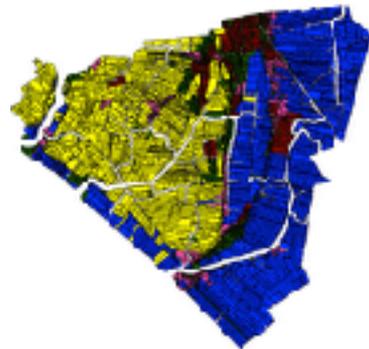
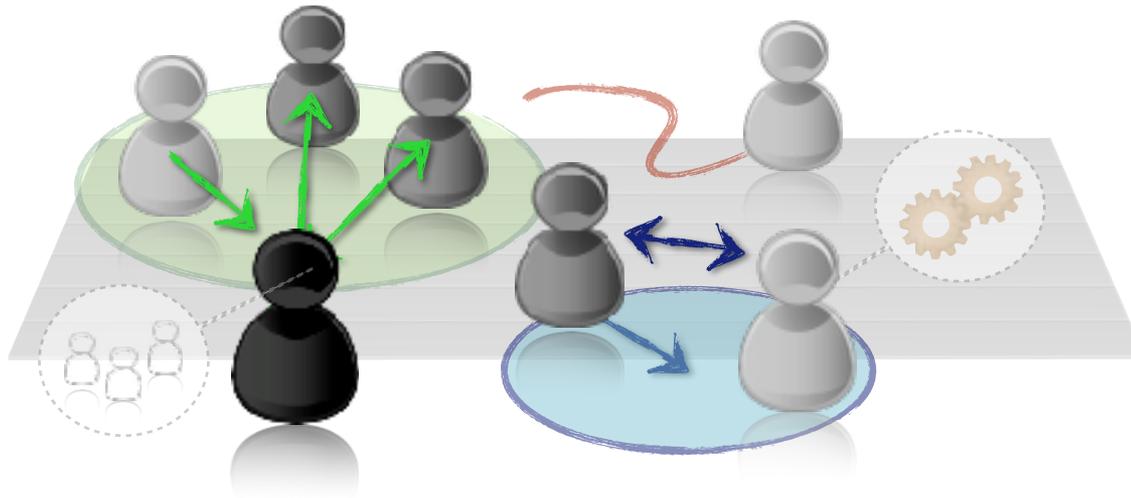


AIDE À LA CONCEPTION ET L'EXPLOITATION DE MODÈLE À BASE D'AGENTS

PATRICK TAILLANDIER
CR INRA, MIAT



LA MODÉLISATION À BASE D'AGENTS



Time

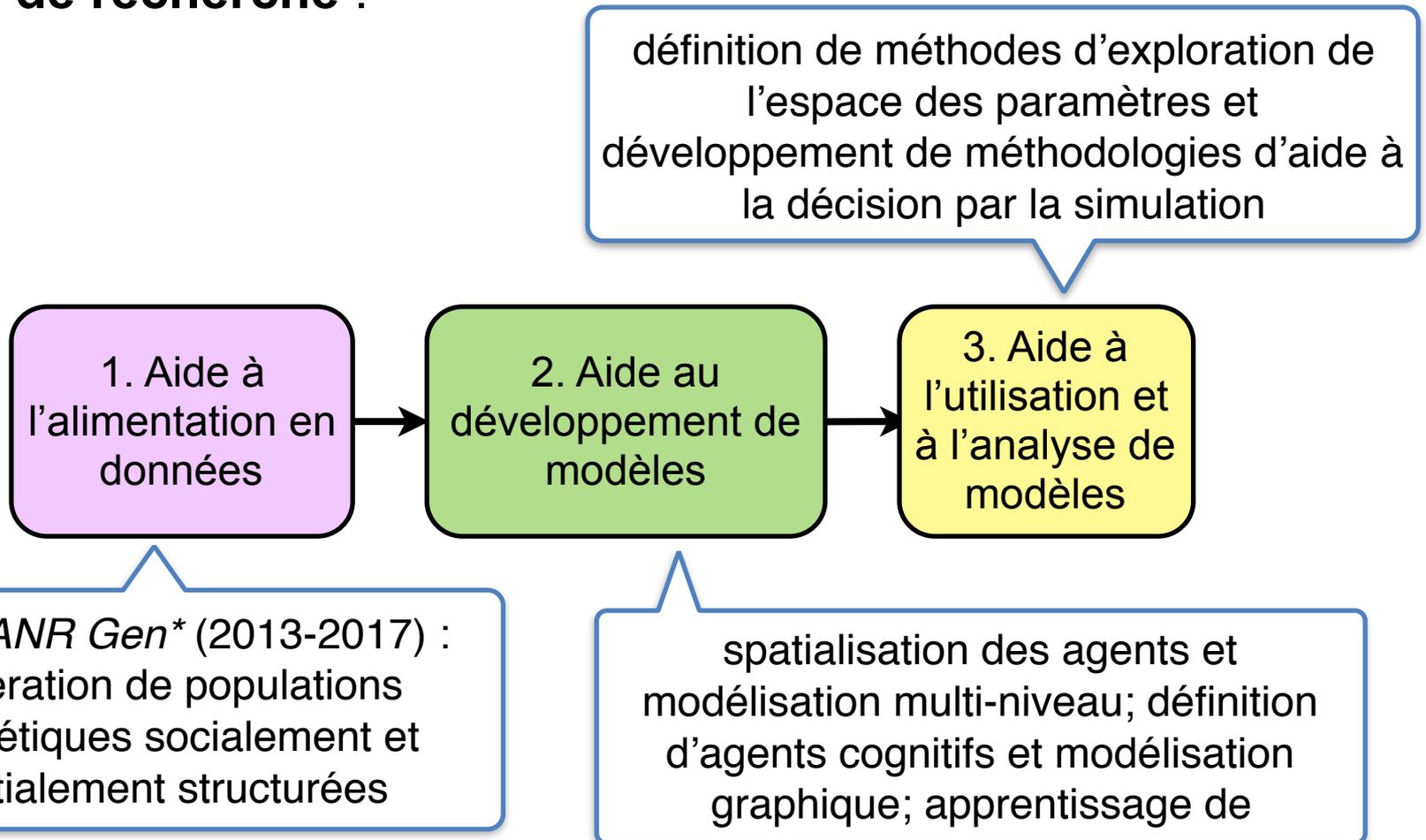


- **Constats :**

- ➔ modélisation à base d'agents utilisée dans de plus en plus de domaines
- ➔ modèles de plus en plus riches

AIDE À LA CONCEPTION ET À L'EXPLOITATION DE MODÈLES

- **3 axes de recherche :**



LA PLATE-FORME GAMA

- ❖ **GAMA** : Plate-forme dédiée à la construction de simulations agents spatialisées
 - Développée par un consortium d'équipes de recherche : UMMISCO (IRD - coordinateur), MIAT (Toulouse), IDEES (Rouen), IRIT (Toulouse), LRI (Orsay), ...
 - Générique : utilisable pour toute application
 - Sous licence GPL
 - Intègre un langage complet de modélisation et un environnement de développement intégré
 - Développée en JAVA
 - Intègre des outils d'analyse des modèles : permet de faire des analyses de sensibilité et de calibrer les modèles

