

# Caractérisation et modélisation de la co-évolution des réseaux de transport et des territoires

J. Raimbault<sup>1,2,\*</sup>

[juste.raimbault@iscpif.fr](mailto:juste.raimbault@iscpif.fr)

<sup>1</sup>UMR CNRS 8504 Géographie-cités

<sup>2</sup>UMR-T IFSTTAR 9403 LVMT

Soutenance de Thèse

*Institut des Systèmes Complèxes*

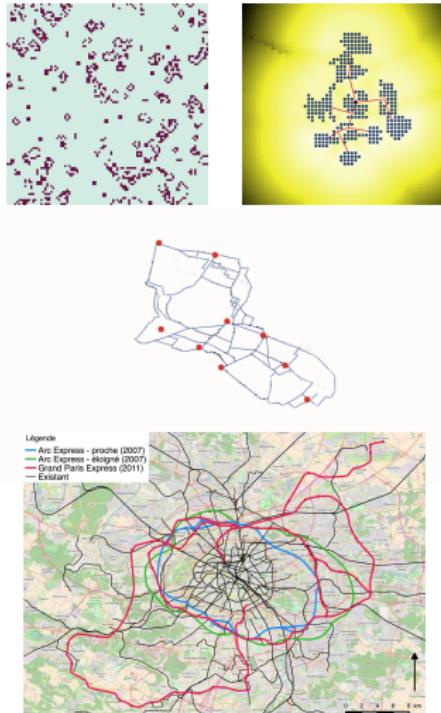
Lundi 11 juin 2018

# Une approche originale

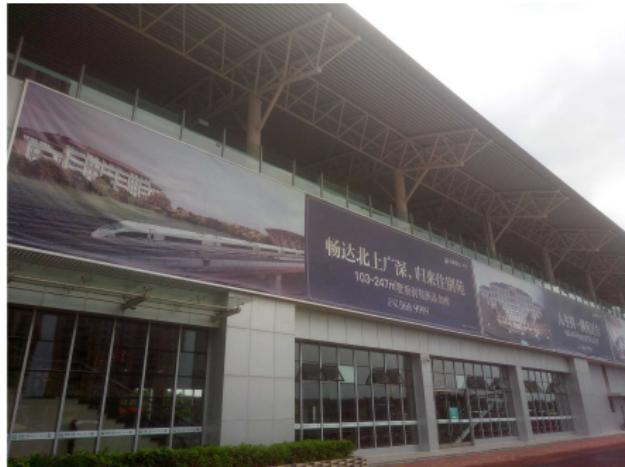
## *Parcours personnel*

- Ingénieur généraliste
- Intérêt pour l'objet ville : expériences en architecture et urbanisme, puis formation aux Ponts et Chaussées
- Une transition progressive vers les sciences humaines et la géographie, tout en gardant un ancrage fort dans les systèmes complexes

→ *Une articulation théorique et thématique structurante.*



# Interactions entre réseaux et territoires



*Observation d'interactions entre transport et ville dans le Delta de la Rivière des Perles : promotion de la grande vitesse, développement urbain ciblé autour des gares.*

# Problématique de la thèse

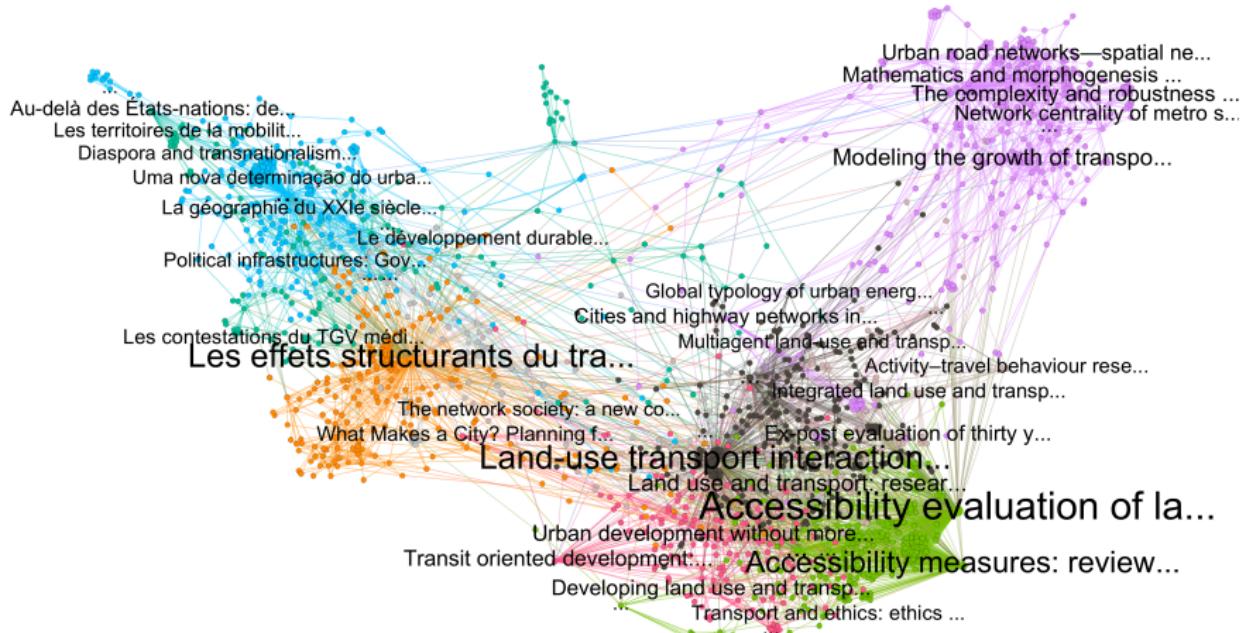
Des dynamiques *co-évolutives* entre réseaux de transport et territoires suggérées par de nombreux travaux (Théorie Evolutive des Villes)

