

SE-12

Présentation et validation des modèles

Thomas Favre-Bulle (ALICE)

André Ourednik (Chôros)

# PRÉSENTATION DU FONCTIONNEMENT

# Éléments

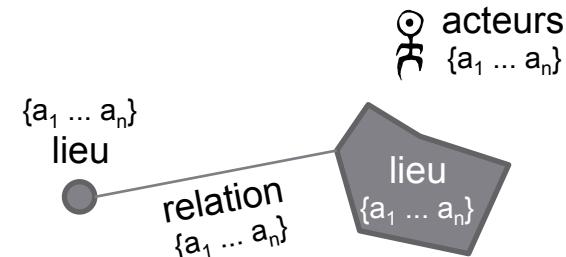
- Hypothèses
- Éléments
  - fixes (cellules)
  - mobiles (agents)
- Paramètres (variables globales)
- Représentation graphique (carte et légende)
- Processus
- Résultats de la modélisation
  - Variables d'observation (indicateurs statistiques)
  - Observations visuelles (émergence, points stables, cycles)

# Hypothèses

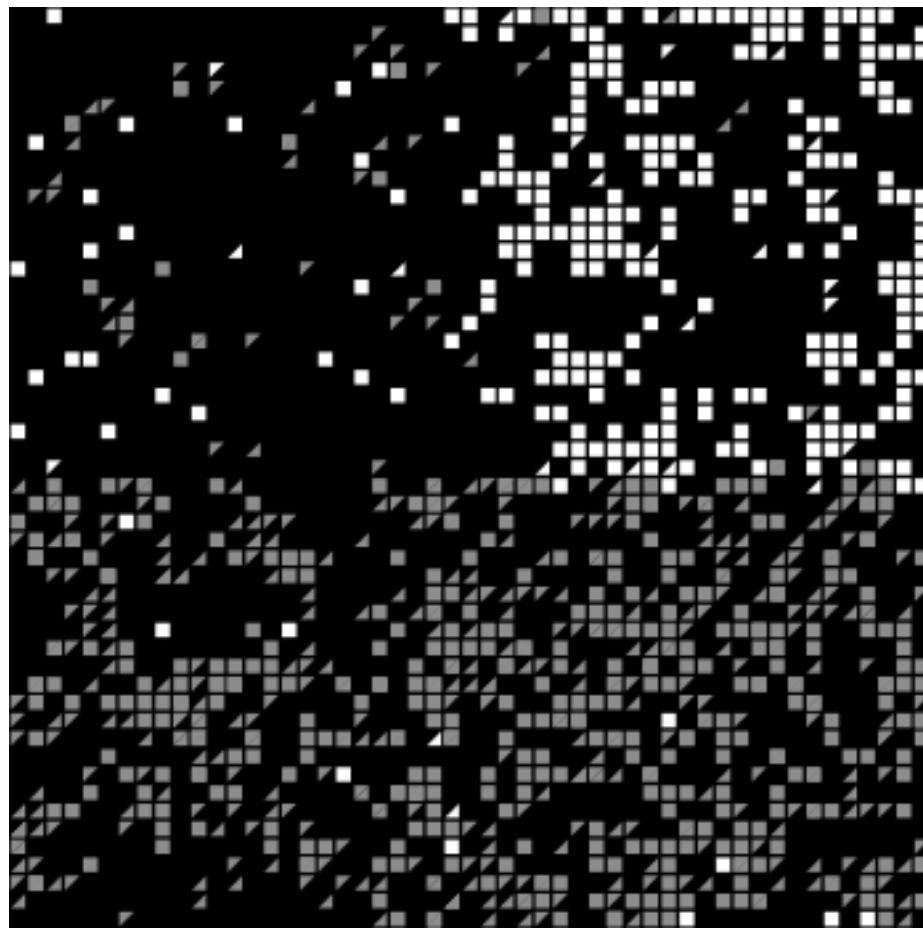
- générales (e.g. « la répartition inégale des richesses est un phénomène émergent »)
- particulières (e.g. “la densité mène à la ségrégation”)

# Éléments

- fixes (cellules ou lieux d'un réseau)
- mobiles (agents)
- relations spatiales (voisinage, topologie)
- les attributs de tous ceux-ci
- règles de transition
- paramètres globaux (e.g. « densité initiale », « seuil de tolérance », « effet activé/désactivé d'un ensemble d'agents A sur un ensemble d'agents B »)



## Représentation graphique avec une légende visuelle

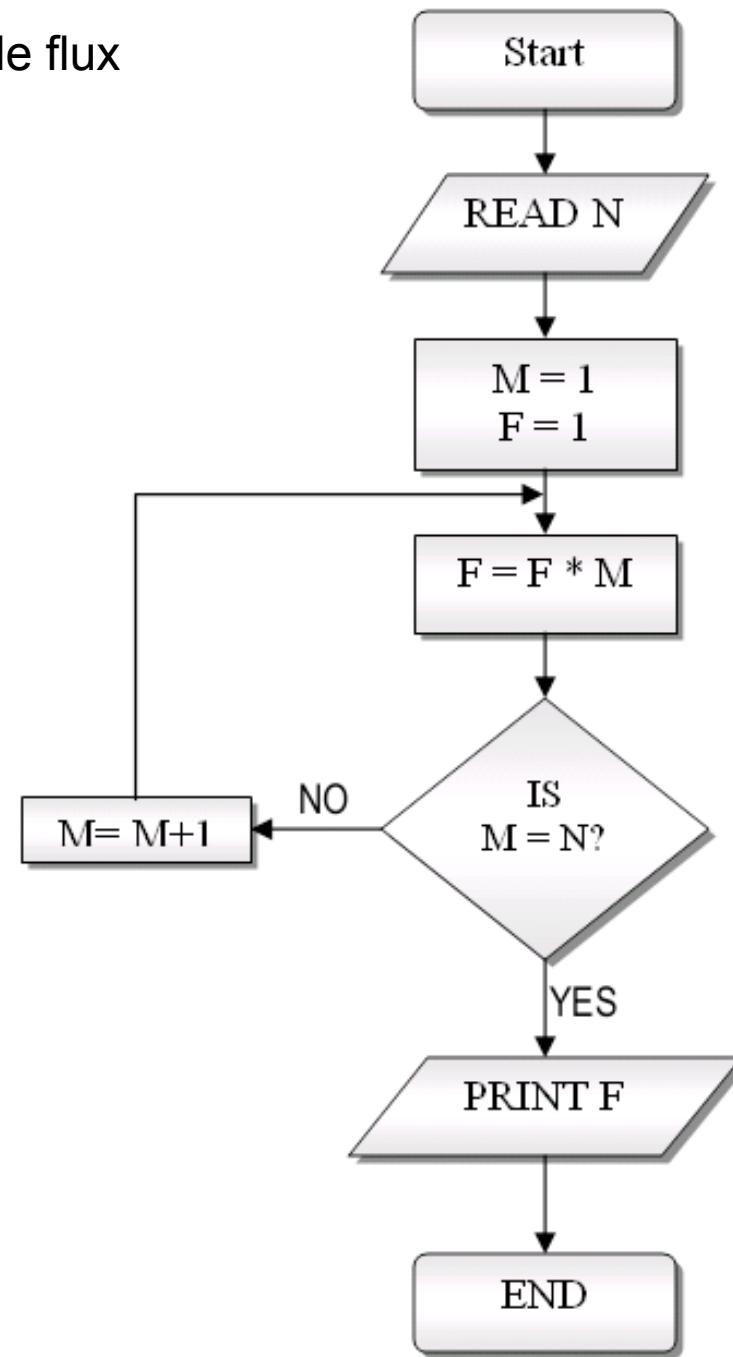


$C(p_i)$	$S(c_i)$	$s_1$	$s_2$	couple
$c_1$		white triangle	white triangle	white square
$c_2$		gray triangle	gray triangle	gray square

## processus illustré par un diagramme de flux

Name	Symbol	Use in flowchart
Oval		Denotes the beginning or end of a program.
Flow line		Denotes the direction of logic flow in a program.
Parallelogram		Denotes either an input operation (e.g., INPUT) or an output operation (e.g., PRINT).
Rectangle		Denotes a process to be carried out (e.g., an addition).
Diamond		Denotes a decision (or branch) to be made. The program should continue along one of two routes (e.g., IF/THEN/ELSE).

