

# **Simulation de formes réalistes de développement résidentiel, de l'échelle du bâtiment à celle de l'ensemble d'une région urbaine**

*Sous la direction de M. Brasebin, J. Perret & C. Tannier*  
Soutenance de thèse

---

Maxime Colomb

2019-09-12

# Introduction

---

# Contexte : le phénomène d'étalement urbain

- Répond aux souhaits d'un grand nombre de ménages
- Multiples effets négatifs
- Objectif de régulation des pouvoirs publics



Dynamiques résidentielles prépondérantes

# Contexte : documents d'aménagement réglementant l'extension résidentielle

Échelle  
Administrative

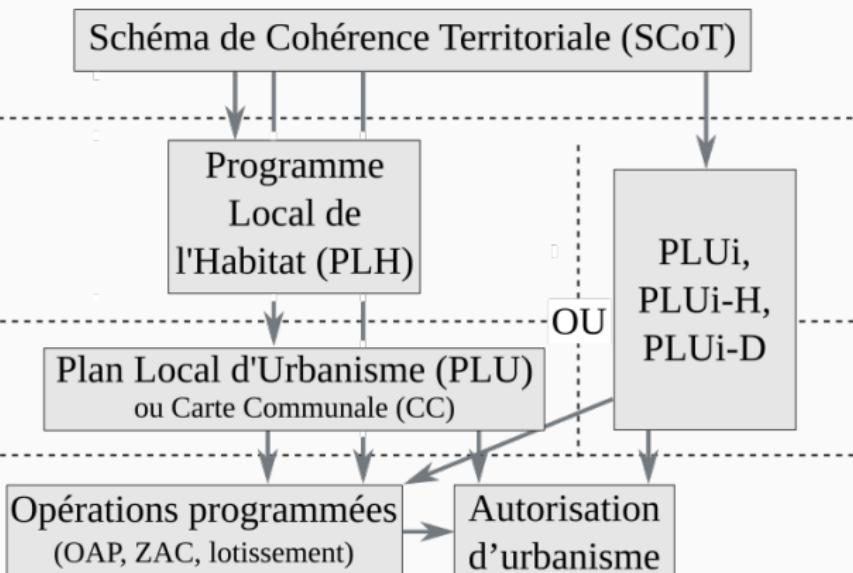
Échelle du bassin  
de vie

Échelle inter-  
communale

Échelle  
communale

Échelle parcellaire

Document d'aménagement



# Différents types de contraintes réglementaires

<i>Type de règle Échelle</i>	<b>Zone non urbanisable</b>	<b>Position des logements</b>	<b>Type des logements</b>
Bassin de vie	Contraintes sur l' <b>artificialisation</b> des sols	Contraintes sur la <b>densification</b> des tissus bâties	
Inter-communale	Plan de prévention des risques	<b>Accessibilité</b> aux réseaux de transports	Objectifs de <b>création de logements</b>
Communale		<b>Zonage</b>	<b>Règlement du PLU</b>
Parcellaire			Opérations d'aménagement

# Enjeux : concordance des documents d'urbanisme

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SisPLU  
Expérimentation  
Conclusion

- Différentes **échelles** d'application
- Différents **rédacteurs**
- Objectifs divers
- Effets potentiellement **contradictoires**

- Différentes **échelles** d'application
- Différents **rédacteurs**
- Objectifs divers
- Effets potentiellement **contradictoires**

**Anticiper** les effets des documents d'urbanisme en les **simulant** afin d'améliorer leurs **concordance**

# Moyens : Outils d'aide à la décision pour l'aménagement



# Moyens : Outils d'aide à la décision pour l'aménagement à visée prospective

## Objectifs

Modélise **un ou plusieurs phénomènes** réels

Simule les **évolution** probables du système étudié

# Moyens : Outils d'aide à la décision pour l'aménagement à visée prospective

## Objectifs

Modélise **un ou plusieurs phénomènes** réels

Simule les **évolution** probables du système étudié

## Utilisations

Représenter des futurs potentiels, recherchés, redoutés

Permettre de comparer plusieurs **scénarios**

# Moyens : Outils d'aide à la décision pour l'aménagement à visée prospective

## Objectifs

Modélise **un ou plusieurs phénomènes** réels

Simule les **évolution** probables du système étudié

## Utilisations

Représenter des futurs potentiels, recherchés, redoutés

Permettre de comparer plusieurs **scénarios**

## Limites

Approximations inhérentes aux **niveaux de détails** et à la **modélisation** des phénomènes