<http://gama-platform.org>



LA PLATE-FORME GAMA

GAMA offre un environnement intégré de développement de modèles multi-agents



LA PLATE-FORME GAMA

Modélisation et simulation sont couplées

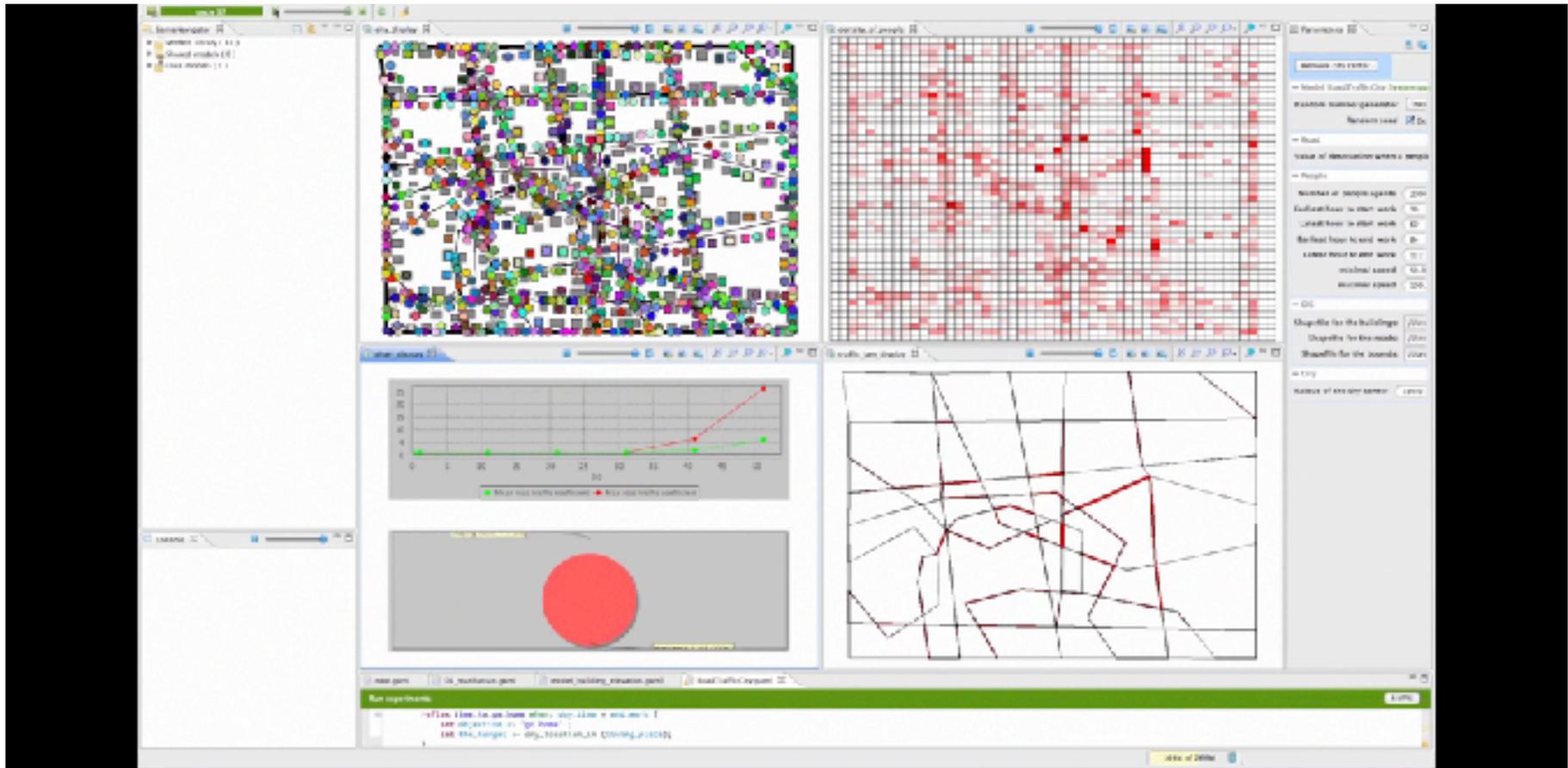
The screenshot displays the GAMA (Geometric Agent Modeling Architecture) platform interface. The central workspace shows a network diagram with blue circular nodes and green rectangular nodes connected by red lines. The interface is divided into several panels:

- Left Panel:** A file explorer showing a project structure with folders like 'Agents', 'Assets', and 'Models'. The 'Models' folder is expanded, showing sub-models like 'RAGAA_1.gem', 'RAGAA_10.gem', 'RAGAA_11.gem', and 'RAGAA_12.gem'.
- Top Panel:** A toolbar with various icons for simulation control.
- Right Panel:** A configuration panel for the 'RAGAA_10.gem' model. It includes sections for 'Agents' (listing 'RAGAA_10.gem' and 'RAGAA_11.gem'), 'Assets' (listing 'RAGAA_10.gem' and 'RAGAA_11.gem'), and 'Models' (listing 'RAGAA_10.gem' and 'RAGAA_11.gem'). There are also checkboxes for 'Add agent', 'Add asset', and 'Add model type'.
- Bottom Panel:** A code editor showing the GAMA code for the 'RAGAA_10.gem' model. The code includes comments and a 'model' block with a 'run' block.

```
model RAGAA10
run {
  RAGAA_10.gem
  RAGAA_11.gem
  RAGAA_12.gem
}
```

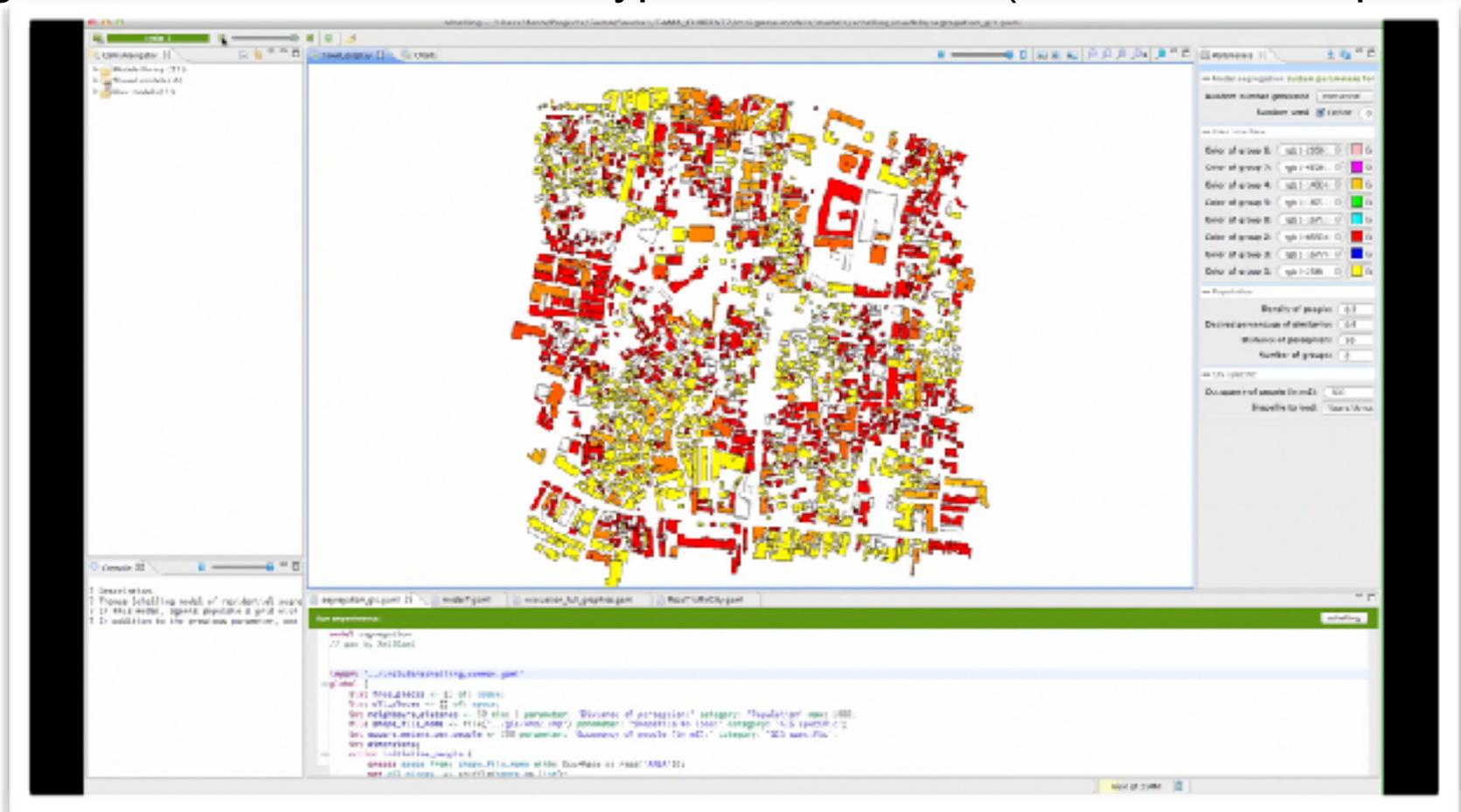
LA PLATE-FORME GAMA

Possibilité de déclarer plusieurs environnement (avec différentes topologies)



