

Simulation multi-échelle de formes réalistes de développement résidentiel

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

Présentation de la thèse de Maxime Colomb aux services de
l'IGN

Maxime Colomb

Friday 12th January, 2018

IGN intégrateur et dérviateur de données



IGN intégrateur et dérivateur de données

Centralisation des documents d'urbanisme sur le **Géoportal de l'urbanisme**



IGN intégrateur et dérviateur de données

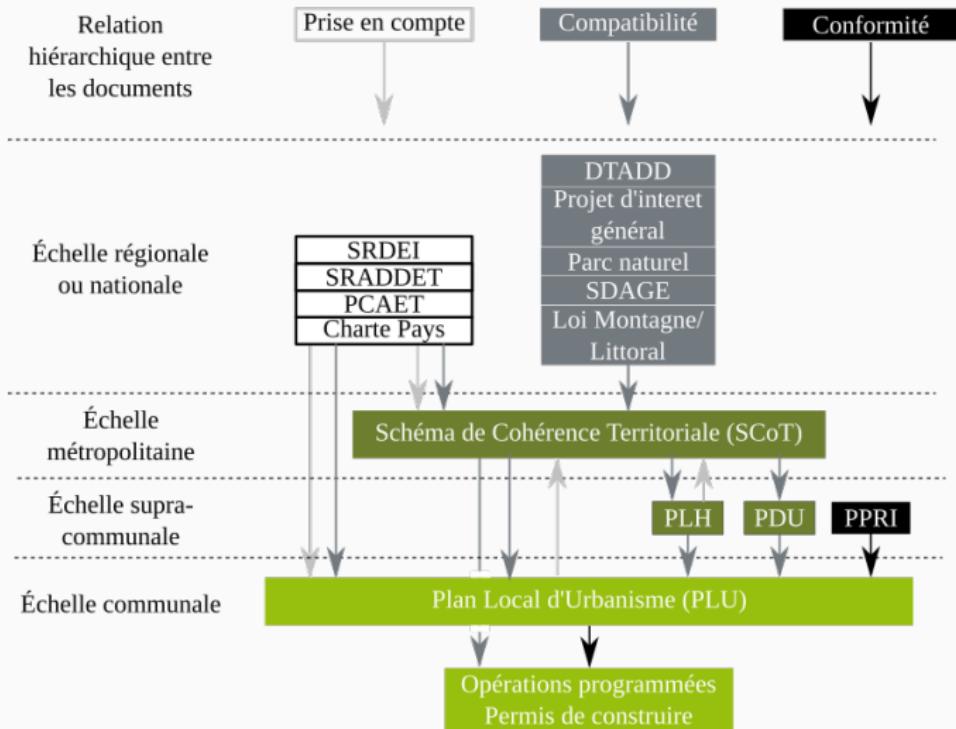
Centralisation des documents d'urbanisme sur le **Géoportal de l'urbanisme**

Proposition de services aux **collectivités territoriales**

Régie Régi par un ensemble complexe de codes

L'aménagement du territoire

Régie Régi par un ensemble complexe de codes

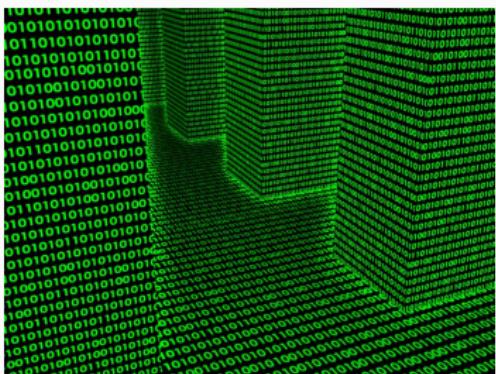


Régionalisation de la planification



Régionalisation de la planification

Création de **modèles** simulant les effets des politiques publiques



Enjeux

Beaucoup de modèles coexistent



Beaucoup de modèles coexistent

Couplage de modèles existants



Fiabilité des modèles de simulation

Verrous méthodologiques

Fiabilité des modèles de simulation

validation ! calibration ! stabilité ? sensibilité ?