Utilisation pour l'aide à la conception de documents

# État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel

Introduction  
ArtiScales  
Scales  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

Différents modèles permettent d'étudier le développement résidentiel :

À une échelle régionale, de nombreuses familles de modèles

# État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel

Introduction  
ArtiScales  
Scales  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

- À une échelle locale, d'autre dynamiques Différents modèles permettent d'étudier le développement résidentiel :
- À une échelle régionale, de nombreuses familles de modèles

Faire un tableau avec les avantages et les inconvénients des différentes approches

- LUTI (UrbanSim, MobiSim)
- Modèles Multi Agents (Artznete 10)
- Aide à la décision multi objective
- Analyse du foncier (UrbanSimul)
- Automate cellulaire

# Recomposition du tissus parcellaire

(trouver des références sur l'étude des parcelles cf. rapport JT)

- Algorithmes de découpages parcellaire existent (Vanegas 12)..

- Modèle paramétrique (Coors 2009)
- Modèle d'optimisation sous contrainte : **SimPLU**

Il n'existe pas de modèles permettant de simuler un développement résidentiel multi-échelle, multi-constraint et suffisamment descriptif pour s'adapter aux contraintes locales.

Comment **simuler** le **développement résidentiel** d'une région urbaine à un niveau **très détaillé**, afin d'**assister** à la rédaction des différents types de **documents de planification et d'urbanisme** ?

Création d'un modèle de développement résidentiel afin de simuler des évolutions :

- réaliste (respectant les règlements et les contraintes physiques et fonctionnelles)
- multi-échelle (d'une agglomération à la parcelle)
- ouvert (réutilisable et discutable)

Couplage de modèles pré-existant : **ArtiScales**

# Plan de la présentation

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

- Présentation d'**ArtiScales**
- Présentation des **modules** d'ArtiScales
- Présentation d'une **expérimentation** d'ArtiScales

