2007-2014
Présentation de l'outil de simulation

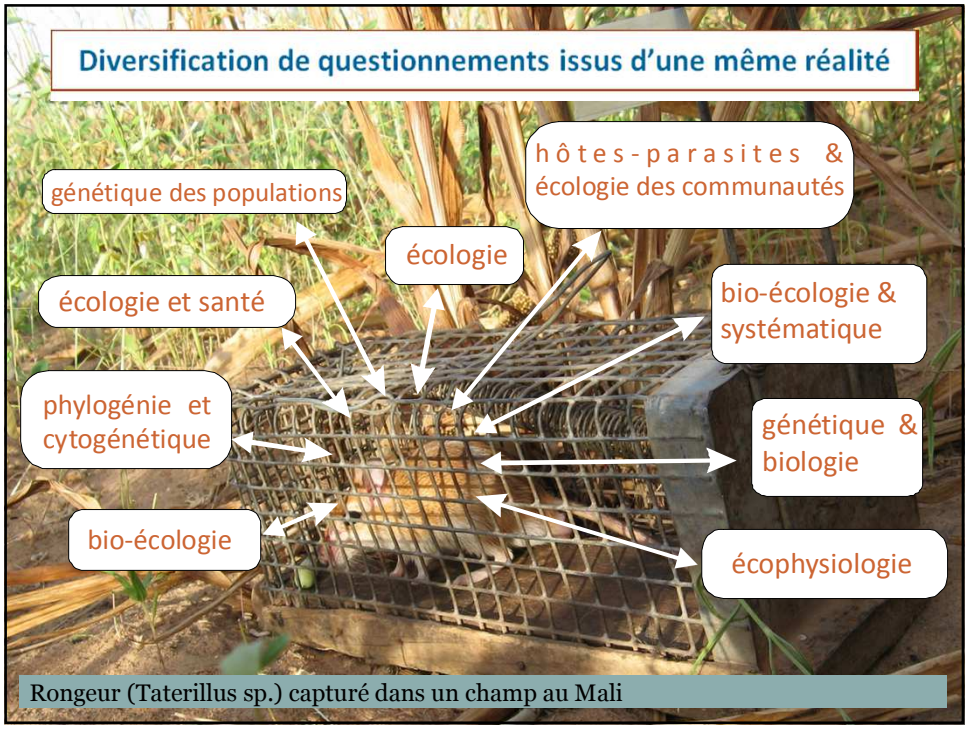
JEAN LE FUR

RÉUNION GROUPE RONGEURS

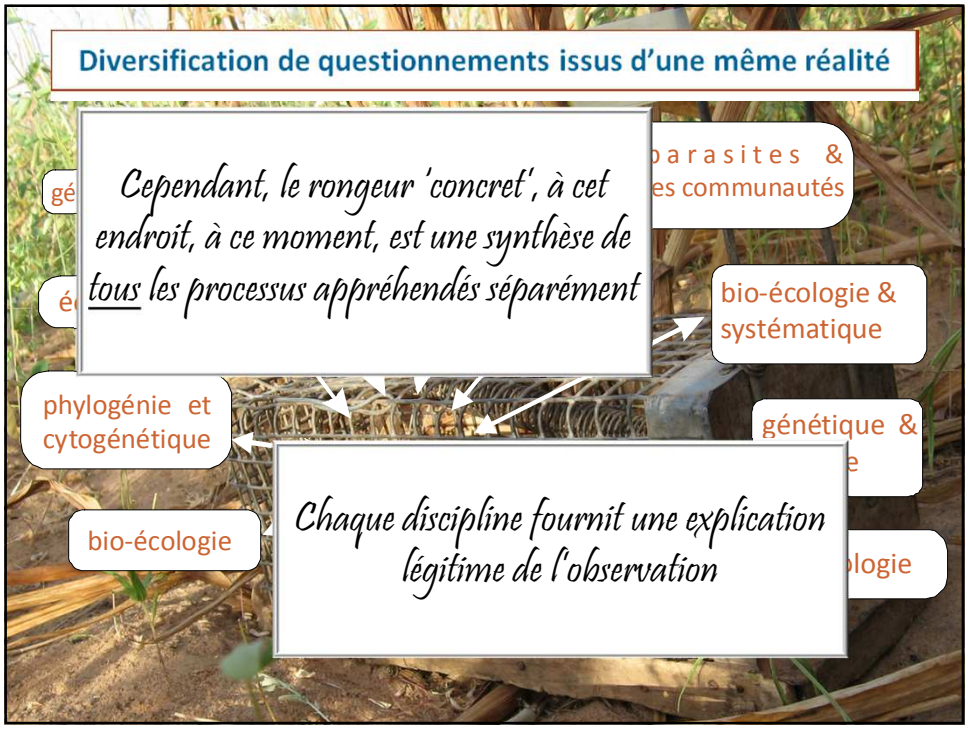
15.09.2014

Rappel questionnement et démarche

Rongeur (Taterillus sp.) capturé dans un champ au Mali

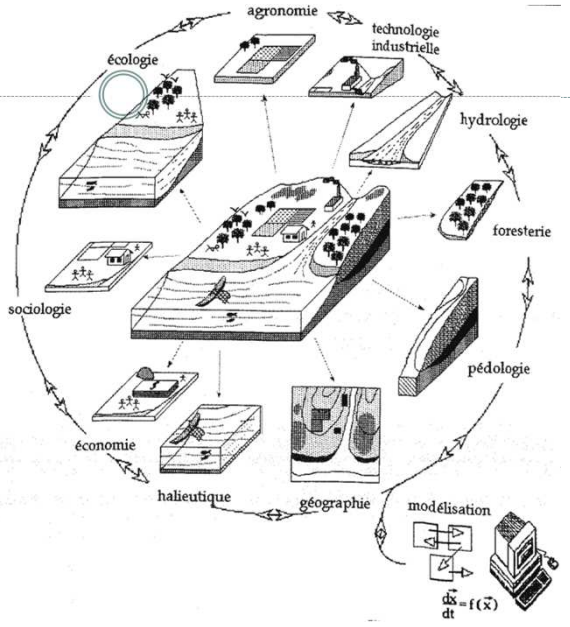


Rongeur (Taterillus sp.) capturé dans un champ au Mali



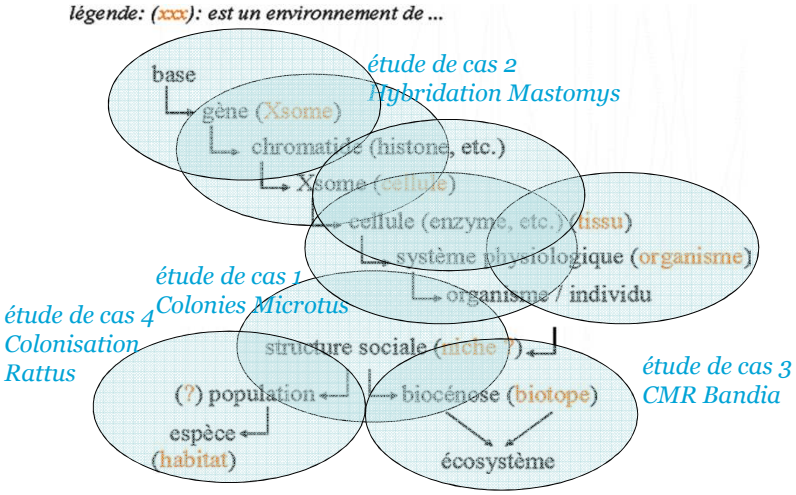
Proposition :

le modèle comme intégrateur de connaissances



Position de la modélisation d'environnement (Pavé, 1994)

Rappel démarche: Construction pas à pas de briques issues du traitement des problématiques avancées par les chercheurs



Intégration du système informatique : chaque étude bénéficie des apports précédents

Présentation de l'ensemble des structures actives de données intégrées dans le modèle

RAPPEL

modèle = simulacre de la réalité

