

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

2019-09-18

Introduction

Contexte : le phénomène d'étalement urbain

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion

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



Dynamiques résidentielles prépondérantes (Joly 03, Wiel 13)

Divers documents d'aménagement réglementant l'extension résidentielle

Échelle Administrative

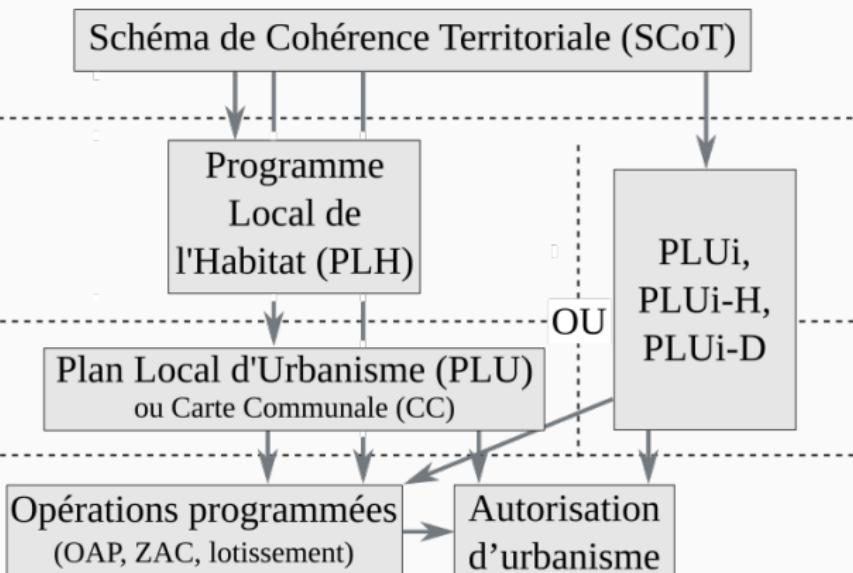
Échelle du bassin de vie

Échelle inter-communale

Échelle communale

Échelle parcellaire

Document d'aménagement



Différents types de contraintes réglementaires

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

- Différents **rédacteurs**
- Différentes **échelles** d'application
- Objectifs divers
- Effets incertains
- Combinaison potentiellement **contradictoire**

- Différents **rédacteurs**
- Différentes **échelles** d'application
- Objectifs divers
- Effets incertains
- Combinaison potentiellement **contradictoire**

Anticiper les effets combinés des documents d'urbanisme sur le développement résidentiel afin d'améliorer leurs **concordance** grâce à la **modélisation**

- Différents **rédacteurs**
- Différentes **échelles** d'application
- Objectifs divers
- Effets incertains
- Combinaison potentiellement **contradictoire**

Anticiper les effets combinés des documents d'urbanisme sur le développement résidentiel afin d'améliorer leurs **concordance** grâce à la **modélisation**

Trouver une modélisation adapté aux phénomènes agissant aux différentes échelles

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

Introduction

AriScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

Utilisation

thématis

Conclusion



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

Objectifs

Modélise **un ou plusieurs phénomènes** réels

Simule des **évolutions** 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 des **évolutions** probables du système étudié

Utilisations

Représenter des futurs potentiels, recherchés, redoutés

Permettre de comparer plusieurs **scénario** Utilisation en tant qu'**outil** pour l'**aide** à la conception de documents

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

Objectifs

Modélise **un ou plusieurs phénomènes** réels

Simule des **évolutions** probables du système étudié

Utilisations

Représenter des futurs potentiels, recherchés, redoutés

Permettre de comparer plusieurs **scénario** Utilisation en tant qu'**outil** pour l'**aide** à la conception de documents

Limites

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

Possibilitées plutôt que prédictions

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fonct...
Utilisation des chemins
Conclusion

État de l'Art :

De nombreux outils à visée prospective existent

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Modèle d'**aide à la décision multi-critères** permet de :

- Prend en compte de nombreux paramètres pondérés pour dégager une décision
- Pondérer les différents systèmes intéressants pour le développement résidentiel

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Problèmes des modèles d'aide à la décision multi-critères :

- Solutions pré-déterminées
- Un phénomène plutôt qu'une interaction complexe entre différents systèmes

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Les modèles d'étude du marché immobilier (UrbanSimul (), ...)

- Analyser le marché de l'immobilier, la pression foncière
- Propose des prédictions sur l'état du marché et sur les futures urbanisations

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Problèmes des modèles d'étude du marché immobilier :

- Peu adapté à représenter la complexité des mécanismes multi-échelles d'un développement résidentiel
- Solution guidée par le marché et difficile à contraindre par les règlements d'urbanisme
- Très contextualisé

État de l'art des outils d'aide à la décision dans l'aménagement à visée prospectif

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Modèles appliqués à la résolution d'un problème défini et peu réutilisable

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
Scales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Fait stylisé : modélisation *simplifiée* de phénomènes complexes

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
Méthode
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fonc...
Utilisation chem...
Conclusion

Les **automates cellulaires** (Yeh 2015, Mustafa 2018) sont utilisés pour

- fournir une représentation synthétique et simplifiée de l'espace grâce à un carroyage
- simuler des changements d'états dynamiques pour chacune des cellules en fonction d'équations

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Les **automates cellulaires** (Yeh 2015, Mustafa 2018) ne permettent pas de

- traiter des formes géographiques complexes (parcelles, bâtiments)

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
Scales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Les **modèles Multi-Agents** (Artznete 10, ...) permettent de

- représenter un système en reproduisant les comportements d'agents et leurs interactions
- permet l'émergence de configurations particulières

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
Scales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Problèmes des **modèles Multi-Agents** (Artznete 10, ...) :

- dans notre cas, modélisation difficile (définition des agents, des interactions et des contraintes)

État de l'art des modèles de simulation du développement résidentiel de faits stylisés

Introduction
ArtiScales
SimPLU
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Les modèles stylisés ne sont pas assez descriptifs pour représenter le développement résidentiel à un niveau très local

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

Introduction
ArtiScales
Géotags
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Génération d'îlots urbains

- processus géo-historiques (Perret 2010)

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

Introduction
ArtiScales
SimPLU
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation chem
Conclusion

Génération de parcelles

- processus géo-historiques (Perret 2015)
- génération procédurale (Vanegas 2012)
- génération paramétrique (Yazýcý 2016)

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

Introduction
ArtiScales
Scales
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des fonciers
Conclusion

Génération de bâtiments

- génération procédurale (BIM)
- génération paramétrique (Coors 2009)
- optimisation sous contrainte (Brasebin 2014)

État de l'art des modèles de simulation intégrés de développement résidentiel

Introduction
MultiScales
IMP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Les approches intégrées, tel que les LUTI (Land-Use and Transportation Interaction), permettent de

- simuler les interactions entre différents modèles (occupation du sol, transport, systèmes économiques ...)
- Comparer les évolutions des systèmes modélisés dans une approche prospective

État de l'art des modèles de simulation intégrés de développement résidentiel

Introduction
MultiScales
IMP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins
Conclusion

Les approches intégrées, tel que les LUTI, présentent les inconvénients suivants :

- mise en œuvre conséquente
- peu d'utilité pour la modélisation des flux de transports

État de l'art des modèles de simulation intégrés de développement résidentiel

Les approches intégrés, tel que les LUTI, présentent les inconvénients suivants :

- mise en œuvre conséquente
- peu d'utilité pour la modélisation des flux de transports

Approche intéressante du **couplage de différents modules** agissant à **differentes échelles**

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)

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)

Visée **prospective** pour **aider** à la conception **conjointe** de documents d'urbanisme et de planification en **représentant** **differents développements** résidentiels

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
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion

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

ArtiScales

Au niveau communal :