# **ArtiScales**

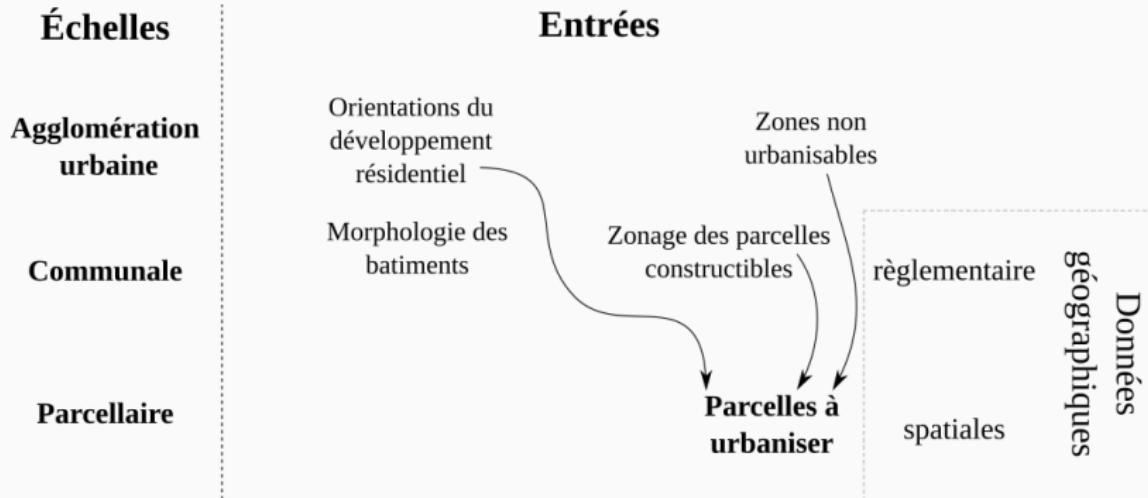
---

# Contraintes à modéliser

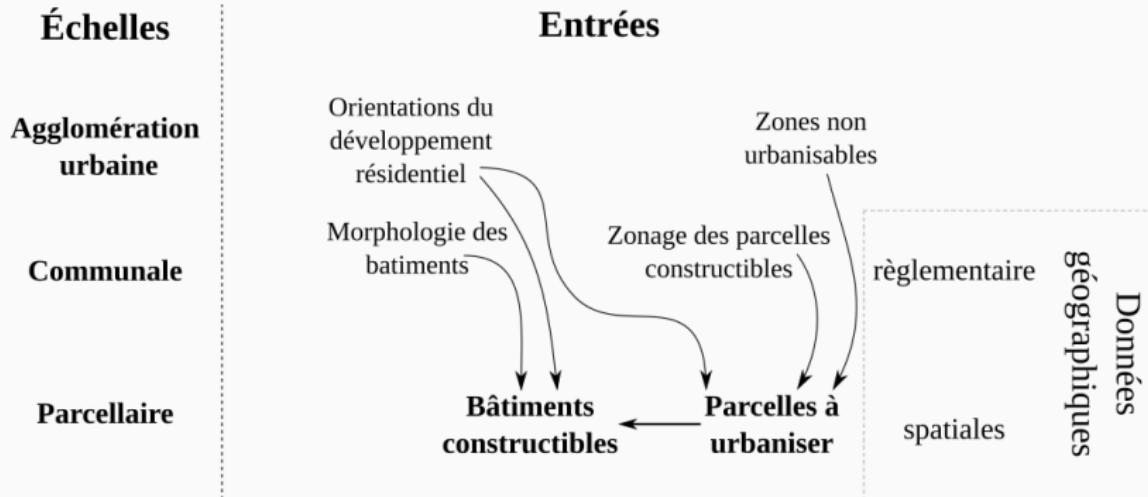
Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

Échelles	Entrées	Données géographiques
<b>Agglomération urbaine</b>	Orientations du développement résidentiel	Zones non urbanisables
<b>Communale</b>	Morphologie des bâtiments	Zonage des parcelles constructibles
<b>Parcellaire</b>		règlementaire spatiales

# Contraintes à modéliser

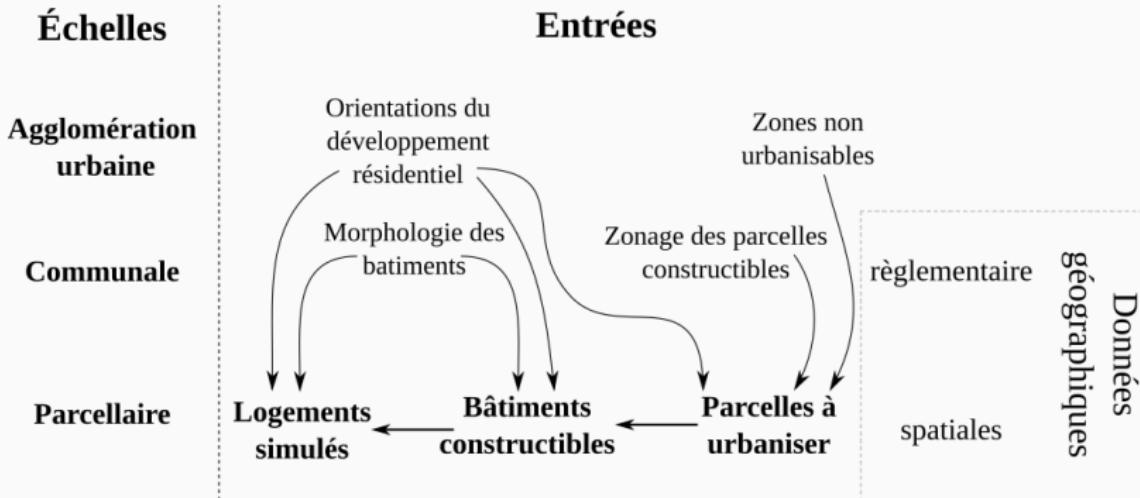


# Contraintes à modéliser



# Contraintes à modéliser

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion



- Estimation de logements de différents types
- Bâtiments en trois dimensions
- Modification parcellaire
- Densité de logements et de bâtiments
- Configuration résidentielle de niveau régional