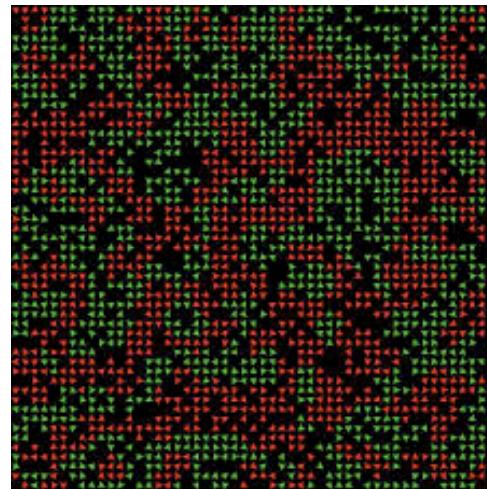
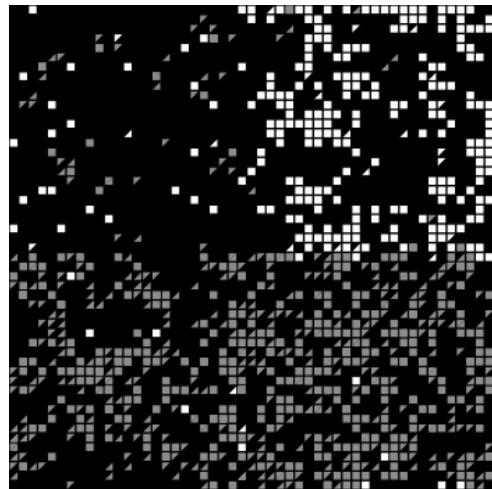
processus illustré par un diagramme de flux



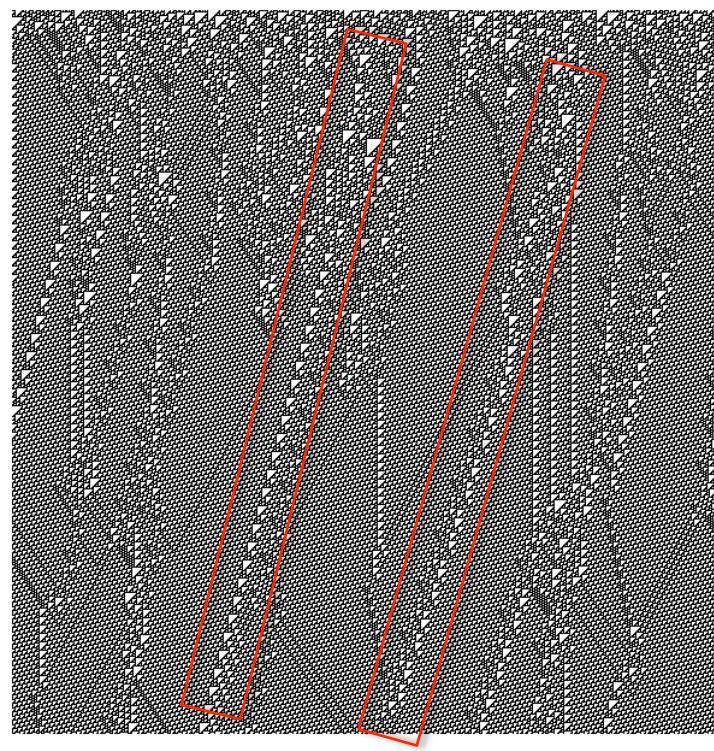
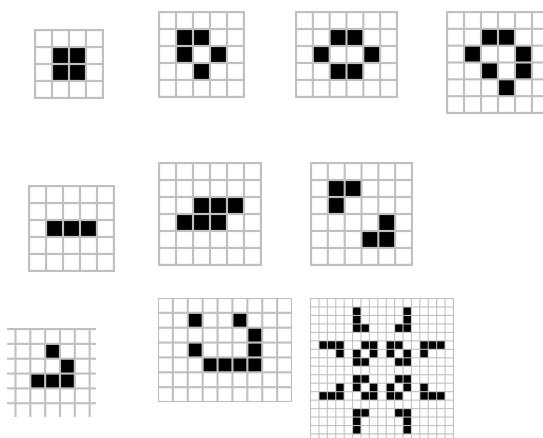
# RÉSULTATS

# Résultats

- Objectif:
  - Identifier des points d'équilibre et des cycles
    - Dans le rendu visuel
    - Du point de vue de propriétés statistiques
  - Identifier l'influence des paramètres sur les résultats



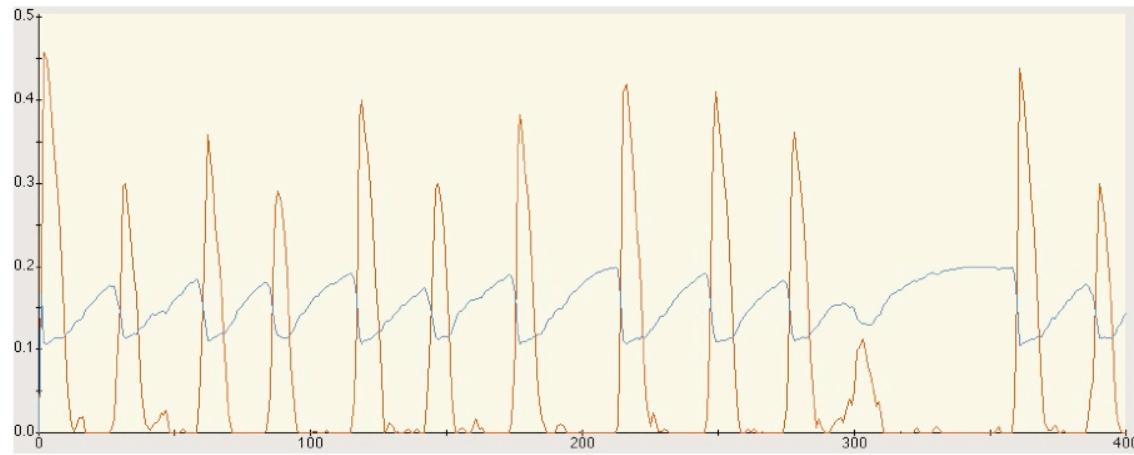
émergence de patterns globaux



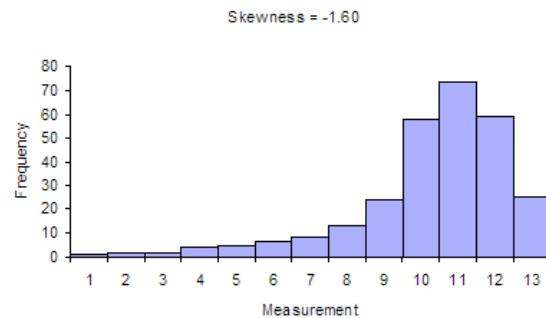
émergence de  
patterns localisés

# Indicateurs statistiques

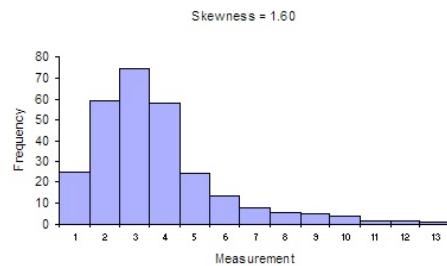
- Somme
- Moyenne
- Médiane
- Écart-type
- Indicateurs synthétiques
  - d'inégalité moyenne etc.
  - de ségrégation moyenne
  - etc.