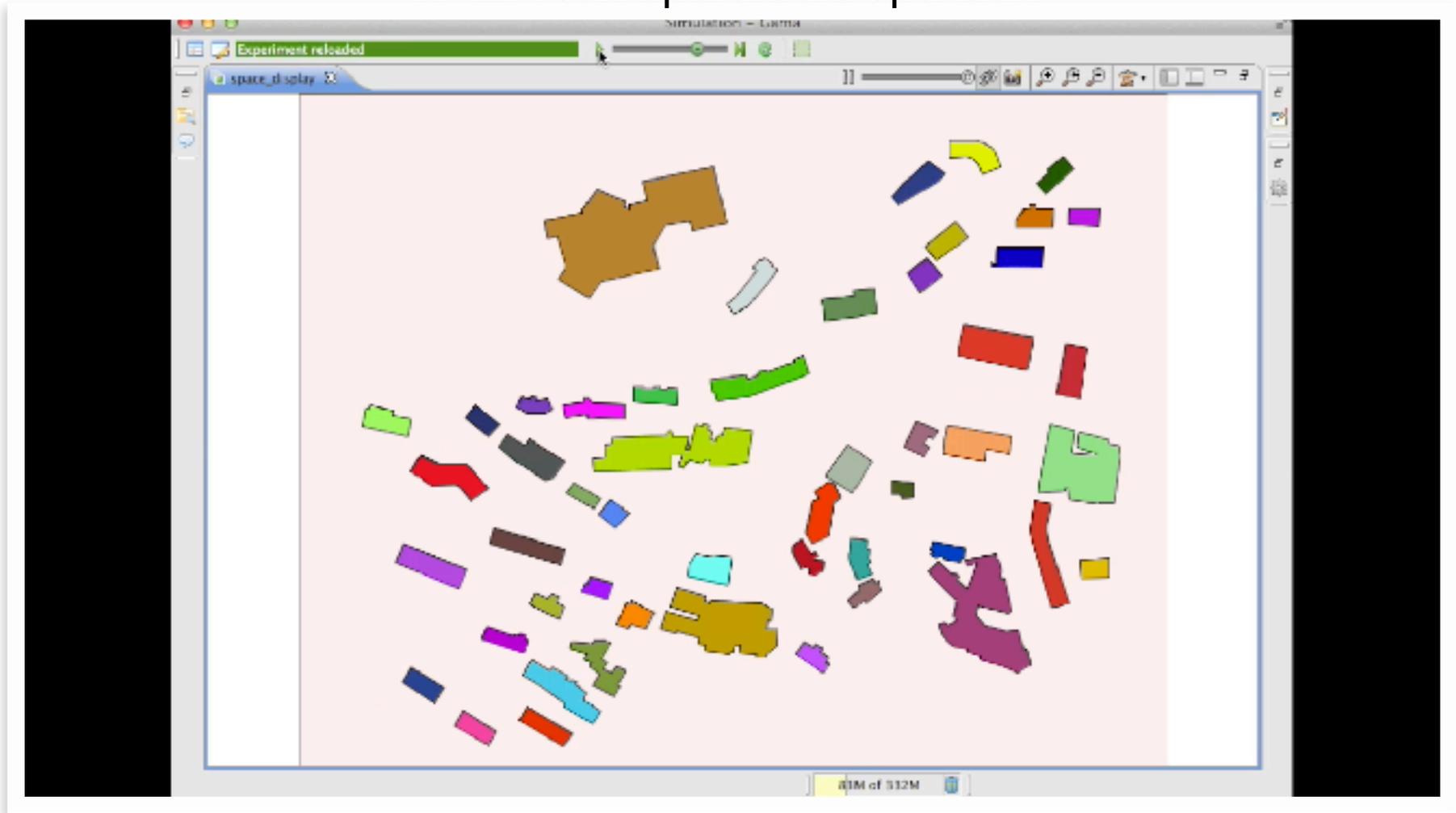
LA PLATE-FORME GAMA

Intégration native de nombreux types de données (dont données spatiales)