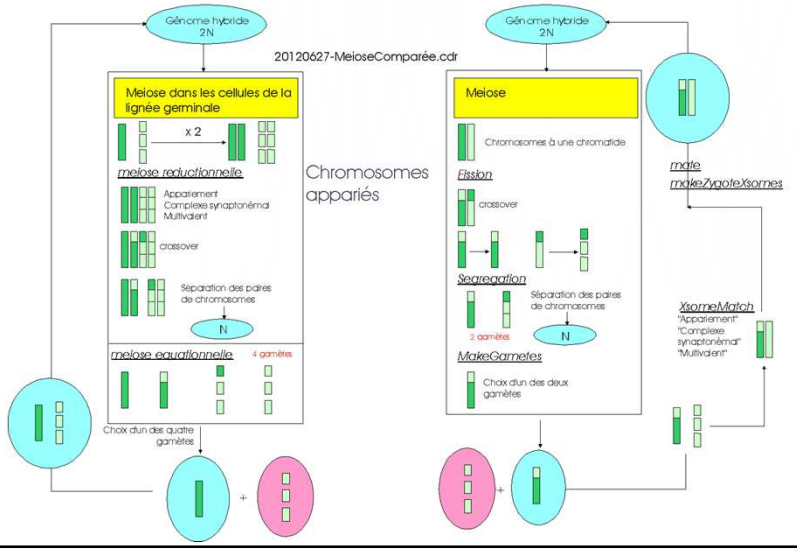
1.- Briques génétiques *(+ propriétés)*

- Gene (*allele, mutate*)
- Chromosome (*map*)
- Chromosome Pair (*crossover, 'mate', segregation, fission, fusion, match*)

REPRODUCTION …

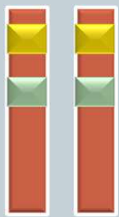
Modèle soutenu par plusieurs algorithmes

Comparaison du processus de méiose réél (à gauche) et modélisé (à droite)



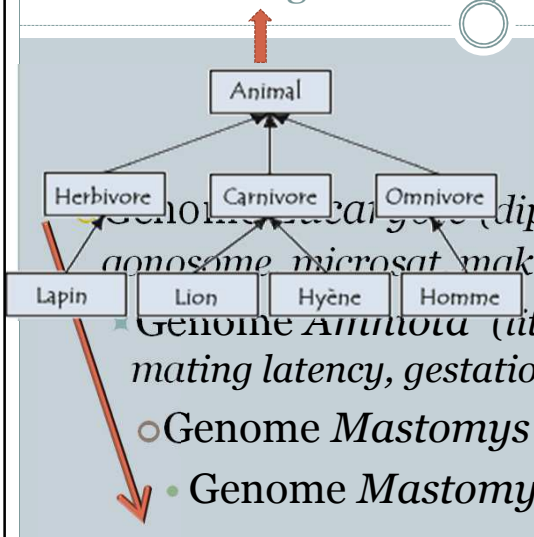
1.- Briques génétiques

- Gene (*allele, mutation rate*)
- Chromosome (*map*)
- Chromosome Pair (*crossover, 'mate'*)
  - Microsatellites
  - Gonosome
  - Autosomes



GENOMES…

Base 'phylogénique' active de génomes simulés: héritage de traits / fonctionnalités



- Genome *diploid* (*diploid genome, gonosome, microsat, make zygote …)*
- Genome *Amniota* (*litter size, weaning age, mating latency, gestation length, …)*
  - Genome *Mastomys*
    - Genome *Mastomys erythroleucus*