- Création quantitative de logements de différents types
- Densité de logements

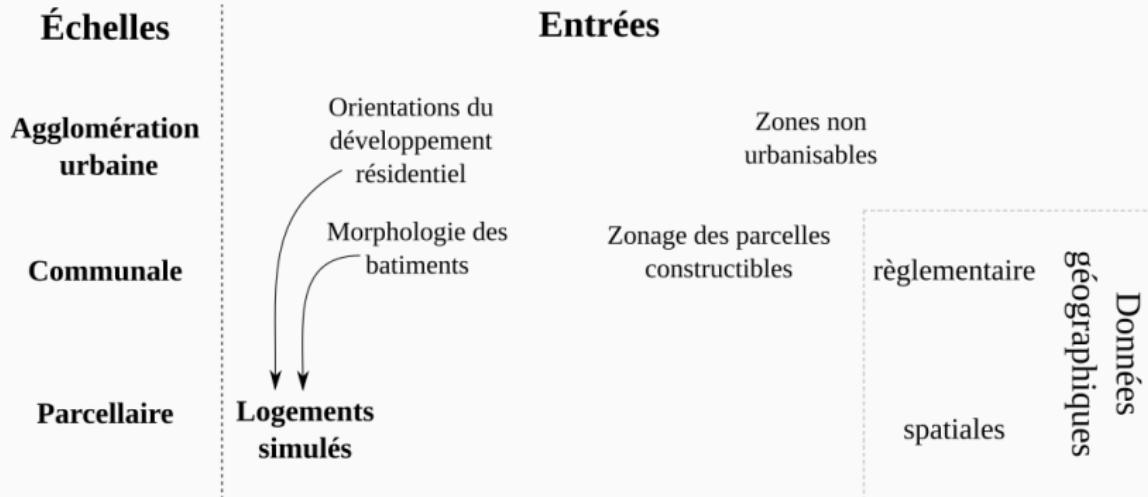
Contraintes à modéliser

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation thématique
Conclusion

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

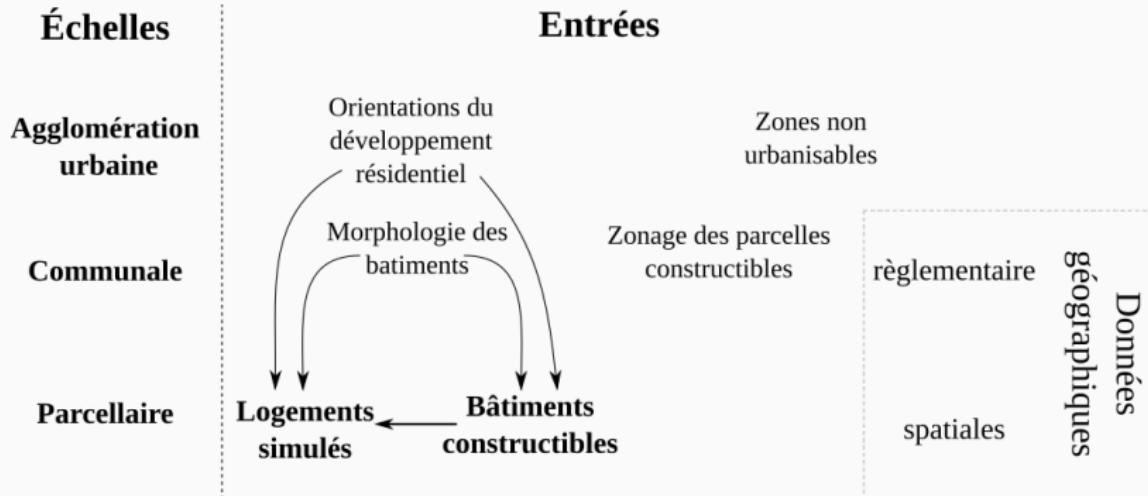
Contraintes à modéliser

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation thématique
Conclusion



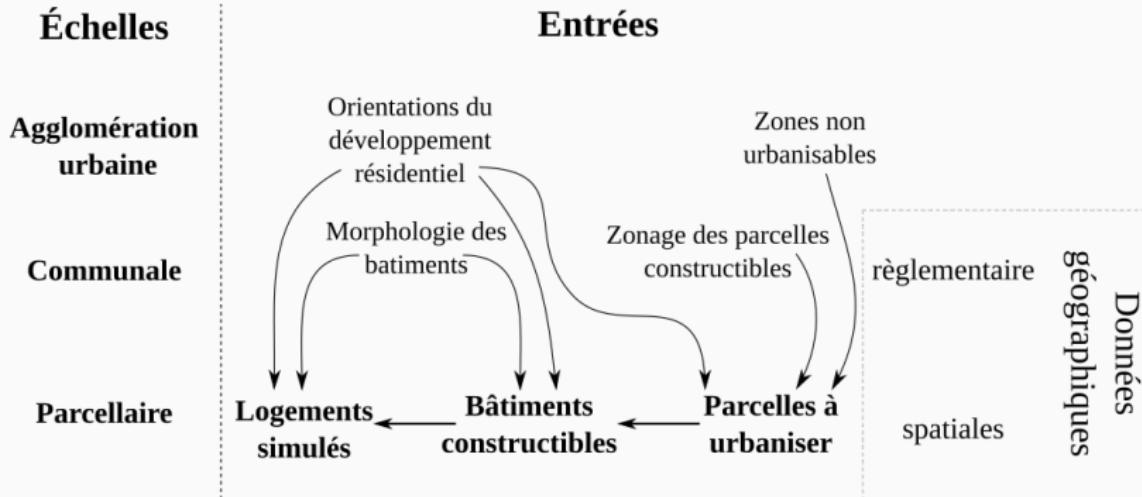
Contraintes à modéliser

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion



Contraintes à modéliser

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion



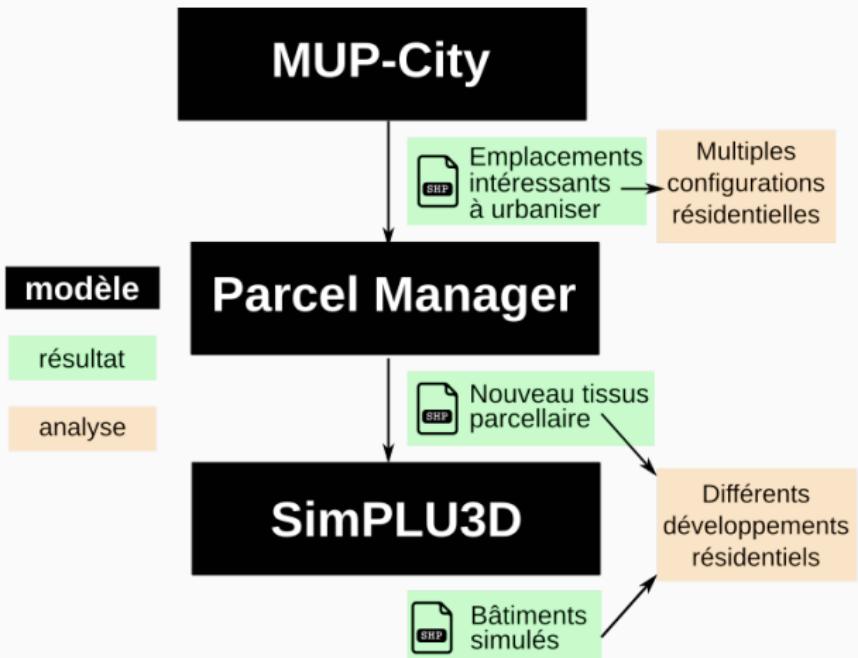
Trois différents modèles nécessaires :

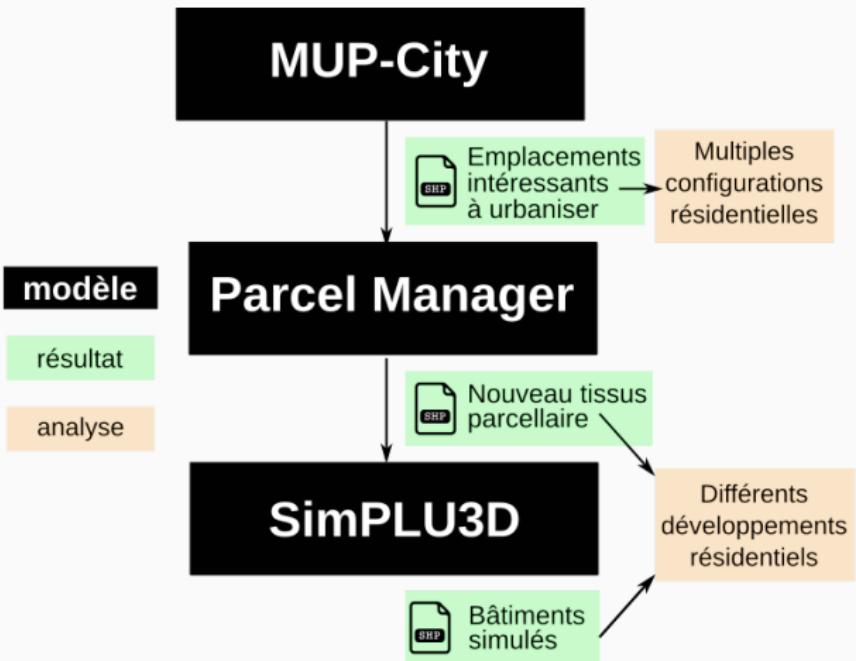
- Détection d'emplacements intéressants à urbaniser au sein de l'agglomération
- Recomposition du tissus parcellaire
- Simulation sous contraintes des bâtiments en trois dimensions (puis estimation du nombre de logements)