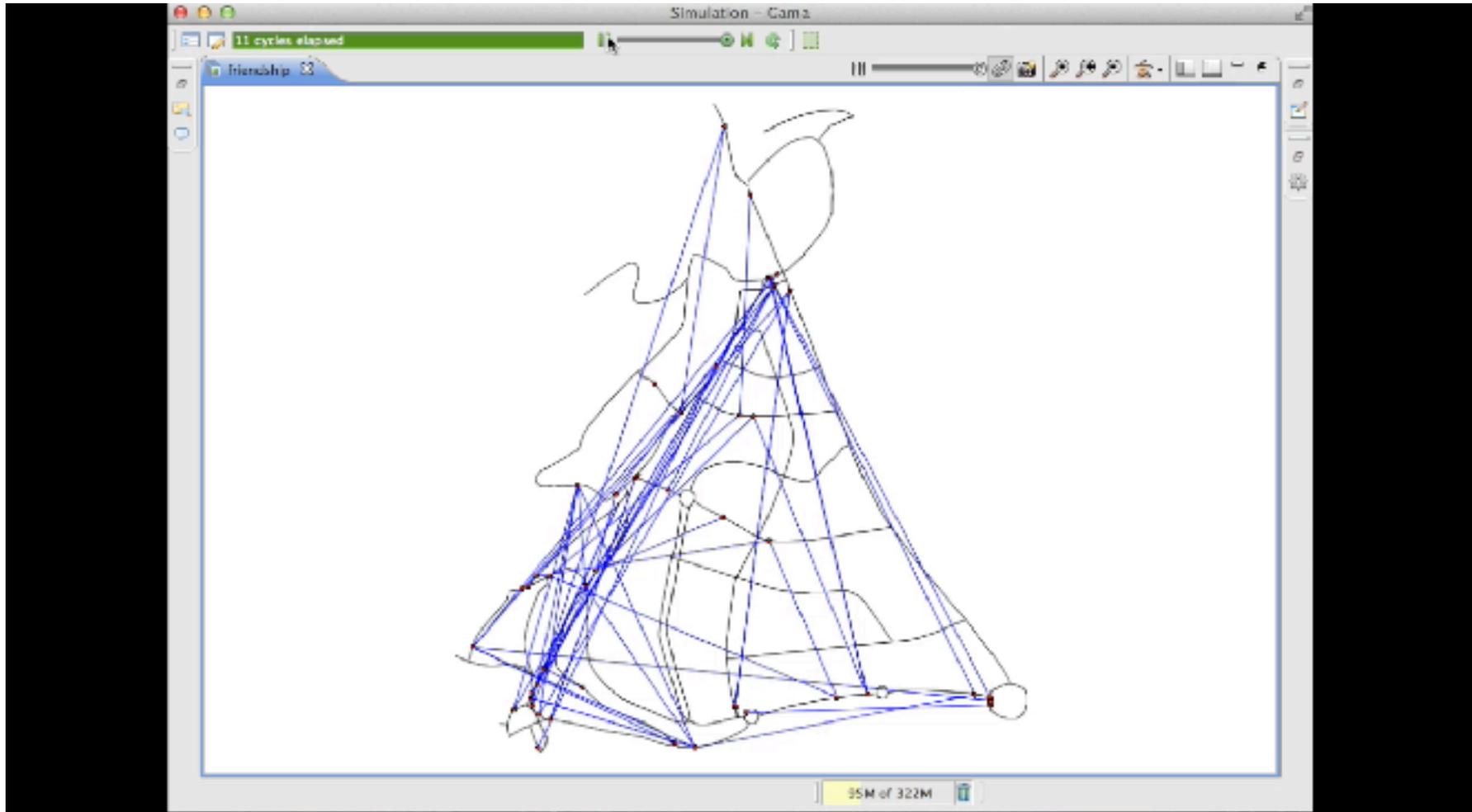
LA PLATE-FORME GAMA

Nombreux opérateurs spatiaux



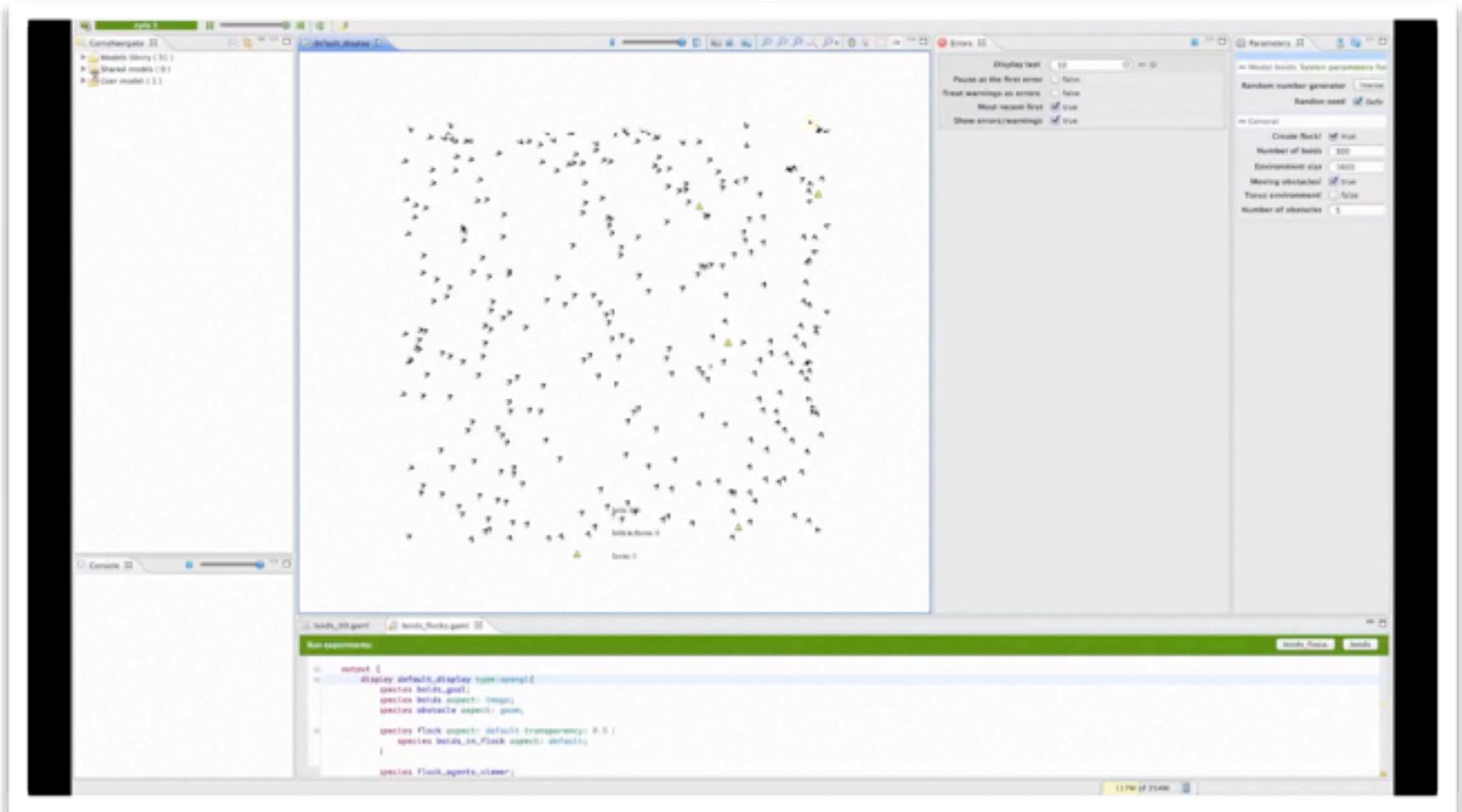
LA PLATE-FORME GAMA

Nombreux opérateurs de graphe



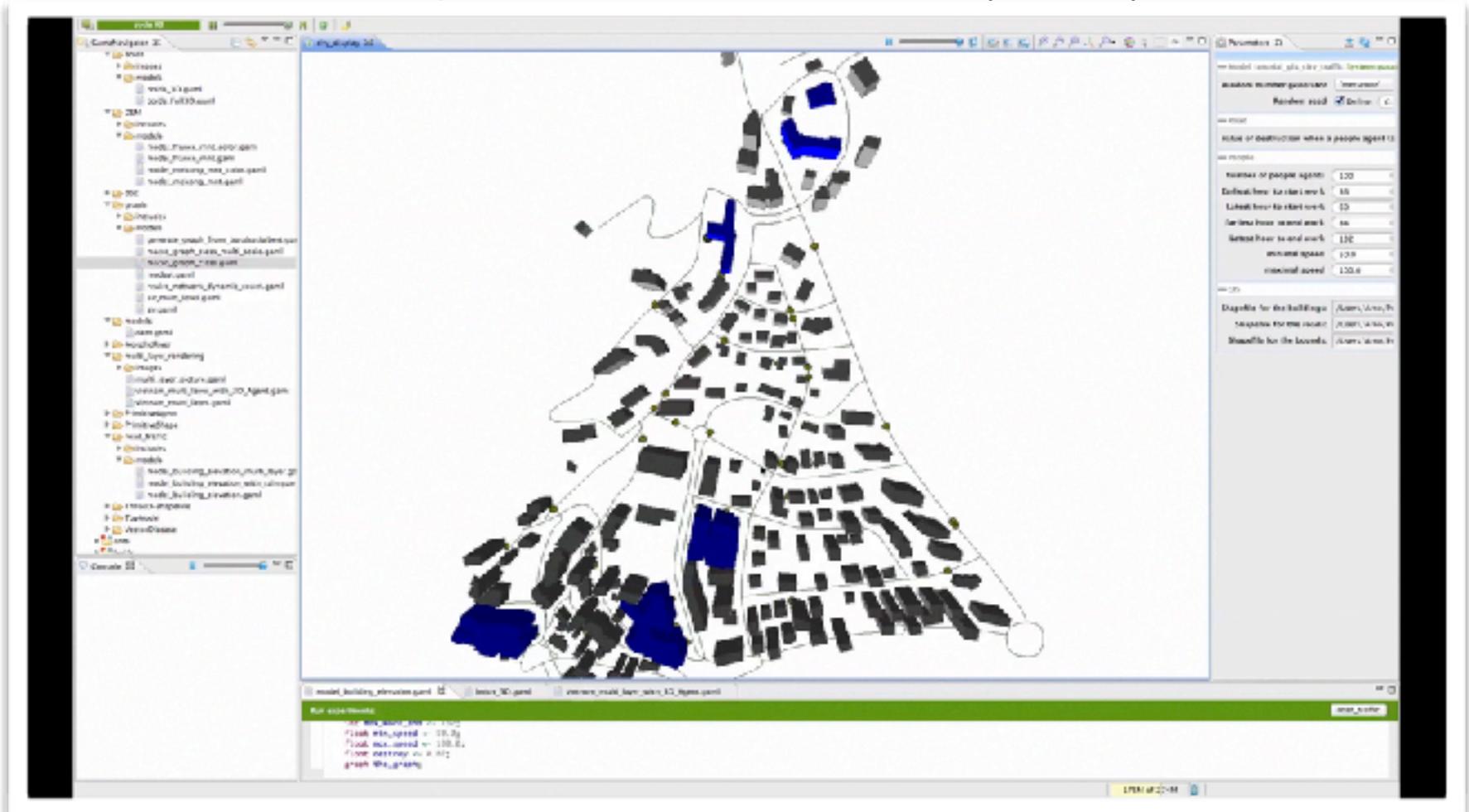
LA PLATE-FORME GAMA

Possibilité de définir des modèles multi-niveaux



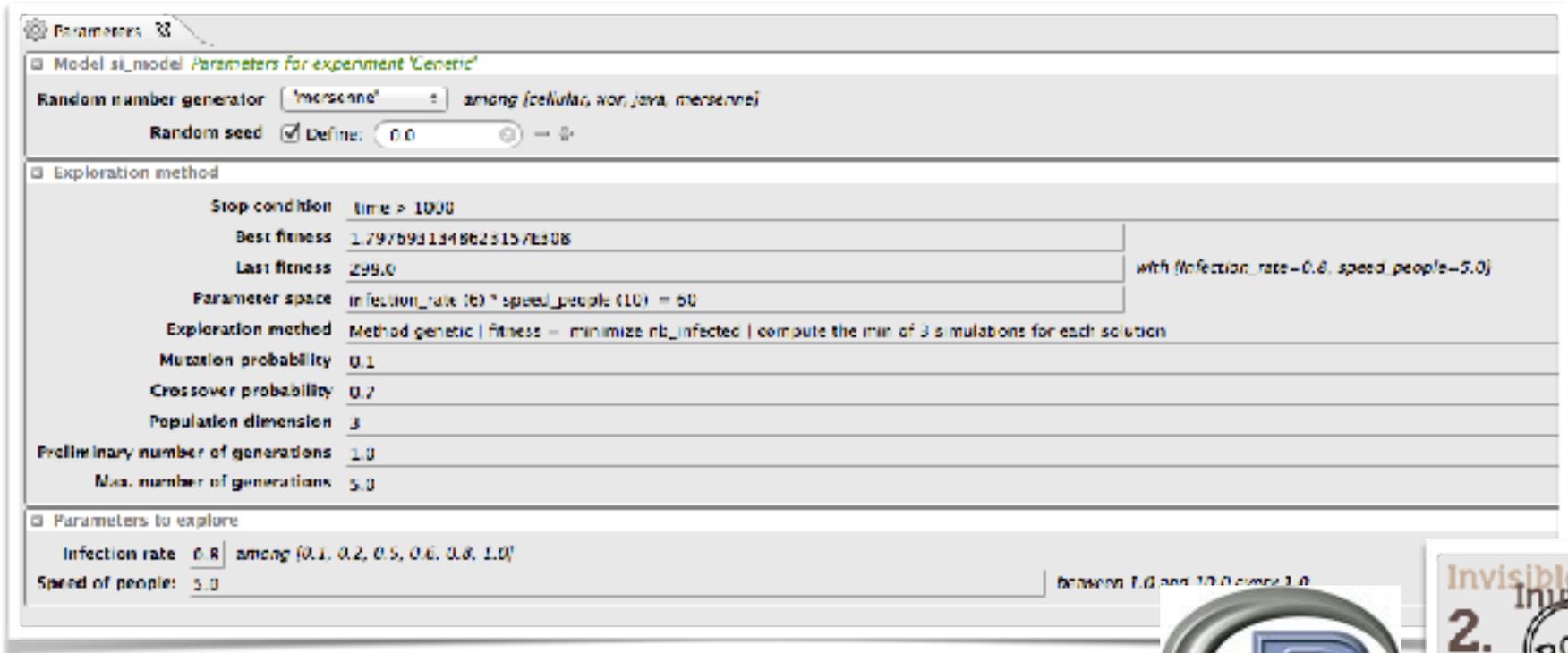
LA PLATE-FORME GAMA

Outils puissants de visualisation (2D-3D)