**Axe 1 :** *Proposition d'une définition et d'une méthode de caractérisation empirique des ces dynamiques co-évolutives.*

Connaissance limitée par les seules études empiriques (données pauvres, cas d'étude, temps long, couplage fort): utilisation de la modélisation comme outil de connaissance.

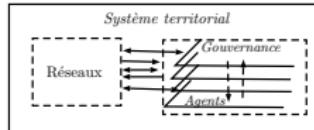
**Axe 2 :** *Construction de modèles de coévolution des réseaux de transport et des territoires.*

# Vers une modélisation ? Cartographie des disciplines



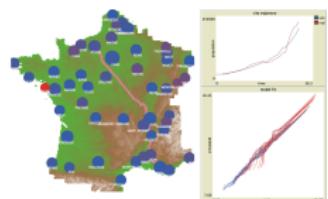
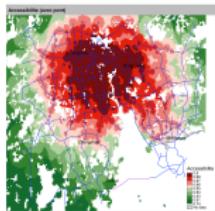
*Multiples points de vue sur les mêmes objets, autant de façons complémentaires de les modéliser.*

# Lecture par les domaines de connaissance

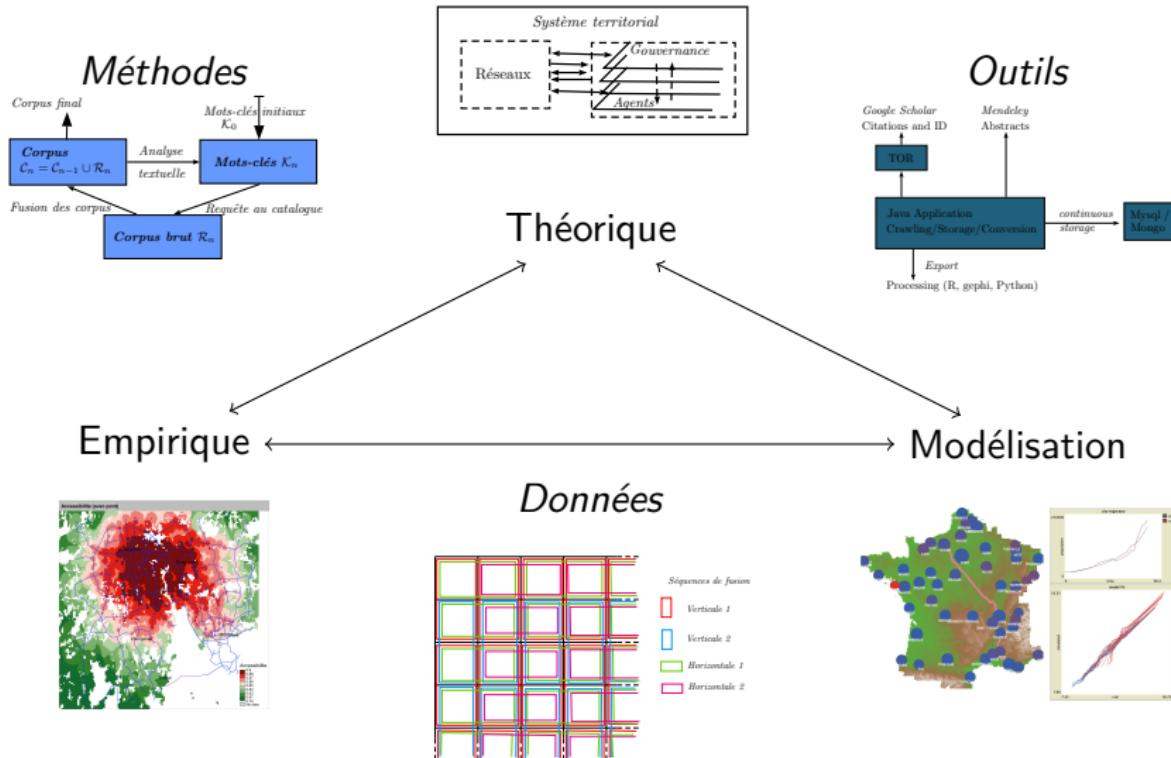


Théorique

Empirique ← → Modélisation



# Lecture par les domaines de connaissance



# Entrée théorique : définitions

## Objets :

- Villes et territoires lus au prisme de la *Théorie Evolutive des Villes*
- Réseaux de transport comme matérialisation de “projets transactionnels”, suivant la *Théorie Territoriale des Réseaux*