Fiabilité des modèles de simulation

validation ! calibration ! stabilité ? sensibilité ?

Interopérabilité des modèles

Différentes échelle

Différents objets

Différentes interprétations

Différentes temporalités

Fiabilité des modèles de simulation

validation ! calibration ! stabilité ? sensibilité ?

Interopérabilité des modèles

Différentes échelle

Différents objets

Différentes interprétations

Différentes temporalités

Données

Différentes sources

Différentes granularités

Qualifiées selon les hypothèses de simulation

Simulation du **développement résidentiel**

Couplage de deux modèles pré-existants existants: MUP-City et SimPLU

- Présentation et analyse de la **variabilité** de ces deux simulateurs

- Présentation et analyse de la **variabilité** de ces deux simulateurs
- Présentation d'un **couplage expérimental**

- Présentation et analyse de la **variabilité** de ces deux simulateurs
- Présentation d'un **couplage expérimental**
- Application à une commune péri-urbaine

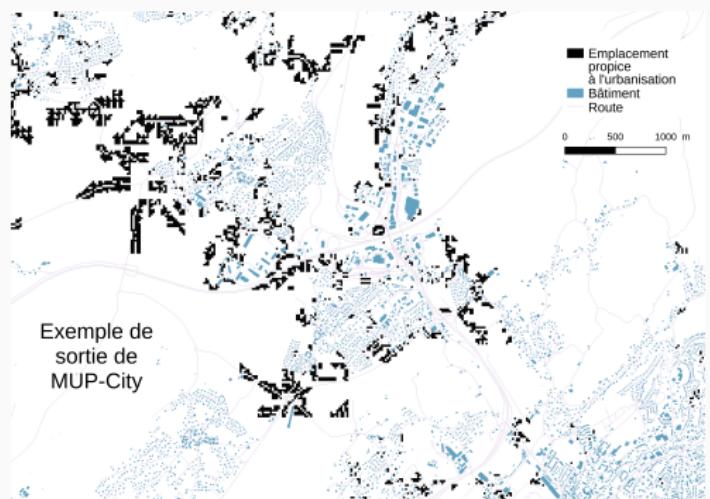
- Présentation et analyse de la **variabilité** de ces deux simulateurs
- Présentation d'un **couplage expérimental**
- Application à une commune péri-urbaine
- Esquisse d'un outil d'aide à la planification territoriale