Répartition de l'extension résidentielle dans la région urbaine :
modèle stylisé

Simulation du parcellaire et des bâtiments : modèles génératifs

Estimation du nombre de logements: indicateur





ArtiScales : Couplage de modèles

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

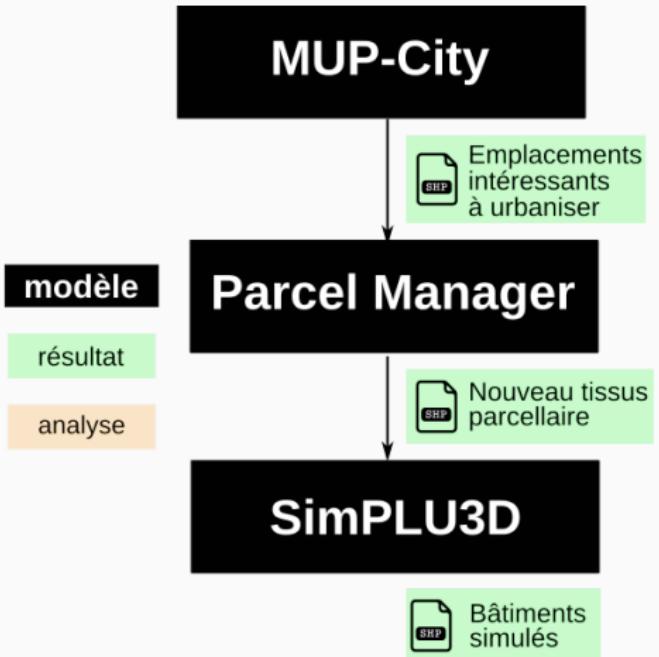
Expérimentation

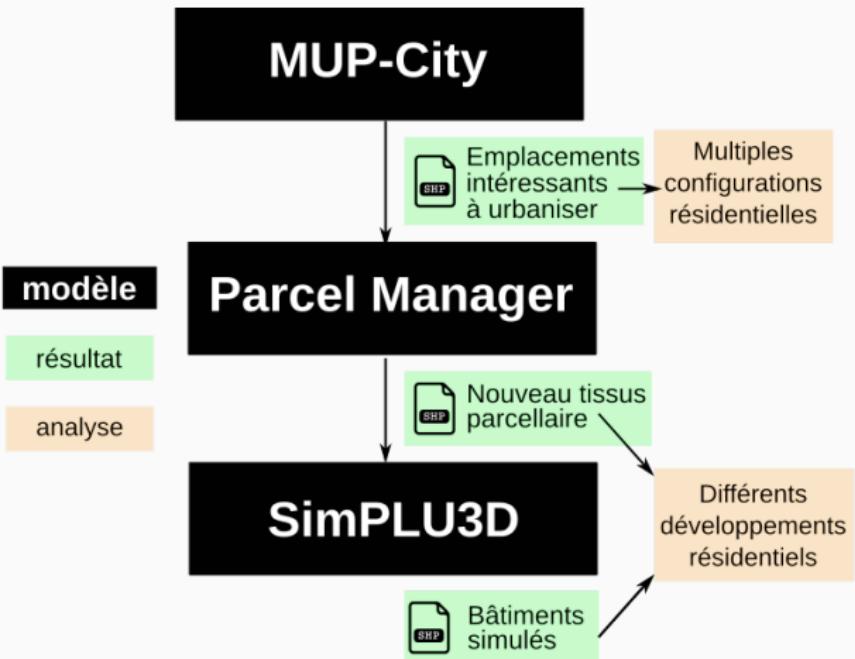
Évaluation du fon

Utilisation

thématis

Conclusion



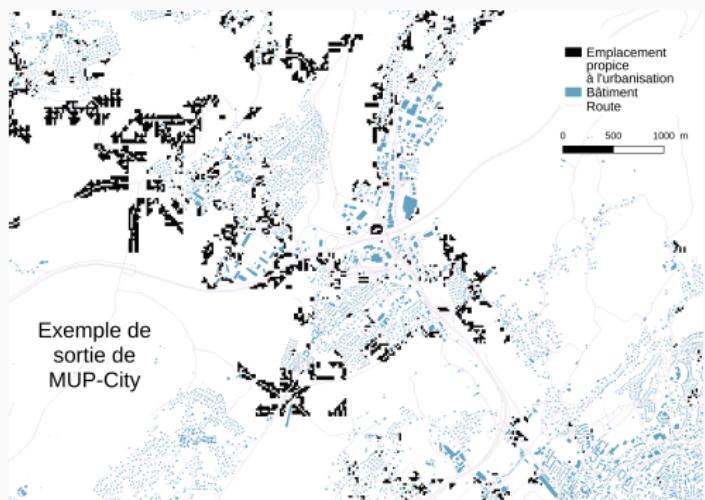


MUP-City



Simulation multi-échelle du développement résidentiel

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

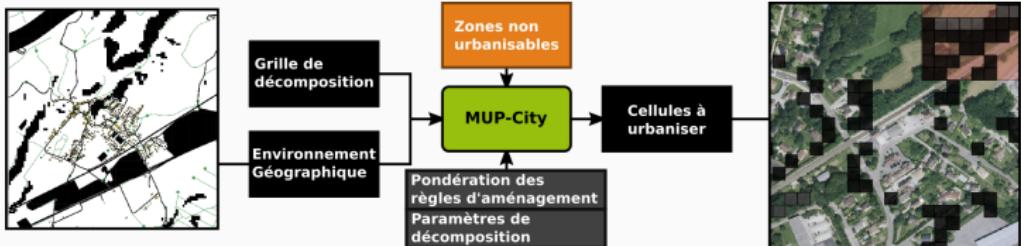


Entrées

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

Sorties

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



Sorties de simulation très variables (Tannier 2012, Frémont 2015)

Analyse de la variabilité des sorties de MUP-City



Sorties de simulation très variables (Tannier 2012, Frémont 2015)

Analyse de la variabilité des sorties de MUP-City

Principe

Analyser la variation des résultats de simulation d'un modèle

Sélection de **configurations résidentielles** à exploiter



Sorties de simulation très variables (Tannier 2012, Frémont 2015)

Analyse de la variabilité des sorties de MUP-City

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



Trois types de variation des paramètres

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

Étude des paramètres dits **techniques**

Étude des paramètres dits **scénaristiques**

Trois types de variation des paramètres

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

Étude des paramètres dits **techniques**

Étude des paramètres dits **scénaristiques**

Modèle différemment variables selon les paramètres

Conclusion de l'analyse de variabilité

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion

Plusieurs configurations résidentielles simulées

La variation des paramètres d'entrées n'ont pas tous les mêmes effets sur les sorties

Détections d'indicateurs pertinents à optimiser

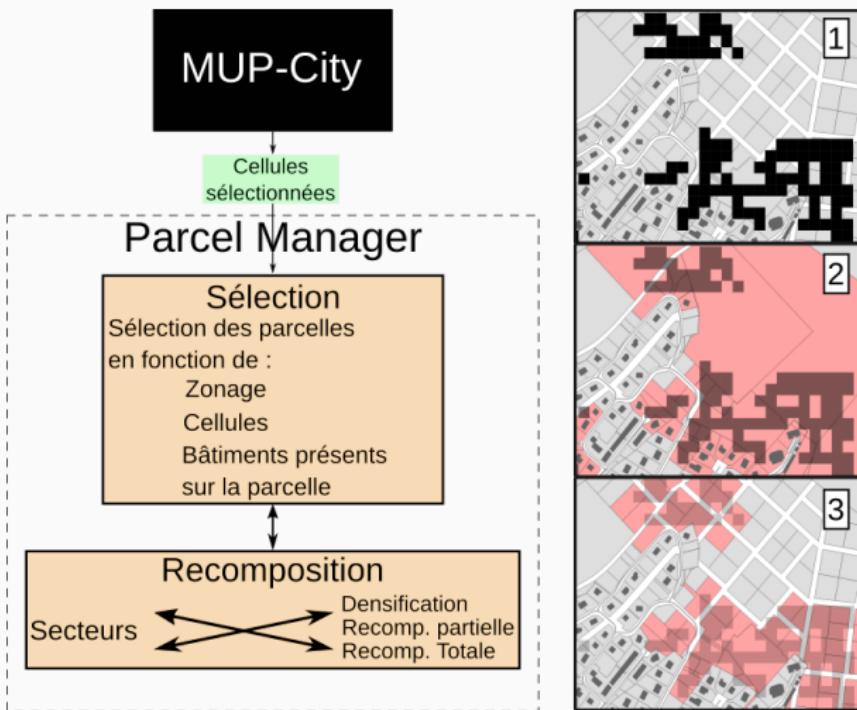
Différents scénarios de développement résidentiel

Différentes variantes à ces scénarios

Parcel Manager

Présentation du modèle

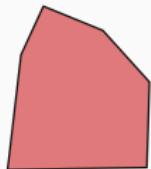
Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thématique
Conclusion



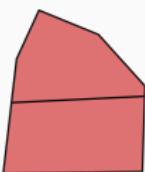
Algorithme de découpage parcellaire

adapté de Vannegas, 2012

Parcelle initiale



Boîte englobante orientée et séparée en deux

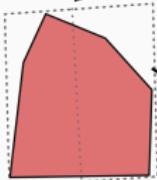


Parcelles retenues

Accès route?

non

oui



Découpage sur la largeur



création de voirie?

Condition surfacique d'arrêt

Algorithme de découpage parcellaire

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

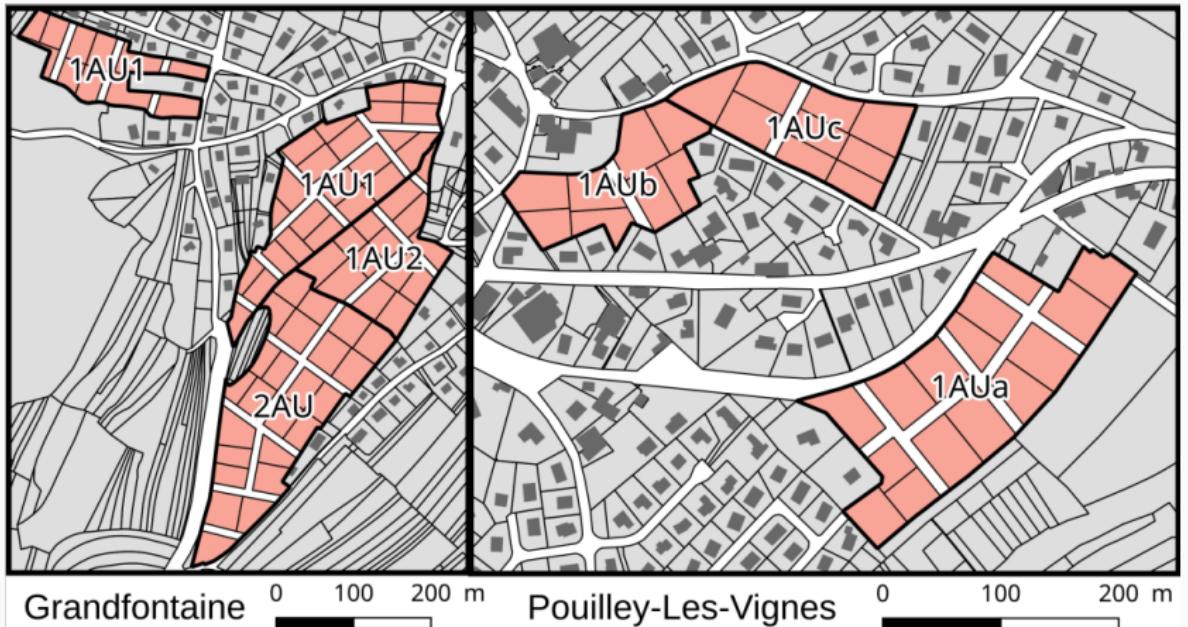
SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