Documentation circonstanciée des traits et utilisation de l'« héritage phylogénétique » (parcimonie, cohérence)

```
public class C_GenomeMastomys extends C_GenomeAmniota {
    //
    // CONSTRUCTORS
    //
    /** Returns a new C_GenomeMastomys. <br>
     * Trait values references (see comments in source code):<br>
     * - Duplantier, J.M., Granjon, L. and Bouganaly, H. (1996) Reproduct
     *   sympatric species of Mastomys in Senegal, as observed in the fie
     *   Mammalia, 60(4): 629-638.*/
    public C_GenomeMastomys() {
        super();
        alleles.put(WEANING_AGE_Uday, 21.); // source:3 weeks for gen
        makeAmniotaBivalent(this.alleles);
    }
```

```
     *   of Mastomys in Senegal, as observed in the field and in captivity
     * - Hubert, B. 1982 Dynamique des populations de deux espèces de rong
     *   Taterillus gracilis (Rodentia, Muridae et Gerbillidae) : 1. Etude
     * - Poulet A.R. (1972) Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : les ma
     *   Terre et Vie-Rev. Ecol. A., 26 : 440-472. */
    public C_GenomeMastoErythroleucus() {
        super();
        addHybridTestAutosomes();
        alleles.put(LITTER_SIZE, 8.); // source: 12 embryos*60% -> Granjon & Duplantier 2009]/7.5*70% (LG), 40d if fa
                                      //rainy season, else between 40-60 given resources availability/
                                      // 7-13, 1 max. [Hubert and Adam, 1975] / 1 to 16, mean 7.1 (dont 66% or 80 %
                                      // to weaning) - in summary: 13 [Duplantier et al., 1996] / 12-16 [Hubert 1982]
        alleles.put(MATING_LATENCY_Uday, 40.); // source: 61-21(weaningAgeMastomys) Duplantier et al., 1996
        alleles.put(GESTATION_LENGTH_Uday, 21.); // source: 3 weeks [Hubert and Adam, 1975; Poulet, 1972; Duplantier
        makeAmniotaBivalent(this.alleles);
    }
```

Permet
1)
de simuler les spécificités de la reproduction de chaque type d'agent
2)
De rendre compte au mieux des connaissances disponibles

- Peut être enrichie progressivement au bénéfice de l'ensemble de la plate-forme.

Collab. J.E. Longueville, J.M. Duplantier, A.Comte, N.Diouf, M.Diakhate & L.Granjon

SimMasto project: Compilation of life traits values used as inspired from the literature and internet databases

Life cycle trait	Unit	Microtus arvalis	Mastomys erythroleucus	Mastomys natalensis	Rattus rattus	Mus musculus
Reproduction season - Start	month	April[1]	August[2]	January	January	January
Reproduction season - End	month	October[3]	January[4]	December	December	December
Age at sexual maturity - Female	day	39[5]	84[6]	75	100[7]	42-63[8]
Age at sexual maturity - Male	day	45[9]	84	75[10]	100[11]	42[12]
Litter size	rodent	4[13]	8[14]	5[15]	4[16]	3[17]
Weaning age	day	18[18]	21[19]	21[20]	26[21]	21[22]
Mating latency	day	13[23]	(61-21) 40[24]	(60-21) 39[25]	(60-26) 34[26]	(30-21) 9[27]
Gestation length	day	21[28]	21[29]	21[30]	21[31]	21[32]
Max age	day				365[33]	360-540[34]
Mean age[35]	day	mortality table[36]	mortality table[37]	180	180	
Std age	day			90	65	
Other trait						
Agents' daily perception[38]	m	30[39]				
Agent move	m.day^{-1}	2[40]				

[1] Delattre and Giraudoux, 2009
[2] August-January [Hubert, 1977 et Hubert, 1982], August-February [data from CMR.Bandia 2008-2012]
[3] Delattre and Giraudoux, 2009
[4] August-January [Hubert, 1977 et Hubert, 1982], August-February [data from CMR.Bandia 2008-2012]
[5] 3 weeks [Gauffre et al., 2008], 1-5 months [Quéré and Le Louarn, 2011], 2 months [Moutou and Bouchardy, 1992] / 38 [http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Microtus_arvalis]
[6] 12 weeks [Hubert et Adam, 1975 ; Granjon, 1987]
[7] http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Rattus_rattus / 75 (Duplantier, J.M. comm. Pers. 2013)

Base phylogénétique des traits – situation 09.2014

LUCA (ancêtre commun)
- chromatide, mutation

→ **Eukaryota**
- diploïdie, fécondation, méiose
- chromosome sexuel
- gènes microsatellites

→ **Animalia**
- vitesse de déplacement

→ **Amniota**
- taille de litière…

→ **(Muridae)**

→ **Mastomys**
- multi-gène signature olfaction

→ **M.erythroleucus**

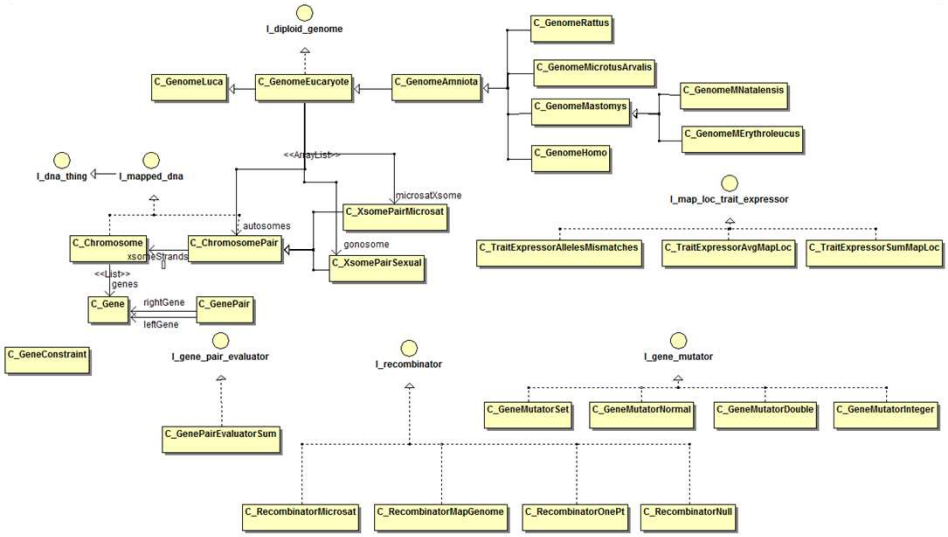
Perspectives offertes: virus, bactéries, puces…