MUP-City



Simulation multi-échelle du développement résidentiel

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

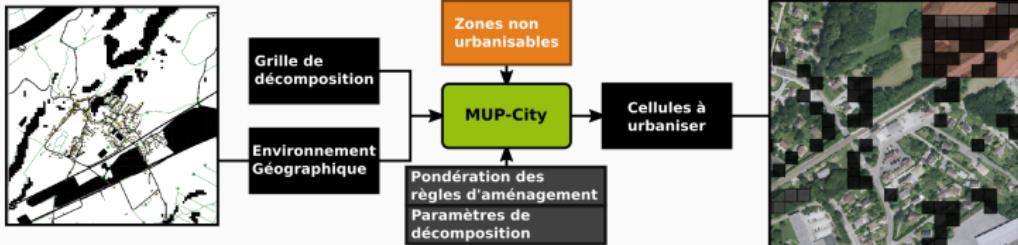


Entrées

- 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



- **Étude des variations**

RéPLICATION de scénario à paramètre-paramètres égaux : Robustesse

Paramètres d'entrée légèrement différents : Sensibilité

Choix scénaristiques : Analyse qualitative

- **Objectifs**

Fiabilité des résultats de simulation

Sélection de configurations résidentielles à mettre en œuvre-
exploiter



- **Étude des variations**

RéPLICATION de scénario à paramètre-paramètres égaux : Robustesse

Paramètres d'entrée légèrement différents : Sensibilité

Choix scénaristiques : Analyse qualitative

- **Objectifs**

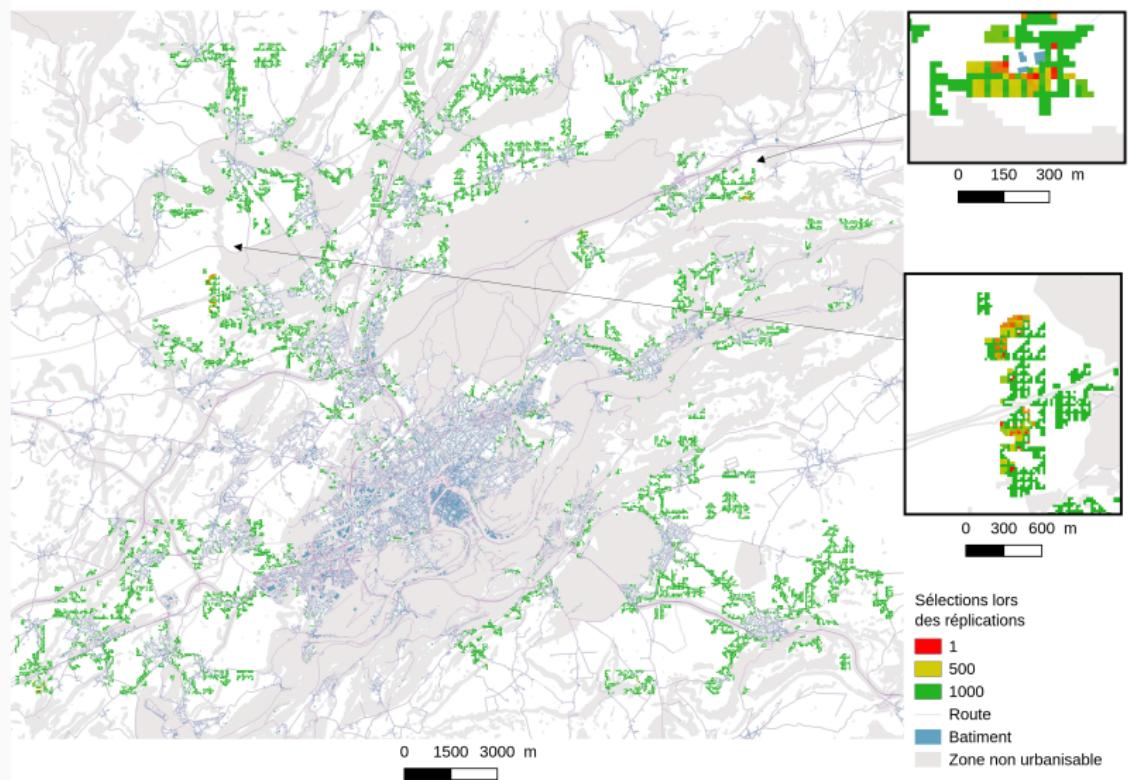
Fiabilité des résultats de simulation

Sélection de configurations résidentielles à mettre en œuvre-
exploiter

Article en préparation

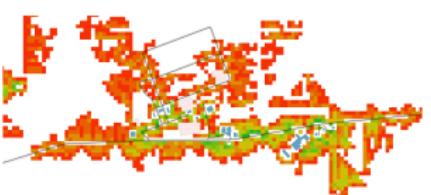
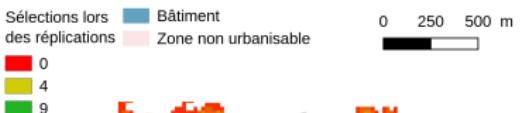
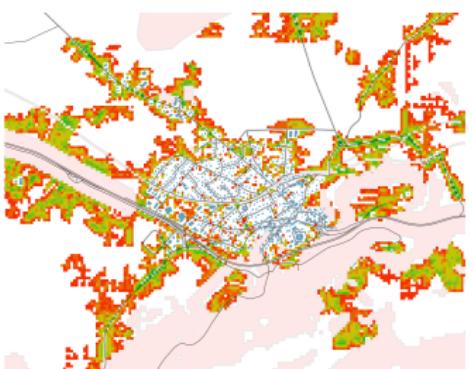
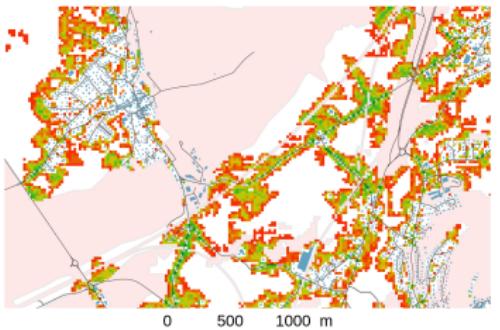