LA PLATE-FORME GAMA

Outils d'exploration de l'espace des paramètres



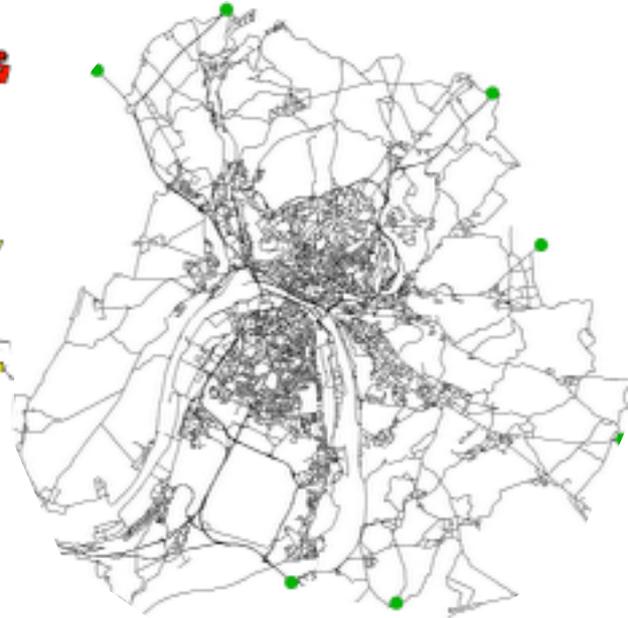
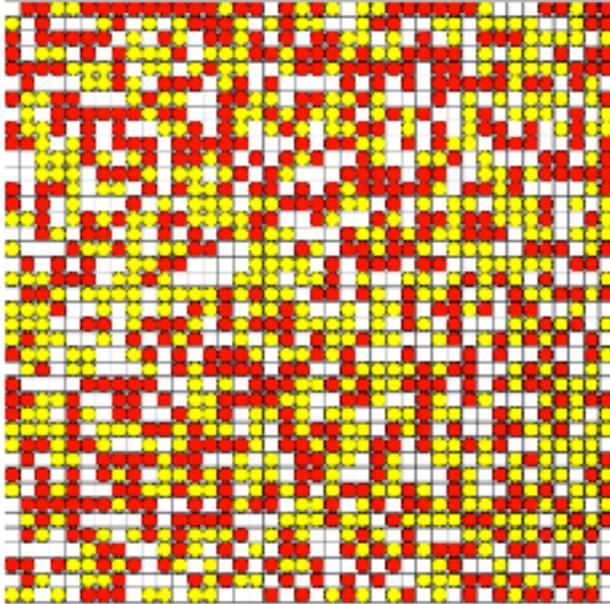
The screenshot shows the 'Parameters' window for a genetic algorithm experiment. The window is titled 'Parameters' and contains several sections:

- Model si_model Parameters for experiment 'Genetic'**
 - Random number generator: 'mersenne' (among: {cellular, vor, java, mersenne})
 - Random seed: Define: 0.0
- Exploration method**
 - Stop condition: time > 1000
 - Best fitness: 1.7975931348623157E+08
 - Last fitness: 299.0 (with {infection_rate=0.8, speed_people=5.0})
 - Parameter space: infection_rate (6) * speed_people (10) = 60
 - Exploration method: Method genetic | fitness = minimize nb_infected | compute the min of 3 simulations for each solution
 - Mutation probability: 0.1
 - Crossover probability: 0.7
 - Population dimension: 3
 - Preliminary number of generations: 1.0
 - Max. number of generations: 5.0
- Parameters to explore**
 - Infection rate: 0.8 (among: {0.1, 0.2, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0})
 - Speed of people: 5.0 (browser: 1.0 and 10.0 every 1.0)



L'ESPACE DANS LES MODÈLES

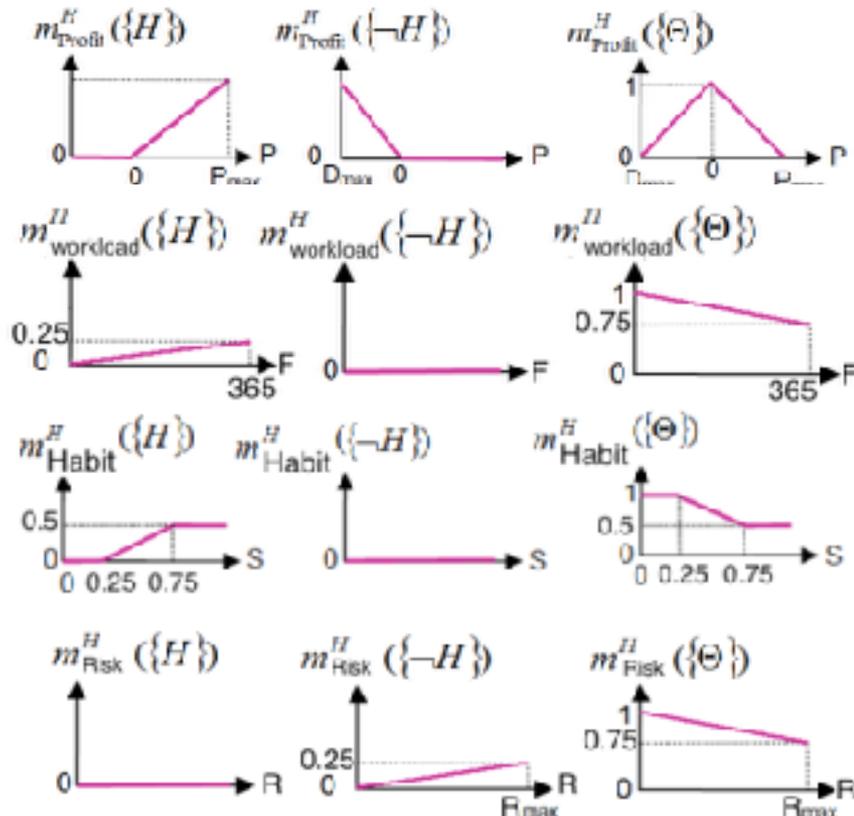
- **Travail** : Prise en compte de l'espace dans les modèles (**ANR 3-Worlds**)



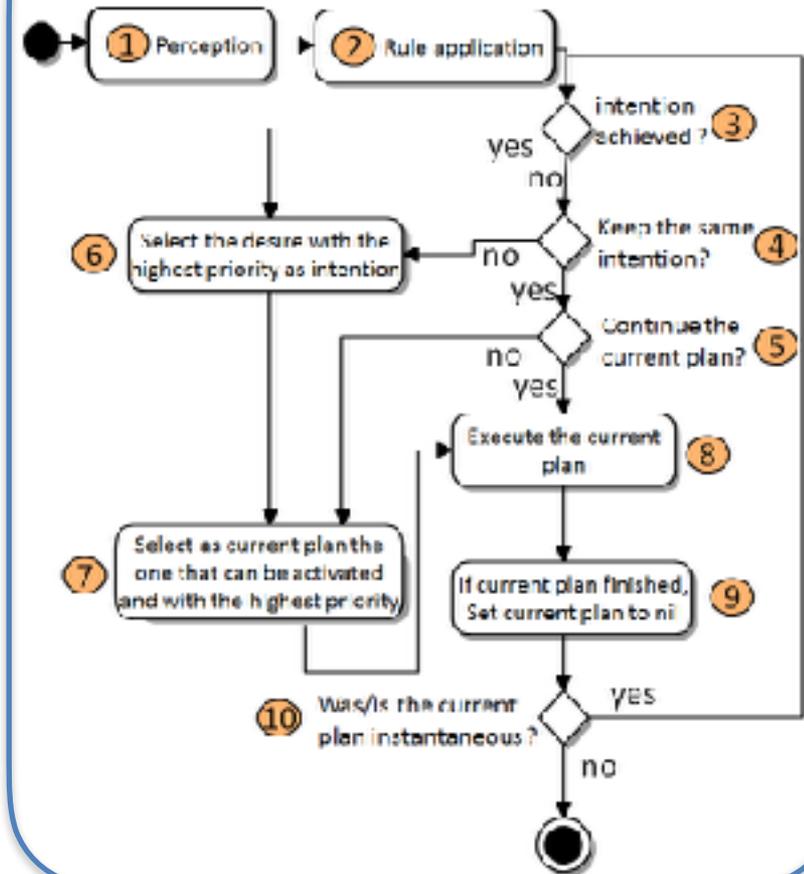
DÉFINITION DU COMPORTEMENT DES AGENTS

- **Travail** : Définition d'agents cognitifs (RTRA MAELIA, ANR ACTEUR)

