
Modélisation intégrative verticale d'une connaissance multi-échelles : la dynamique des petits rongeurs hôtes et de leurs parasites.

Présentation du cadre problématique et propositions méthodologiques pour le projet de modélisation.



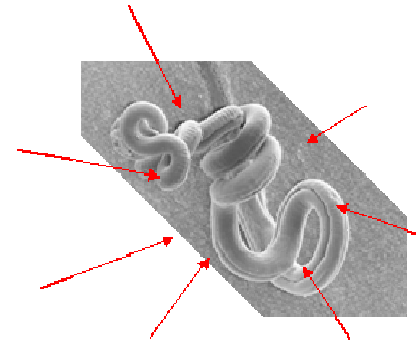
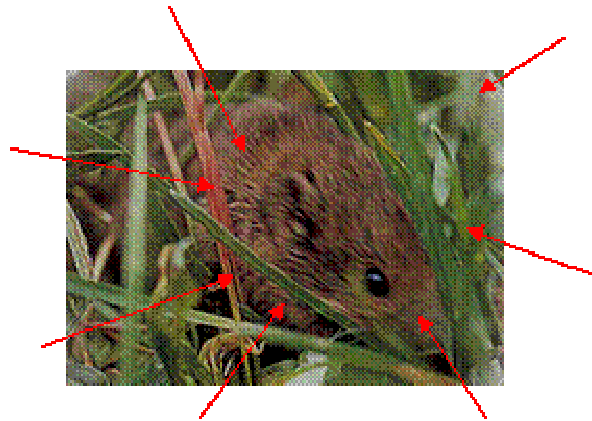
Jean Le Fur
Centre de Biologie et de Gestion des
Populations
Montpellier, France
Email: lefur@ird.fr

Sommaire

1. Contexte (questionnement, démarche et projet)
 2. Caractériser le champ de connaissance à appréhender
 3. Résultat préliminaire: cadrage synthétique du domaine des recherches rongeurs au CBGP
 4. Défis liés à la formalisation et voies de recherche pour l'implémentation
-

Questionnement : intégration des connaissances pour appréhender le ‘vivant’

- La recherche sur les petits rongeurs et leurs parasites est composite :
 - multi-domaines, multi-échelles, multi-objectifs

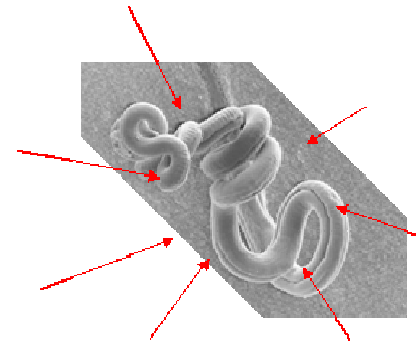
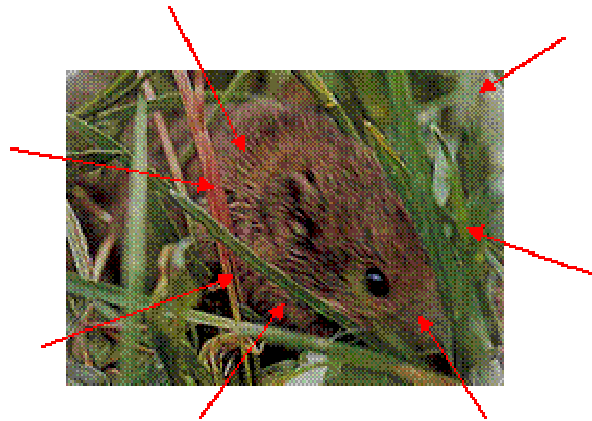


Diversité des questionnements au sein du groupe Mastomys (exemples)

- **JMD**: changements climatiques et conséquences sur les populations de rongeurs ?
- **NC**: qu'est ce qui rend possible l'existence de la relation hôtes-parasites ?
- **JFC**: relations entre dynamiques des populations, des paysages et génétique des populations
- **LG**: géographie de la spéciation / dynamique de l'invasion
- **CB**: effets des parasites sur les dynamiques des hôtes
- **GD**: origine des mutations Xsomiques; effets au niveau des individus, populations, espèces
- **BS**: mécanismes physiologiques qui sous-tendent les adaptations
- **etc.**

Questionnement : intégration des connaissances pour appréhender le ‘vivant’

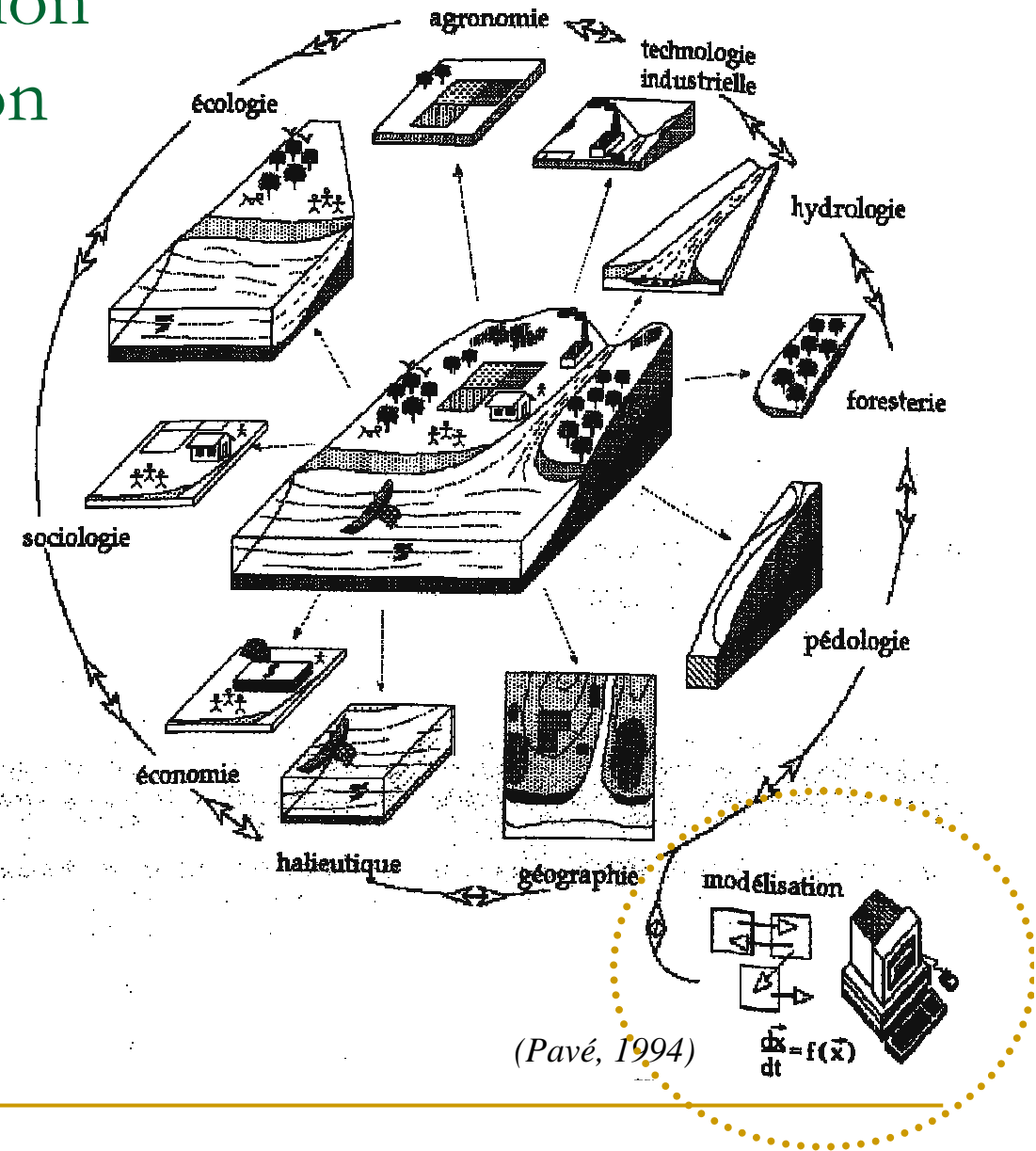
- La recherche sur les petits rongeurs et leurs parasites est composite :
 - multi-domaines, multi-échelles, multi-objectifs



- *Une hiérarchisation claire des causes (Breckling et al., 2006) et l'interdépendance des problématiques dans les phénomènes observés peut être questionnée*
 - Élaborer une représentation intégrée permettrait de démêler la complexité du domaine vis à vis de cette question
-

Démarche: construction d'un outil d'intégration

- Développer un cadre dédié à l'articulation des champs de connaissance sur ce domaine (exemple sur la gestion littorale)
- Modèle considéré comme :
 - Un moyen pour échanger/articuler (de façon codifiée) la connaissance disciplinaire
 - Un canevas pour l'intégration des champs de recherche

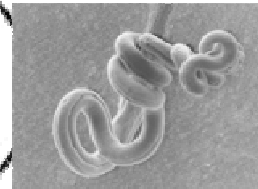


Question: Comment progresser vers une représentation intégrée ?

- Le projet vise à élaborer une plateforme **robuste**
- Accueillant de façon articulée des modèles (individus centrés) successifs
- correspondant à diverses questionnements des chercheurs du groupe (étude de cas)
- et contribuant par autant de nouveaux éclairages successifs
- à une intégration pas à pas de la compréhension du champ de recherche.



**Contexte au
quel les
recherches se
inscrivent**



1. Caractériser de façon générique le champ de connaissance à appréhender

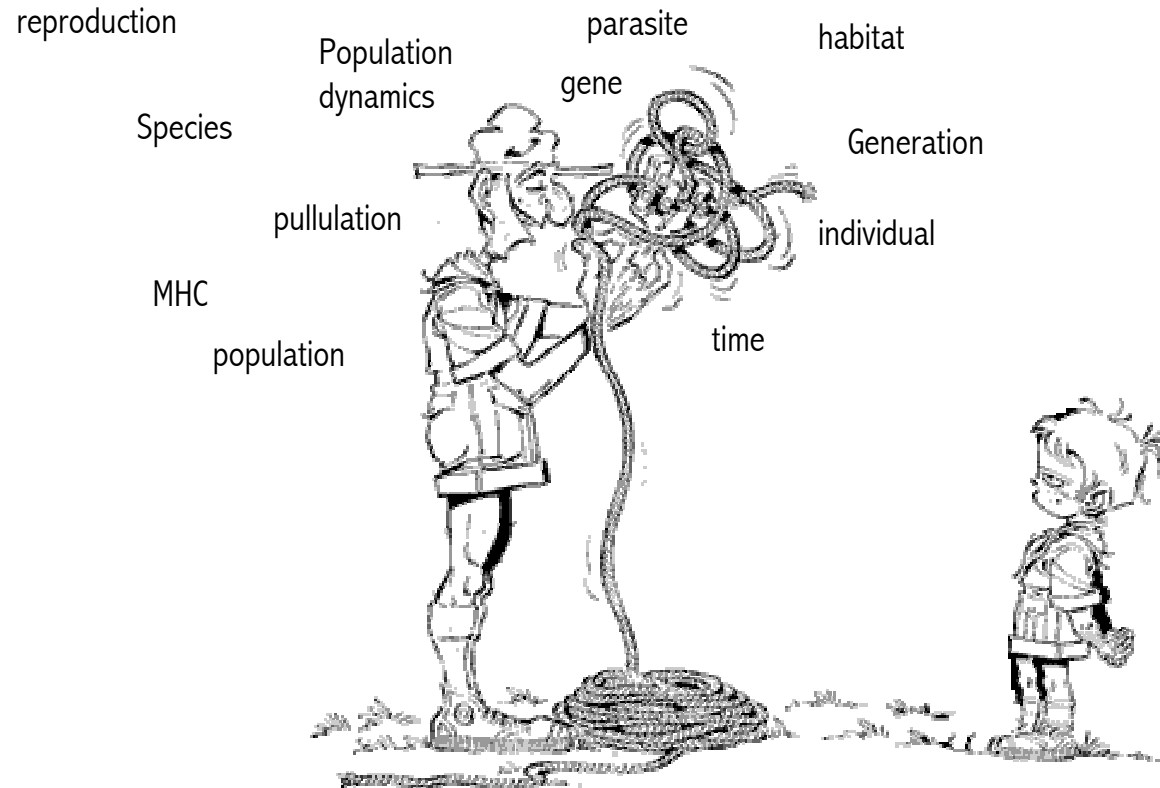
importance clé pour la robustesse de la plate-forme
(ex: nouveau chercheur)