## Processus :

*Une définition de la co-évolution à trois niveaux :*

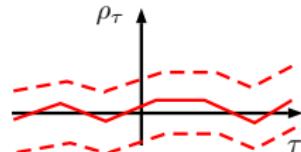
- ① niveau individuel d'individus donnés
- ② niveau statistique des populations d'individus
- ③ niveau global du système

## Entrées :

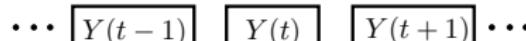
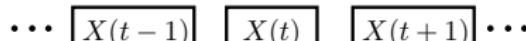
- ① Une entrée par la morphogenèse correspond à la notion de niche et l'échelle mésoscopique
- ② Une entrée systémique par la théorie évolutive à l'échelle macroscopique

# Elaboration d'une méthode de caractérisation

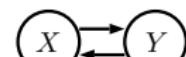
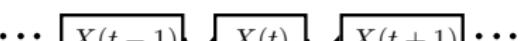
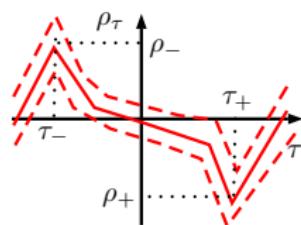
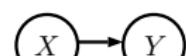
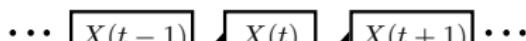
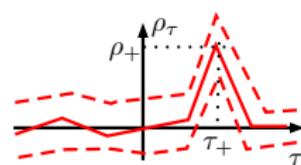
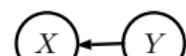
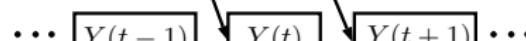
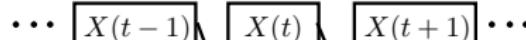
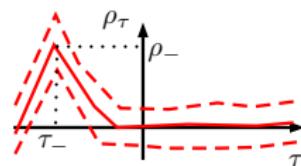
Corrélation retardée estimée