Théorie des fonctions de croyance (MAELIA)

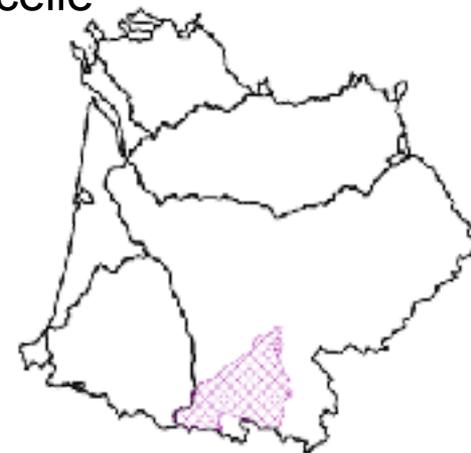


Architecture BDI (ACTEUR)



PROJET MAELIA

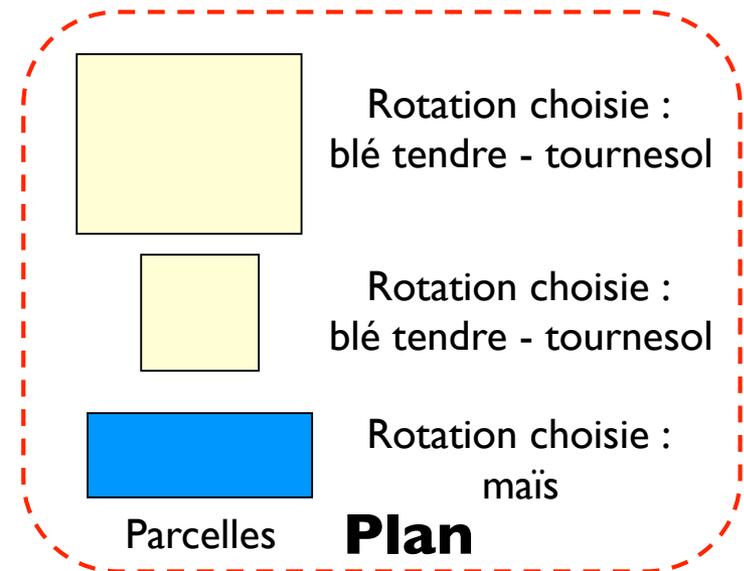
- ❖ Construire une plate-forme capable de simuler l'évolution des ressources en eau dans le BAG
 - Evaluer par la simulation les impacts des alternatives de politique de gestion de l'eau durant les périodes d'étiage
 - Prise en compte de différents scénarios de changement climatique
- ❖ Echelles spatiale et temporelle
 - Bassin versant (BAG : 116 000 km²) à l'échelle de la parcelle
 - Sur 30 ans avec un pas de temps journalier



PROJET MAELIA

Comportement des agriculteurs :

- Comportement **stratégique** : choix de rotation de cultures pour chacune de leurs parcelles (tous les ans) - décision multi-critère
- Comportement **opérationnel** : gestion de leur parcelle - semis, irrigation, récolte -(tous les jours) - reflexes



PROJET MAELIA

Comportement des agriculteurs :

- Les agriculteurs sont adaptatifs : ils prennent leurs décisions en fonction de leur situation locale (météo, type de cultures, tailles des parcelles, mémoires des dernières récoltes, niveau d'eau...)
- Choix d'un plan d'assolement basé sur les désires de l'agriculteur (déterminés à l'aide d'enquêtes auprès d'agriculteurs):
 - ◆ Maximiser le profit
 - ◆ Minimiser les risques financiers
 - ◆ Minimiser la charge de travail
 - ◆ Maximiser les similarités avec la dernière rotation choisie

Utilisation de la
théorie des fonctions
de croyance



PROJET ACTEUR

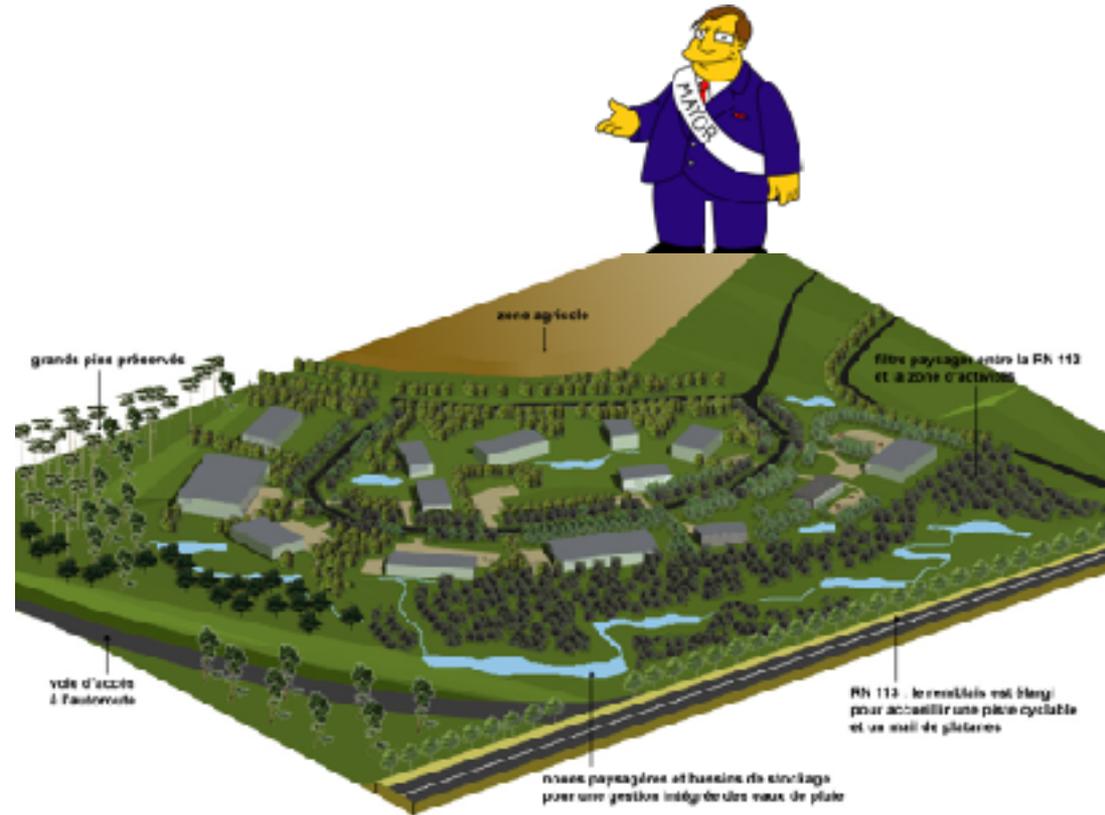
- ❖ **ACTEUR** : Agents Cognitifs Territorialisés pour l'Etudes des dynamiques Urbaines et des Risques
- ❖ Projet ANR Jeune Chercheur : 2014-2019
- ❖ Coordinateur : Patrick Taillandier
- ❖ Nombreux chercheurs partenaires : Eric Daudé (IDEES), Frédéric Rousseaux (UMR LIENSS), Nicolas Bécu (UMR LIENSS), Frédéric Amblard (UMR IRIT), Benoit Gaudou (UMR IRIT), Philippe Caillou (UMR LRI), Nicolas Marilleau (UMI UMMISCO), Carole Adam (UMR LIG)

<http://acteur-anr.fr>



PROJET ACTEUR

- ❖ **Décision individuel** : Impact majeur sur la compréhension de certains phénomènes
- ❖ Parfois complexe à modéliser : comportements non « rationnels » (émotions...), décisions prises à différents horizons (planification...)...