→ **Expertise (élicitation) des champs et des questionnements des chercheurs**

NB: construction d'un protocole :

- Documentation
- Interaction (consultation)
- Elicitation
- Réification
- Articulation
- Formalisation

1.- Présentation du domaine et des questionnements par chaque chercheur/expert lors d'interviews semi-libres



*(merci pour les réponses
patientes aux questions
Incongrues)*

2. Transcription *in extenso* de l'interview

(objectif : texte propre et normalisé pour la rigueur de l'analyse subséquente)



Nb: cet item constitue une source de formalisation potentielle (↔ future base de modélisation)

Nathalie_enquete.f10.doc

biological, physiological traits.

We indeed would like to establish the relationship between a gene expression and the organism response. In fact it is not reachable in the field, we cannot assess the relationship.

2.2.3 Eco-physiology

- Stress plays a role on immune-competency, the ability to resist to an infection.
- Notion of physiological trade-offs: the more you reproduce the less you have got energy to fight against parasites.
- Given a limited quantity of resource, there are physiological compromises between reproduction; search for resource; ability to resist to infestation. This last is associated with survival, they are balanced with reproduction. The more you reproduce, the less you can survive longer (since reproduction has a cost).

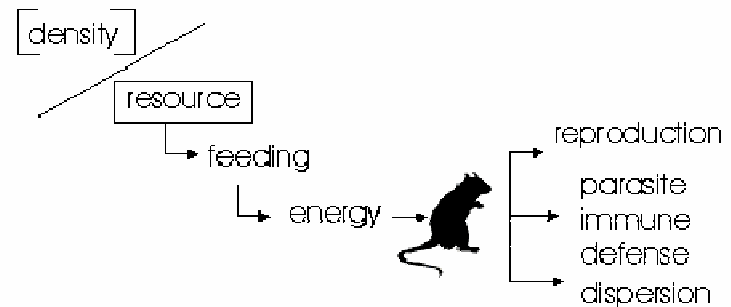


Figure 1: eco-physiology and trade-offs approach; density is the mean used to estimate resource, the source of energy, levels. Energy is shared by the organism between three main functions.

2.2.4 Two kind of host-parasites dynamics

- In a stressing environment, organism will have a tendency to invest into reproduction, less into immune defence which will give the opportunity to opportunist parasites to infest the host.
- In a heavy parasitism pressure context, parasites will be at the origin of the event cascade and one can imagine a prevailing selection of the individuals which have a good response to the parasite.

Measuring reproduction is nevertheless not accessible *in situ* (nesting occurs in burrows), derived parameters are thus used such as **density which influences the amount of resource available**² (the more density the less resource available by individual).

The energetic cost bound to immune defense consists in maintaining the organ of immunity and developing an immune response (elaborating molecules, physiology). There can be also time spend to remove fleas, etc.

2.2.5 Combining disciplines

Phylogeny is at a different scale compared to eco-physiology, whereas with phylogeography there is a kind of continuum since there intervene the same forces that population genetics but expressed at a larger scale.

² NB: H_0

3.- Réification du discours et élaboration pas à pas des types de connaissance

Item signifiant identifié par le chercheur ou l'analyse lexicale

metatype
déduit

1.2 DISCIPLINE

1.2.**Eco-physiology**
1.2.eco-immunology
1.2.**Population_genetics**
1.2.Parasitology
1.2.PHYLOGENY

1.3 COUNTRY / LOCALIZATION

1.3.Jura
1.3.Transect_Drôme

1.4 SPATIAL SCALE / SPACE DESCRIBER

1.5 TEMPORAL SCALE / TIME DESCRIBER

1.5.The_shortest_time_scale_is_the_one_of_the_individual
1.5.Seasonal
1.5.Inter-annual_cycle
1.5.Species_history
1.5.Micro-evolutive_scale
1.5.Some_generations
1.5.Macro-evolutive_scale
1.5.**TIME**
1.5.TEMPORAL

1.6 OTHER SCALES (eg, FUNCTIONAL)

1.6.Intra-individual
1.6.**Population**
1.6.Species
1.6.MICRO-EVOLUTIONARY
1.6.LOCAL

1.7 BIOLOGICAL ENTITIES / TAXONOMIC GROUP

1.7.**ALLELE**
1.7.Arenavirus
1.7.Arvicolidae
1.7.Cestoda
1.7.adult

* réification: transformation en chose/objet

Typologie résultante partagée par les chercheurs

Exemple: 17 champs disciplinaires recensés chez quatre chercheurs :

Cladistics
Community genetics
Eco-immunology
Ecology
Eco-physiology
Evolutionary biogeography
Evolutionary systematics
Integrative biology
Integrative systematics
Parasitology
Phenetics
Phylogenetics
Phylogeny
Phylogeography
Population biology
Population dynamics
Population genetics

- 1 field
- 2 discipline
- 3 country / localization
- 4 spatial scale / space describer ..
- 5 temporal scale
- 6 other scales (e.g., functional)
- 7 taxonomic group
- 8 method
- 9 tool
- 10 measure or indicator
- 11 concept / field component.....
- 12 phenomenon
- 13 process and phenomenon
- 14 property/ability
- 15 action or activity

Résultat équivalent pour le CI

(capitalisation
dynamique de
typologies et
d'informations
sur le domaine)

<http://simmasto.org>



SimMasto 'Centre d'Informations' (CI)

5 domain/fields ([Host-parasite relationships](#), [Background knowledge](#), [Adaptation](#), [Habitat](#), [Biodiversity](#))



Look for a [keyword](#) (arenavirus, aridity, biological indicator, ...)



Pick one of the following generic theme covered :

- [discipline](#) (epidemiology, taxonomy, ecophysiology, ...)
- [biological group](#) (arenavirus, Cricetides, rodents, ...)
- [phenomenon](#) (co-evolution, diffusion, equilibrium, ...)
- [bio-ecological process / mechanism](#) (estivation, regulation, species adaptation, ...)
- [habitat](#) (continents, forest fragments, ...)
- [concrete component/matter](#) (water, chromosome, ...)
- [concept](#) (vital limits, morphology, ...)
- [method](#) (classification, survey, ...)
- [tool](#) (reference list, biological indicator, karyotype, ...)
- [localization](#) (Africa - South America, soudano-sahelian eco-region, un-localized, ...)
- [temporal feature](#)



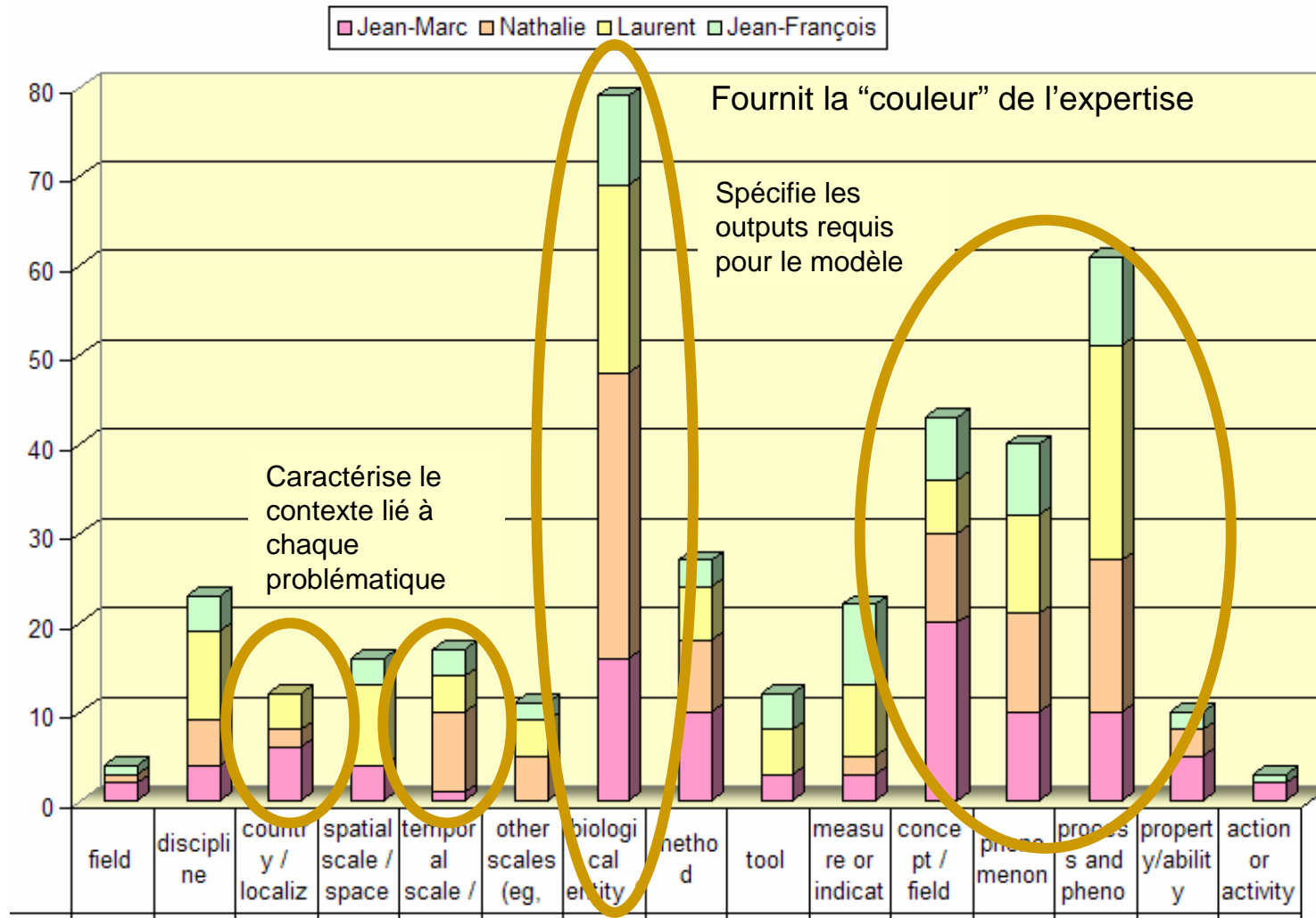
Search by [information type](#) such as :

- type of knowledge (shortnote, lecture, research project, ...)
- type of medium (article, reference list, diagram, ...)