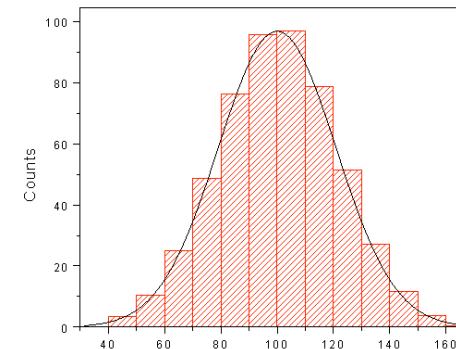
# L'histogramme



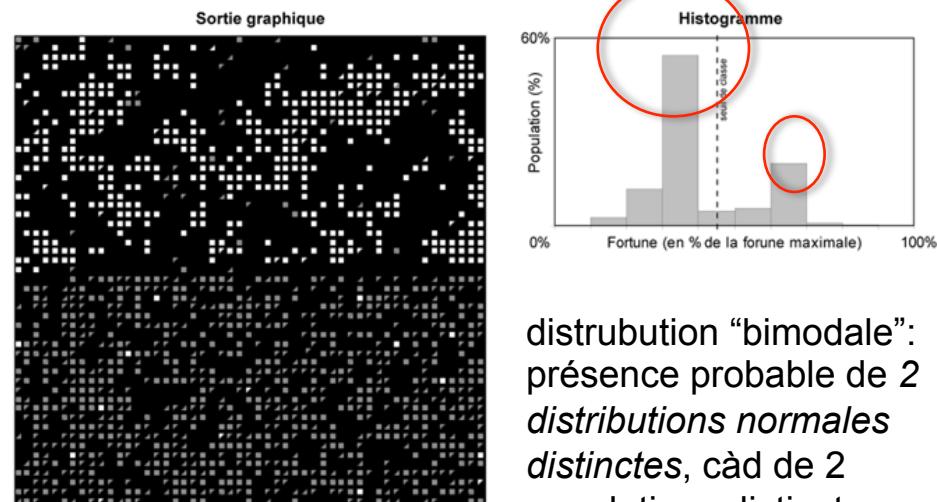
distribution centrée sur les valeurs élevées  
(nombreux âgés, rares jeunes)



distribution centrée sur les valeurs élevées  
(nombreux jeunes, rares âgés)

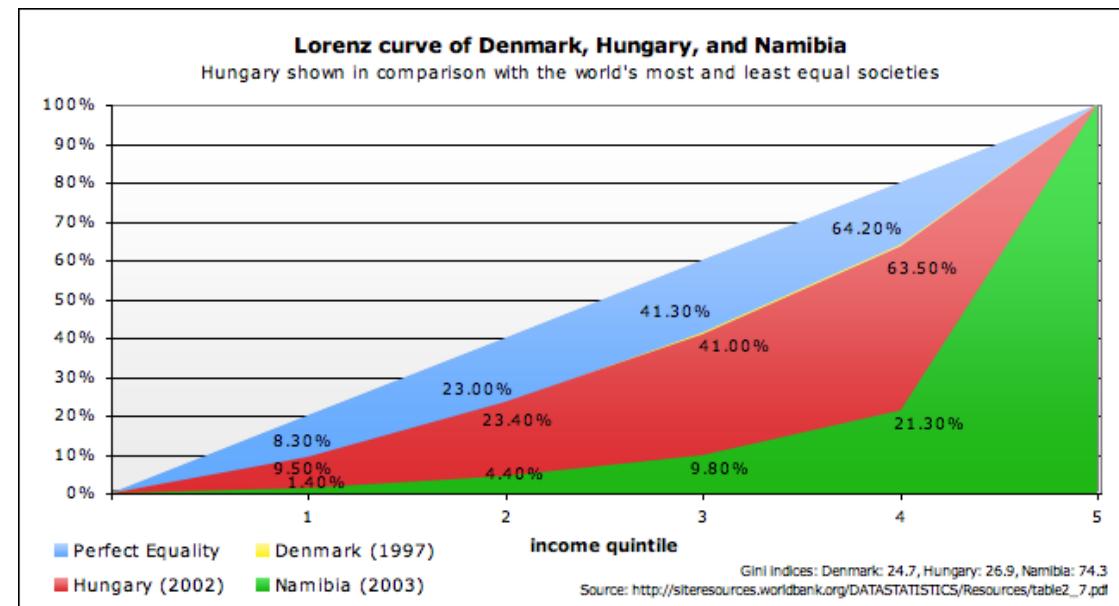
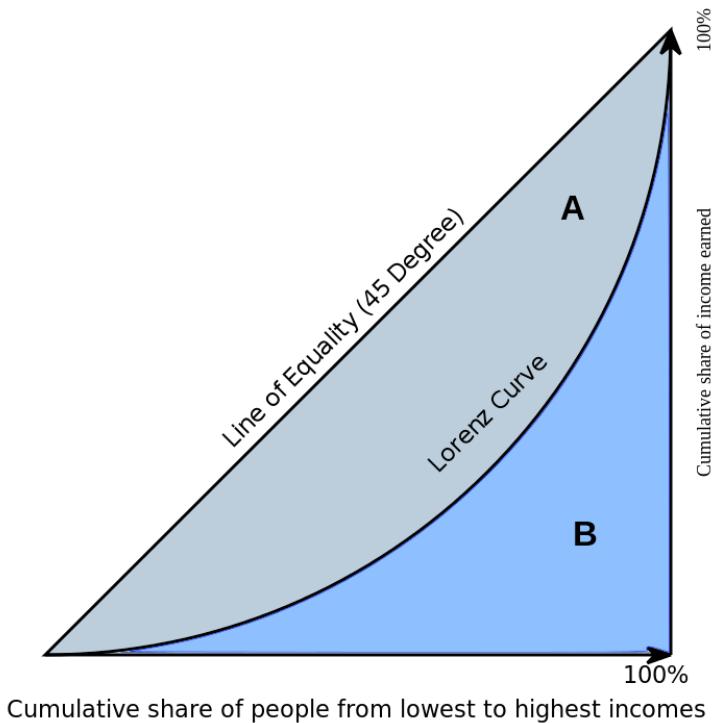