PROJET ACTEUR

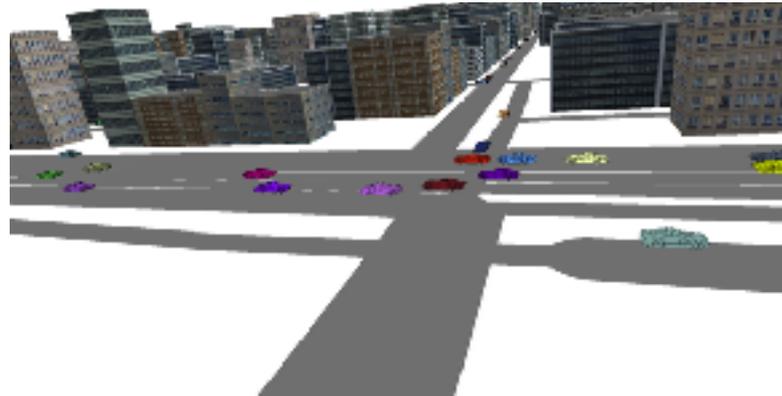
- ❖ **Objectif principal** : développer des outils et méthodes permettant à des modélisateurs non informaticiens de définir simplement des agents « cognitifs » réalistes

Sous-objectifs :

- Définir de nouvelles architectures d'agent cognitif adaptées à la simulation (permettant le calcul intensif)
- Construire des outils permettant de définir graphiquement des agents cognitifs et pouvant être utilisés pour la modélisation participative
- Développer des outils pour calibrer et analyser le comportement d'agents cognitifs

Cas d'étude

Impact d'un accident
technologique - Rouen:



Etude de l'expansion urbaine
- La Réunion:

PROJET ACTEUR

- ❖ De nombreux travaux en intelligence artificielle ont concerné le développement d'architectures pour les agents cognitifs
- ❖ Beaucoup de ces architectures sont basées sur le paradigme BDI (Belief - Desire- Intention) :
 - ➔ **croyances** : ce que l'agent sait. Les croyances peuvent être incorrectes, incomplètes ou incertaines
 - ➔ **désirs** : ce que l'agent veut (états du monde que l'agent aimerait voir réalisés). Les désirs peuvent être contradictoires
 - ➔ **intention** : ce que l'agent essaye d'accomplir (les désirs qu'il veut réalisé)
- ❖ Afin d'accomplir ses intentions, l'agent dispose d'une base de plans (actions qu'il peut entreprendre).

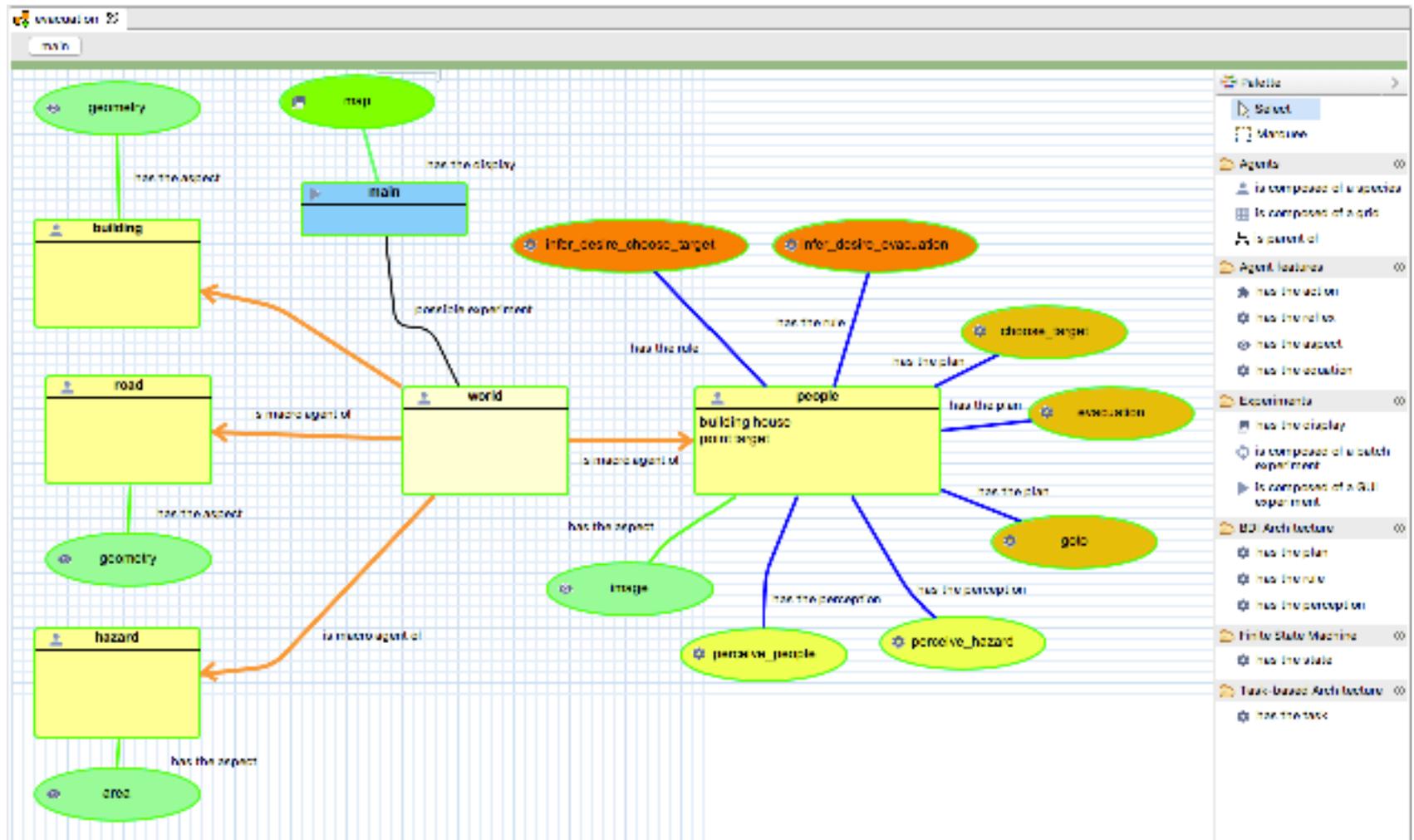
PROJET ACTEUR

- ❖ Thèse de **Mathieu Bourgais** (encadrement: Laurent Vercouter et moi)
 - ➔ Développement d'un module BDI intégré dans GAMA facile à utiliser et très riche en même temps

 - ➔ Développement d'un module émotionnel couplé au BDI : possibilité pour les agents d'éprouver des émotions (modèle OCC), qui peuvent affecter leur cognition et contaminer d'autres agents.
 - ▶ **Joie**(événement) = Croyance(événement) & Desir(événement)
 - ▶ **Tristesse**(événement)= Croyance(événement) & Desir(non événement)
 - ▶

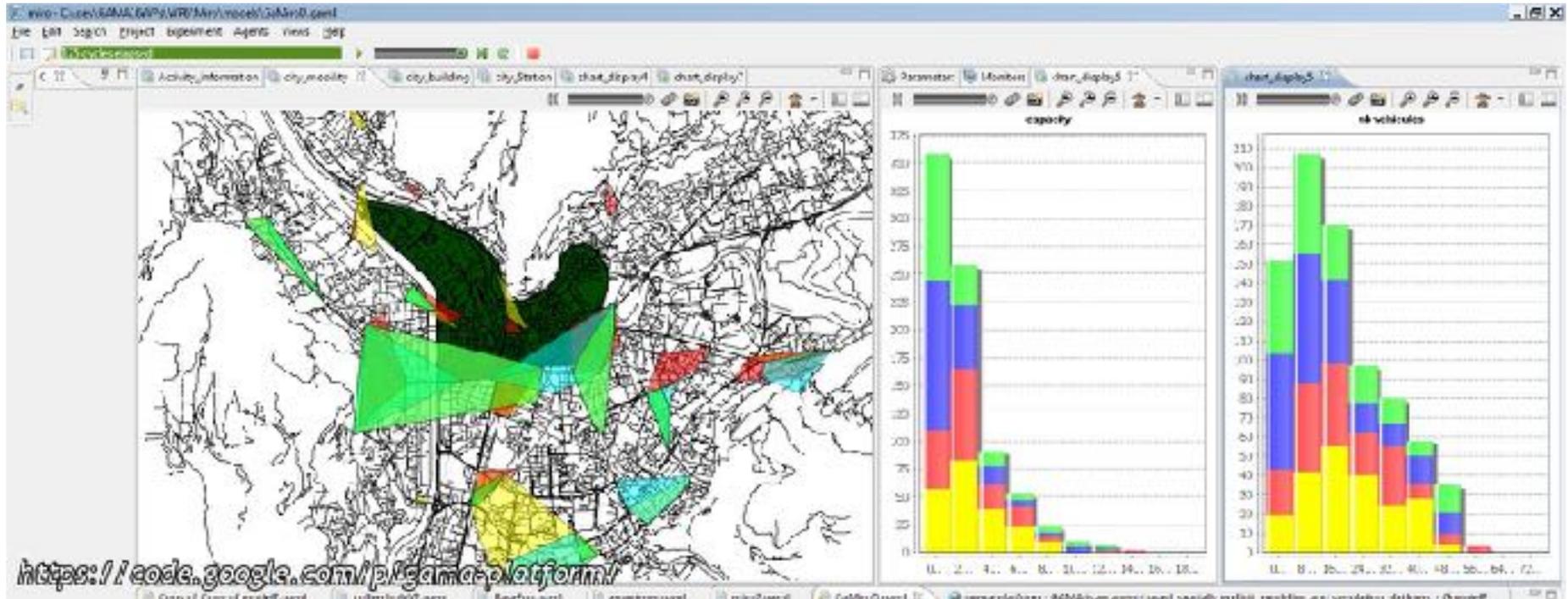
 - ➔ Développement d'un module de relation sociale couplé au BDI : possibilité pour les agents de créer des liens « sociaux » (4 variables : dominance, appréciation, similarité, solidarité)