Perspectives offertes : chouettes, belettes, homme…

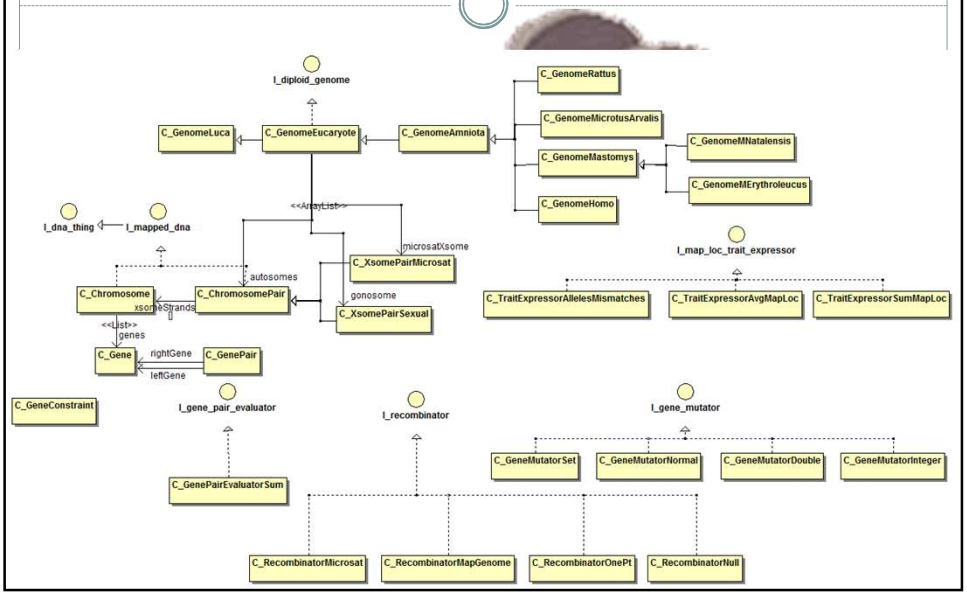
Exemple d'instruction java utilisée pour la création d'un rongeur :

```
new C_Rodent(new C_GenomeMastoErythroleucus());
```

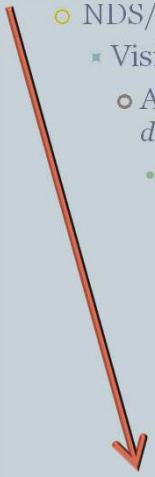
Synthèse des catégories liées au niveau génétique



2.- représentation des rongeurs



Agents actifs et héritage de propriétés



- NDS/living thing *(birth, ageing, death)*
  - Visible Agent (*localization*)
    - Animal (*genome, mate, spawn, give birth, move, perception, deliberation, decision, interaction, select destination)*
      - Mammal *(sexual maturity, pregnancy, spawn, weaning)*
        - Rodent
          - Rodent Fossorial *(burrowing, dispersal)*
            - Rodent Caged *(generation, cage num., …)*
            - Rodent CMR *(tag, computeDRS…, catch history…)*
          - Rodent Commensal *(en cours)*
        - Human Carrier *(vehicle, park, unload rodent)*

Agents actifs et héritage de propriétés

- NDS/living thing *(birth, ageing, death)*
  - Visible Agent (*localization*)

```
public C_Rodent createRodent() {
    return new C_RodentCMR(new C_GenomeMastoErythroleucus());
}
```

      - Mammal *(sexual maturity, pregnancy, spawn, weaning)*
        - Rodent
          - Rodent Fossorial *(burrowing, dispersal)*
            - Rodent Caged *(generation, cage num., …)*
            - Rodent CMR *(tag, computeDRS…, catch history…)*
          - Rodent Commensal *(en cours)*
        - Human Carrier *(vehicle, park, unload rodent)*

genome, mate, spawn, give birth, move, perception, deliberation, decision, interaction, select destination, sexual maturity, pregnancy, spawn, weaning, burrowing, dispersal, tag, computeDRS…, catch history…)