distribution normale



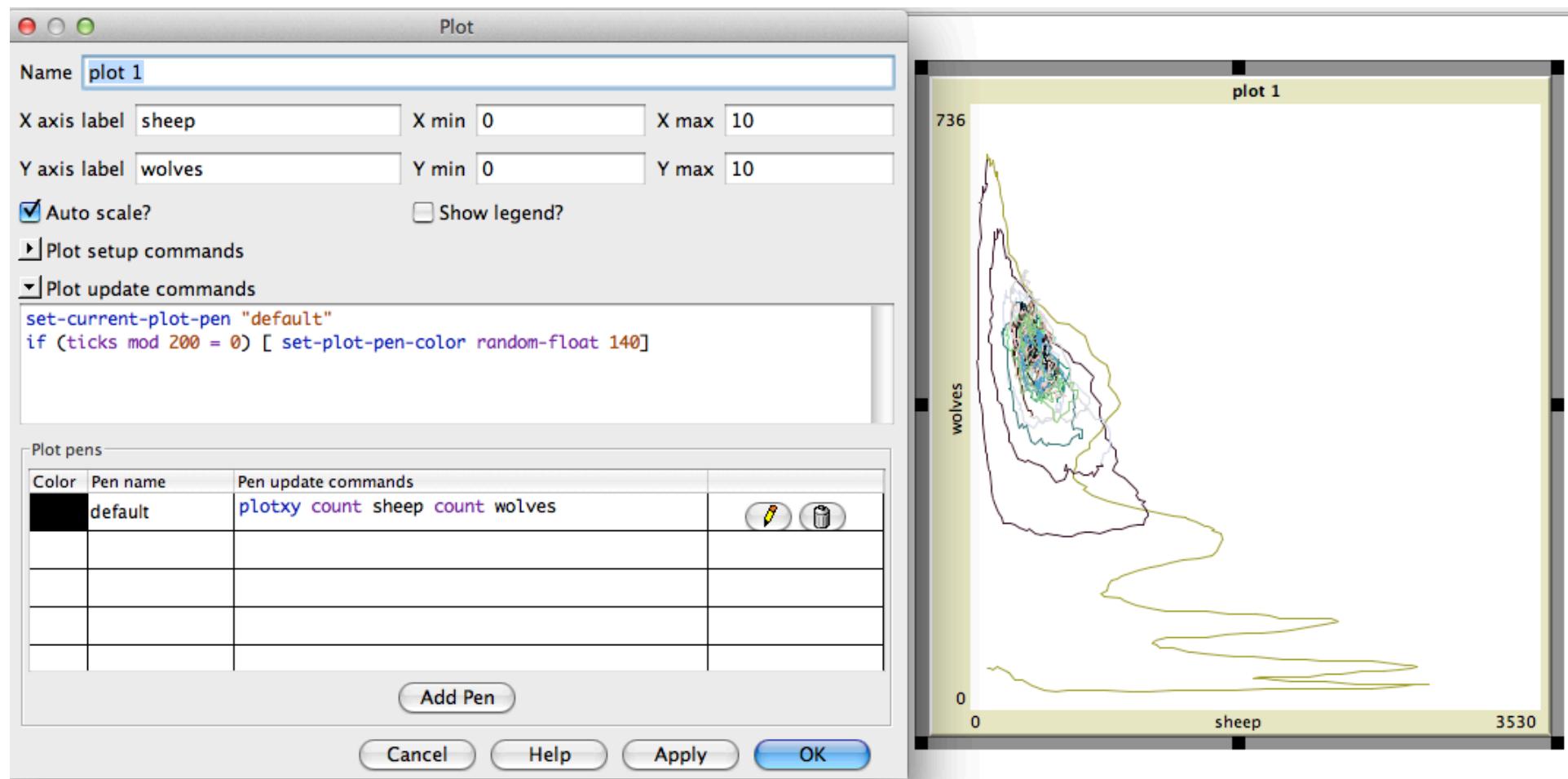
distribuition "bimodale":  
présence probable de 2  
*distributions normales distinctes*, càd de 2 populations distinctes

## La courbe de Lorenz et le coefficient de Gini



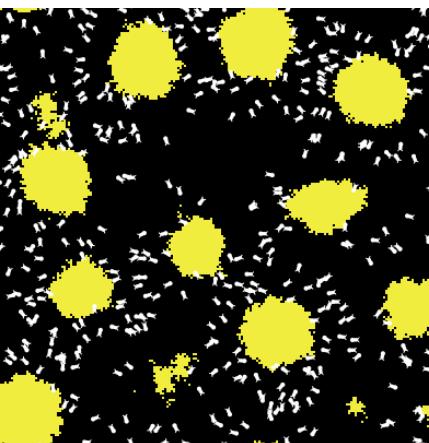
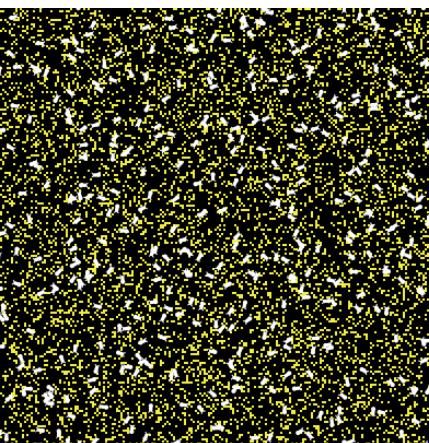
- $G = \int x - \int L(x) = A/(A+B); 0 < G < 1$
- permet de visualiser si la distribution de la valeur d'un attribut est homogène ou inégale
  - e.g. revenus, populations des villes etc.

# L'espace de phases

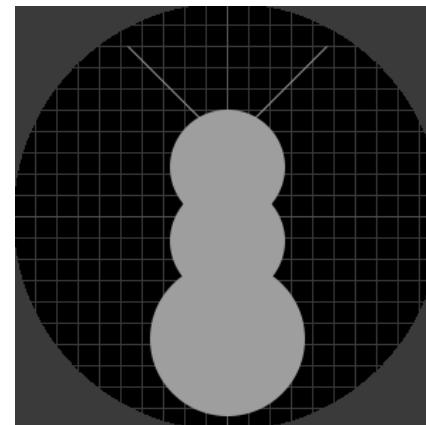


# VALIDATION

- **Validation:** vérification du degré de conformité du modèle aux phénomène observé, dans le but de s'assurer du degré de compréhension authentique de cette observation
- Visées
  - Cohérence interne
    - *Calculabilité*
  - Cohérence externe
    - Identité des processus: adaptation des règles de transition à ce que l'on connaît des individus
    - Isomorphisme ( $\text{ἴσος}$  +  $\mu\text{oρφή}$ ): adaptation des règles de transition à ce que l'on observe dans le résultat global