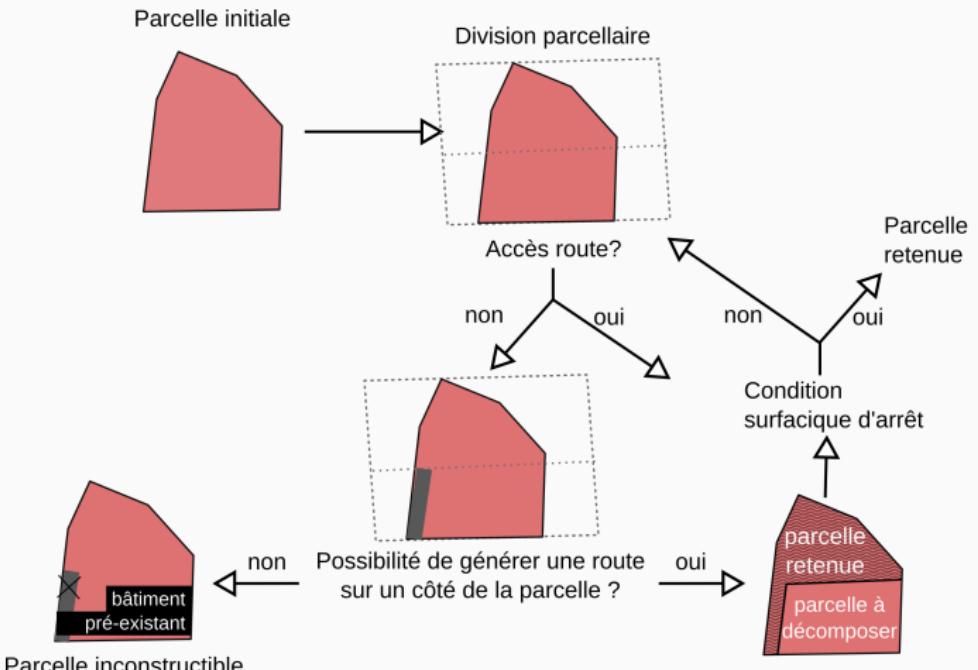
Utilisation

Conclusion

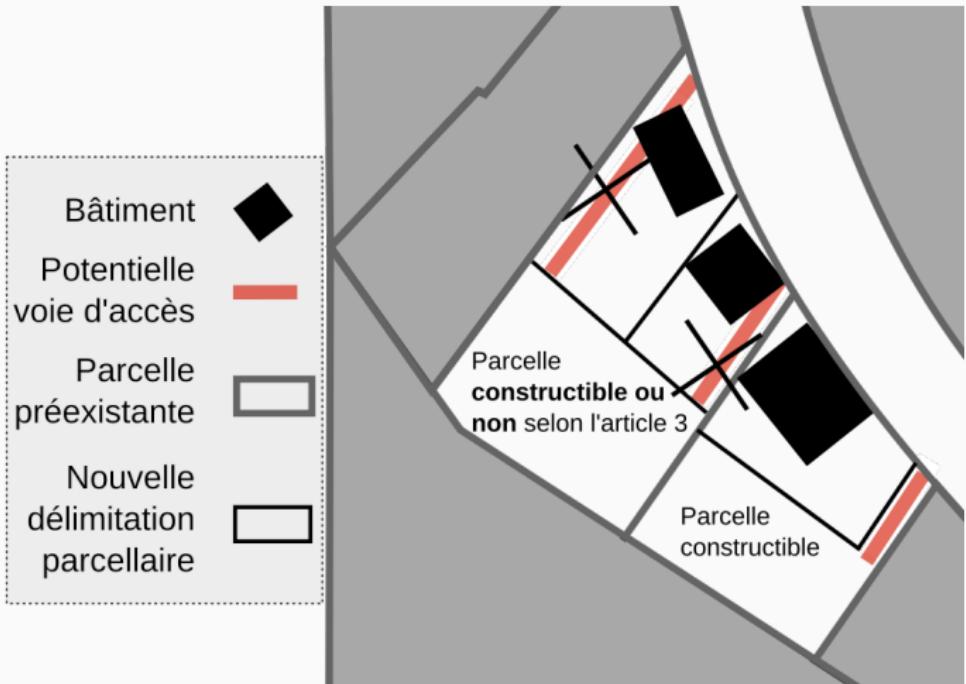


- Densification
- Recomposition parcellaire totale
- Recomposition parcellaire partielle

Algorithme de découpage parcellaire avec potentielle création de voie d'accès

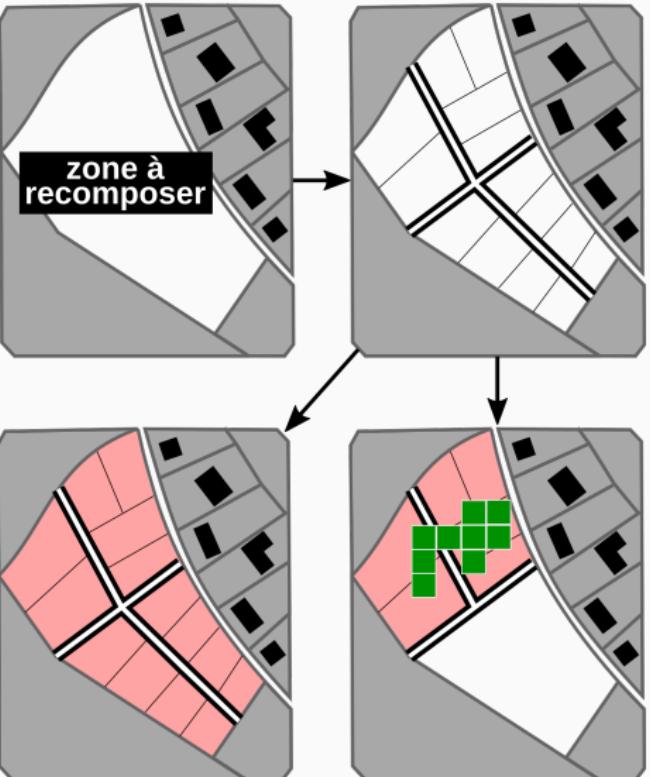
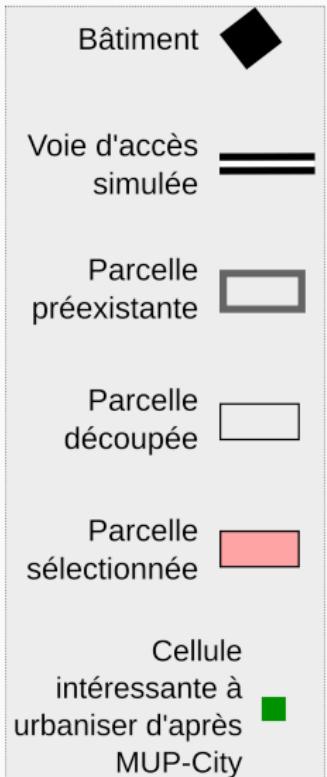


Densification



- Densification
- Recomposition parcellaire totale
- Recomposition parcellaire partielle

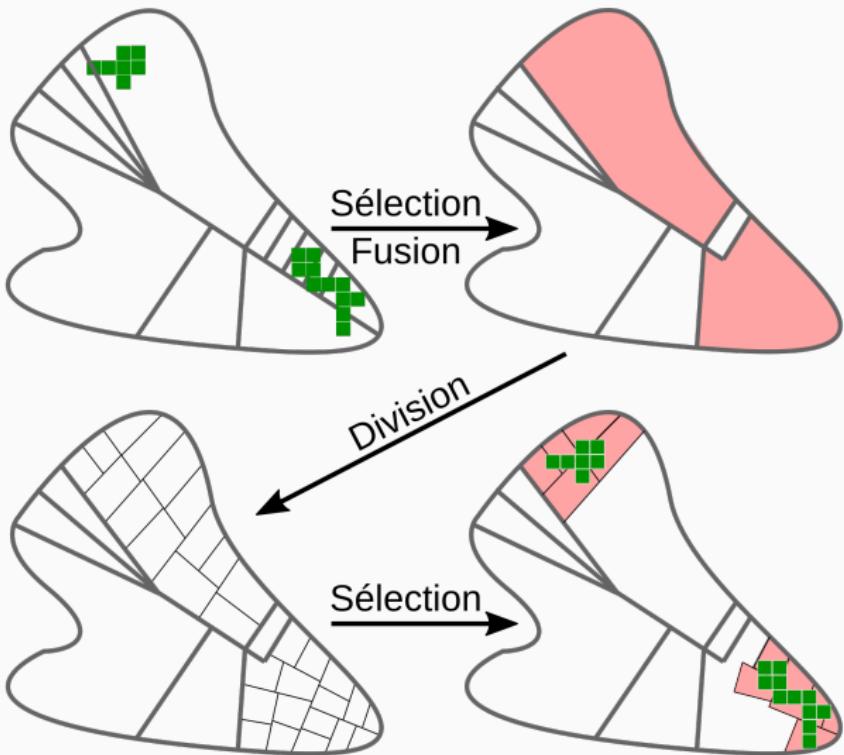
Recomposition parcellaire totale



- Densification
- Recomposition parcellaire totale
- Recomposition parcellaire partielle