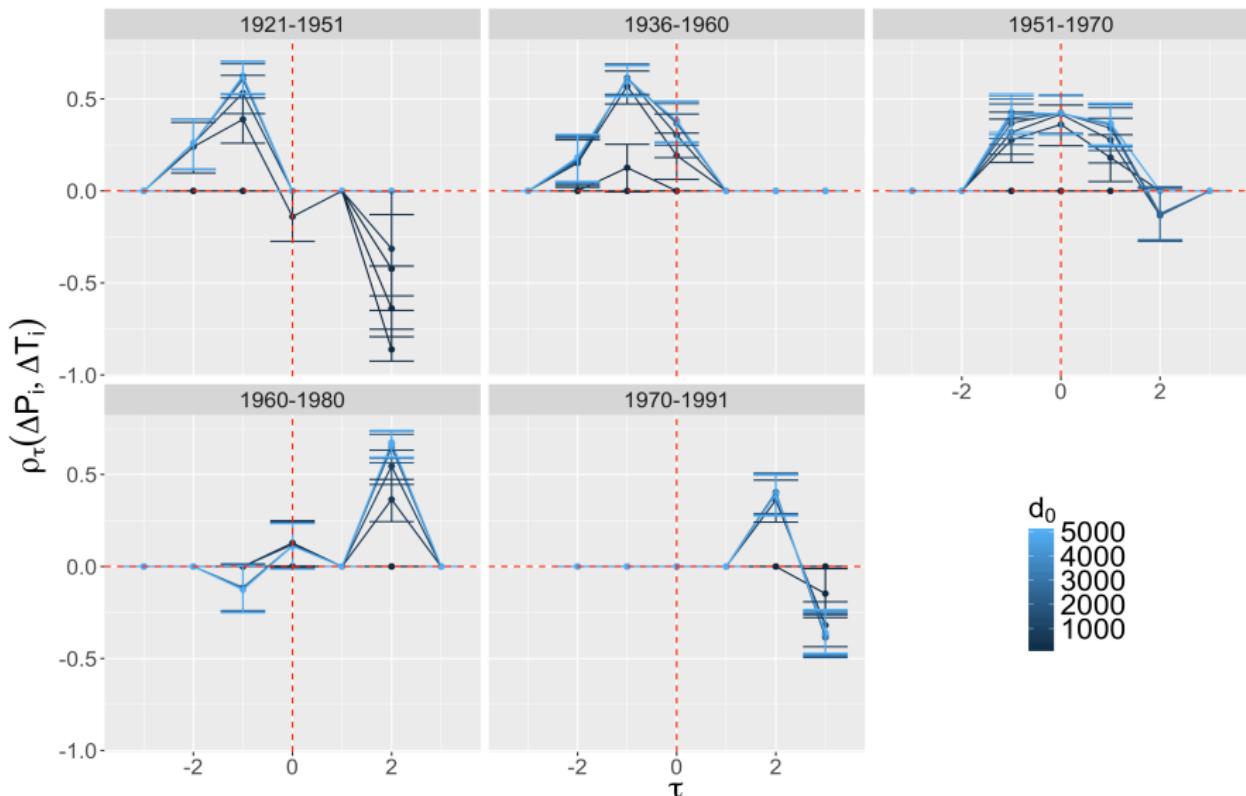
Interprétation : évolution temporelle



Synthèse : graphe causal



# Des observations empiriques contrastées



*Inversion du sens de la causalité entre croissance des populations et de l'accessibilité ferroviaire en Afrique du Sud au cours du 20ème siècle*

## Echelle macroscopique :

- Famille de modèles d'interaction entre villes incluant le réseau
- Démonstration d'effets de réseau sans co-évolution
- Exploration des régimes d'interaction produits par le modèle co-évolutif

## Echelle mesoscopique :

- Modèle de morphogenèse couplant fortement l'évolution de la forme urbaine et de celle du réseau
- Inclusion de multiples processus dans ce modèle, démonstration de leur complémentarité et calibration au premier et second ordre
- Extension et exploration du modèle Lutecia, incluant la gouvernance du système de transport

## Echelle macroscopique :

- Famille de modèles d'interaction entre villes incluant le réseau
- Démonstration d'effets de réseau sans co-évolution
- Exploration des régimes d'interaction produits par le modèle co-évolutif

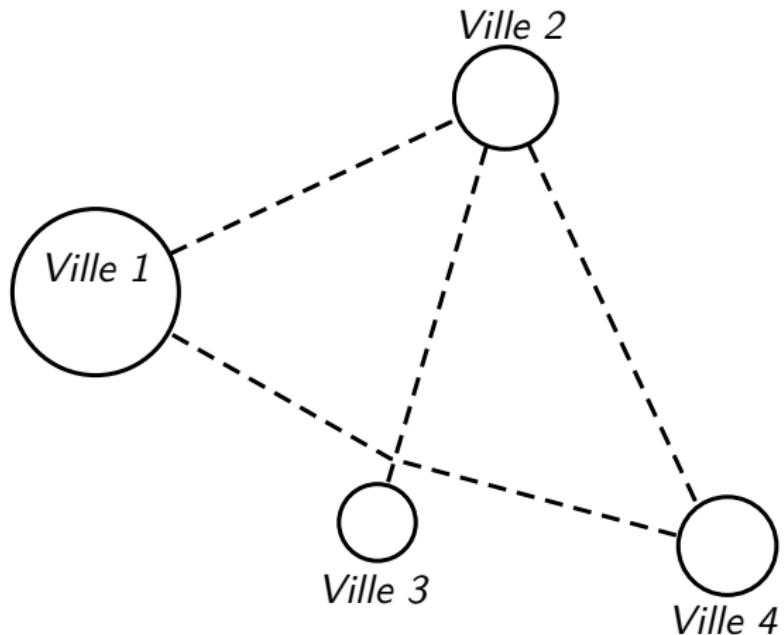
## Echelle mesoscopique :

- Modèle de morphogenèse couplant fortement l'évolution de la forme urbaine et de celle du réseau
- Inclusion de multiples processus dans ce modèle, démonstration de leur complémentarité et calibration au premier et second ordre
- Extension et exploration du modèle Lutecia, incluant la gouvernance du système de transport