ISOMORPHISME

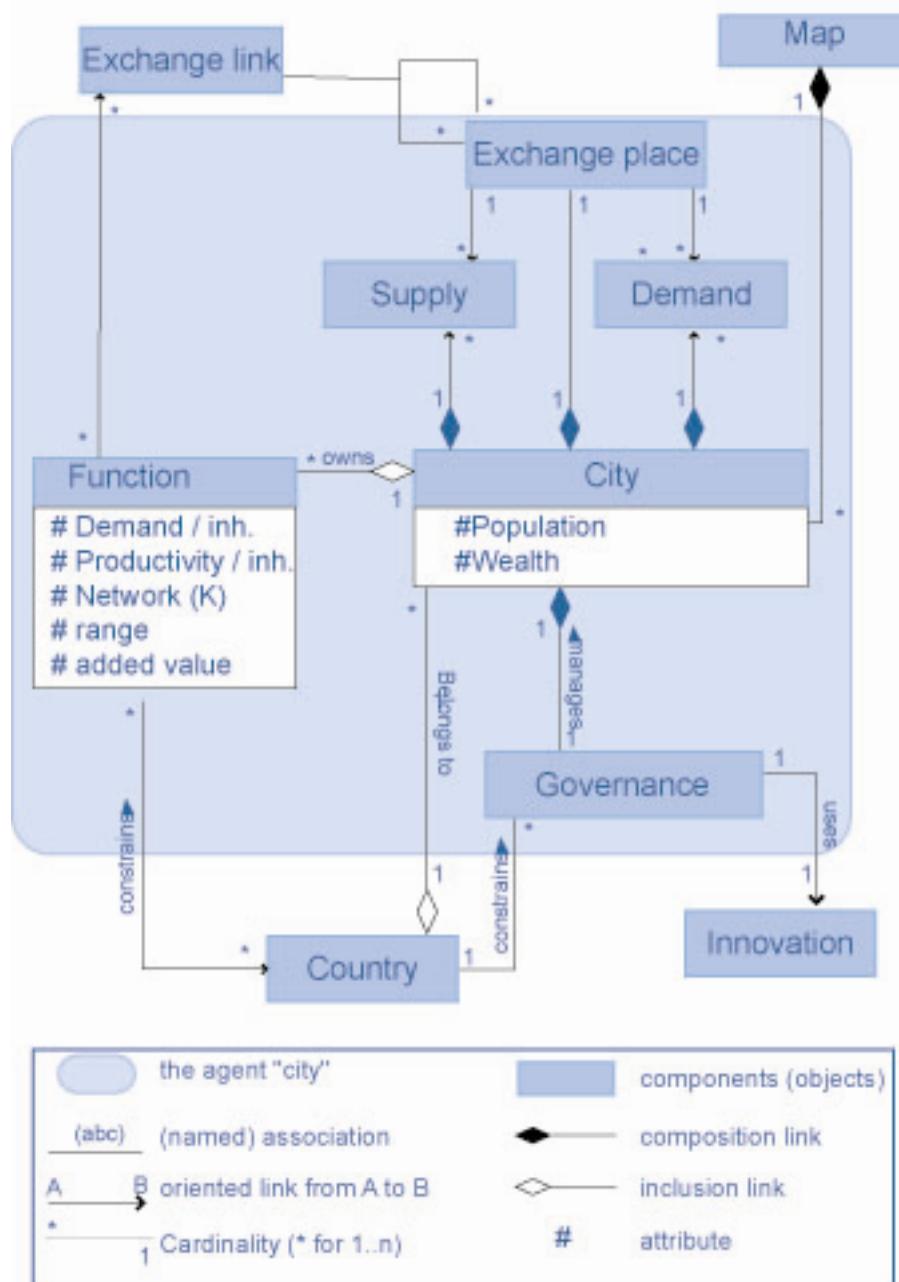


processus identique?



- Je me déplace de manière aléatoire
- Si je croise une brindille, je la ramasse
- Si j'ai une brindille et que j'en croise une autre, je la dépose.

## SIMPOP2's ontology



## Evolutionary urban theory

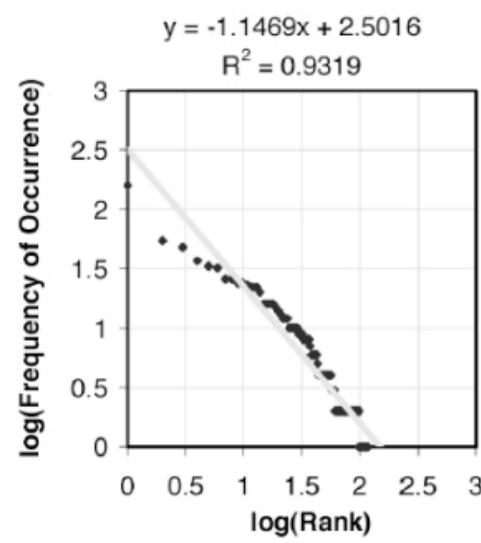
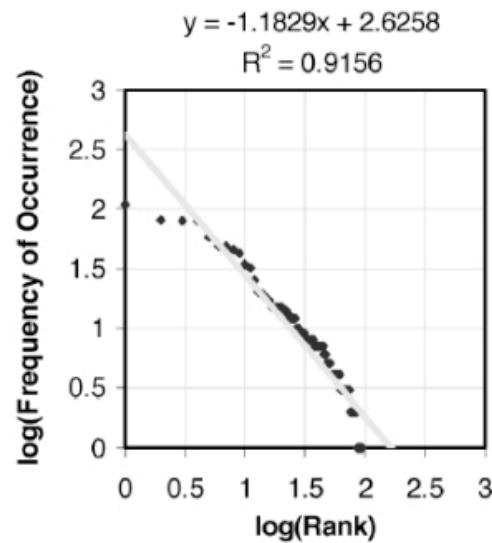
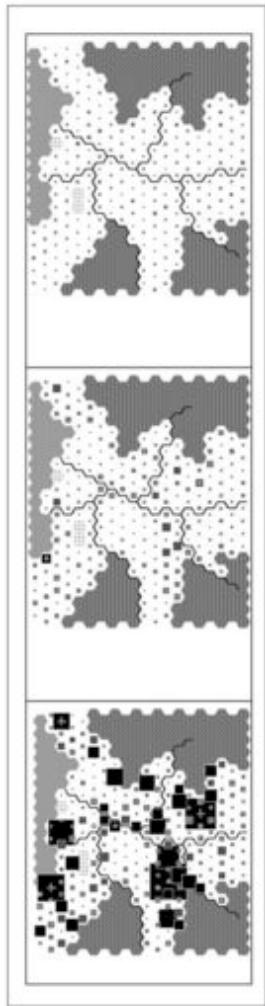
“Dynamics of a town or a city depends on its ability to interact with other towns and cities, which in turn depends on its relative situation in the settlement system (specialization, accessibility). The city is then seen as a coherent entity, whose potential of growth depends first on its **external interactions** (core rules of the model) and second on **internal specificities** (governance). The interurban interactions are the driving forces shaping the emergence and evolution of the system of cities”

Définition des agents en fonction de ce que la théorie dit de la croissance d'une ville

[www.simpop.parisgeo.cnrs.fr/models/simpop2/](http://www.simpop.parisgeo.cnrs.fr/models/simpop2/)

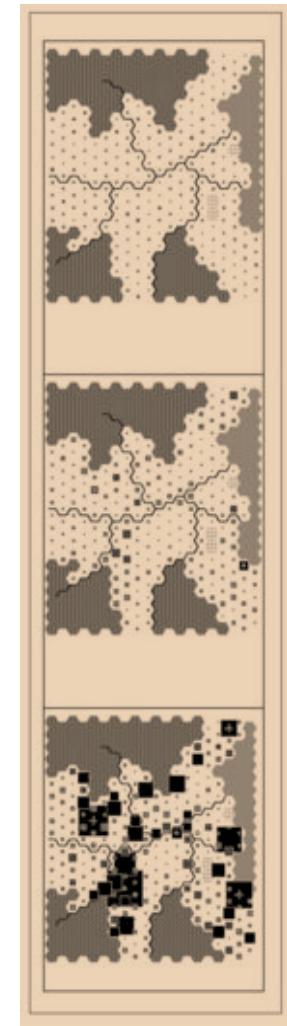
# Comparaison de propriétés statistiques