Comportements modulables selon les contextes

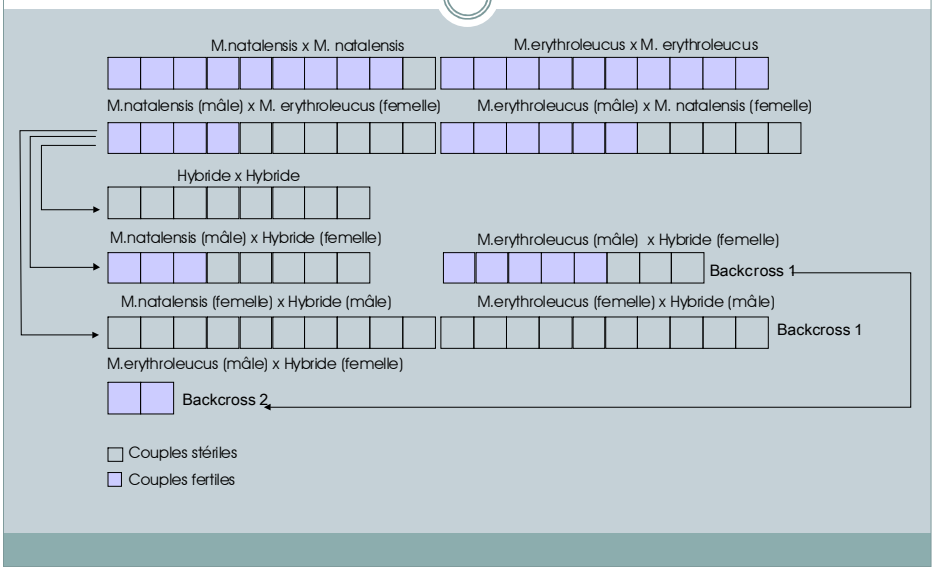
- Exemple de pseudo-code décrivant la délibération d'un rongeur fouisseur

```
Perception      if rodent within a burrow, list the agents within
                else, list any soil cell or rodent agent closer
                      than the perception radius
Deliberation    for each perceived objects in the surroundings (surface or burrow)
                    if it is another rodent, mate if rodent is receptive
                    else if it is a soil cell or burrow system
                            if not fully occupied and not the current one
                                    if affinity > current soil cell affinity
                                            add soil cell to possible destination targets
                if colonial male and reproduction season
                        keep only burrow systems as possible destination targets
Selection/decision  randomly select a target within the list elaborated
Action          compute and start moving towards destination
```

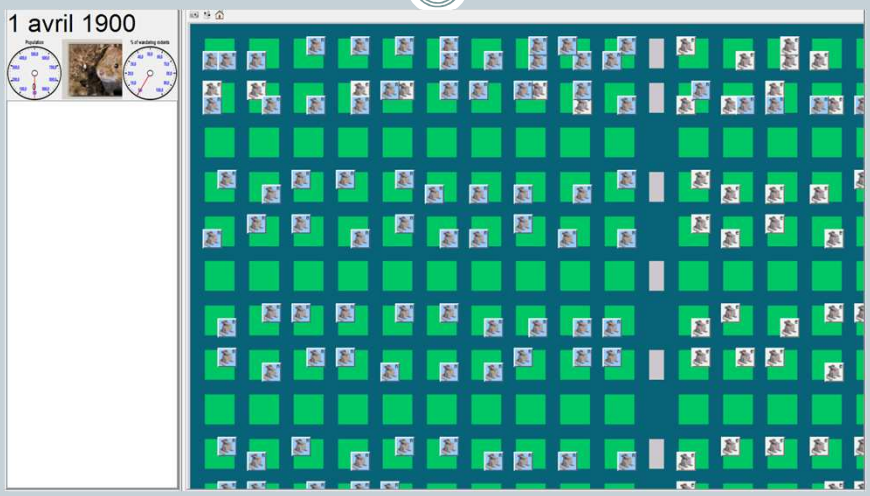
Ex.: comportement colonial

Simulation de protocoles adaptés aux études de cas (permet la cohabitation entre études de cas)

Exemple de reconstruction d'un protocole: expérience d'hybridation en animalerie

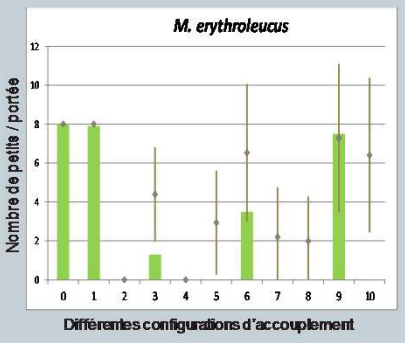


Reproduction simulée du protocole



Confrontation possible des résultats du protocole simulé aux données acquises sur le terrain

Nombre de petits par portée en fonction du type de couple: cas des *M. erythroleucus*

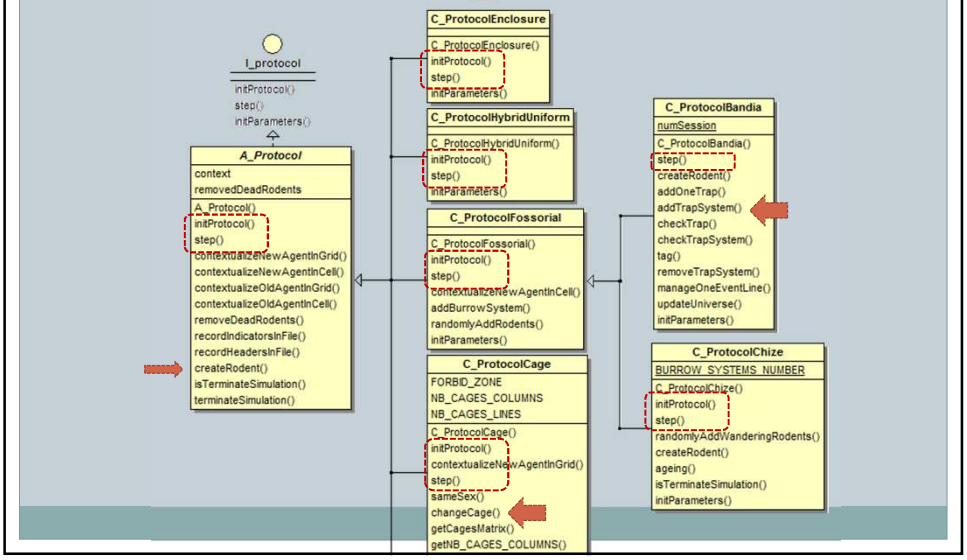


0 = ♂ eryt x ♀eryt
1 = ♂ eryt x ♀ nata
2 = ♂ hyb1 x ♀hyb1
3 = ♂eryt x ♀hyb1
4 = ♂hyb1 x ♀eryt
5 = ♂hyb3 x ♀hyb3
6 = ♂eryt x ♀hyb3
7 = ♂hyb3 x ♀eryt
8 = ♂hyb6 x ♀hyb6
9 = ♂eryt x ♀hyb6
10 = ♂hyb6 x ♀eryt