Propose a knowledge
(FR ) (GB )

Note : biais probable lié à la subjectivité du modélisateur. A réduire

Exemple de typologie construite à partir de l'expertise de quatre chercheurs.

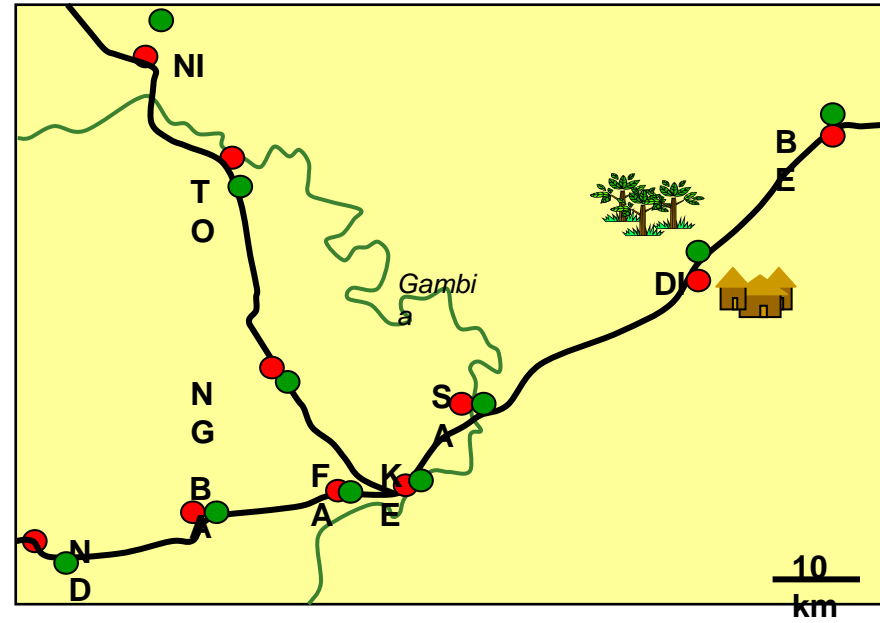
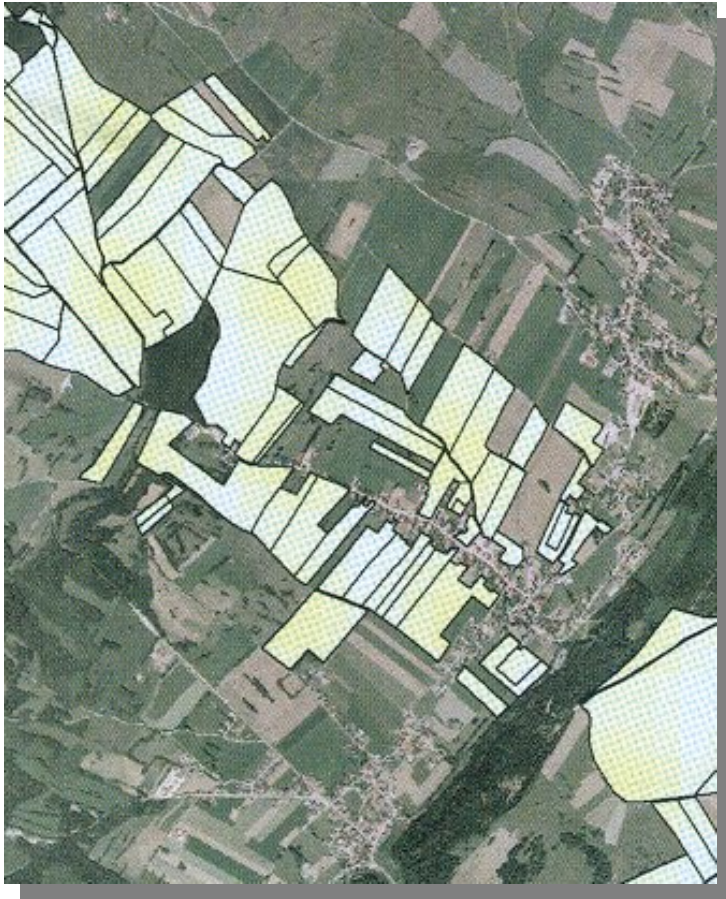


Résultat : L'étude produit l'univers de questions qui devra pouvoir être abordé ainsi qu'une première synthèse du champ de recherche

3. Résultat préliminaire: cadrage synthétique du domaine des recherches sur les rongeurs au CBGP

(seulement quelques instantanés)

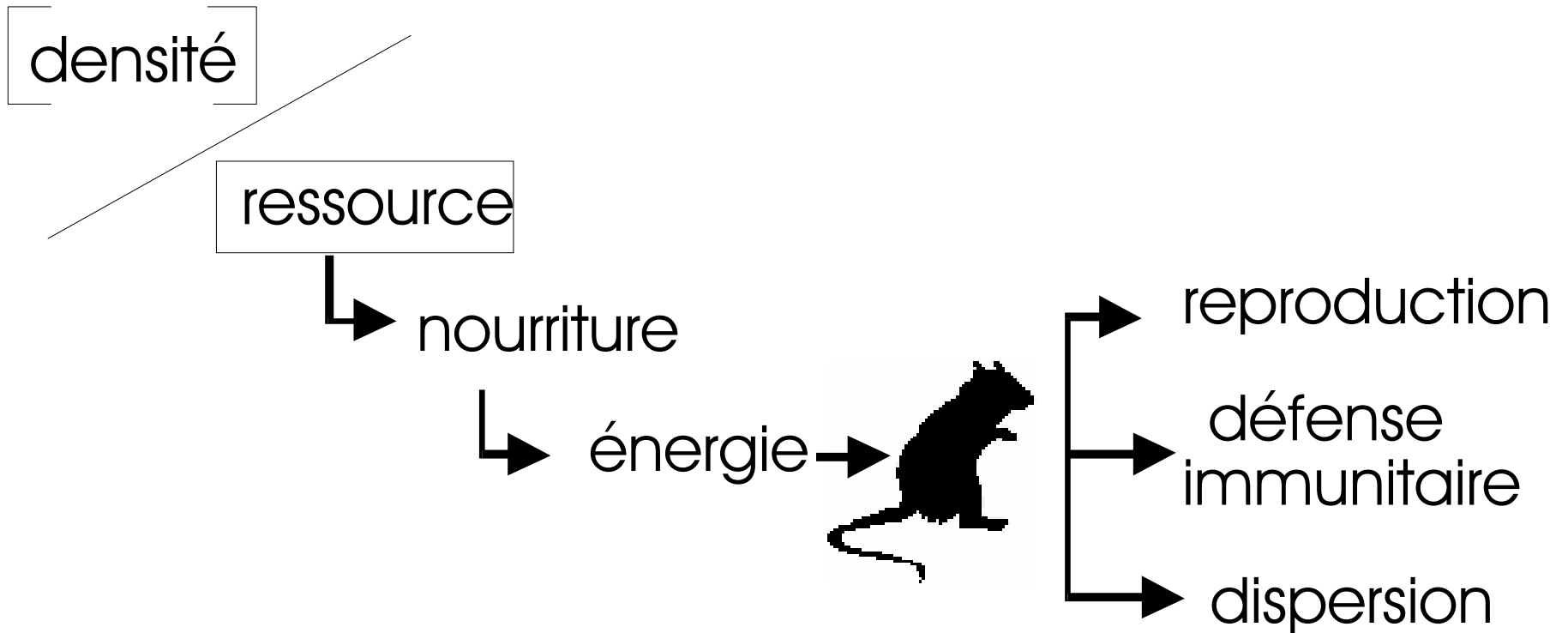
Recherches au niveau de la **population** : 1° biotopes, écotones



Recherches au niveau de la **communauté** : 2° sols, chaînes trophiques, habitats, écosystèmes ...

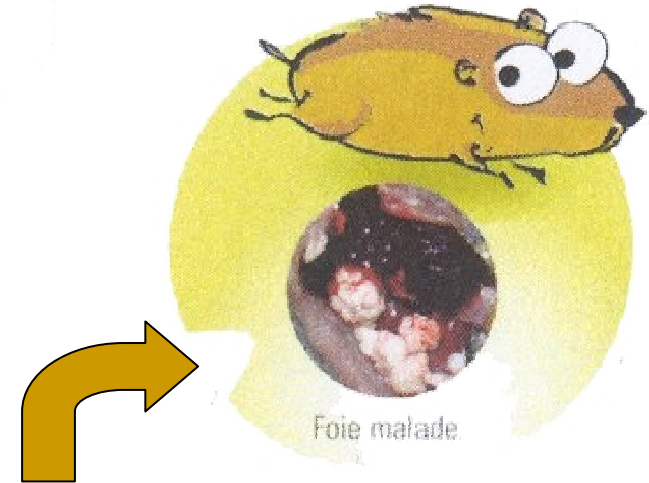
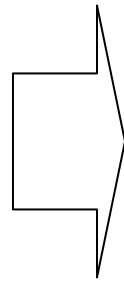
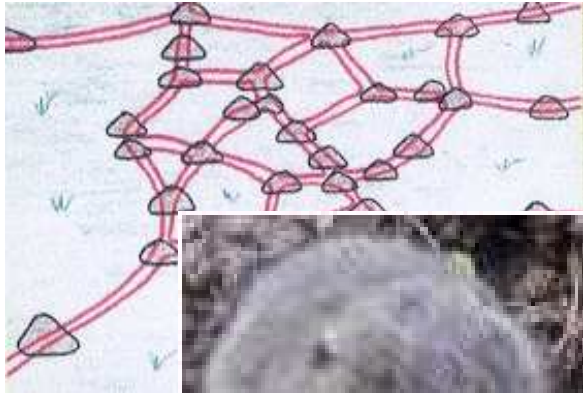


Recherches au niveau **individuel**: 3^o eco-physiologie & approche des 'trade offs'