Recomposition parcellaire partielle

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion



■ Cellule intéressante à urbaniser d'après MUP-City	□ Parcelle pré-existante	□ Parcelle découpée	□ Parcelle sélectionnée pour simulation
---	--------------------------	---------------------	---

Évaluation du modèle

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat
Conclusion

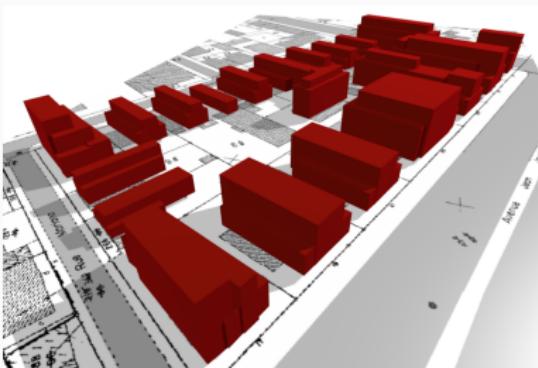
TODO?!

SimPLU

SimPLU

Génère des configurations bâties en 3D

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

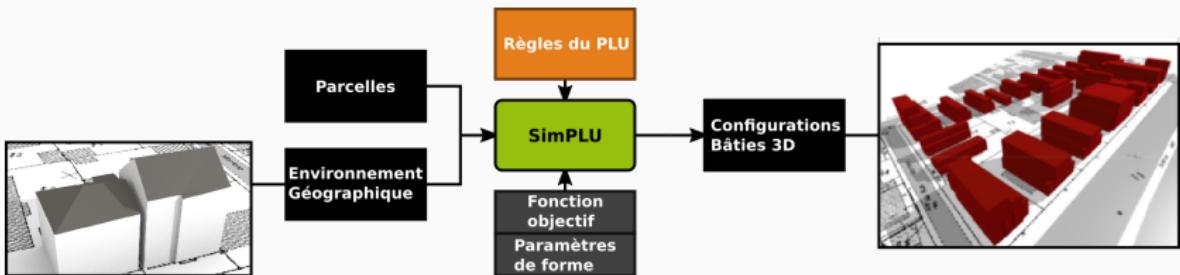


Entrées

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

Sortie

- Bâtiments en 3D représentant des potentiels constructibles



Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

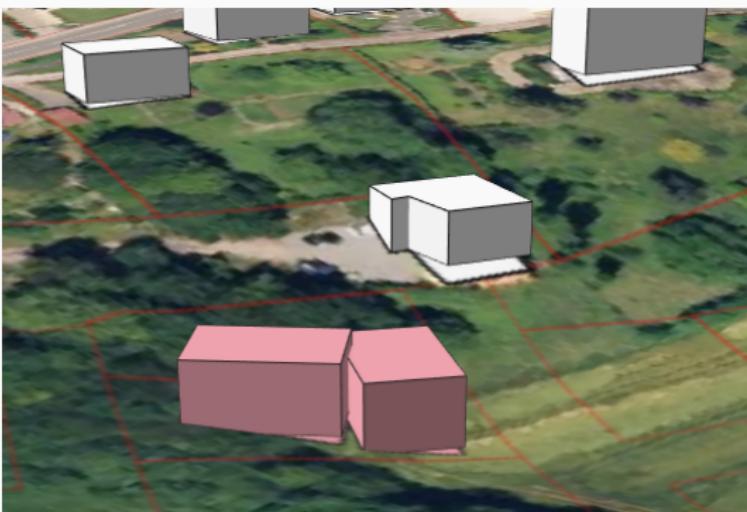
Évaluation du fon

Utilisation

Conclusion

Adapter la forme des bâtiments simulés aux secteurs
Cinq types de bâtiments définis selon les secteurs :

Maison isolée



Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

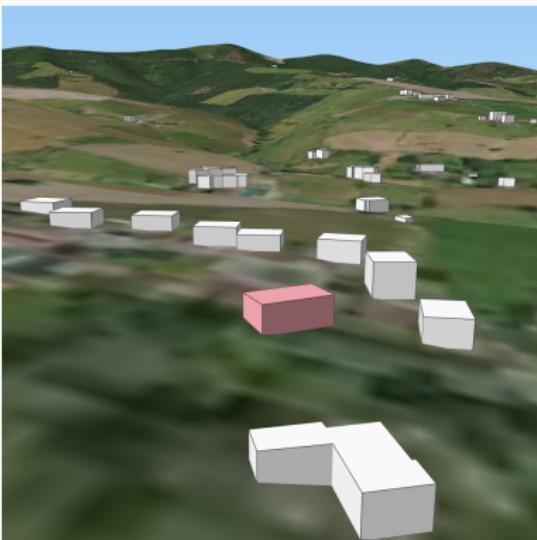
Évaluation du fon

Utilisation

Conclusion

Adapter la forme des bâtiments simulés aux secteurs
Cinq types de bâtiments définis selon les secteurs :

Pavillon de lotissement



Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

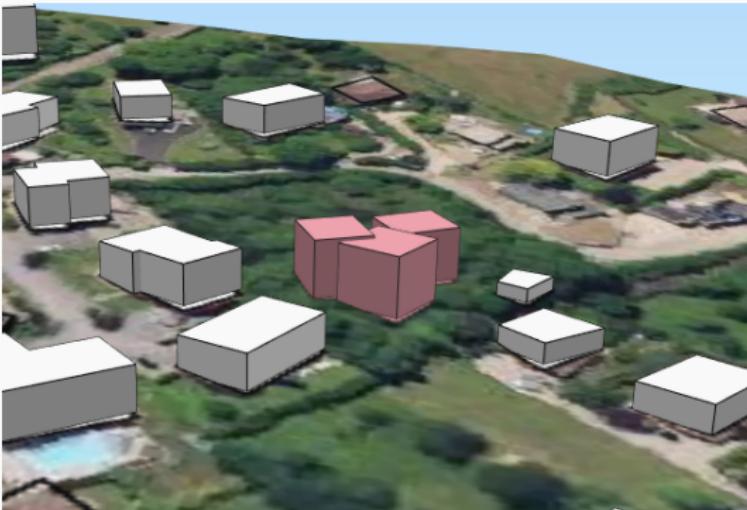
Évaluation du fon

Utilisation

Conclusion thémat

Adapter la forme des bâtiments simulés aux secteurs
Cinq types de bâtiments définis selon les secteurs :

Immeuble d'habitat intermédiaire



Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

Utilisation

Conclusion

Adapter la forme des bâtiments simulés aux secteurs
Cinq types de bâtiments définis selon les secteurs :

Petit immeuble collectif



Contraintes paramétriques sur les “boîtes”

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thématis
Conclusion

Adapter la forme des bâtiments simulés aux secteurs
Cinq types de bâtiments définis selon les secteurs :

Immeuble collectif de taille moyenne



Contrainte d'optimisation des bâtiments

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation thématique
Conclusion

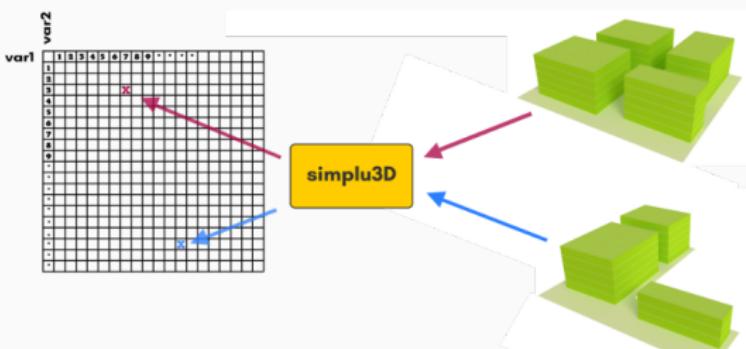
Optimisation du volume des bâtiments



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
- Déterminer de potentiels usages pour l'aide à la conception de documents d'aménagements

Objectifs de l'expérimentation

- Évaluer le fonctionnement d'ArtiScales
- Déterminer de potentiels usages pour l'aide à la conception de documents d'aménagements

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



Deux paramétrages de Parcel Manager et SimPLU3D

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

Deux scénarios de développement résidentiels

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

- temps théorique sur un ordinateur personnel pour ce plan d'expérience : **18 jours**
- temps théorique sur la grille de calcul européenne pour le plan d'expérience : **36 heures**
- temps constaté sur la grille européenne pour une simulation : **140 heures**

Évaluation du fonctionnement du modèle

Données d'entrées du modèle : 2012

Comparaison à l'évaluation territoriale sur le bassin de vie de Besançon de 2012 à 2016

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?!)