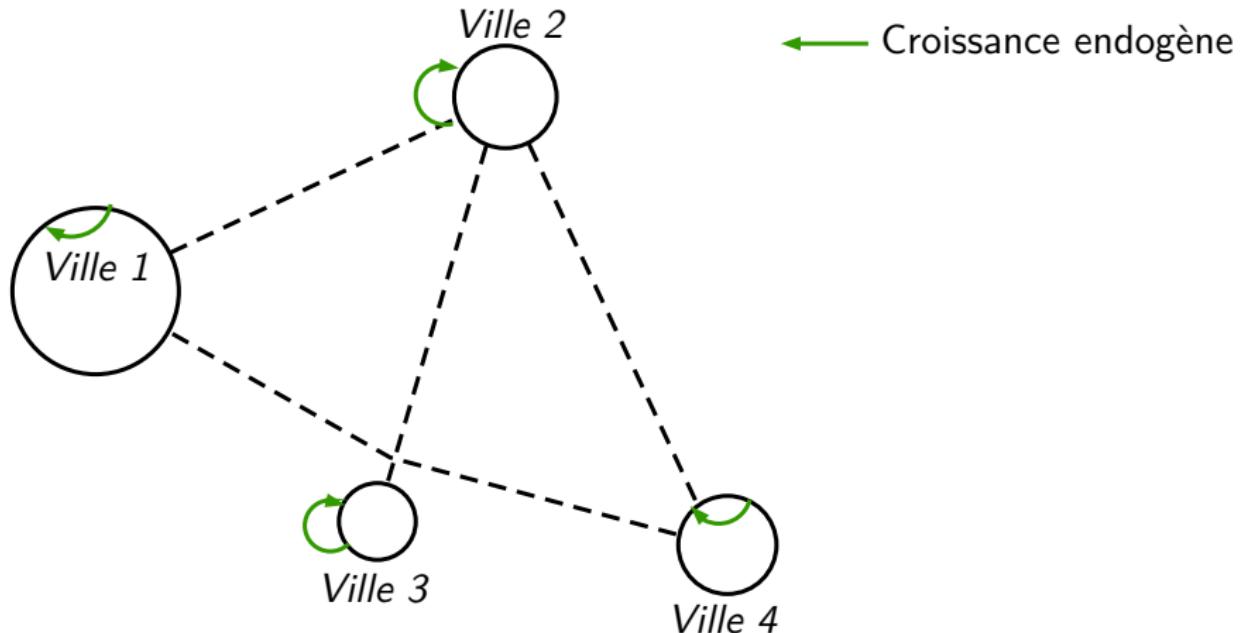
# Modèle macroscopique d'interaction



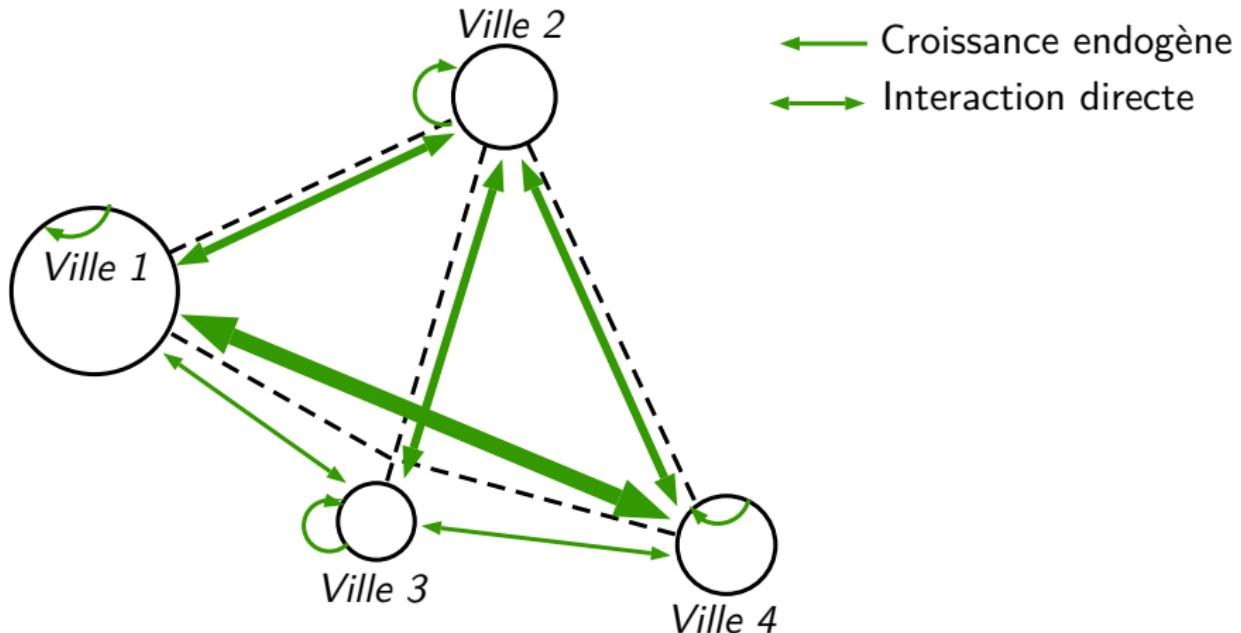
# Modèle macroscopique d'interaction



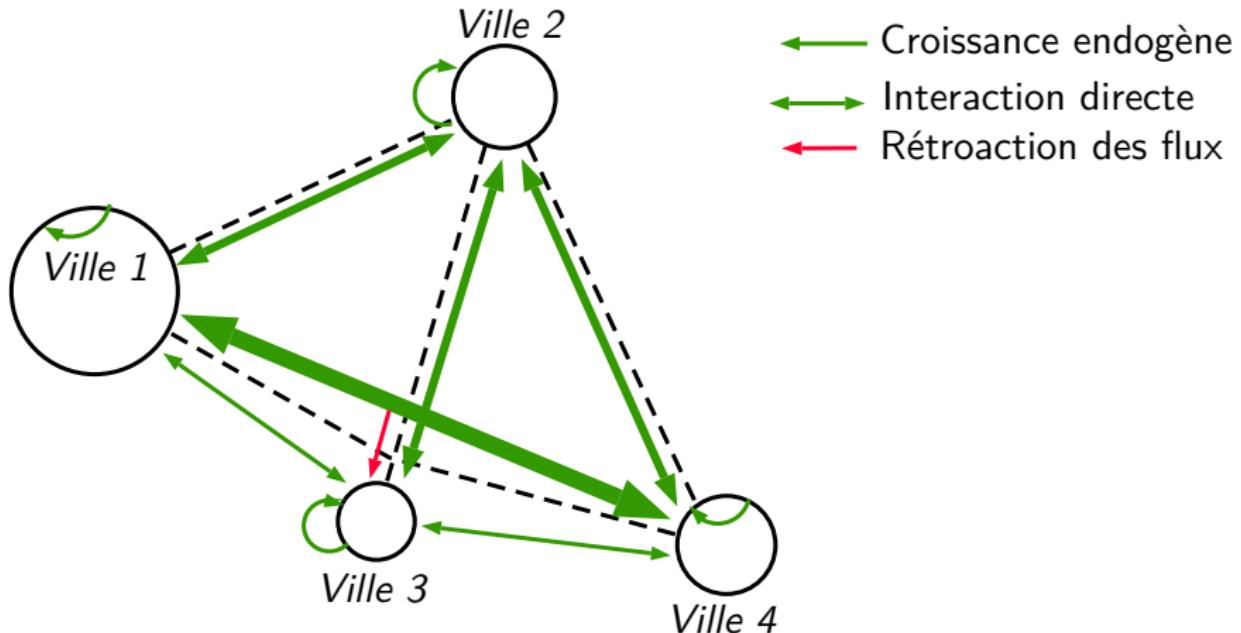
# Modèle macroscopique d'interaction



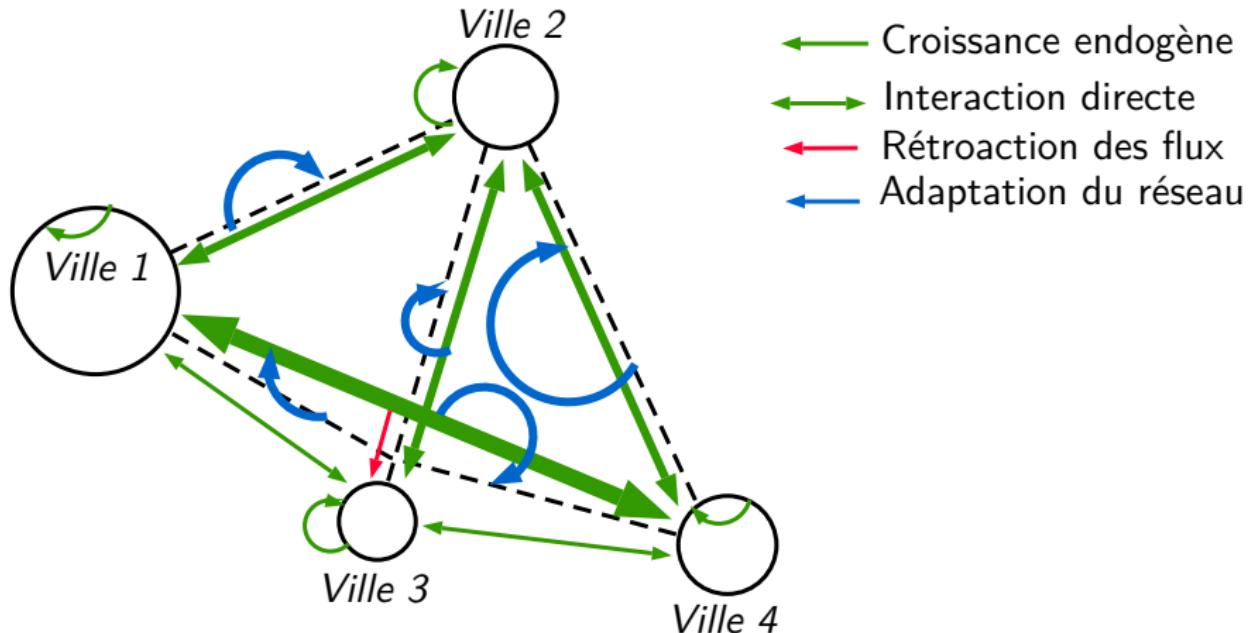