MUP-City: analyse de sensibilité - Exemples



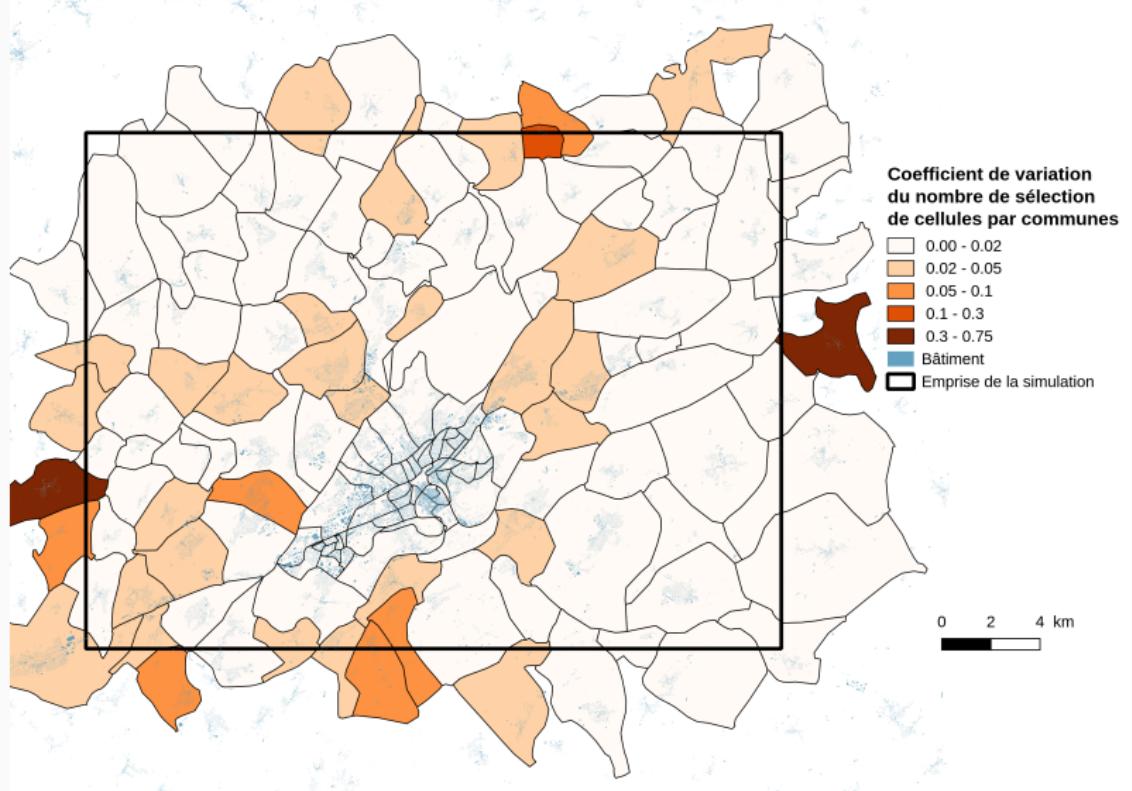
Stochasticité de la simulation pour 1000 réplications

MUP-City: analyse de sensibilité - Exemples



Modification de l'emprise de la simulation

MUP-City: analyse de sensibilité - Exemples



Imprécision des données

Conclusion de cette étude

Systématisation ~~et distribution de ces~~ des analyses
par la distribution de calculs