Table 1: Consommation foncière des différents scénarios

Scenario - paramétrage	c - densité modérée	d - forte densité
Surface de parcelles urbanisée (km^2)	6,623	3,406
Surface de parcelles densifiées (km^2)	4,006	1,174
Surface de parcelles en extension (km^2)	2,617	2,232

À titre de comparaison, 11,58 km^2 d'espaces artificialisés de 2001 à 2012

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

Table 1: Consommation foncière des différents scénarios

Scenario - paramétrage	c - densité modérée	d - forte densité
Surface de parcelles urbanisée (km^2)	6,623	3,406
Surface de parcelles densifiées (km^2)	4,006 (61%)	1,174 (34%)
Surface de parcelles en extension (km^2)	2,617	2,232

À titre de comparaison, 11,58 km^2 d'espaces artificialisés de 2001 à 2012

De 2012 à 2016, on compte 60% de *renouvellement urbain*

Simulation de logements

Table 2: Comparaison de la création de logements mesurée par le SCoT avec les estimations des simulations d'ArtiScales

Typologie de l'armature	Objectif du SCoT sur 25 ans	Nombre de logements produits en 4 ans	pourcentage atteind de l'objectif	scenario d - paramétrage dense	scenario c - paramétrage modérément dense
Ville centre	18 200	2 621	14%	3 192	3 891
Communes périphériques	3 500	505	14%	1 764	1 519
Communes relais	1 250	147	12%	489	331
Communes équipées	600	42	7%	21	102
Halte ferroviaire	2 200	328	15%	948	1 207
Commune hors armature	5 250	1 055	20%	2 718	4 729

Table 3: Comparaison des densités nettes de logements par hectare selon le diagnostic du document et les simulations d'ArtiScales

Typologie de l'armature	Densité moyenne fixée par le SCoT	Densité moyenne observée	Densité moyenne simulée par ArtiScales					
			scenario paramétrage dense	d	-	scenario paramétrage modérément dense	c	-
Ville centre	50	60	49,4			56,2		
Communes périphériques	23	21	23			16		
Communes relais	20	20	21,3			15,6		
Communes équipées	15	12	16,8			14,1		
Halte ferroviaire	20	18	25,8			16,7		
Commune hors armature	13	13	19,3			14,6		

Comparaison d'OAP et des résultats de simulation

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation

Utilisation thématique
Conclusion

Orientations d'Aménagement et de Programmation :

Définition de l'organisation pour l'urbanisation de certaines zones.

Comparaison d'OAP et des résultats de simulation

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation

Utilisation
Conclusion
thématisé

Table 4: Comparaison de la simulation utilisant le scénario **c** et un paramétrage induisant une *forte densité* avec les objectifs de création de logements dans les OAP de Saône (25532)

Nom de la zone	Petite Saône	La Messarde	Au Cras	La Gilleroye
Objectif de création de logements	9	62	24	219
Estimation d'ArtiScales	7	54	16	151
Ressemblance des plans	non	oui	oui	non

Comparaison d'OAP et des résultats de simulation

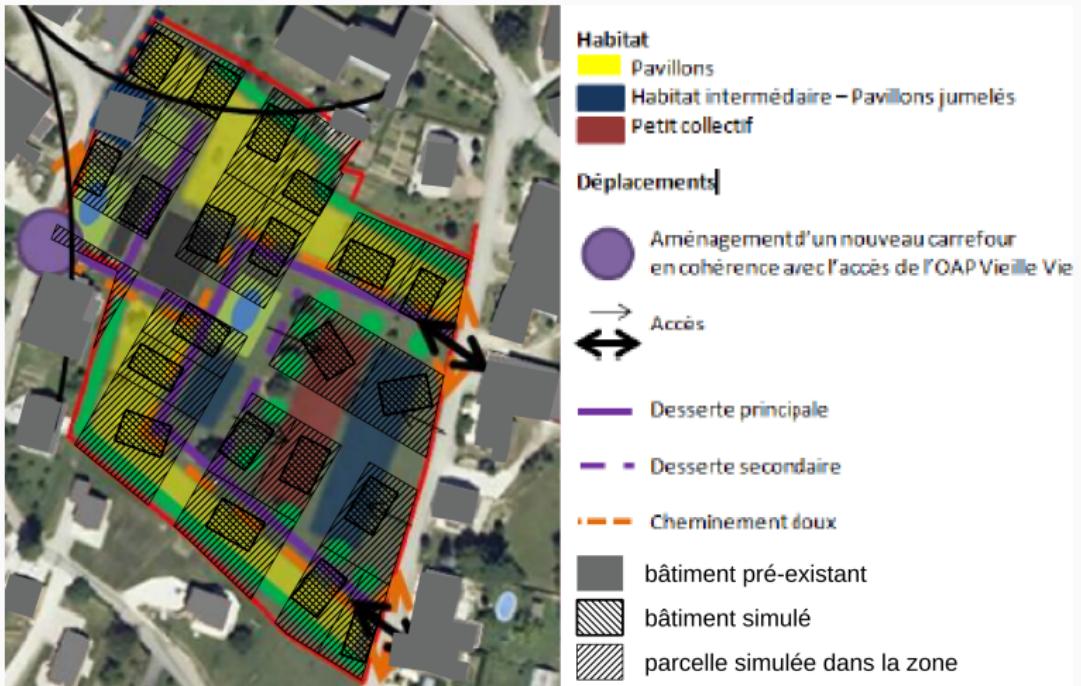


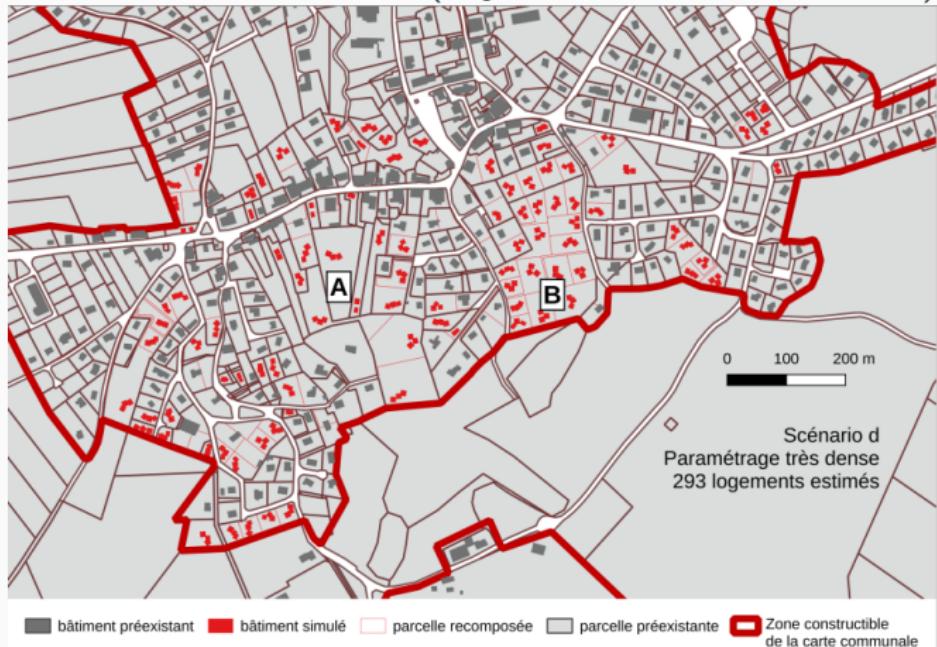
Illustration superposant l'OAP du *Champ Sera à La Tour De Say* (25640) et les résultats de la simulation provenant du scénario c avec le paramétrage induisant une forte densité

Utilisation thématique des résultats

Compatibilité entre les documents

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du
Conclusion

Incompatibilité entre les objectifs de création de logements et les documents d'urbanisme (objectifs sur-dimensionnés ?)

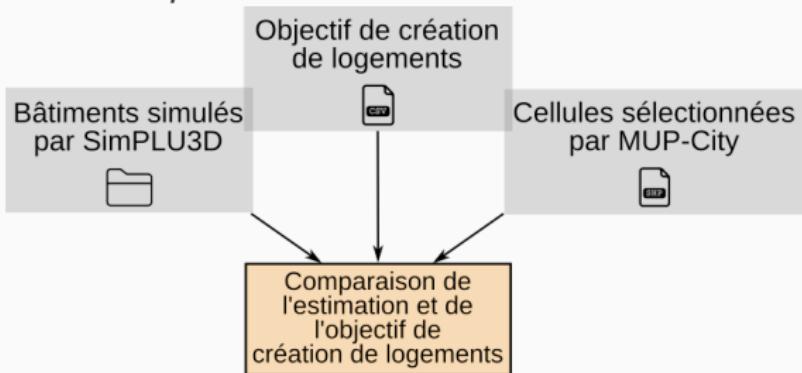


Incompatibilité entre les objectifs de création de logements et les documents d'urbanisme (objectifs sur-dimensionnés ?) *carte d'une commune qui ne peut pas atteindre les objectifs*

Commune sans zonage défini \implies application d'une délimitation floue appellée Parties Actuellement Urbanisée (PAU) Quelques unes de ces communes connaissent une forte urbanisation selon tous les scénarios
carte d'une telle commune