Légende:
- Valeurs observées disponibles
- Moyenne des valeurs simulées
- Erreur standard des valeurs simulées

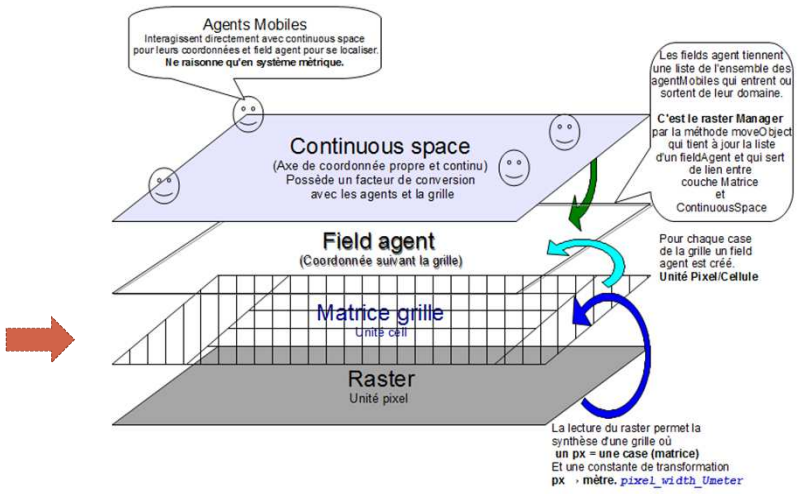
Utile, et nécessaire à la calibration du modèle

Exemples de fonctions réalisées par un 'protocole'



Espace

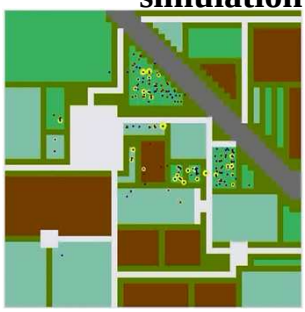
1) Le gestionnaire d'espace représente l'environnement comme une grille discrète; les agents se déplacent et se perçoivent sur un plan continu



Paysage agricole

original

simulation

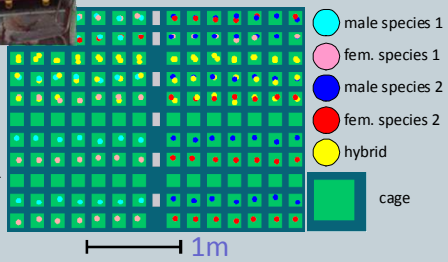


Jean-Emmanuel Longueville et coll., 2011

Animalerie

original

simulation

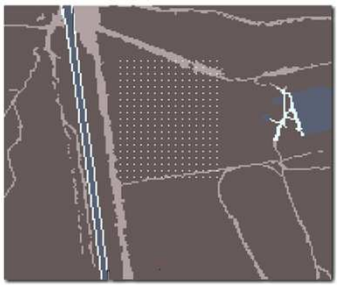


Aurore Comte et coll., 2012

Site pilote de capture-marquage-recapture

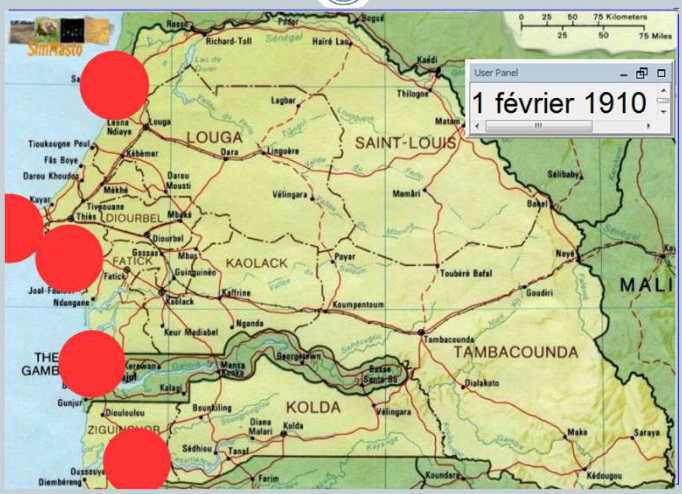
original

simulation



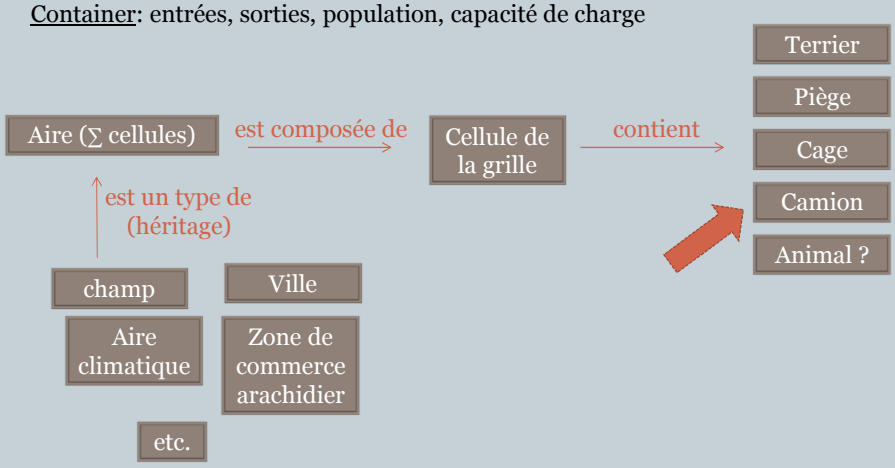
El Hadji Malick Diakhate et coll., 2013

Le gestionnaire d'espace traite aussi les déplacements sur un réseau (graphe) exemple: colonisation du rat noir au Sénégal