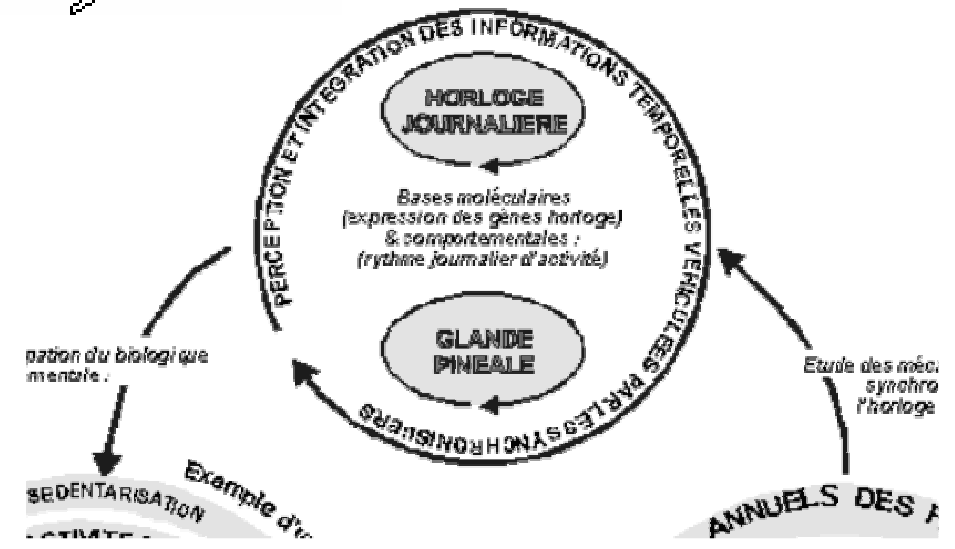
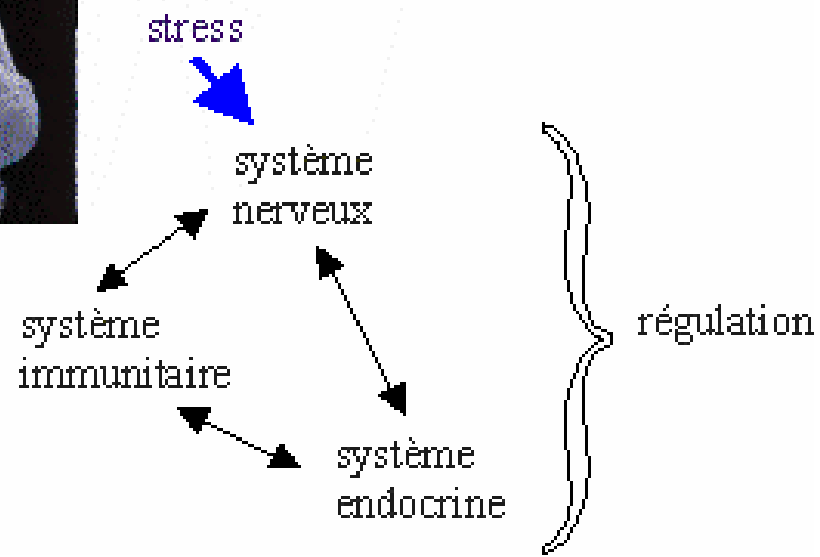
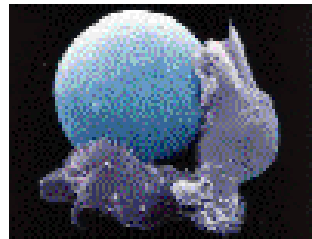
Recherches au niveau **inter-individuel**: 4^o interaction hôtes-parasites

Réseau de terriers

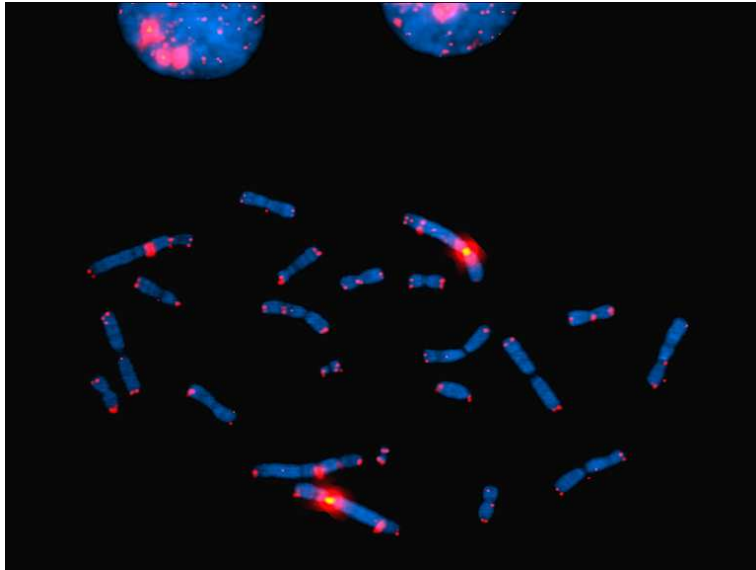


facteurs sociaux,
ressources, déplacements,
reproduction

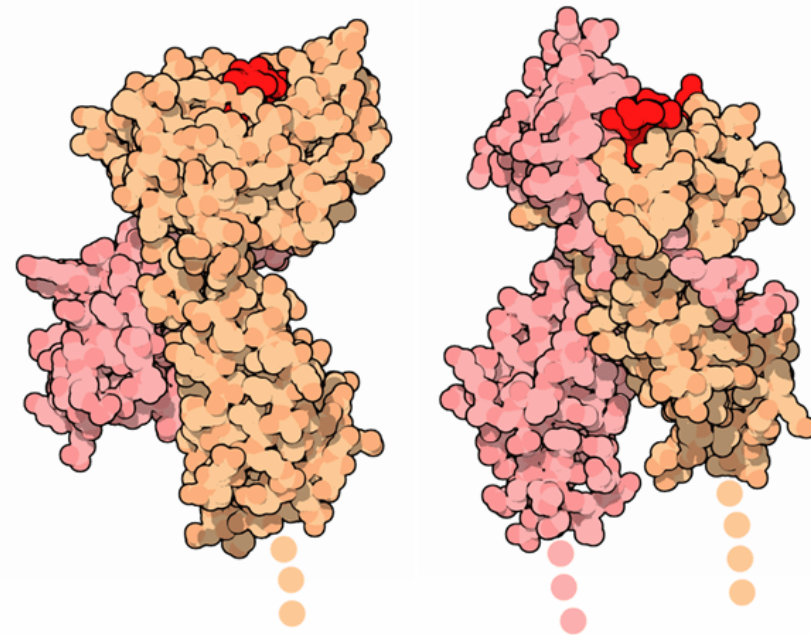
Recherches au niveau **intra-individuel** : 5^o relations physiologie / immuno-compétence / comportement



Recherches au niveau **sub-cellulaire** : 6^o cyto-génétique et génétique

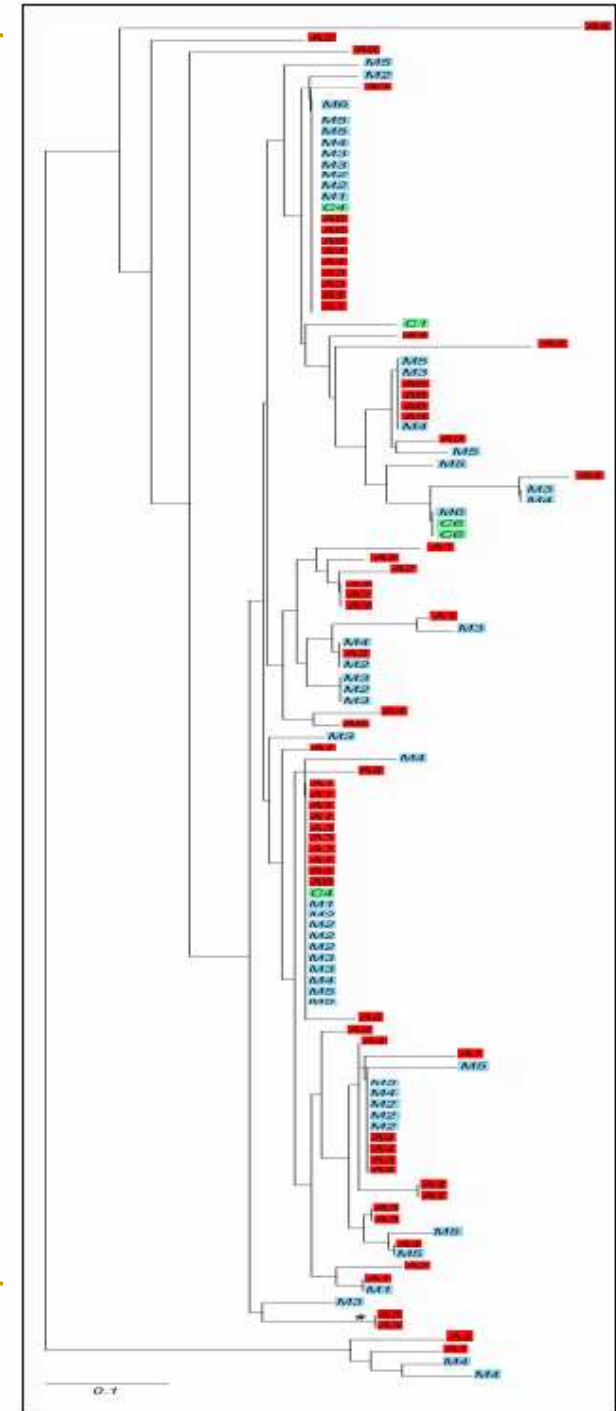
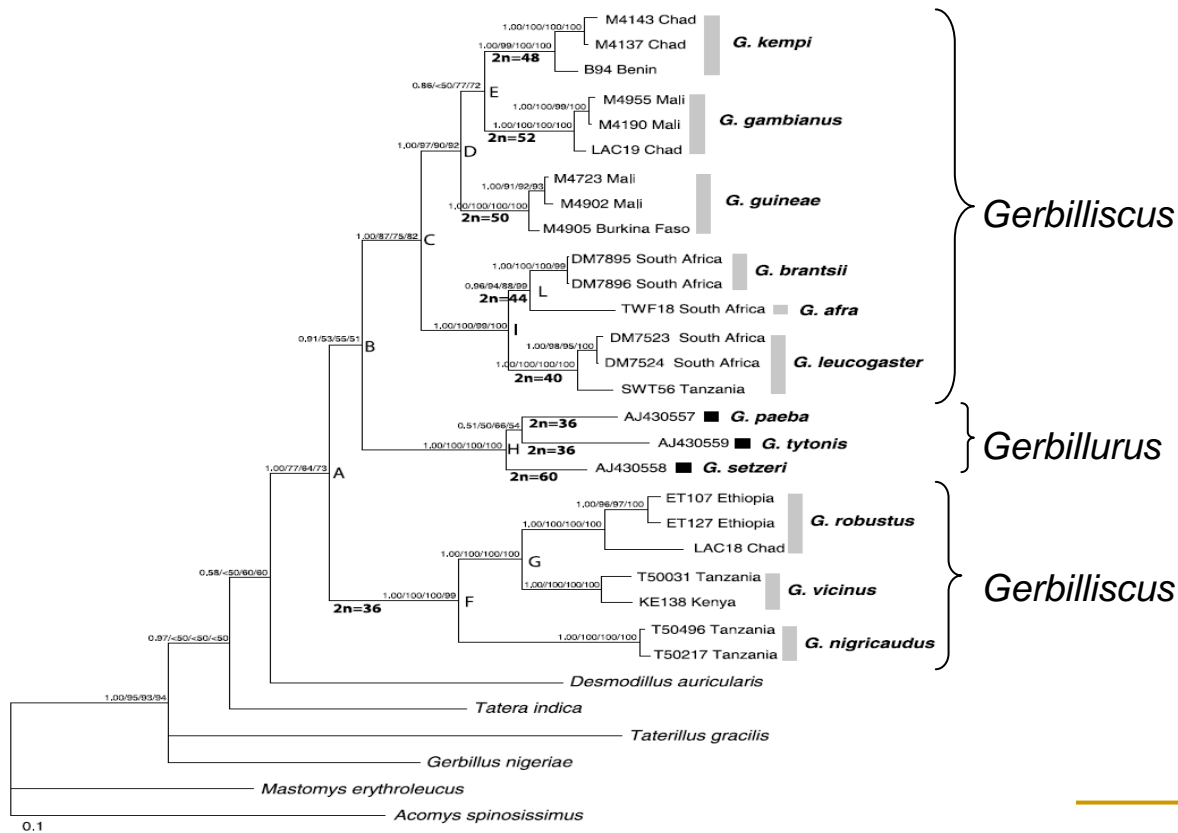