- Morphologie des bâtiments (réelle et réglementaire)
- Parcelles et zonages
- Orientations et contraintes sur la forme du développement résidentiel

- Morphologie des bâtiments (réelle et réglementaire)
- Parcelles et zonages
- Orientations et contraintes sur la forme du développement résidentiel

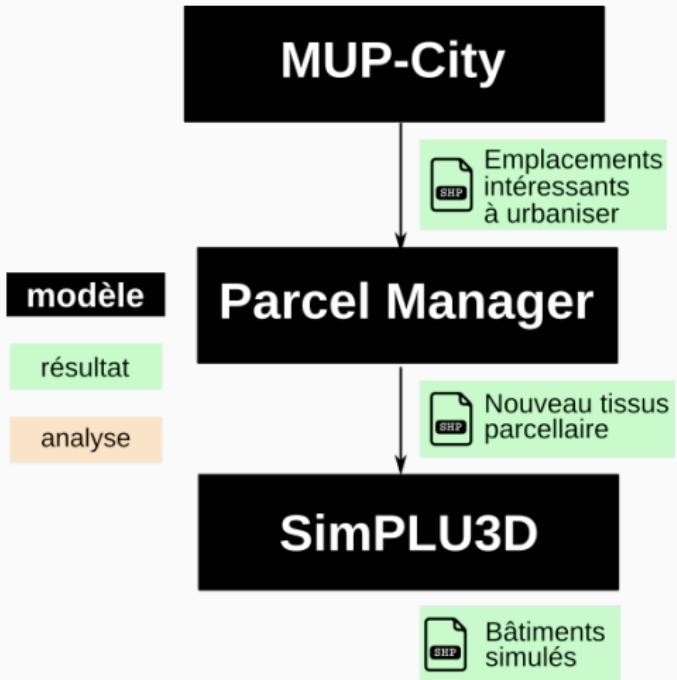
Couplage de modèles de simulation : **ArtiScales**

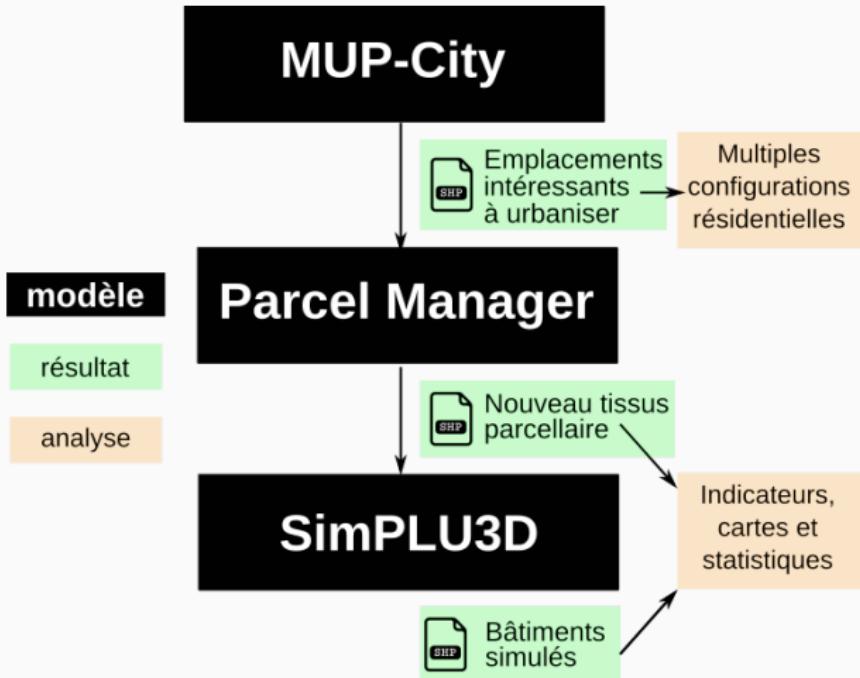
Trois différents modèles nécessaire :

- Détection d'emplacements intéressants à urbaniser au sein de l'agglomération
- Recomposition du tissus parcellaire
- Simulation sous contraintes des bâtiments