modèle

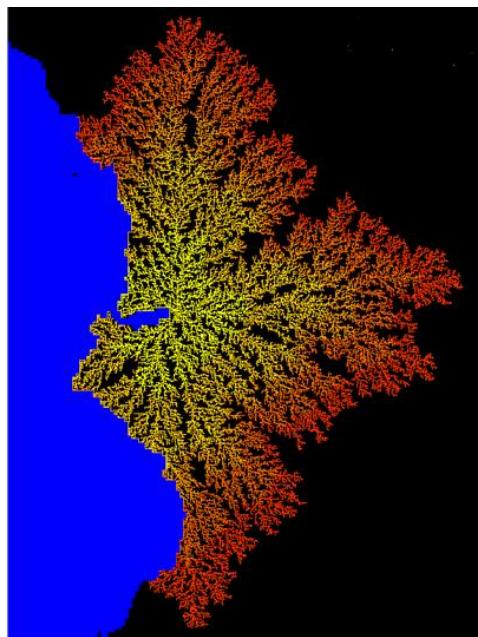


ISOMORPHISME

observation  
empirique

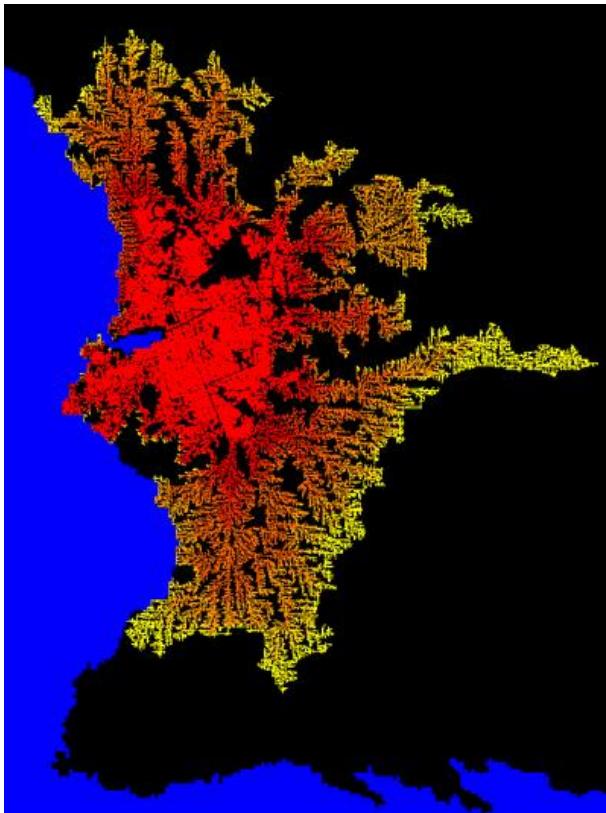


Modèle



Croissance urbaine de Marseille  
modèle DLA  
Diffusion Limited Aggregation  
Eric Bailly, 1999

Observation



Densité en surface bâtie en m<sup>2</sup>  
(par pixel de 100\*100m)

■	3 000 - 10 000
■	1 500 - 3 000
■	500 - 1 500
■	200 - 500
■	1 - 200

Source : Couche vectorielle du bâti de la DGHU  
(Direction Générale de l'Habitat et de l'Urbanisme) de Marseille  
Projection : Lambert III Sud Paris

0 3 Km

N

E.PERRIN, 2010

# Formulation des résultats

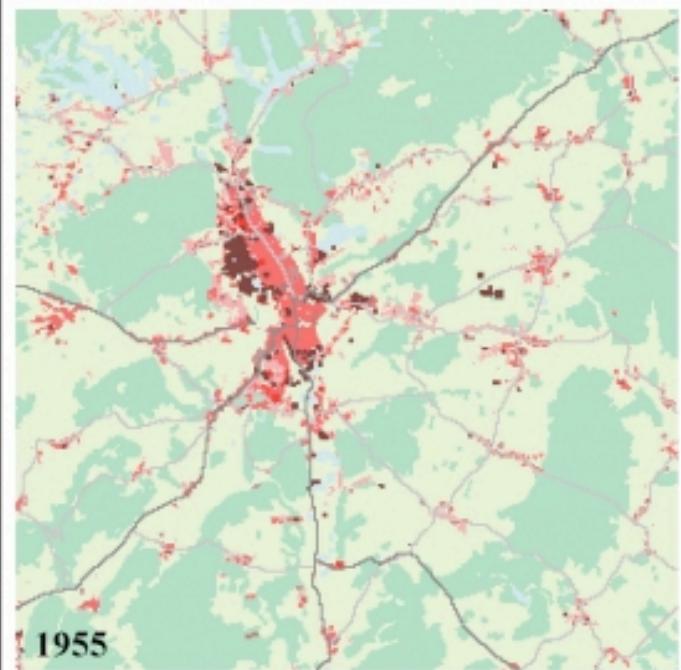
- Le résultat global est isomorphe à une observation empirique
  - Le comportement des individus observés peut être formulé dans les mêmes termes que celui des individus modélisés et vous êtes sûrs qu'aucun autre processus n'est en jeu:
    - « Le modèle explique le phénomène observé »
    - Mais attention: de quel degré d'isomorphisme parle-t-on?  
Exact? Statistique?
  - Le comportement des individus observés peut être formulé dans les mêmes termes que celui des individus modélisés, mais d'autres processus sont probablement en jeu:
    - « Le modèle suffit à expliquer le phénomène observé »
  - Le comportement des individus observés ne peut pas être formulé dans les mêmes termes que celui des individus modélisés
    - « Le modèle n'est pas valide »

# Formulation des résultats

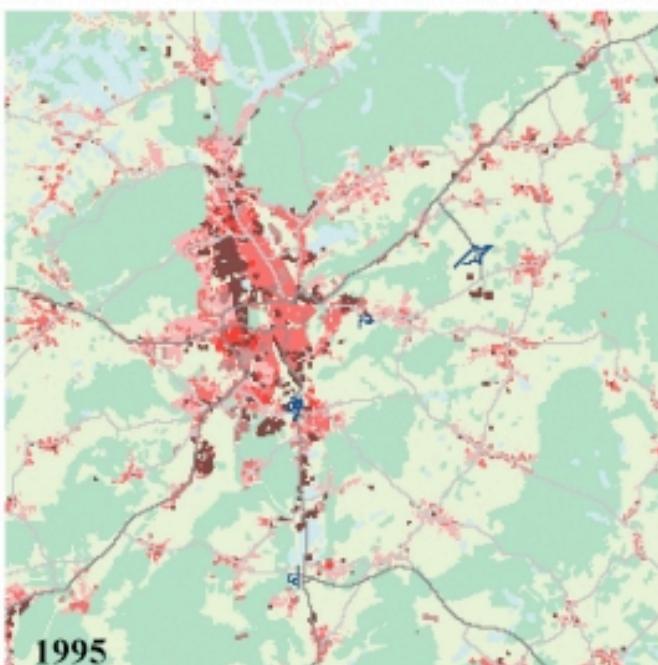
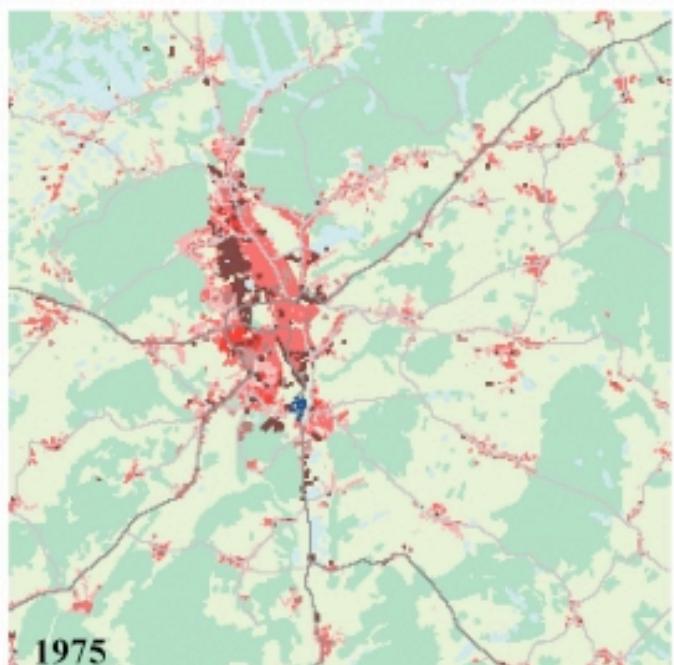
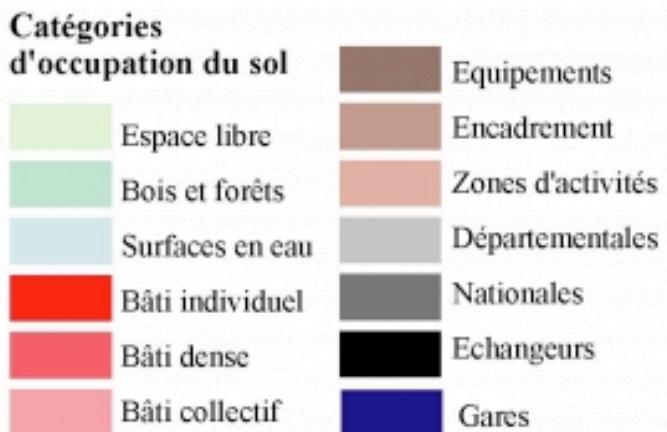
- Le résultat n'est pas isomorphe à une observation empirique:
  - Le comportement des individus observés peut être formulé dans les mêmes termes celui des individus modélisés et vous êtes sûrs qu'aucun autre processus n'est en jeu:
    - Êtes-vous sûrs?
  - Le comportement des individus observés peut être formulé dans les mêmes termes que celui des individus modélisés:
    - « Le modèle ne suffit pas pour expliquer... »
  - Le comportement des individus observés ne peut pas être formulé dans les mêmes termes que celui des individus modélisés
    - Pourquoi avez vous conçu le modèle de cette manière?