Poids fonctionnel des chromosomes

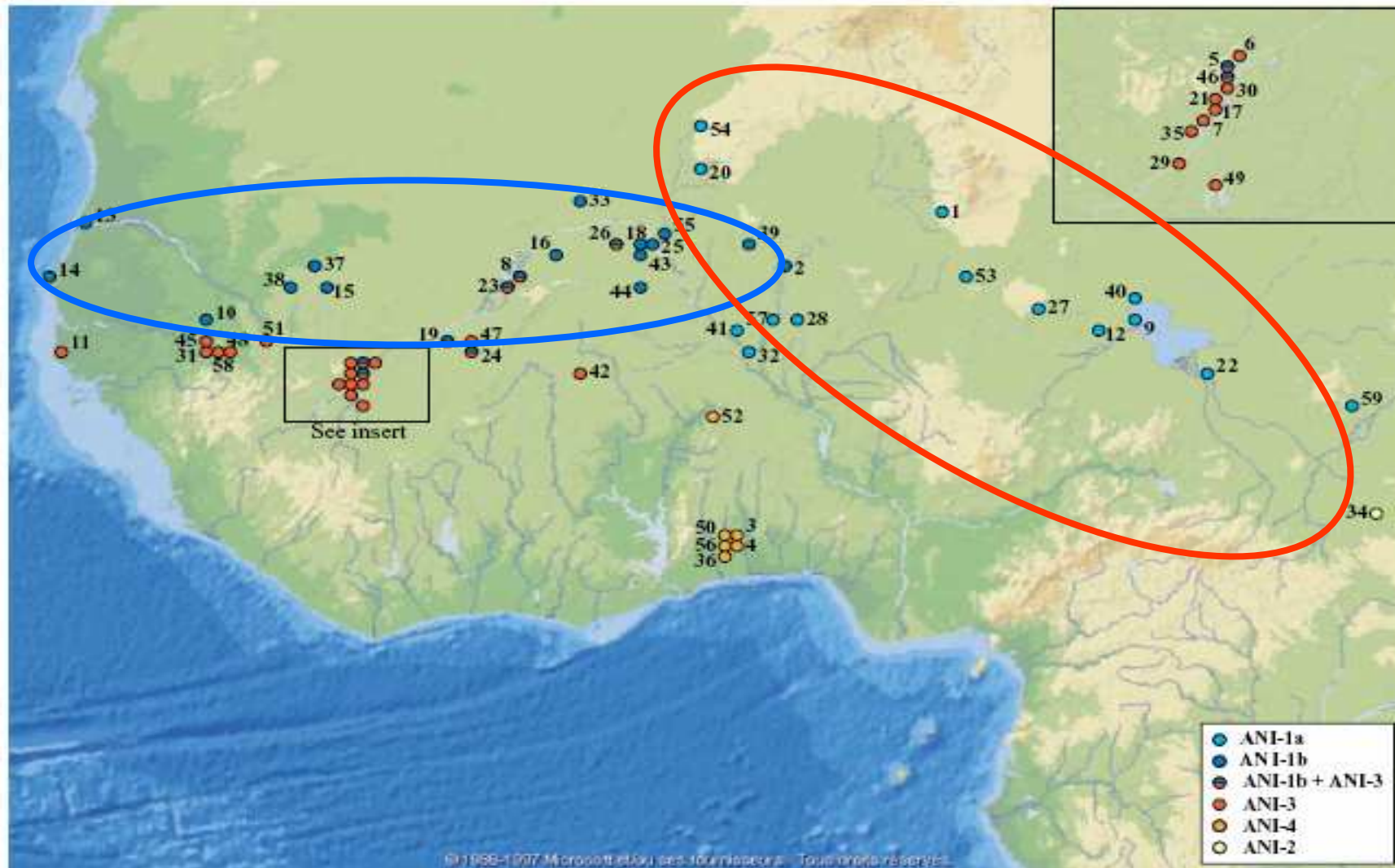


MHC – complexe de gènes

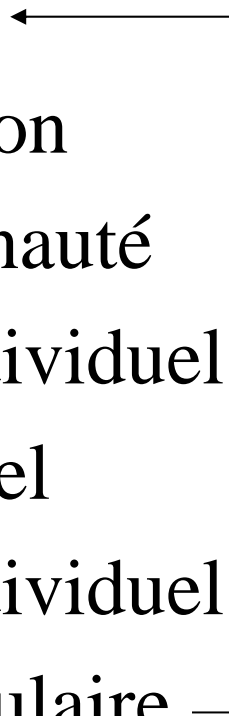
Recherches au niveau **sub-cellulaire** : 7° phylogénie & co-évolution hôtes- parasites



Recherche au niveau du **clade** : 8° co-évolution/co-adaptation



Ensemble résumé des échelles de recherche

- Clade
 - Population
 - Communauté
 - Inter-individuel
 - Individuel
 - Intra-individuel
 - Sub-cellulaire
- 

Question:
Sur quelle base
formelle établir
un noyau de
représentation ?

rappel: hiérarchisation claire des causes ? interdépendance des problématiques ?

RQ: Le petit groupe de recherche 'rongeurs' du CBGP couvre l'ensemble du champ

4. Défis liés à la formalisation,

et voies de recherche pour l'implémentation

-
1. Recherche de compromis sur les trois échelles
 2. Recherche de primitives génériques

Problèmes concernant les échelles temporelles ...

(comment composer avec une grande étendue de ...)

The model simulates the environmental conditions over one year, with the assumption that the whole year is then scaled to one day. Other variables are scaled in the same manner. This procedure is followed to keep simulation time within reasonable limits. Each day is divided into 24 hours, and short-term behavior can also be studied.

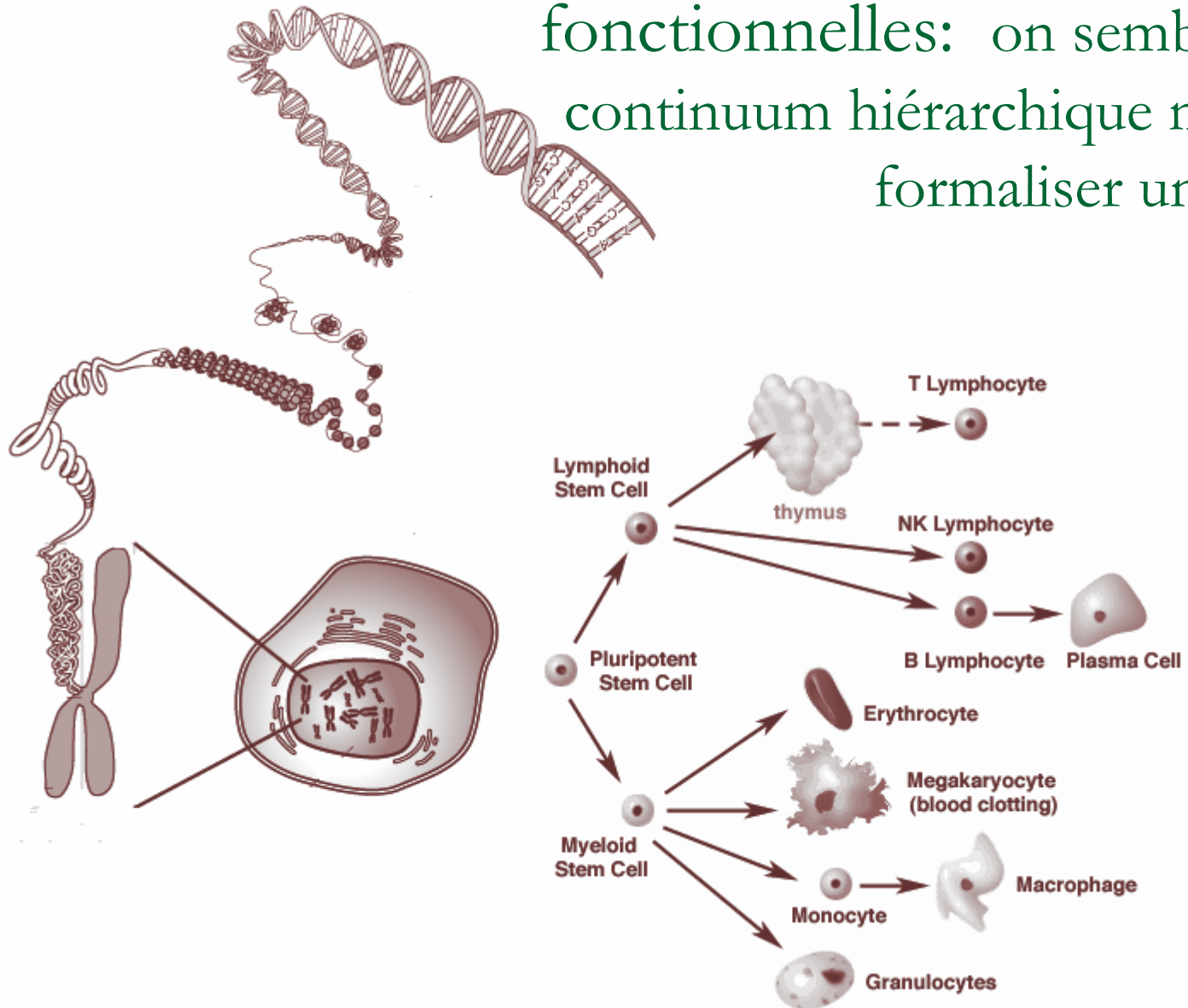
ex: 20 ordres de grandeur pour les échelles temporelles de la vie et ses processus (*Schlick et Dill, 2007*)

Strand E, Huse G, Giske J. (2002) Artificial evolution of life history and behavior. *The American Naturalist* 159:624-644

... et les échelles spatiales:

(on espère qu'il existe aussi des artifices formels pour rendre compte d'une grande étendue d'échelles spatiales...)

Problème liés aux échelles
fonctionnelles: on semble être dans un
continuum hiérarchique mais on ne peut
formaliser un tel continuum



etc.

