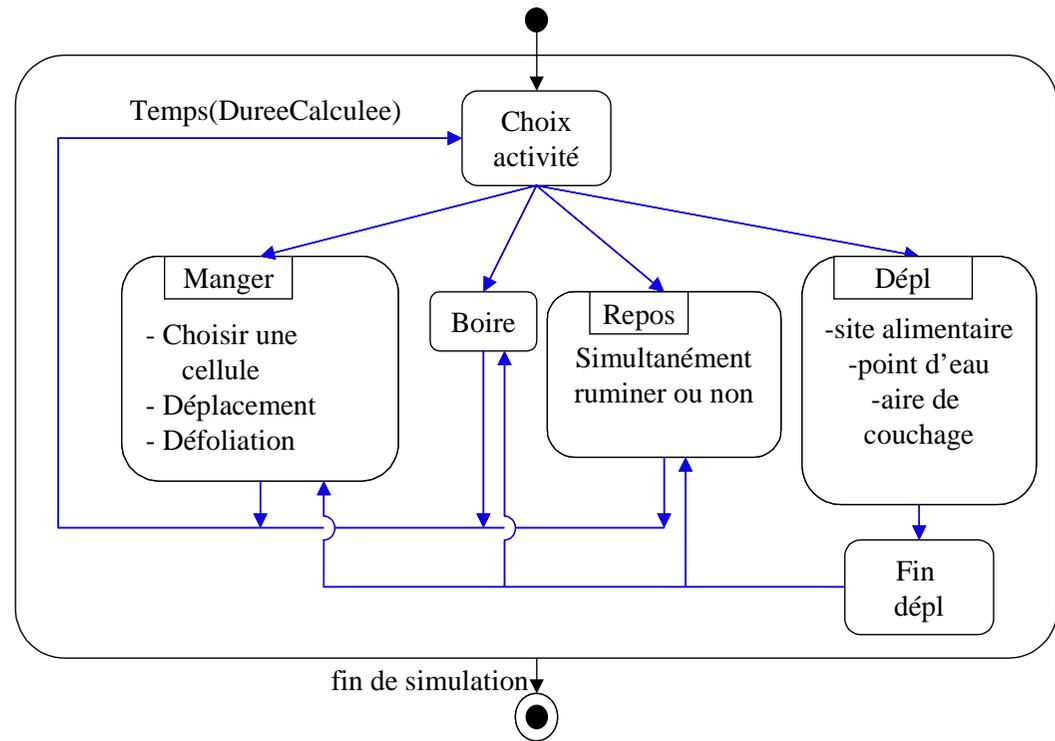
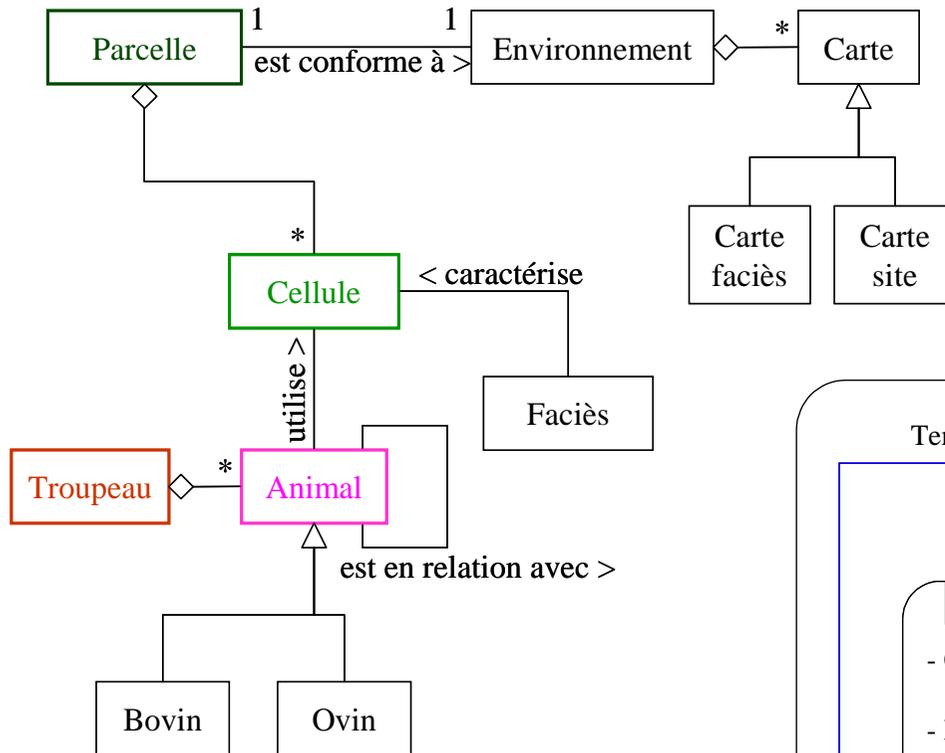