# CALIBRATION

- **Calibration:** effort visant à faire reproduire au modèle une observation empirique en vue d'améliorer sa validité



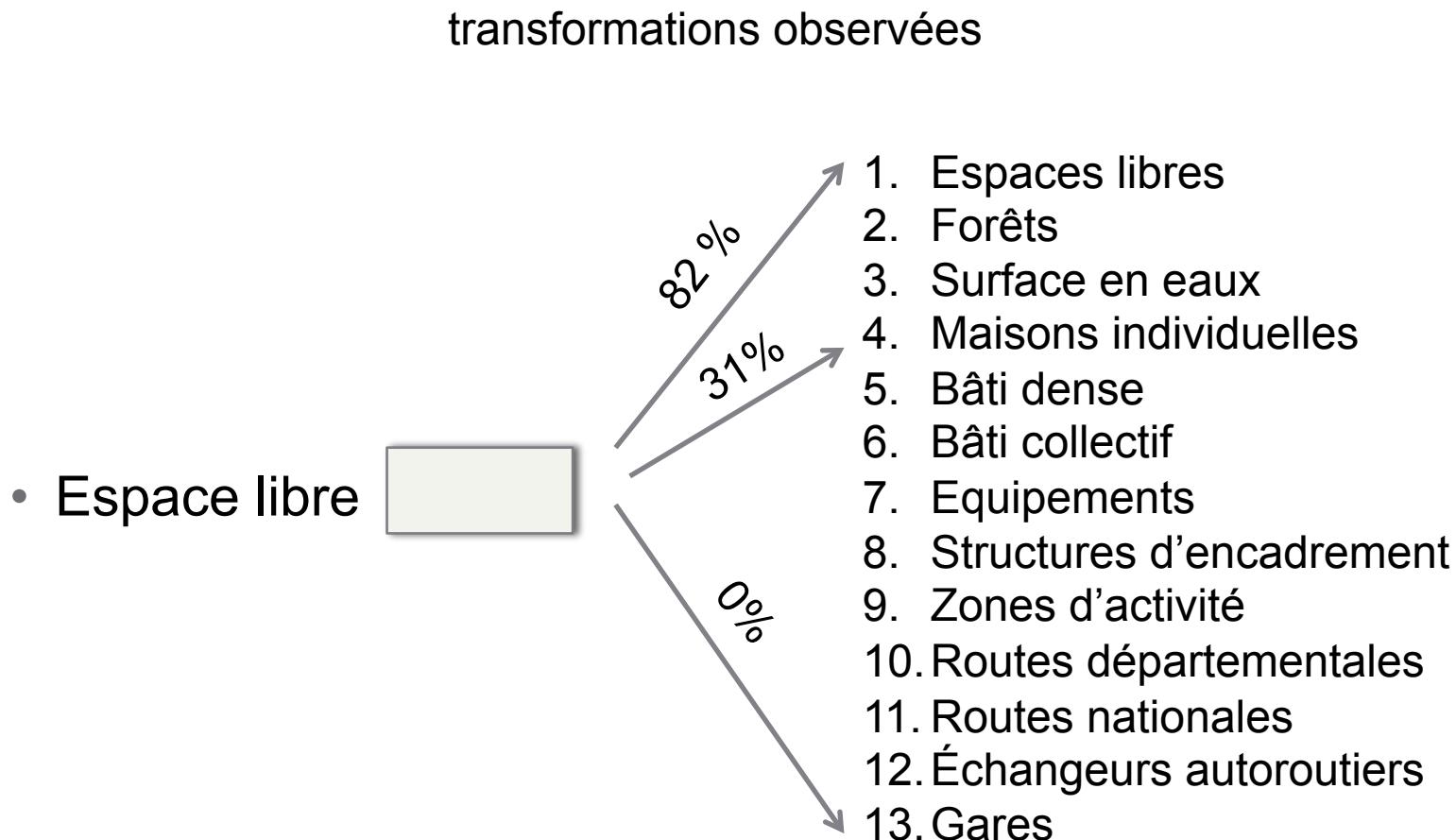
**Figure 1**  
Visualisation diachronique cellulaire  
(1955, 1975, 1995) de l'occupation du sol  
dans l'agglomération de Belfort



Sources : documents IGN, Agence d'urbanisme du Territoire de Belfort ; Auteur : JP. Antoni

Antoni, J.-P. (2006).  
Calibrer un modèle  
d'évolution de  
l'occupation du sol  
urbain. L'exemple de  
Belfort. *Cybergeo: European Journal of Geography*. doi:  
10.4000/cybergeo.2436