-> recherche
d'un compromis
sur les échelles
fonctionnelles

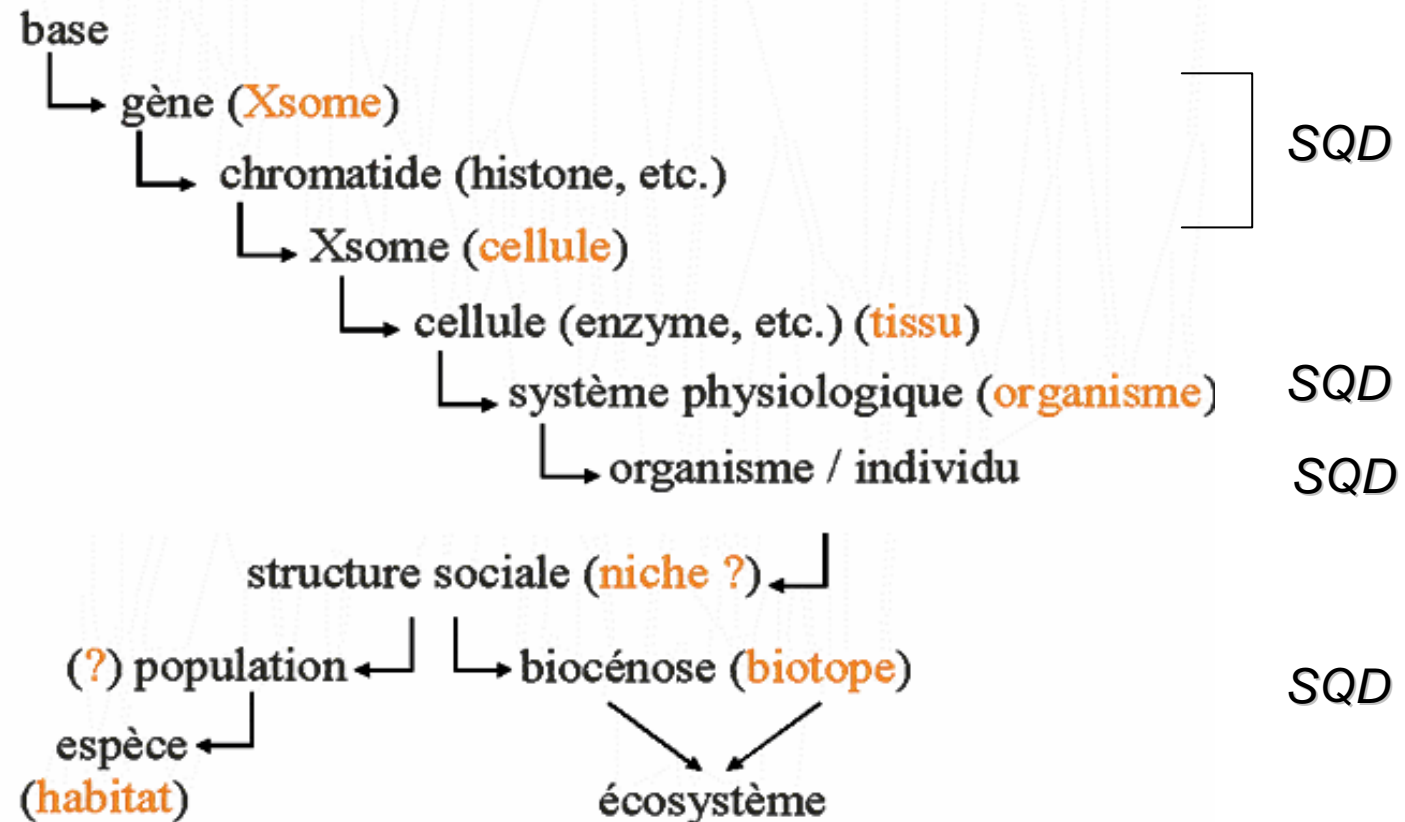
Recherche d'un compromis sur les échelles fonctionnelles

- Théorie de la hiérarchie → systèmes quasi décomposables (Simon, 1962) ou holons (Koestler, 1968)



Recherche d'un compromis sur les échelles fonctionnelles

légende: (xxx): est un environnement de ...



SQD: système quasi décomposable (Simon, 1962)

Recherche d'un compromis sur les échelles fonctionnelles

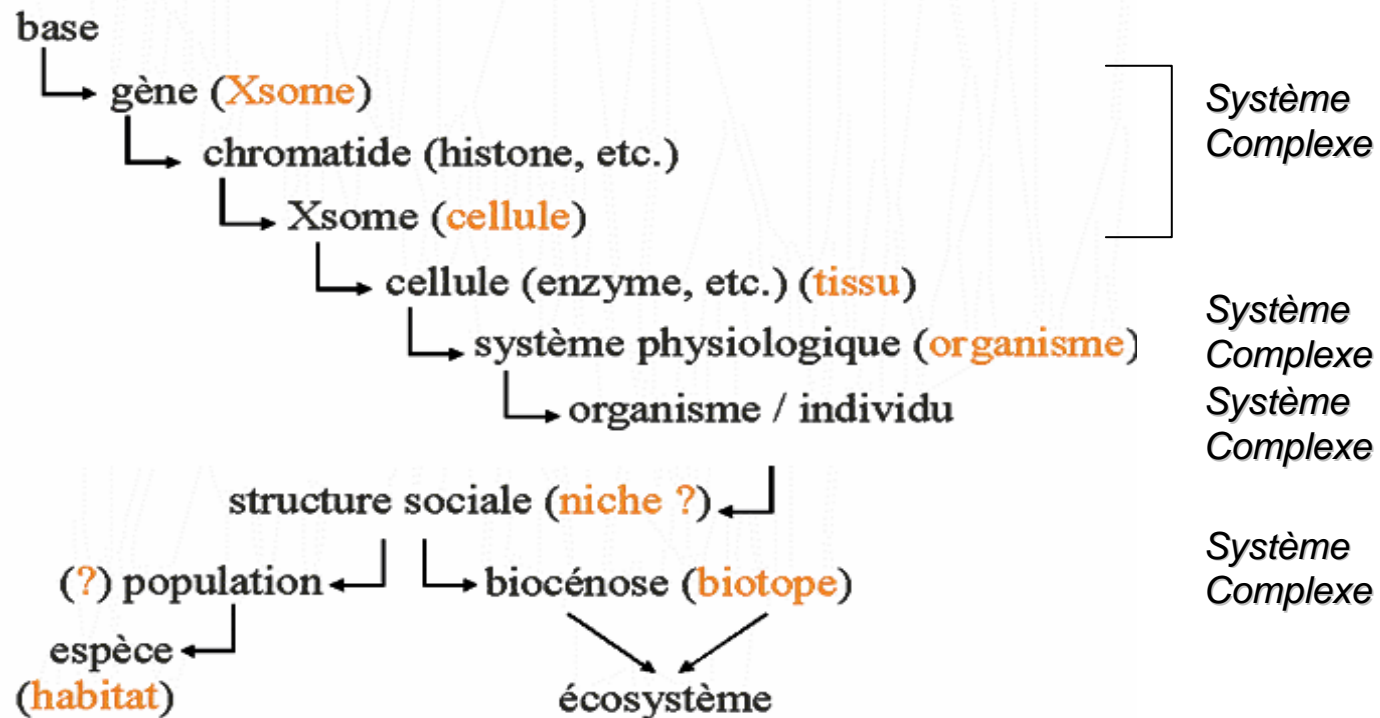
- Théorie de la hiérarchie → systèmes quasi décomposables (Simon, 1962) ou holons (Koestler, 1968)

 - Pros:
 - Focus sur des niveaux hiérarchiques discrets, favorise une accrétion progressive des aspects propres à chaque champ
 - Fondé sur l'intérêt des scientifiques : étude de cas

 - Cons:
 - Ne permet pas de capter l'émergence continue, loupe le double jeu de feedbacks entre plusieurs niveaux (Breckling *et al.*, 2006)
-

Recherche d'un compromis sur les échelles fonctionnelles : proposition de représentation discrète et hiérarchique de systèmes complexes individualisés

légende: (xxx): est un environnement de ...



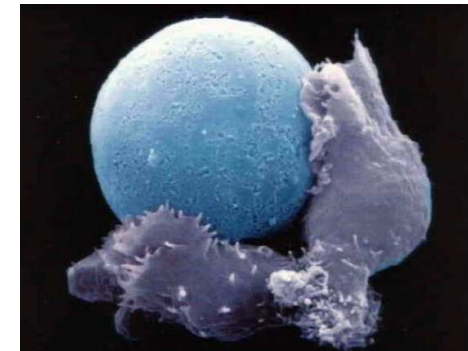
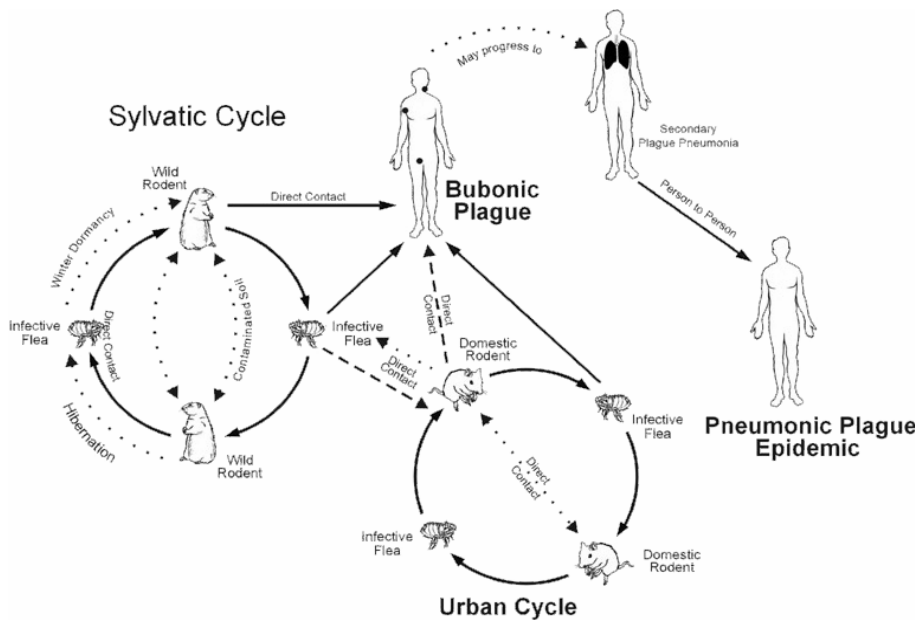
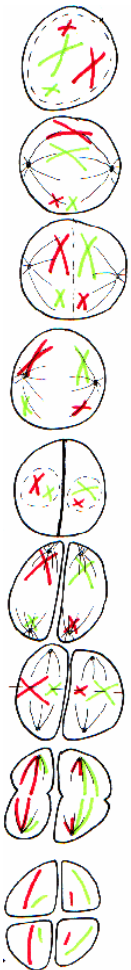
Recherche d'un compromis sur les échelles

fonctionnelles : proposition de représentation discrète et hiérarchique de systèmes complexes individualisés

1. Restreint à un petit (en fait parcimonieux) ensemble de caractéristiques nécessaires et de mécanismes sous-jacents :
 - Entités, (diversité des entités), interactions entre entités (*e.g.*, feedback)
 - Environnement (systèmes ouverts),
 - Facteurs internes et externes
2. L'approche système complexe est cependant principalement focalisée sur les patterns émergents de haut niveau et les phénomènes:
 - Auto-organisation, adaptation,
 - Sensibilité aux conditions initiales, non linéarité, loin de l'équilibre, transition de phase, criticalité,
 - Propriétés émergentes,

note: n'est peut être pas suffisant pour établir un vrai lien entre sous-systèmes

B.- Problèmes liés au choix d'une formalisation générique/compatible: la plate-forme doit être capable de potentiellement appréhender tout processus signifiant: les agents sont hétérogènes