# ArtiScales : Couplage de modèles

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion





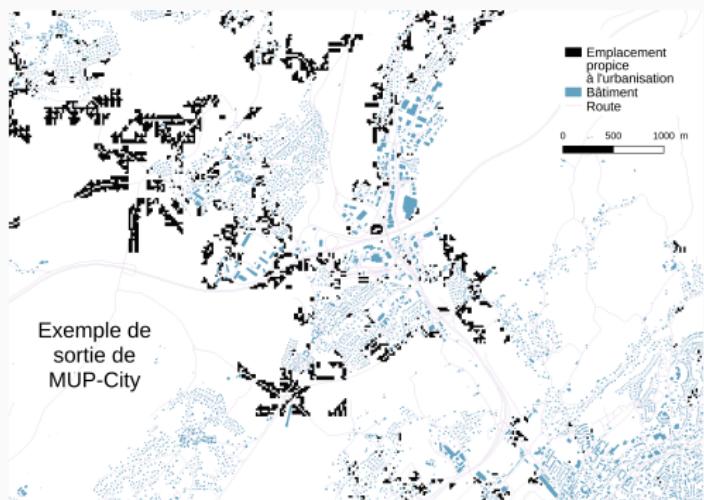
# MUP-City

---



## Simulation multi-échelle du développement résidentiel

- Considère une **région urbaine** entière
- Propose une **organisation spatiale locale**
- Met en œuvre différentes **orientations d'aménagement**

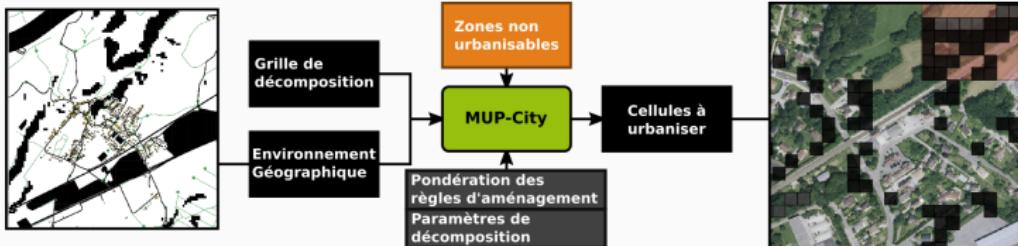


## Entrées

- Environnement vectoriel
- Paramètres de simulation et d'orientations d'aménagements

## Sorties

- **Cellules de 20m** représentant des emplacements potentiellement urbanisables
- Évaluations suivant des critères morphologiques et d'accessibilité



## Principe

Analyser la variation des résultats de simulation d'un modèle  
Sélection de **configurations résidentielles** à exploiter

## Objectifs

**Fiabilité** des résultats de simulation

Sélection de **configurations résidentielles** à exploiter

## Verrous

Définition des indicateurs utilisés pour caractériser les résultats



## Trois types de variation des paramètres

Étude du caractère aléatoire du modèle : **Stabilité**

Étude des paramètres dits **techniques**

Étude des paramètres dits **scénaristiques**

# Exemples

---

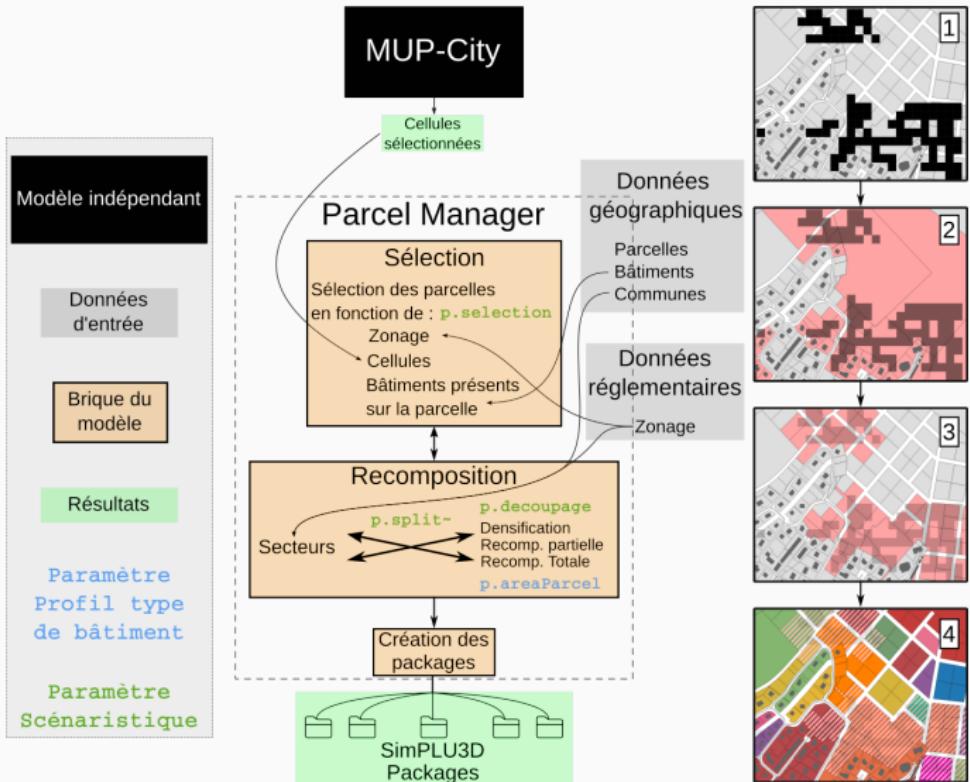
une variation pour chaque type ?