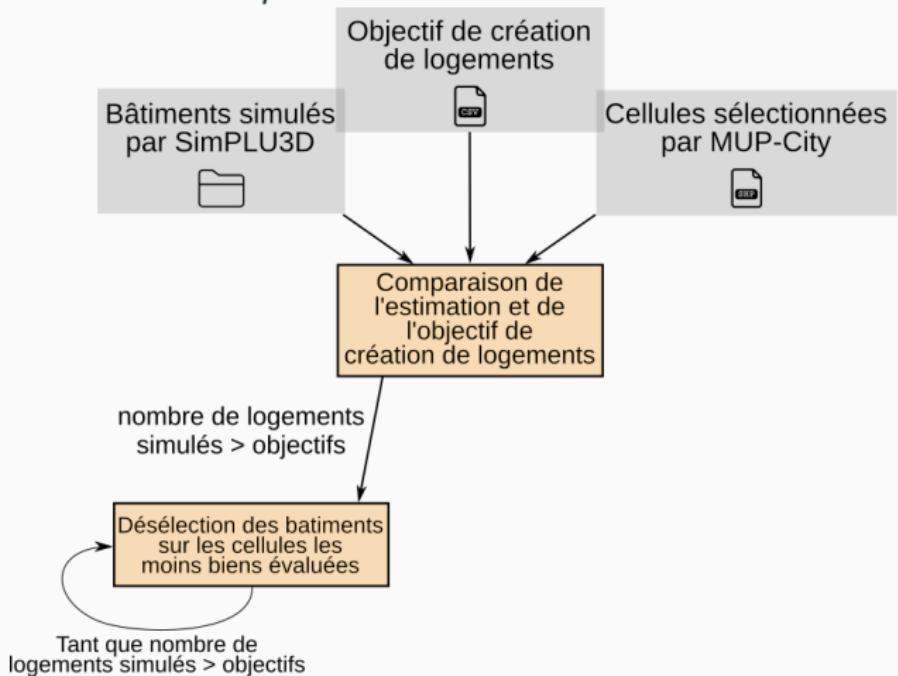
Rétro-action : ouverture du zonage à l'urbanisation

rétro-action expérimentale



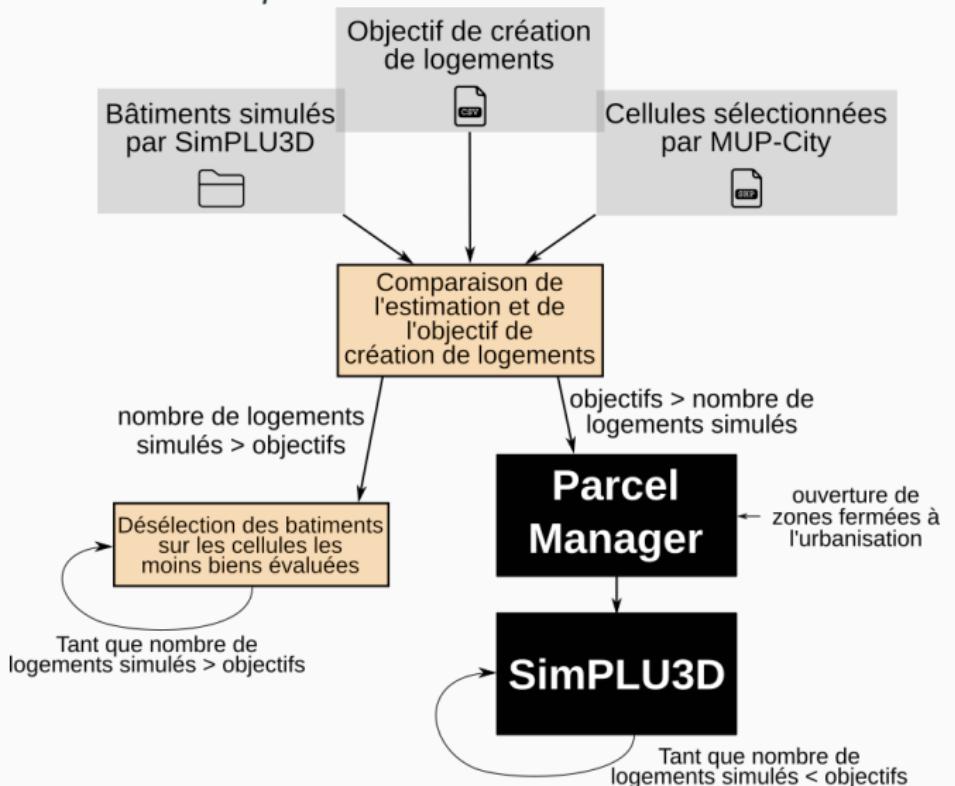
Rétro-action : ouverture du zonage à l'urbanisation

rétro-action expérimentale



Rétro-action : ouverture du zonage à l'urbanisation

rétro-action expérimentale



Rétro-action : ouverture du zonage à l'urbanisation

Introduction

ArtiScales

MUP-City

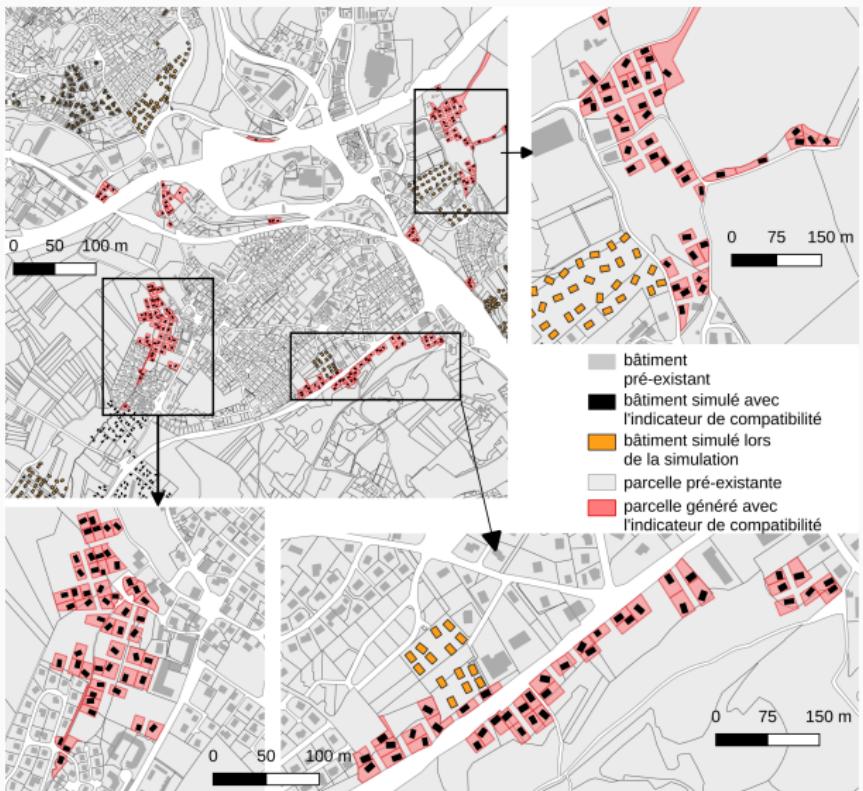
Parcel

SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

Conclusion



Mise en compatibilité de l'extension résidentielle pour la commune d'École Valentin (25212)

Conclusion

Couplage des modèles descriptifs/génératifs à un modèle stylisé :
simulateur hybride

Résultats réalistes et plausibles en comparaison avec les évolutions
du territoire

Pas de temporalité - peut être qu'une nouvelle itération devrait
être faite tous les X ans ?

Rendre variable certaines restrictions pour voir comment rendre compatible entre eux les règlements par exemple :

- Zonage (expérimenté dans la thèse)
- articles du PLU (hauteur, retraits)
- Objectifs de création de logements et de densité

Rendre variable certaines restrictions pour voir comment rendre compatible entre eux les règlements par exemple :

- Zonage (expérimenté dans la thèse)
- articles du PLU (hauteur, retraits)
- Objectifs de création de logements et de densité

Mise en œuvre opérationnelle dans le cadre d'un postdoc sur le PLU intercommunal de Besançon

Perspectives de recherche : Prise en compte de nouveaux processus

Introduction
ArtiScales
X-Plan
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins

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

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

Développer de nouveaux indicateurs pour évaluer les scénarios de développement résidentiels

Perspectives de recherche : Génération automatique de Cartes Communales

Introduction
iScales
Maitrise
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins

Certaines communes n'ont pas de zonages et leur génération pourraient être automatisées :

Perspectives de recherche : Génération automatique de Cartes Communales

Introduction
iScales
Maitrise
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins

Certaines communes n'ont pas de zonages et leur génération pourraient être automatisées :

- enveloppe morphologique de base

Perspectives de recherche : Génération automatique de Cartes Communales

Introduction
iScales
Méthode
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins

Certaines communes n'ont pas de zonages et leur génération pourraient être automatisées :

- enveloppe morphologique de base
- ajout des parcelles les plus intéressantes à urbaniser

Perspectives de recherche : Génération automatique de Cartes Communales

Introduction
iScales
Méthode
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du foncier
Utilisation des chemins

Certaines communes n'ont pas de zonages et leur génération pourraient être automatisées :

- enveloppe morphologique de base
- ajout des parcelles les plus intéressantes à urbaniser
- respect des densités objectives et des objectifs de création de logements

Perspectives de recherche : Génération automatique de Cartes Communales

Introduction
iScales
Méthode
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fonctionnement
Utilisation des cartes

Certaines communes n'ont pas de zonages et leur génération pourraient être automatisées :

- enveloppe morphologique de base
- ajout des parcelles les plus intéressantes à urbaniser
- respect des densités objectives et des objectifs de création de logements
- non étalement urbain (respect des parties actuellement urbanisées)

D'un outil prospectif à un outil normatif

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat

Permettre de rédiger les documents d'urbanisme afin d'orienter le développement résidentiel