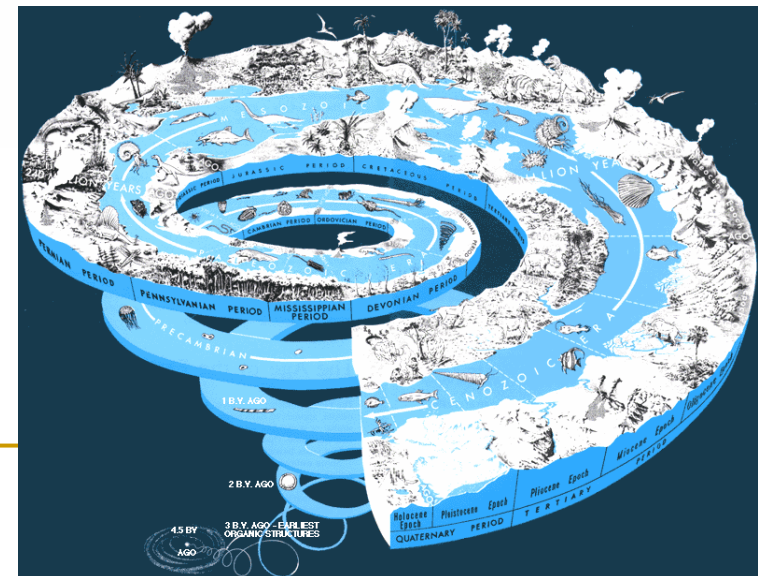
Réaction immunitaire cellules

Diffusion épidémique organismes

Division Cellulaire: chromosomes/gènes

→ Recherche de primitives communes

Évolution : espèces



A.- Recherche de primitives communes inspirées des techniques de l'informatique: exemple tiré de Breckling *et al.*, 2006

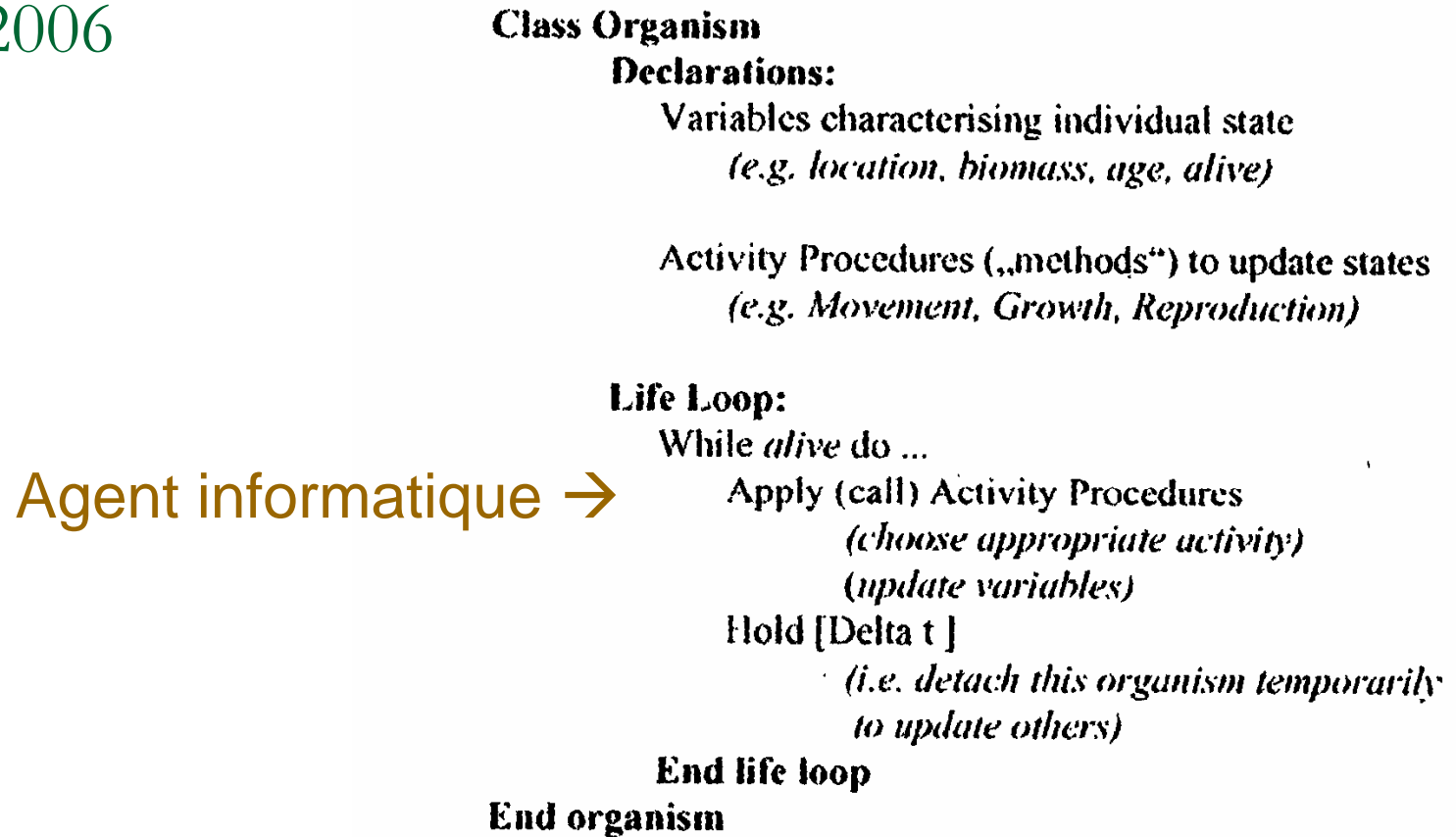
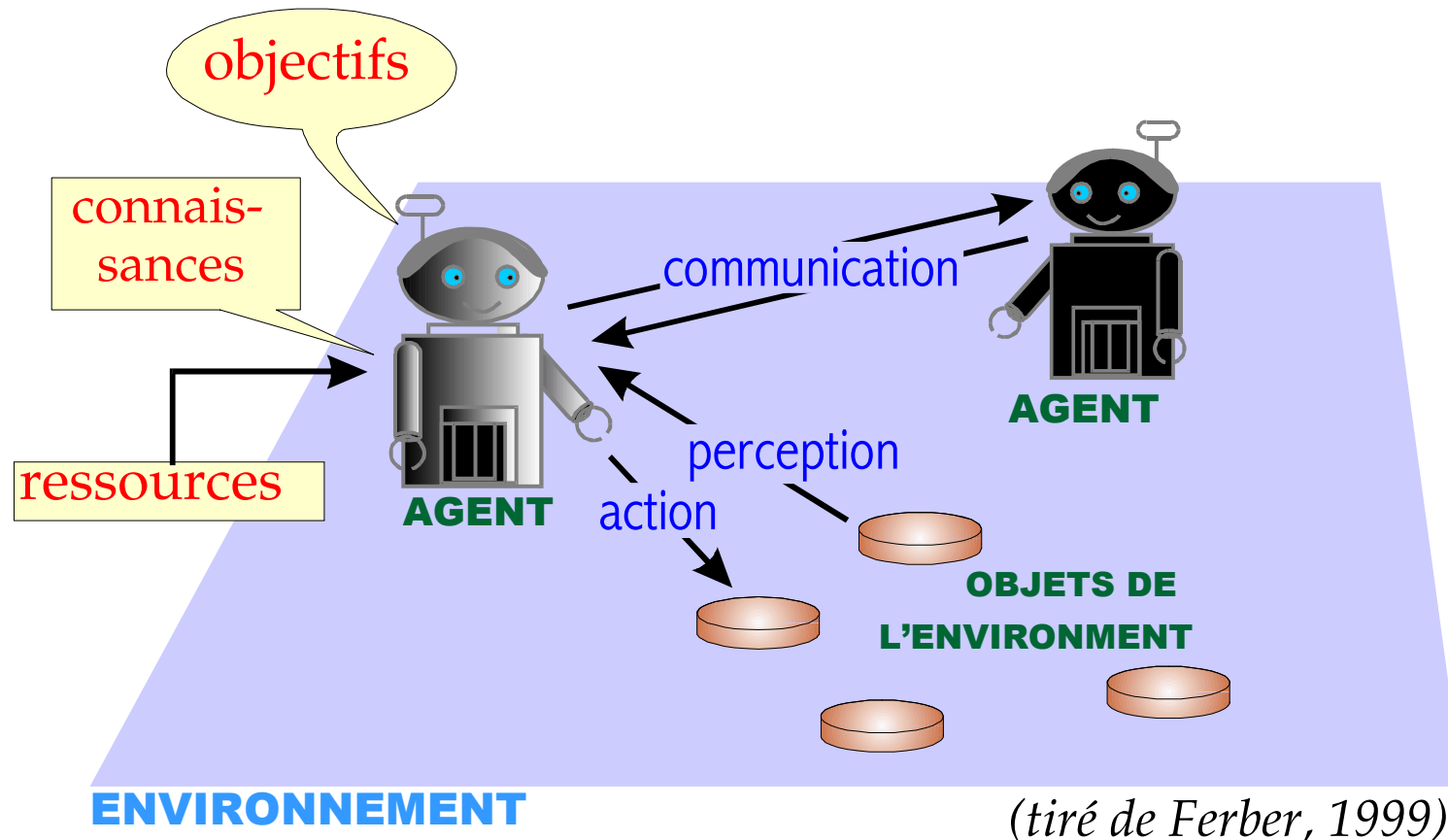


Fig. 1 – Basic object structure for the simulation of an individual.

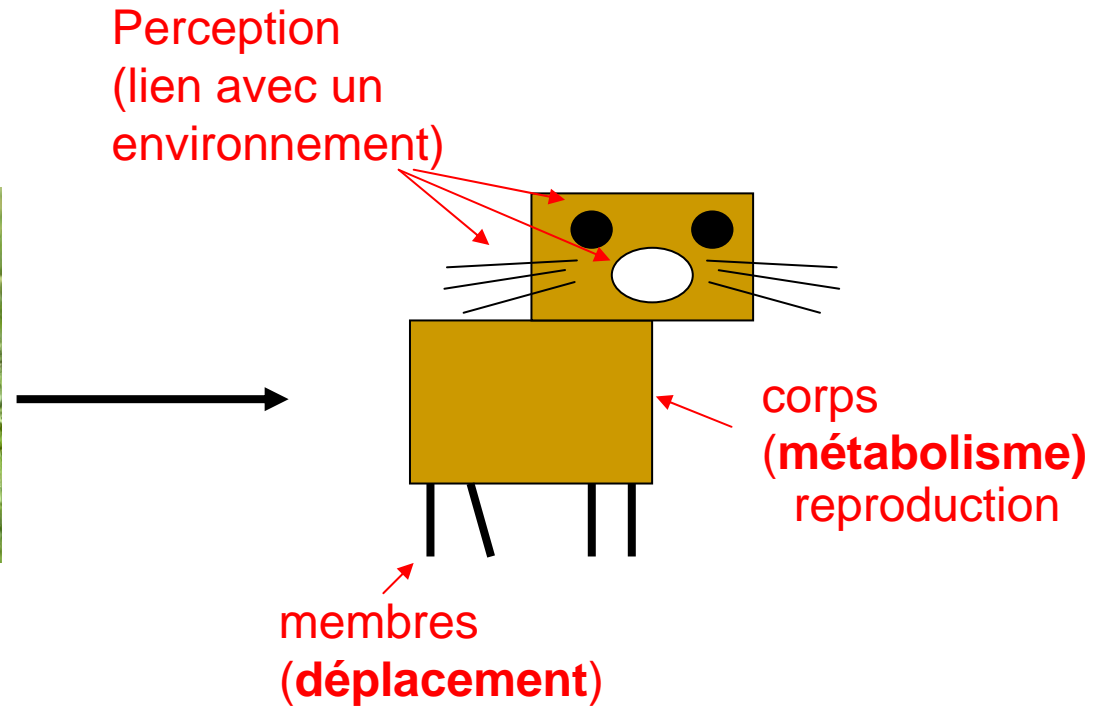
note: risque d'obtenir un patchwork de procédures hétérogènes pour les aspects naturels