# Parcel Manager

---

# Présentation du modèle

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
**Parcel**  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion



# Trois types de décompositions parcellaires

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
**Parcel**  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

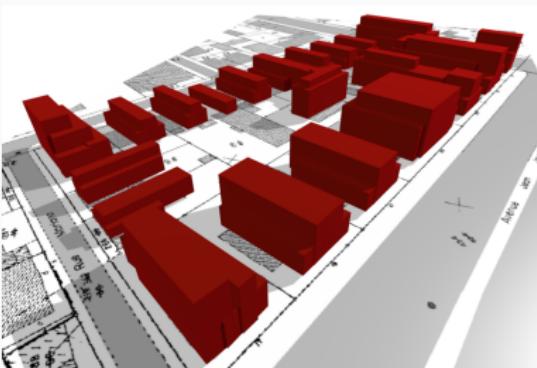
# **SimPLU**

---

## SimPLU

Génère des configurations bâties en 3D

- Produit un ensemble de configurations potentiellement constructibles selon les **contraintes du PLU**
- Optimise certains paramètres afin de poursuivre différents **objectifs de construction**
- Simule le comportement d'agents constructeurs

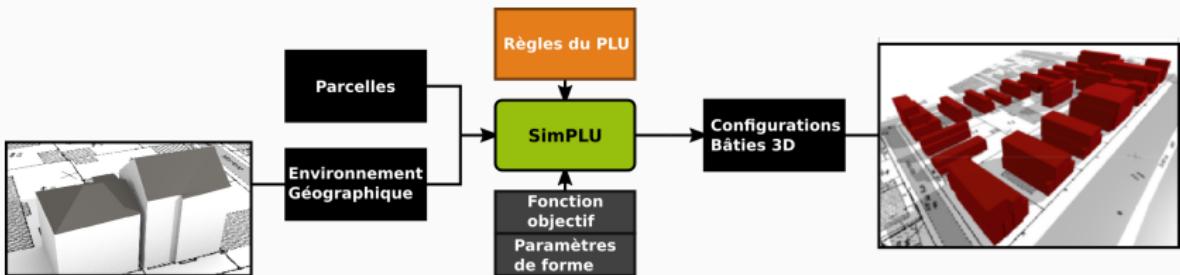


## Entrées

- Parcille au sein d'un îlot urbain
- Contraintes paramétriques sur les "boîtes" pour simuler un type de bâtiment prédéfini
- Fonction d'optimisation

## Sortie

- Configuration en 3D représentant un potentiel constructible



# Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
**SimPLU**  
Expérimentation  
Conclusion

Cinq types de bâtiments :