# Modèle macroscopique d'interaction



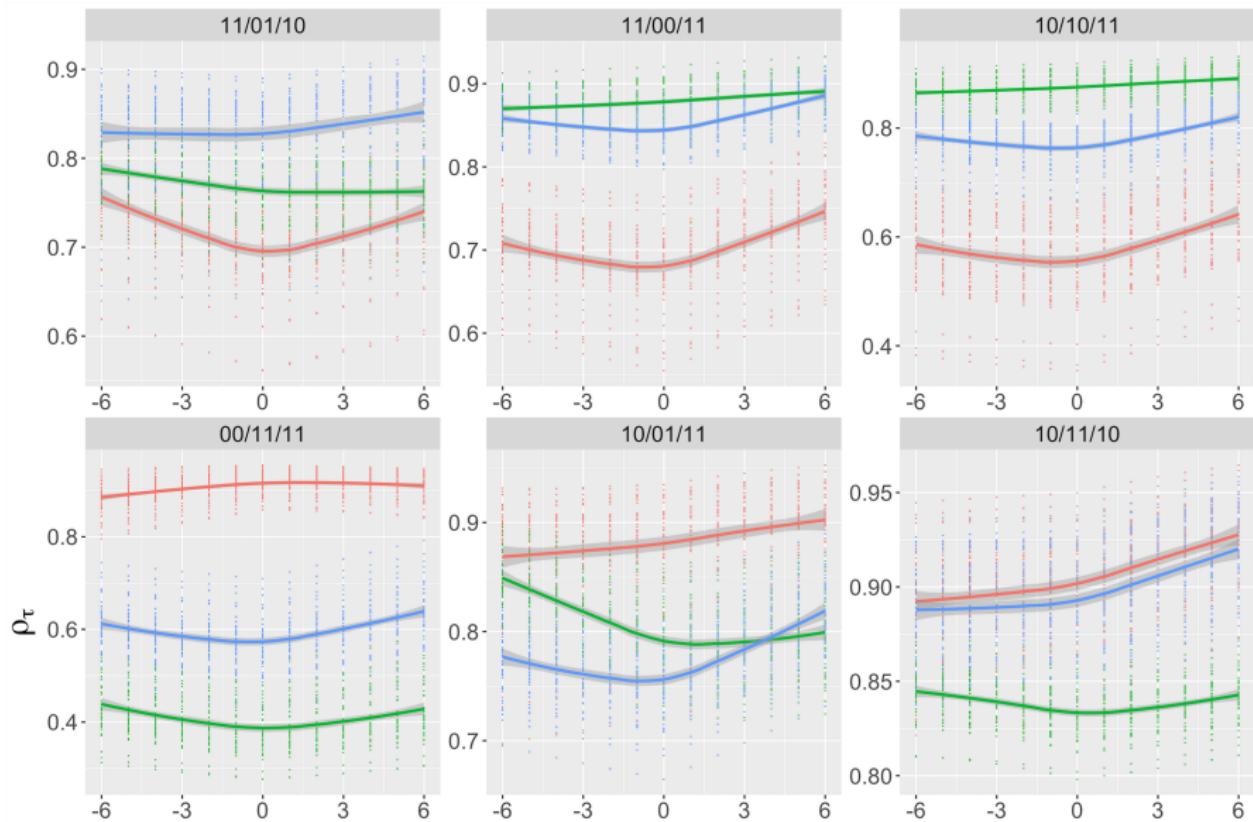
# Modèle macroscopique d'interaction



# Modèle macroscopique d'interaction

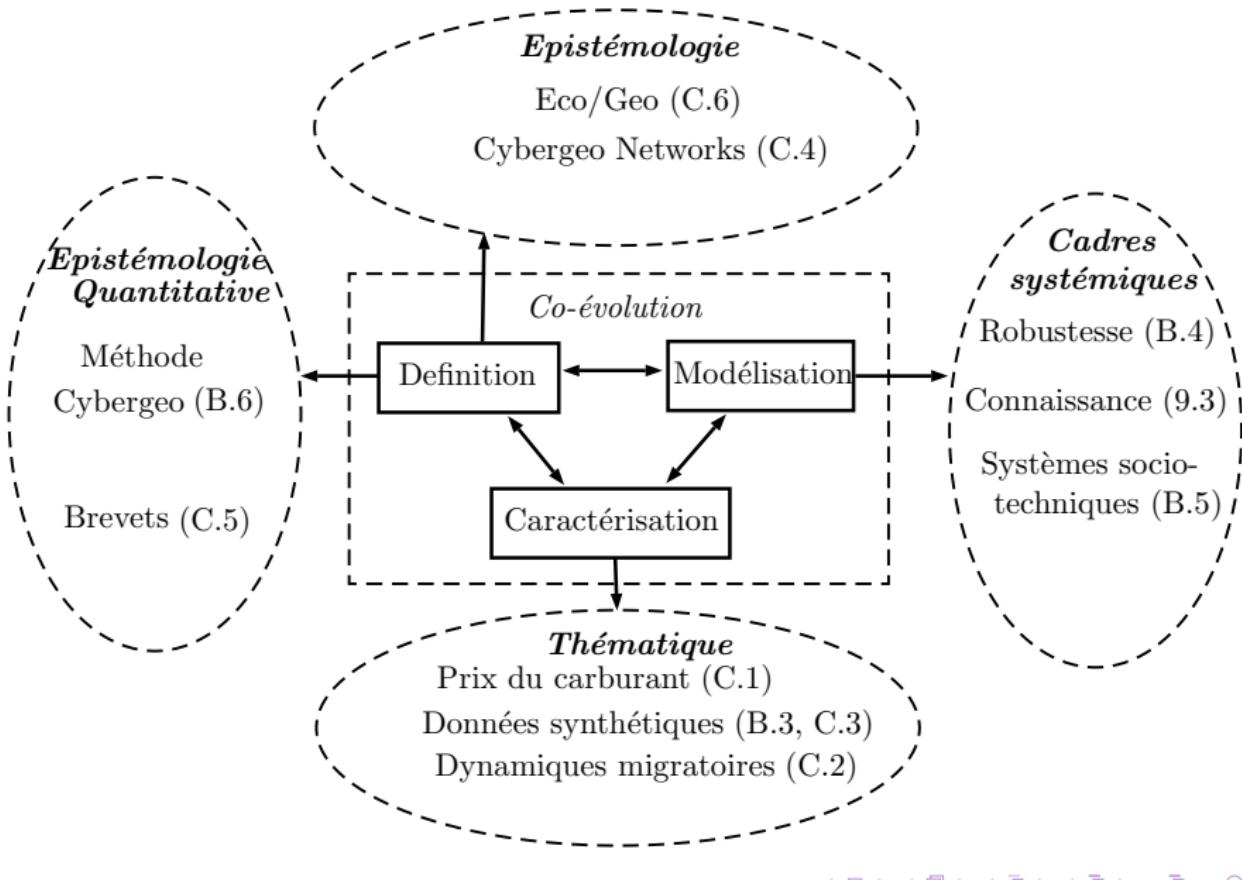


# Modèles macroscopiques : régimes de co-évolution



*Multiples régimes mis en évidence dans des configurations synthétiques*

# Mise en perspective



## Développements

- Adaptation de Lutecia pour le développement de méthodes d'exploration de modèles spatiaux (développement d'OpenMole)
- Multi-modélisation de la co-évolution à l'échelle macroscopique

## Perspectives

- *Extension des méthodes d'exploration des modèles de simulation spatiaux* : données spatiales synthétiques, multi-modélisation et surajustement, robustesse des algorithmes génériques à la stochasticité.
- *Vers des théories intégrées des systèmes territoriaux* : modèles multi-échelle et couplage de la théorie évolutive avec le *Scaling*, réflexivité et épistémologie, intelligence artificielle.