A.- Recherche de primitives communes inspirées des techniques de l'informatique: Le formalisme multi-agents

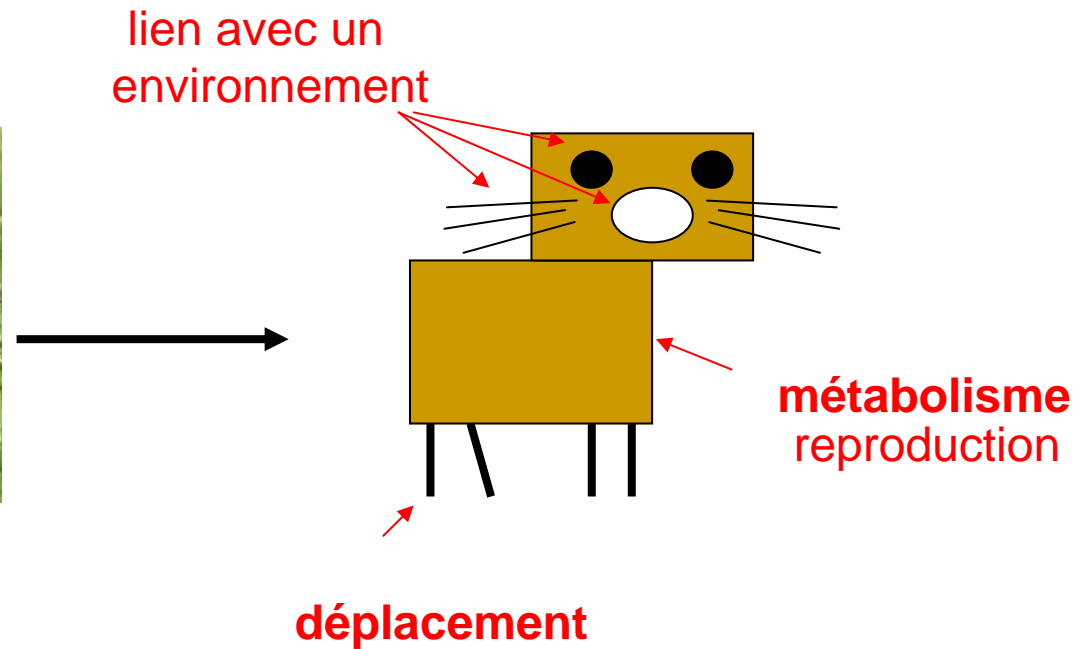


NB : Ce formalisme générique est implicite avec l'approche de modélisation retenue

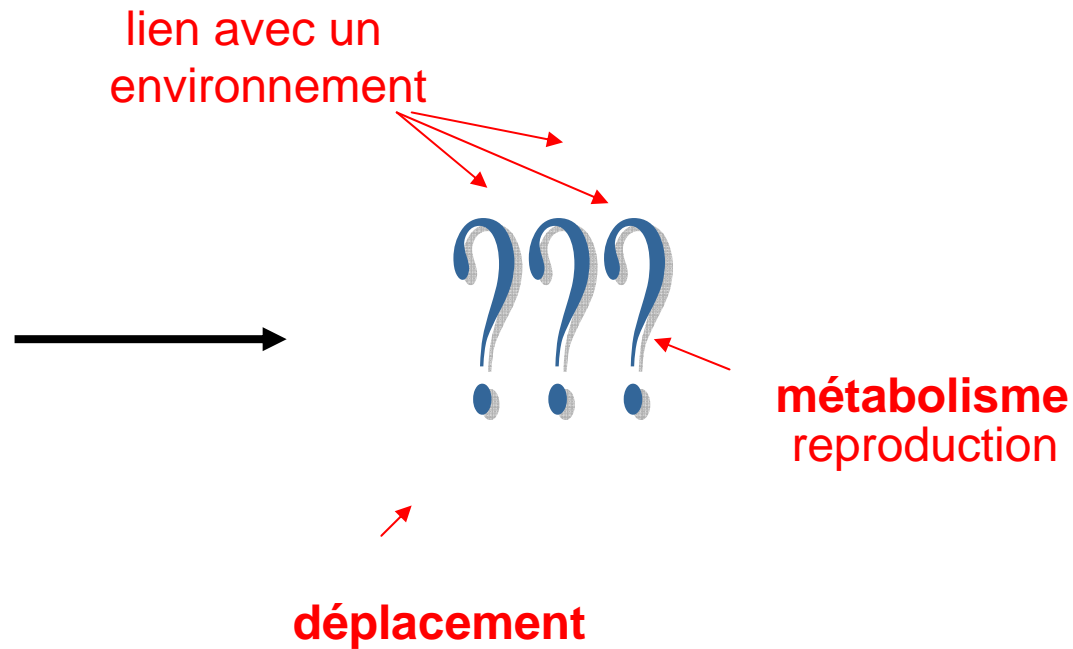
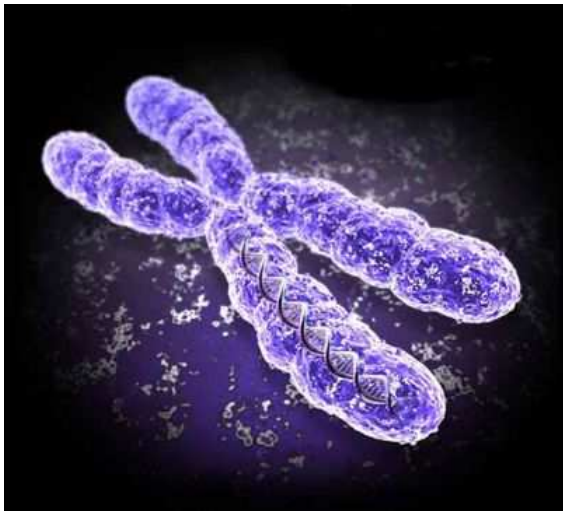
A.- Recherche de primitives communes inspirées du vivant: 1^o traits individuels



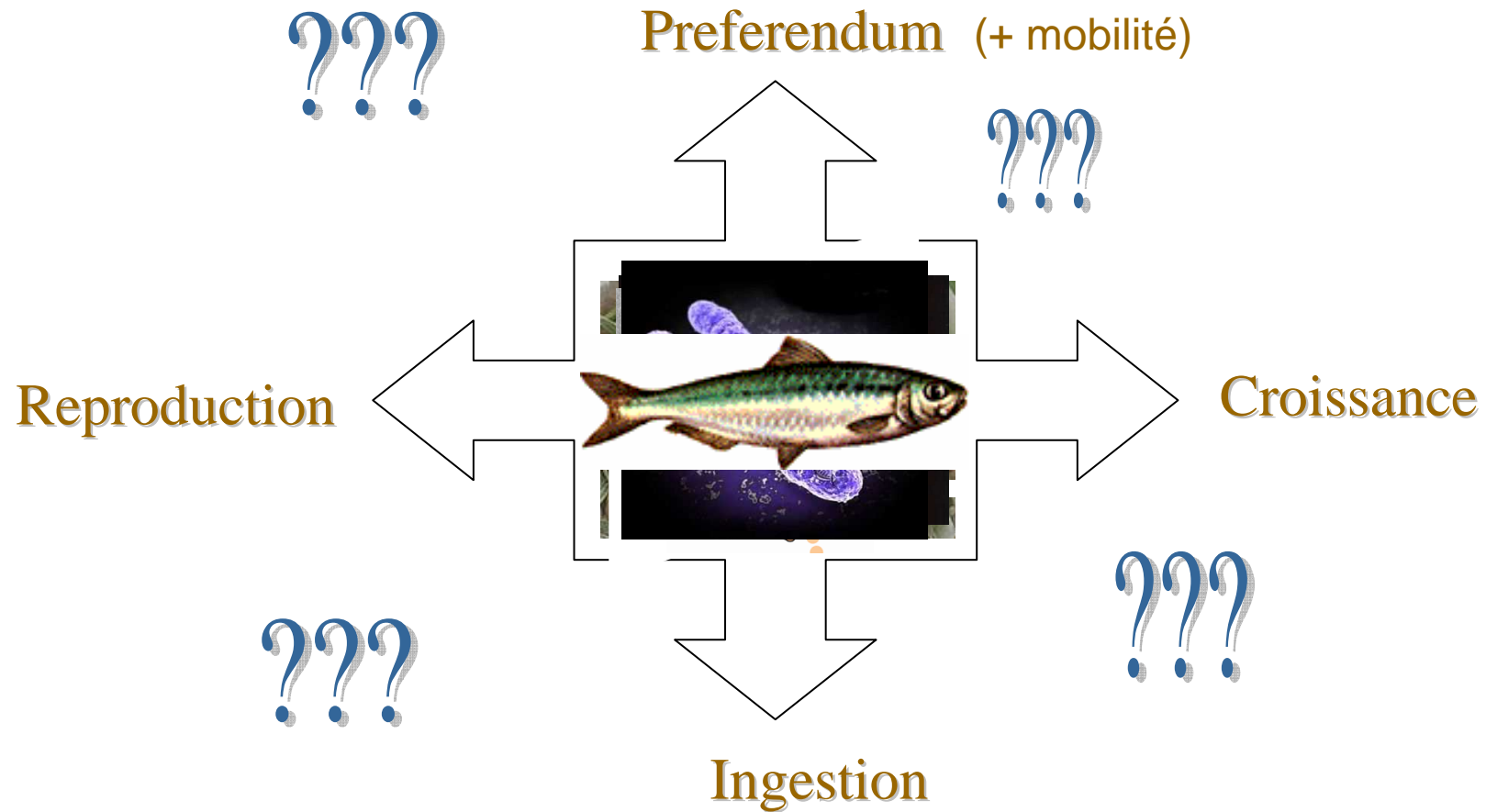
A.- Recherche de primitives communes inspirées du vivant: 1^o traits individuels



A.- Recherche de primitives communes inspirées du vivant: 1^o traits individuels



A.- Recherche de primitives communes inspirées du vivant: exemple lié à la survie d'espèces marines



Nb: DeAngelis & Mooij, 2005: dispersion, reproduction, survie

Conclusion partielle sur la recherche de primitive pour la formalisation robuste de la plate-forme

- Choisir une formalisation générique inspirée *(i)* de l'approche système complexe, *(ii)* des techniques informatiques ou *(iii)* du vivant ?
- Chacune comporte ses potentiels et limitations,
- La réponse doit être dans une hybridation ou une combinaison du meilleur des trois mondes,
- Mais la question demeure ...

Quelques commentaires en conclusion.

- le projet se dirige vers la construction d'un centre d'informations dynamique sur le domaine.
- L'approche est 'patrimoniale' : on vise loin pour obtenir des résultats 'chemin faisant' allant dans le 'bon' sens de la compréhension
- Le contexte du groupe rongeurs du CBGP est particulièrement propice au développement d'une problématique de cette envergure - champ assez bien couvert et avec parcimonie –
- La bipolarité Europe – tropiques constitue un bon contexte pour tester la généralité de la plate-forme qui sera élaborée.

-
- Merci de votre attention.
-