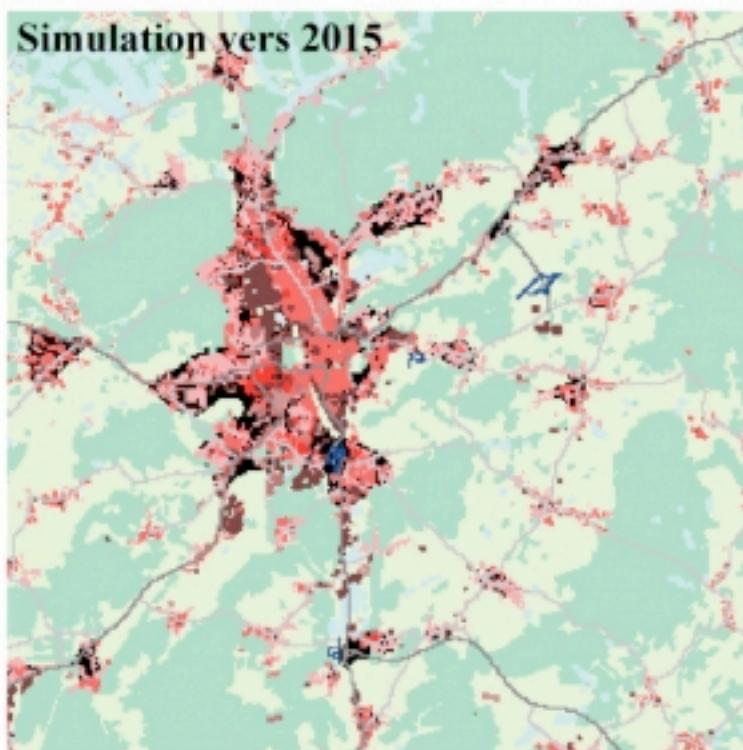
# Chaînes de Markov



# Chaînes de Markov

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,821	0,107	0,001	0,031	0,011	0,001	0,005	0,002	0,011	0,005	0,003	0,002	0,000
2	0,046	0,939	0,000	0,005	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,001	0,002	0,000	0,000
3	0,007	0,022	0,960	0,007	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
4	0,001	0,000	0,000	0,960	0,013	0,001	0,002	0,001	0,006	0,014	0,001	0,000	0,000
5	0,001	0,000	0,000	0,002	0,973	0,005	0,004	0,002	0,004	0,010	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,995	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,997	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,991	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000
9	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,990	0,005	0,000	0,000	0,000
10	0,009	0,044	0,003	0,008	0,013	0,000	0,000	0,000	0,005	0,914	0,002	0,002	0,000
11	0,027	0,002	0,001	0,011	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,069	0,886	0,000	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
13	0,000	0,000	0,200	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	0,600

Avec les catégories d'occupation du sol suivantes : 1 = espaces libres ; 2 = bois et forêts ; 3 = surfaces en eaux ; 4 = maisons individuelles ; 5 = bâti dense ; 6 = bâti collectif ; 7 = équipements ; 8 = structures d'encadrement ; 9 = zones d'activités ; 10 = routes départementales ; 11 = routes nationales ; 12 ; échangeurs autoroutiers ; 13 = gares  
Auteur : JP. Antoni



Les cellules qui évolueront d'une catégorie « non-bâtie » vers une catégorie « bâtie » sont localisées dans les périphéries urbaines et représentées en noir

# Règles à partir de l'observation des situations de voisinage

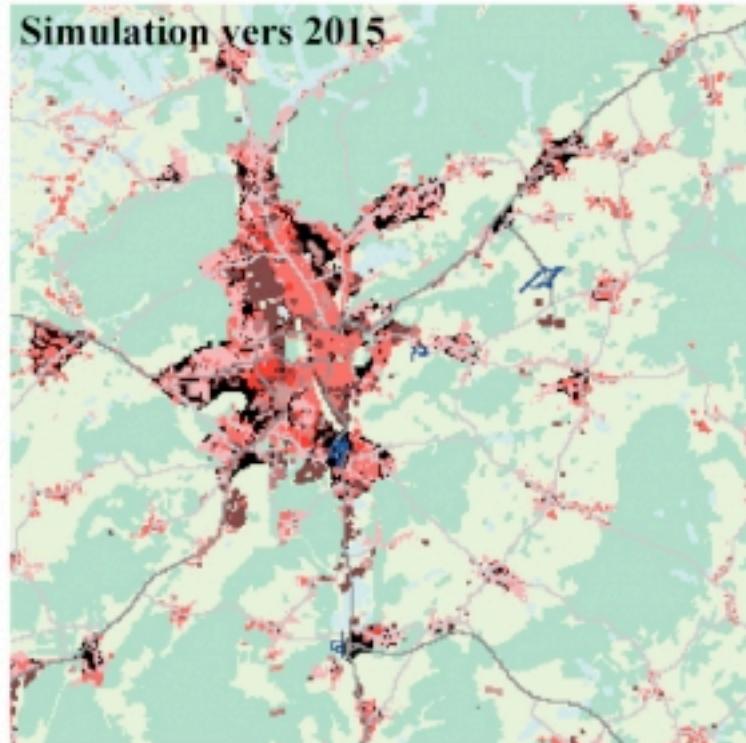
- La transition des cellules indifférencierées vers des cellules de « bâti dense » peut se faire si :
  - 1. La proportion de voisins dans un rayon de 2 cellules de type bâti dense est supérieure ou égale à 30% ;
  - 2. La proportion de voisins dans un rayon de 2 cellules de type maisons individuelles est supérieure ou égale à 30%
  - 3. La proportion de voisins dans un rayon de 2 cellules de type « bâti collectif » est supérieure ou égale à 30%.
- La transition vers des cellules de « zones d'activités » peut se faire si :
  - la proportion de voisins de ce type dans un rayon de 2 cellules est supérieure ou égale à 40%.

Etc.

**Figure 2**  
Localisation et différenciation des changements d'occupation du sol

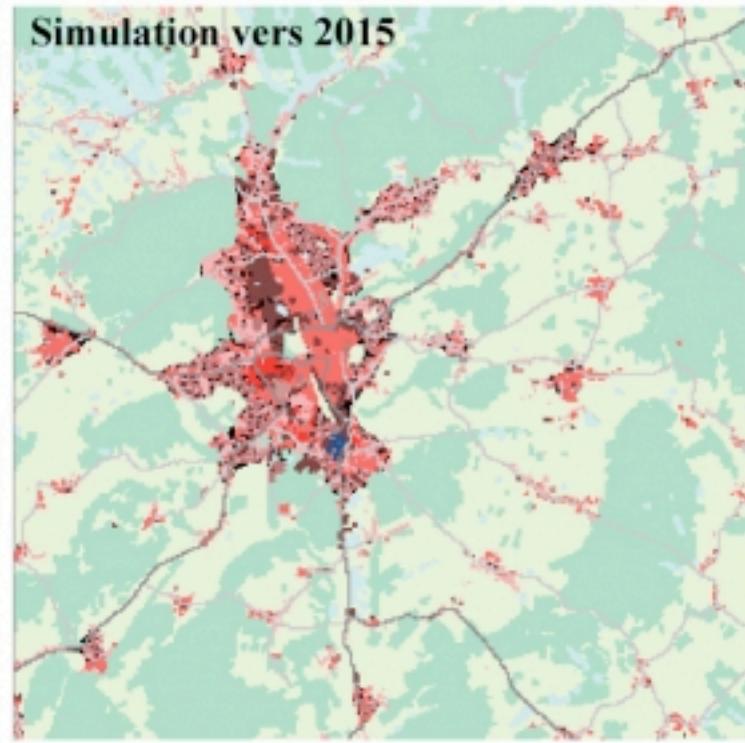
A.

Les changements sont localisés



B.

Les changements sont différenciés



Les cellules qui évolueront d'une catégorie « non-bâtie » vers une catégorie « bâtie » sont localisées dans les périphéries urbaines et représentées en noir

La plupart des cellules localisées à l'étape précédente sont affectées à une catégorie d'occupation du sol

Auteur : JP. Antoni

- Mais en quoi une cellule d'utilisation du sol est-elle un acteur spatial?

RENDU FINAL

# Rendu et structure de la présentation finale

- Résumé en 5 points. 2 phrases au plus par point.
- Introduction (pourquoi le sujet est intéressant?)
- Hypothèses
  - générales (e.g. « la répartition inégale des richesses est un phénomène émergent »)
  - particulières (e.g. “la densité mène à la ségrégation”)
- Méthode
  - Éléments
    - fixes (cellules ou lieux d'un réseau)
    - mobiles (agents)
    - leurs relations spatiales
  - Processus
    - Rendu visuel de l'algorithme par un diagramme de flux
- Résultats
  - Observations globales du comportement
    - Illustrée par images ou film
    - Illustrée par des graphiques (espace des phases, développement)
  - Analyse
    - Points et cycles d'équilibre
    - Influence des paramètres
    - Vérification des hypothèses
- Proposition de développements