Supports physiques: notion de container

Container: entrées, sorties, population, capacité de charge



Structures de données d'entrée

Saisie « naturelle » sur tableur d'événements gérés par le simulateur: approche générique multi-protocoles

- Ex.: transport Rattus

	A	B	C	D	E	F
1	DATE EVENT	X	Y	EVENT	VALUE1	VALUE2
2	02/01/1910	1	35	rail		
3	02/01/1910	2	35	rail		
4	02/01/1910	3	35	rail		
5	02/01/1910	4	34	rail		
6	02/01/1910	5	35	rail		
7	02/01/1910	6	35	rail		
8	02/01/1910	7	35	rail		
9	02/01/1910	8	35	rail		
10	02/01/1910	8	36	rail		
11	02/01/1910	9	35	rail		
12	02/01/1910	9	36	rail		
13	02/01/1910	9	37	rail		
14	02/01/1910	10	35	rail		
15	02/01/1910	10	38	river	Casamance	
16	02/01/1910	11	3	river	Casamance	
17	02/01/1910	11	4	rail		
18	02/01/1910	11	35	rail		
19	02/01/1910	11	38	rail	Casamance	
20	02/01/1910	11	39	rail		
21	02/01/1910	11	4	river		
22	02/01/1910	12	34	rail		
23	02/01/1910	12	39	rail	Casamance	
24	02/01/1910	12	40	rail	Casamance	

- Ex.: CMR réserve Bandia

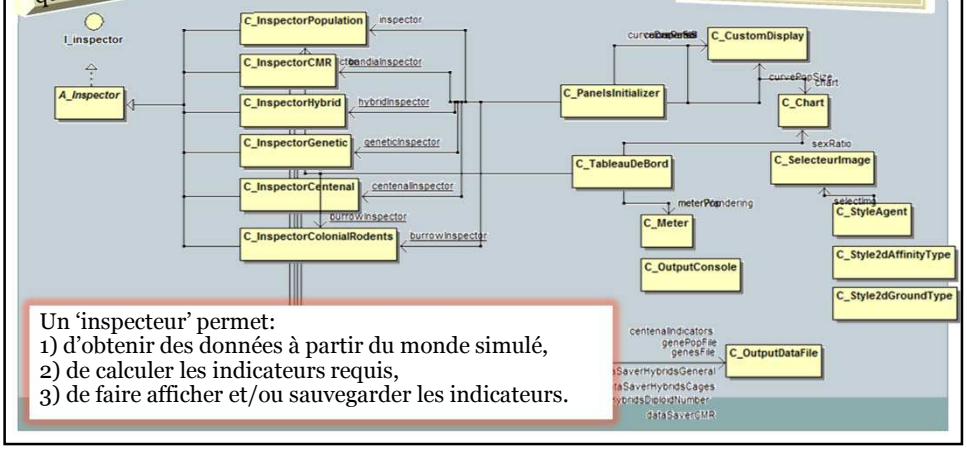
	A	B	C	D	E	F
1	DATE EVENT	X	Y	EVENT	VALUE1	VALUE
2	16/12/2008			addTrap		
3	17/12/2008			checkTrap		
4	18/12/2008			checkTrap		
5	19/12/2008			checkTrap		
6	20/12/2008			checkTrap		
7	21/12/2008			removeTrap		
8	01/02/2009			rain		
9	16/03/2009			addTrap	12.6	
10	17/03/2009			checkTrap		
11	18/03/2009			checkTrap		
12	19/03/2009			checkTrap		
13	20/03/2009			checkTrap		
14	21/03/2009			checkTrap		
15	01/06/2009			removeTrap		
16	16/06/2009			rain		
17	17/06/2009			addTrap	5.8	
18	18/06/2009			checkTrap		
19	19/06/2009			checkTrap		
20	20/06/2009			checkTrap		
21	21/06/2009			checkTrap		
22	01/07/2009			checkTrap		
23	01/08/2009			removeTrap		
24	01/09/2009			rain		

Observation du système (notion de système épiphyte)

Synthèse des catégories liées à l'observation et à la restitution

Une batterie d'"observateurs' est utilisable au sein d'un protocole simulé quelconque

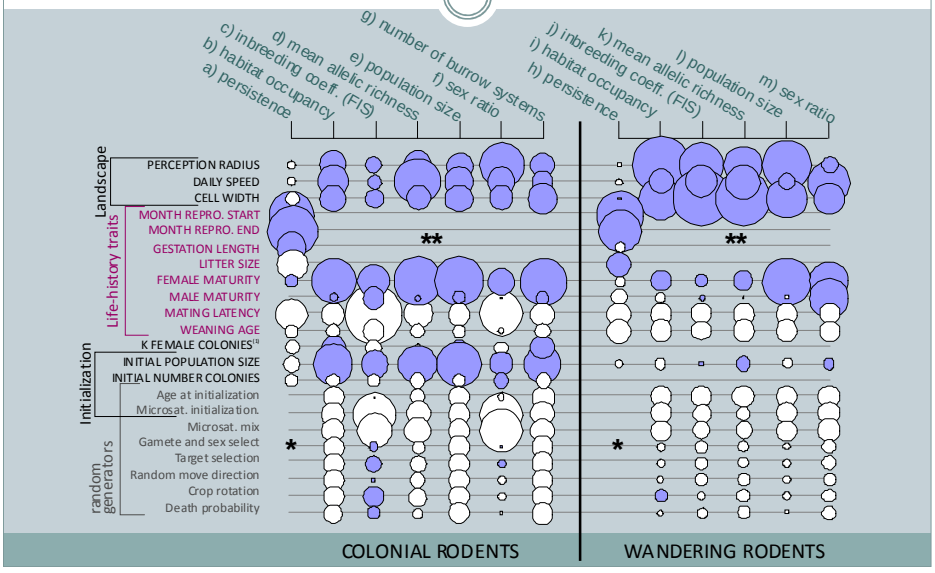
Divers représentations graphiques et formats de sauvegarde peuvent être mis en œuvre



Un 'inspecteur' permet:
1) d'obtenir des données à partir du monde simulé,
2) de calculer les indicateurs requis,
3) de faire afficher et/ou sauvegarder les indicateurs.