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

Introduction

ArtiScales

MUP-City

Parcel

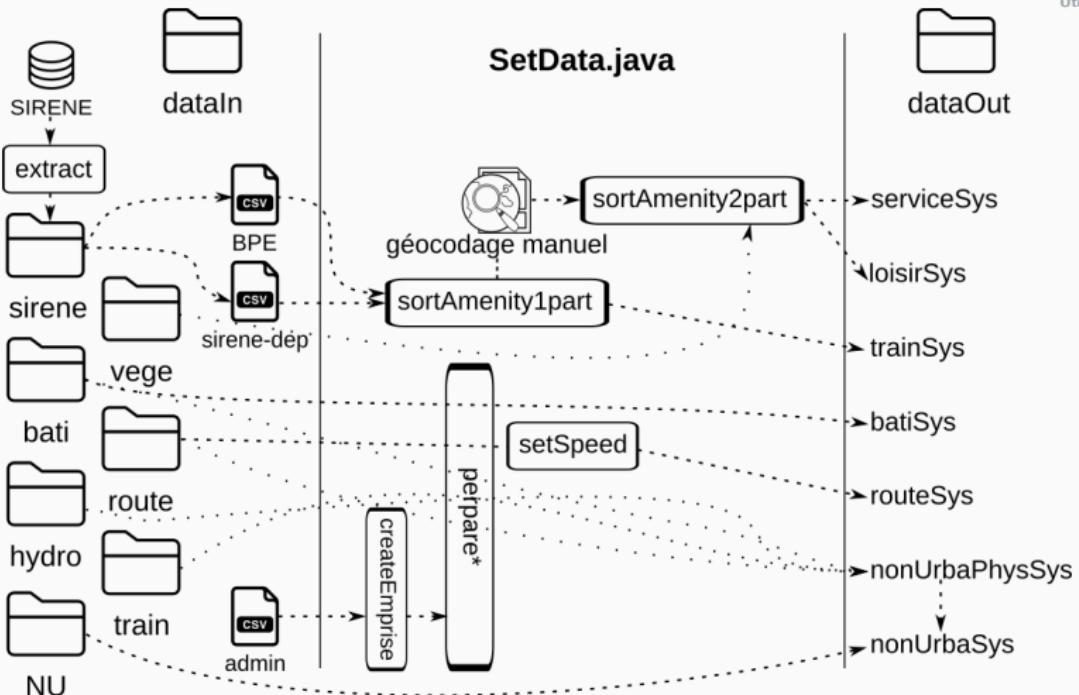
SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

Utilisation

thém



Données nécessaire à l'exécution de SimPLU

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thémat

Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) synchronise les politiques territoriales régionales

- Territorialise la construction de logements
- Fixe des contraintes morphologiques et de densité

Le **Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)** synchronise les politiques territoriales régionales

- Territorialise la construction de logements
- Fixe des contraintes morphologiques et de densité

Le **Programme Local de l'Habitat (PLH)** fixe la **politique du logement**

- Précise le nombre et le type de logements prévus par communes
- Programme de futures opérations

Le **Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)** synchronise les politiques territoriales régionales

- Territorialise la construction de logements
- Fixe des contraintes morphologiques et de densité

Le **Programme Local de l'Habitat (PLH)** fixe la **politique du logement**

- Précise le nombre et le type de logements prévus par communes
- Programme de futures opérations

Relation de compatibilité entre ces deux documents

Documents de planification régionale - Exemple

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thématique

Légende

Emprise du SCoT

Nombre de logements prévus par le SCoT

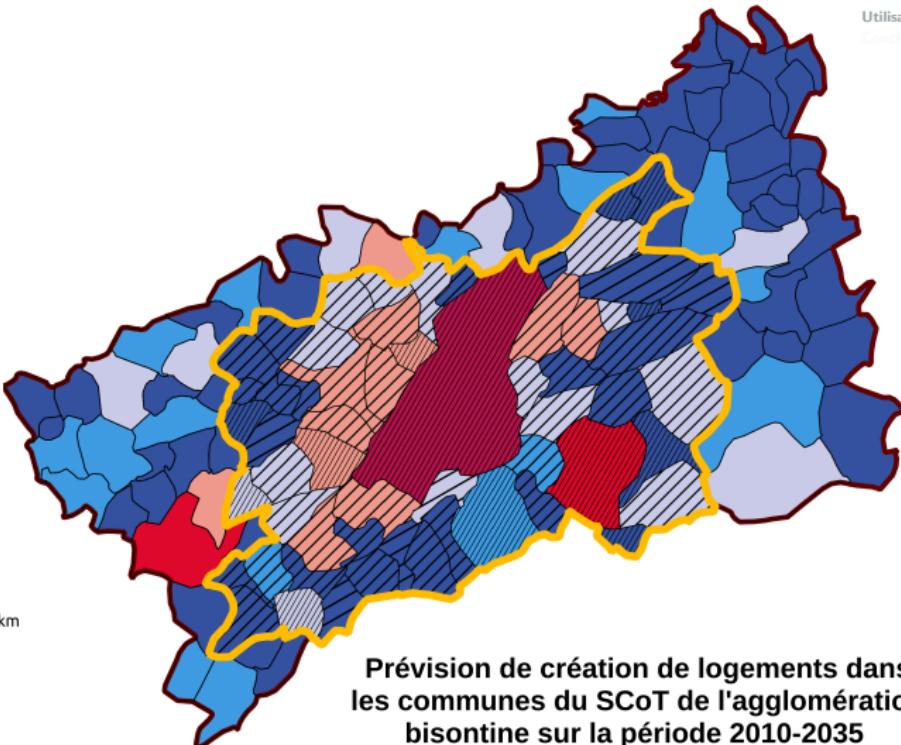
- [Dark Blue] 3 - 63
- [Light Blue] 63 - 163
- [Light Purple] 163 - 275
- [Orange] 275 - 400
- [Red] 400 - 1138
- [Maroon] 18625

Emprise du PLH

Logements à construire par un acteur public dans le PLH

- [Diagonal lines] 0% - 25%
- [Vertical lines] 25% - 35%
- [Horizontal lines] 35% - 50%

0 5 10 km



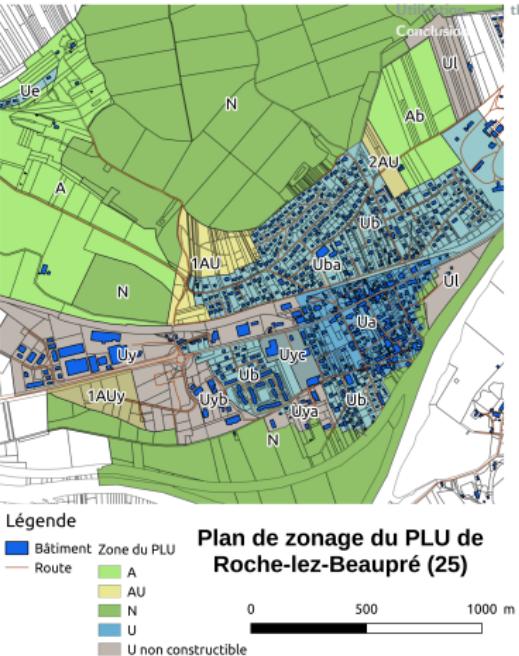
Le **Plan Local de l'Urbanisme (PLU)** détaille et spatialise les contraintes de constructibilité au sein d'une commune

- a des **effets directs sur la constructibilité** mais ne planifie pas la construction
- **donne un cadre** pour la création de programmes de construction de logements (*OAP, ZAC, ZAD*)
- se compose en partie d'un **zonage** et d'un **règlement**

Application d'un PLU - Le zonage

Zones générales et sous-zones particulières

- Naturelles (**N**) *non constructibles*
 - Agricoles (**A**) *non constructibles*
 - Urbanisées (**U**)
 - À Urbaniser (**AU**)



Rétro action pour la compatibilité en modifiant le zonage

Introduction

ArtiScales

SIMP-City

Parcel

SimPLU

Expérimentation

Évaluation du fon

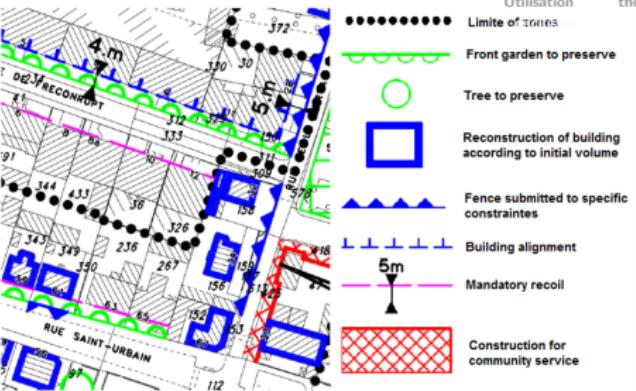
Utilisation thémat

Application d'un PLU - Le règlement

Introduction
ArtiScales
MUP-City
Parcel
SimPLU
Expérimentation
Évaluation du fon
Utilisation thématique

Pour chaque sous-zone :

- Articles 1, 2 : restrictions d'**usage du sol**
- Articles 6, 7, 8 : **position des bâtiments** relativement aux autres bâtiments, aux limites de parcelles ou à la voirie
- Article 10 : **hauteur maximale**
- Article 11 : **aspect extérieur**



Exemple de prescriptions graphiques (PLU de Strasbourg)

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

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

- Définition de données adaptées à la simulation des évolutions
- Proposition de service aux acteurs de la planification sur l'ensemble du territoire français
- Certification de la robustesse du processus de simulation relativement à la qualité des données