## Maison isolée

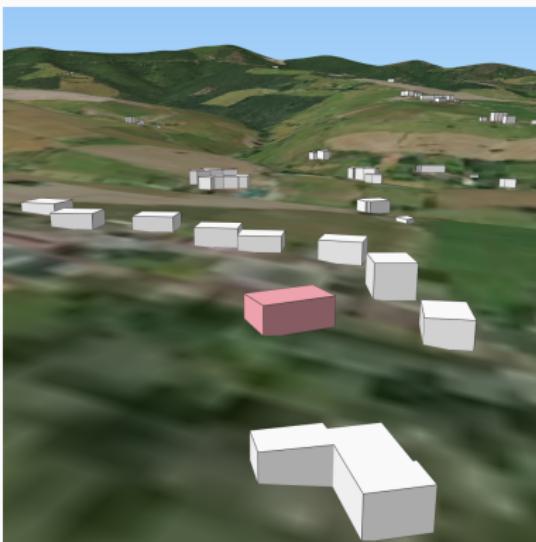


# Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
**SimPLU**  
Expérimentation  
Conclusion

Cinq types de bâtiments :

## Pavillon de lotissement



# Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Cinq types de bâtiments :

## Immeuble d'habitat intermédiaire



# Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Cinq types de bâtiments :

**Petit immeuble collectif**



# Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Cinq types de bâtiments :

**Immeuble collectif de taille moyenne**



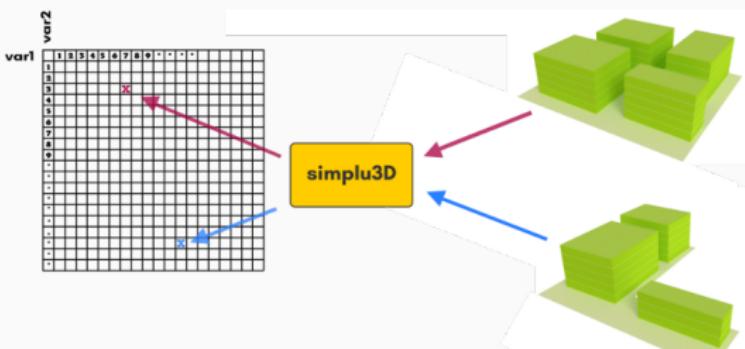
## Optimisation du volume des bâtiments



Étude du caractère aléatoire : très faible (*Brasebin, 2014*)

Étude de l'effet des paramètres techniques : potentiellement important (*soulevé par l'expérimentation de la thèse*)

Étude de l'effet des paramètres scénaristiques : (*Chapron, Brasebin, Perret et al, 2017*)



## Expérimentation

---

## Objectifs de l'expérimentation

- Évaluer le fonctionnement d'ArtiScales
- Analyser les effets de la variabilité des simulation de MUP-City sur les résultats finaux

## Objectifs de l'expérimentation

- Évaluer le fonctionnement d'ArtiScales
- Analyser les effets de la variabilité des simulation de MUP-City sur les résultats finaux

Application à la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB)



## Deux paramétrage de Parcel Manager et SimPLU3D

- Forte augmentation de la densité
- Augmentation modérée de la densité

## Deux scénarios de développement résidentiels

Conclusion

- Densité fractale moyenne et permissif quand aux critères d'évaluation (*Scenario c*)
- Forte densité fractale et sévère sur les critères d'évaluation (*Scenario d*)

## Neuf variantes de développement résidentiels

Deux réplications de la modification des paramètres techniques :

- graine aléatoire
- taille des cellules
- petits mouvements de la grille de décomposition
- grands mouvements de la grille de décomposition

- temps théorique sur un ordinateur personnel pour le plan d'expérience : 285 jours
- temps théorique sur la grille de calcul européenne pour le plan d'expérience : 110 heures
- temps constaté sur la grille européenne pour une simulation : 35 heures

**résolution observé préférentielle : l'armature des communes (peu présent dans le document, mais permet la comparaison avec l'éval du SCoT)** présenter l'éval du SCoT

Dans une logique décroissante : (pas forcé de l'indiquer)

- Sélection des parcelles
- Simulation de bâtiments
- Estimation de logements
- Densité de logements

Chiffres généraux (trouver des comparaisons avec la consommation résidentielle d'avant/ de pendant?!)

Comparaison de l'extension/*renouvellement* avec les chiffres du SCoT

Types simulés (problèmes dans SimPLU3D)

Comparaison du nombre de logements simulés avec  
pour tous ou presque: rapport de trois

# Présentation rapide des résultats des variantes

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU

Conclusion

*pas sur d'en parler si ? min/max sur les quatre scénarios des tableaux et cartes pour situer ces différences*

## Conclusion

---

Plusieurs configurations résidentielles simulés

**conclusions communes sur certaines communes**

Possibilité d'utiliser d'autre modèles pour ce bloc?