Suivi combiné de divers indicateurs d'intérêt lors des simulations

Stockage 'à façon' des sorties de simulation
ex: sensibilité de divers indicateurs (colonnes) à divers facteurs (lignes)



Quelques perspectives et conclusions

Perspectives: simulation multi-échelles

Perspectives simulation multi-échelles

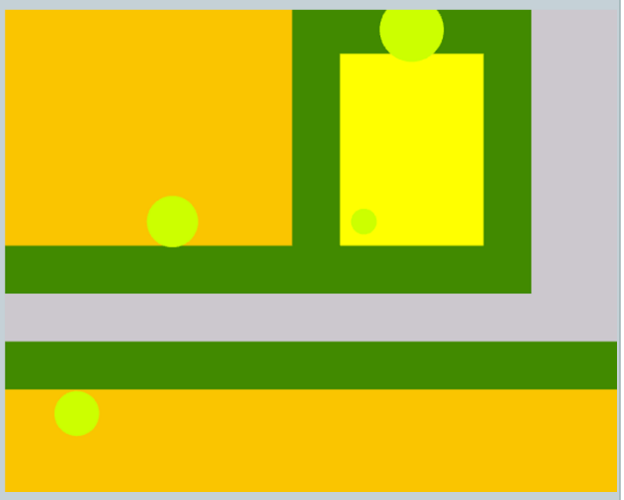
Démarrage:
simulation
colonisation
Mus musculus
à Dodel

! junk

Simulations entièrement répétables

Permet d'étudier les comportements singuliers
Ex: effet d'une interaction sur le déplacement

FAUX EXEMPLE



POIDS DE LA CONTINGENCE DANS LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS

Conclusion 1

1. Obtention de mondes complexes dont les tenants et aboutissants ne sont pas aisés à appréhender (cf. faux exemple) -> validation de l'approche.

Rappel :

La complexité du monde simulé est un simulacre* de la complexité du monde réel.

* la simplification de sa complexité est de l'ordre de la simplification combinée des éléments qui y ont été placés vis-à-vis de la réalité.

2. Autrement dit: l'outil permet bien de représenter l'effet de la diversité (attributs, réponses, stimulations, environnements) et le poids de la contingence sur les dynamiques spatiales et temporelles.

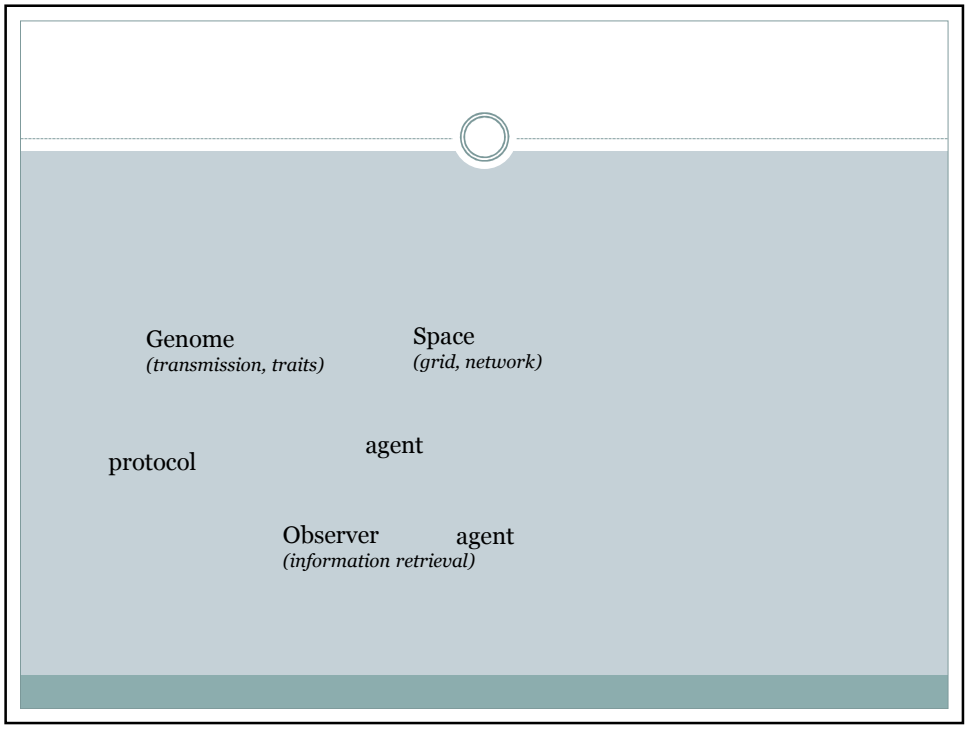
3. Autrement dit: c'est cool :)

Conclusion 2

- Obtention de mondes complexes où les dimensions disciplinaires commencent à être enchevêtrées et concomitantes.
- Approche permet de discerner l'intérêt de la combinaison de disciplines ?

- L'outil va être maintenant simplifié (parcimonie, robustesse),
- On espère qu'il continuera à être utile pour de nouvelles études de cas,
- L'histoire commence ☺

Merci de votre attention.


Genome
(transmission, traits)
Space
(grid, network)
agent
protocol
Observer
agent
(information retrieval)