Processus de modélisation par objets



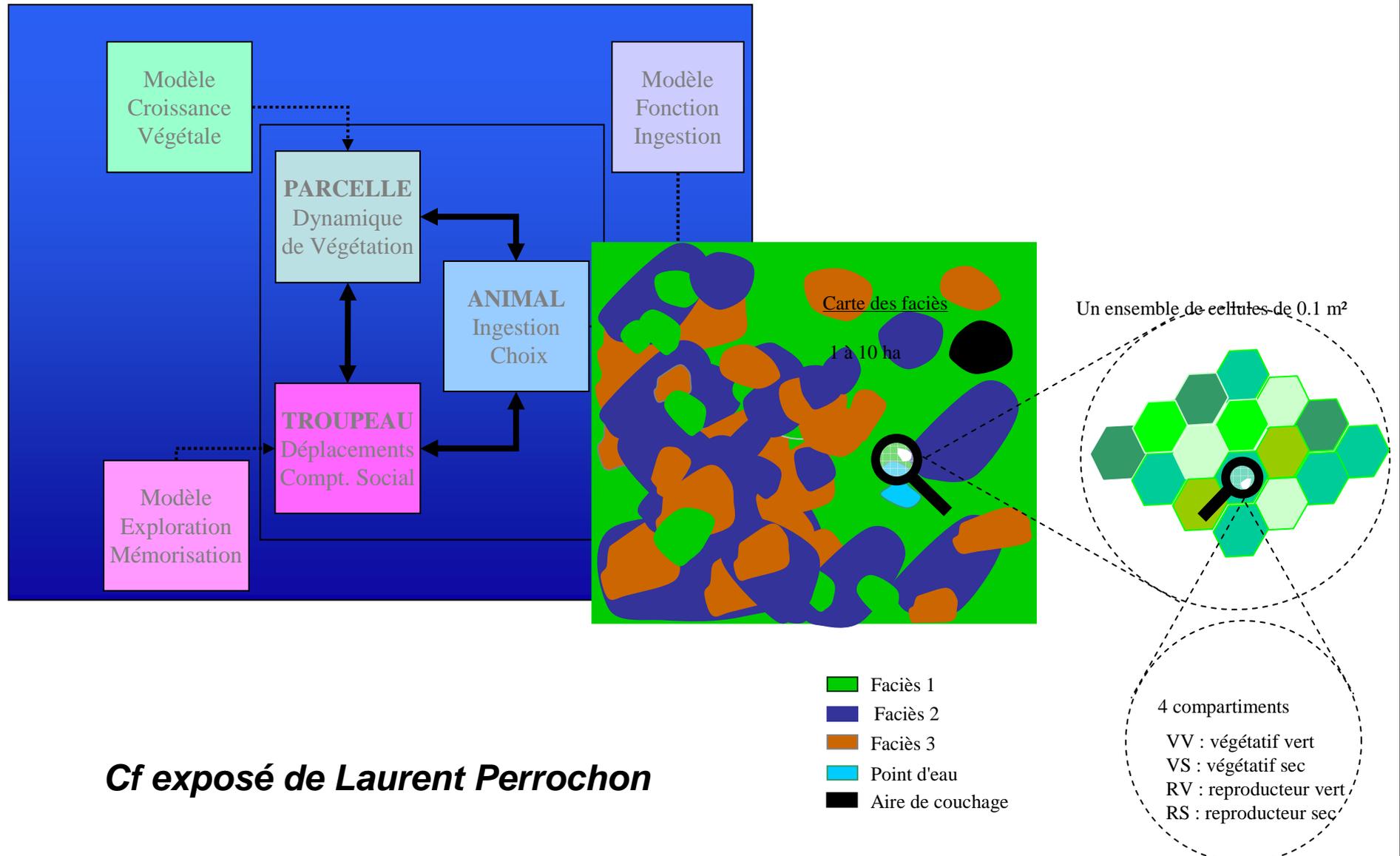
(Coquillard,
Hill 1997)

Unified Modeling Language UML: Un mode de formalisation utile → Objet



(Baumont, Dumont, Perrochon,...)

Conception d'un simulateur multi-agents de l'interaction troupeau/parcelle pâturée



Cormas : une plate-forme pour les SMA

The image displays the Cormas software interface, which is used for modeling and simulating multi-agent systems (SMA). The interface is divided into several panels:

- Top Panel:** A menu bar with options: Models, Program, Visualisation, Simulation, Help.
- Left Panel:** A diagram illustrating the class structure for each entity. It shows a hierarchy where 'Groups' and 'Messages Objects' are associated with 'Agent' and 'Agent' respectively. Below the diagram is a landscape visualization with a green field and a brown path.
- Middle Panel:** A diagram showing the simulation organization, featuring a tree-like structure of agents and a central vertical axis.
- Bottom Panel:** A diagram showing the observer, with a blue background and a white area containing a tree-like structure.
- Right Panel:** A code editor window titled 'Cell > newState'. It displays the following code:

```
newState
| aliveNeighbours |

aliveNeighbours := (self neighbourhood select: [:a | a state = #alive]) size.

self state = #dead & (aliveNeighbours = 3)
  ifTrue: [^self bufferState: #alive].

(self state = #alive and: [aliveNeighbours = 2 or: [aliveNeighbours = 3]])
  ifTrue: [^self bufferState: #alive].

^self bufferState: #dead
```
- Bottom Right Panel:** A menu with options: Probes, Messages, Space.

The URL <http://cormas.cirad.fr/> is displayed in the bottom right corner.

Changement d'échelle

- C'est un problème important que l'on va rencontrer de plus en plus souvent
 - De plus en plus de modèles de systèmes biologiques
 - De plus en plus de problèmes sur des systèmes complexes
- Il n'existe pas de méthode universelle
- Il y a souvent changement de système et d'objectif, ce qui pose des problèmes de conception, avant les problèmes de modélisation
- Attention, c'est souvent un problème complexe qui va souvent prendre du temps!

Il ne faut pas sous-estimer la tâche!



Merci de votre attention