PROJET ACTEUR



PROJET ACTEUR

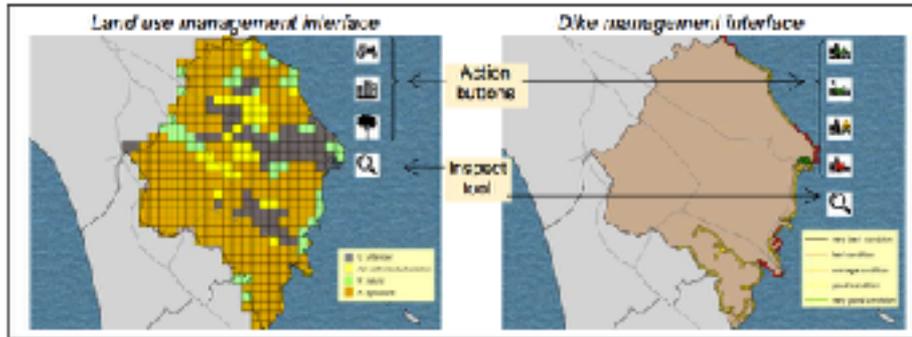
GAMAnalyze: Outil de construction et de suivi de groupes d'agents



Répartition des agents en fonction de leurs plans/intentions

PROJET ACTEUR

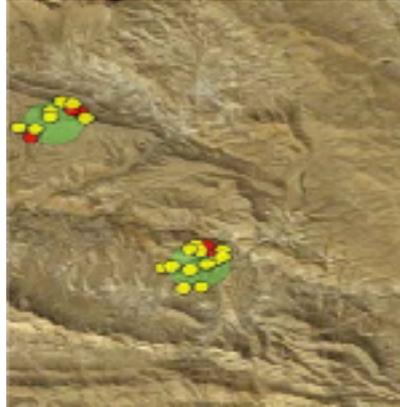
- Simulation participative, jeux sérieux et apprentissage de comportement



PROJET IMEA

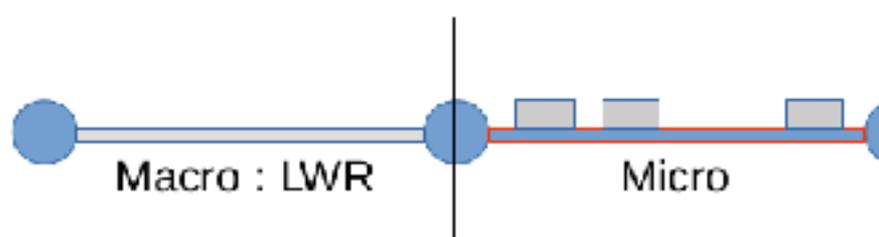
- **Travail** : *Projet IMEA PICS* (2014-2016) : couplage de modèles macro/micro

Inférence de modèles à base d'équations à partir de modèles agent



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dn_{11}}{d\tau} = -(\alpha_1 n_{21})n_{11} + (\alpha_2 n_{22})n_{12} \\ \quad + \sigma r_{11} n_{11} \left(1 - \frac{n_{11}}{K_{11}} - a_{11} \frac{n_{21}}{K_{11}} \right) \\ \frac{dn_{12}}{d\tau} = (\alpha_1 n_{21})n_{11} - (\alpha_2 n_{22})n_{12} \\ \quad + \sigma r_{12} n_{12} \left(1 - \frac{n_{12}}{K_{12}} - a_{122} \frac{n_{22}}{K_{12}} \right) \\ \frac{dn_{21}}{d\tau} = -(\beta_1 a_{11})n_{21} + (\beta_2 a_{12})n_{22} \\ \quad + \sigma r_{21} n_{21} \left(1 - \frac{n_{21}}{K_{21}} - a_{211} \frac{n_{11}}{K_{21}} \right) \\ \frac{dn_{22}}{d\tau} = -(\beta_1 a_{11})n_{21} + (\beta_2 a_{12})n_{22} \\ \quad + \sigma r_{22} n_{22} \left(1 - \frac{n_{22}}{K_{22}} - a_{222} \frac{n_{12}}{K_{22}} \right) \end{array} \right.$$

Modèle hybride



EXEMPLE DE MODÈLES DÉVELOPÉS

Projet PSDR TIP TOP (2016-2020) : modélisation et simulation des flux diffus agricoles dans les bassins versants et leur contrôle par des pratiques agro-écologiques.

Porteur du projet : Dominique Trévisan (UMR CARRTEL, INRA)

Projet ANR AEDES + FP7 DENREE (2010-2017) : Etude par la simulation à base d'agents de l'émergence et de la diffusion de la dengue en milieu urbain.

Porteur du projet : Richard Paul (Institut Pasteur)



EXEMPLE DE MODÈLES DÉVELOPÉS

PCRD ASTARTE : Evacuation de la plage de Nice

Porteur du projet : UMR CNRS LGP



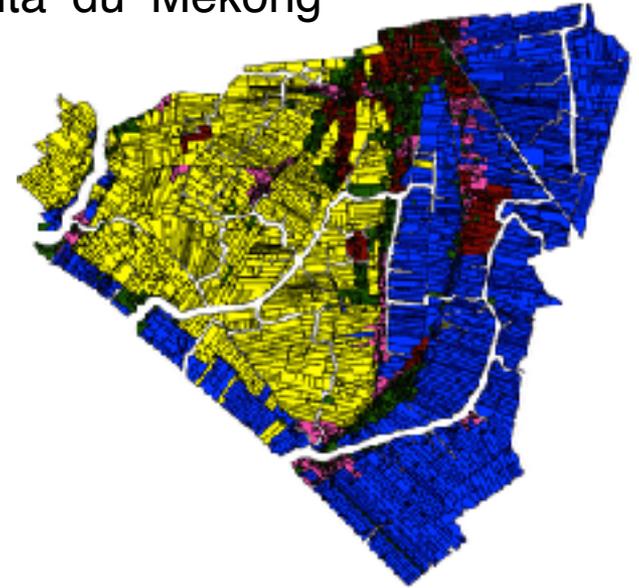
Projet ANR ESCAPE (2016-2020) + projet régional MOSAIC : evaluation de politiques d'évacuation de villes par la simulation

Porteur du projet : Eric Daudé (UMR IDEES, CNRS)

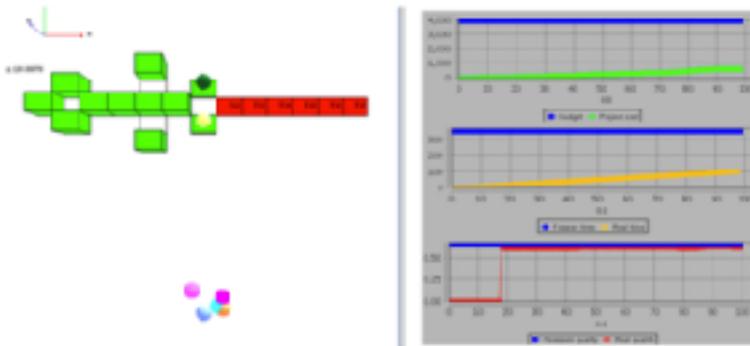


DÉVELOPPEMENT DE MODÈLES SPÉCIFIQUES

Modèle de changement des productions dans le Delta du Mekong
(Thèse de Truong Chi Quang)



Simulation de projets de construction de bâtiments,



Modèle sur les pratiques de pêche sur l'île de Moorea....

CONCLUSION

Ambition de mes recherches : démocratisation de la modélisation à base d'agents

Travail dans les prochains mois (années) :

- ➔ Application des outils ACTEUR dans le projet MAELIA
- ➔ Coordination entre agents cognitifs et application pour l'agroécologie (sujet de thèse déposé à Digitag avec Roger et Olivier T.)
- ➔ Utilisation du HPC (CPU et GPU) pour diminuer les temps de calcul des simulations

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Intéressé par la modélisation à base d'agents ?

N'hésitez pas à me contacter !!!



Formation GAMA à l'INRA : 9-10 février (avec Benoit Gaudou et Romain Lardy)

<http://gama-platform.org>