Mêle des modèles descriptifs à des modèles stylisés : simulateur hybride

Pas de temporalité - peut être qu'une nouvelle itération devrait être faite tous les 12 ans (cf rapport de 3 x pour chaque 4 ans) pour parvenir à remplir les objectifs ()? Permettrait aussi de remettre en cause les objectifs (comme dans le cas de Besac, sur-évalués)

Rendre variable certaines restrictions pour voir comment rendre compatible les docs  
par exemple :

- Zonage (expérimenté dans la thèse)
- articles du PLU (hauteur?)
-

# Perspectives de recherche : Automatisation des analyses de sensibilité

Pour AS : nécessité d'optimisation des simus de SimPLU3D

# Perspectives de recherche : Prise en compte de nouveaux processus

Introduction  
ArtiScales  
XPLU3D  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation  
Conclusion

Nouveaux modes de densification (rendre ArtiScales plus opérant en milieu urbain)

Adapter le modèle aux évolutions réglementaires suites aux lois ALUR et ELAN (plus de qualitatif (*performantiel*) grâce à SimPLU3D)

**Merci pour votre attention**

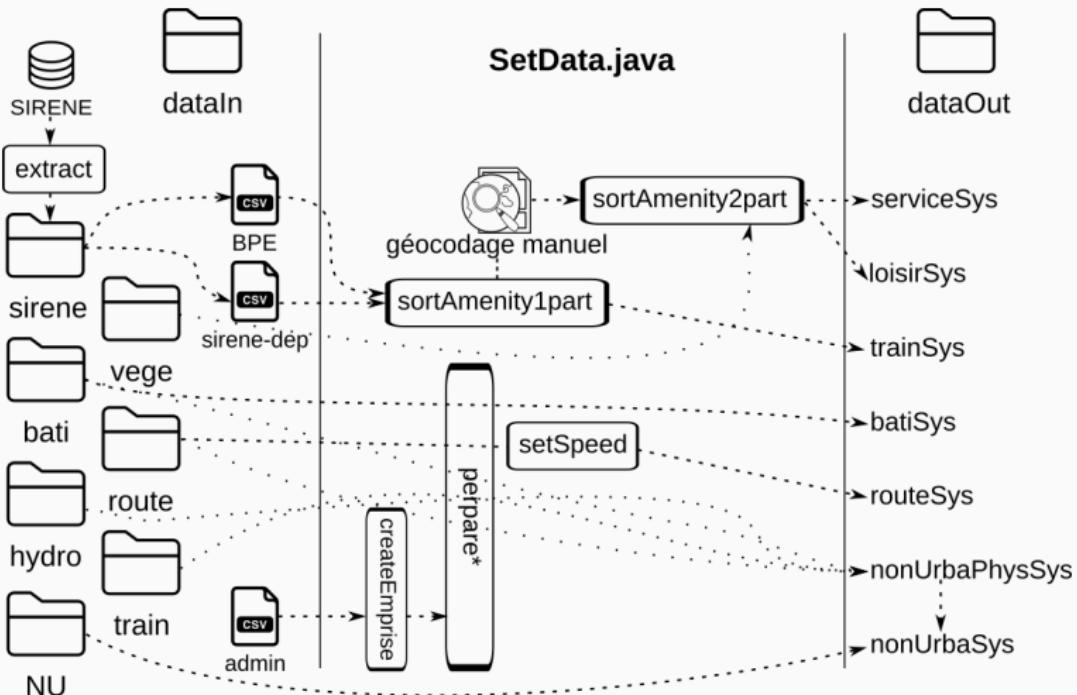
**Everything we do is open source**

**MUP-City:** <https://sourcesup.renater.fr/mupcity/>

**SimPLU:** <https://github.com/IGNF/simplu3D>

**PLUCities :** <https://github.com/ArtiScales/>

# Données nécessaire à l'exécution de MUP-City



# Données nécessaire à l'exécution de SimPLU

Introduction  
ArtiScales  
MUP-City  
Parcel  
SimPLU  
Expérimentation