Méthodologie reproductible

Sélection de plusieurs sorties à tester dans le couplage

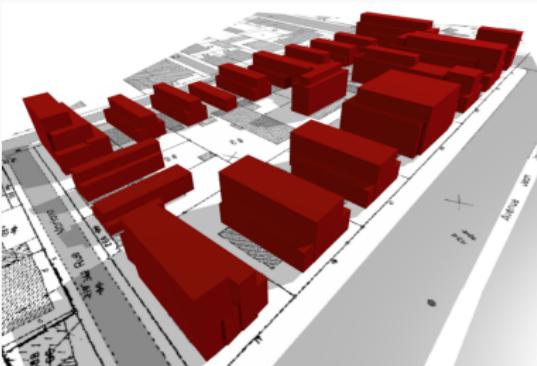


SimPLU

SimPLU

Génère des ~~enveloppes de~~ configurations bâties en 3D

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

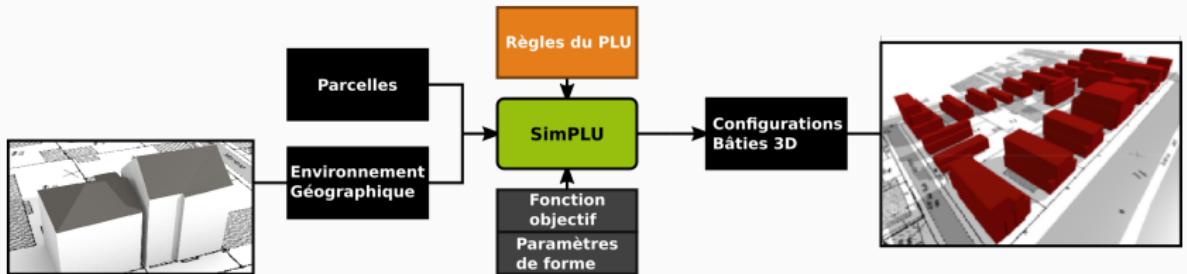


Entrées

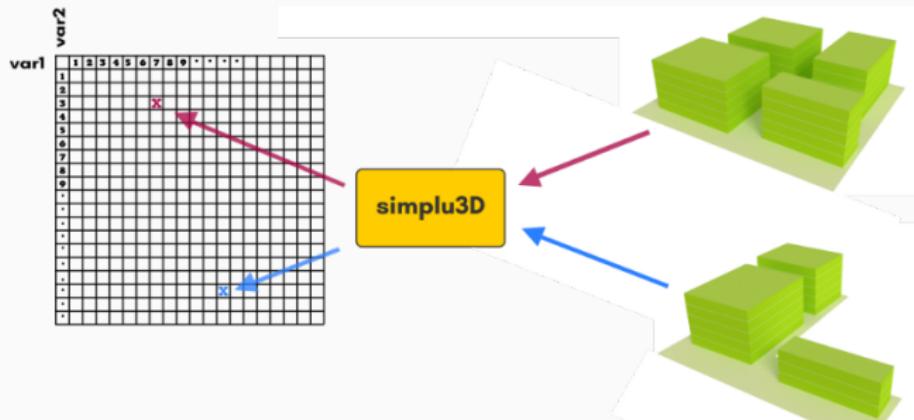
- Parcalle au sein d'un îlot urbain
- Dimension et placement des bâtiments simulés
- Fonctions-Fonction d'optimisation

Sortie

- Bâtiments en 3D représentant un potentiel constructible



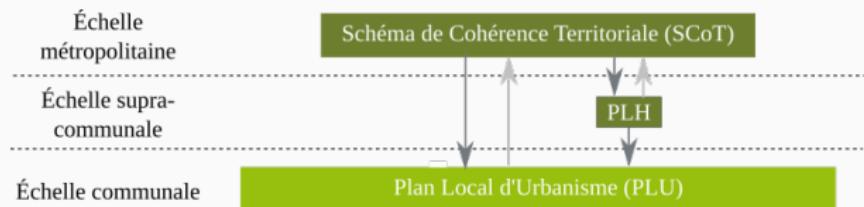
SimPLU: étude des sorties - Exemple



Explorations systématiques visant à la mise au point de de bonnes pratiques pour la création de PLU (Chapron, Brasebin, Perret et al, 2017)

PLUCities

Objectif : Contrôler la construction de logements



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
- Définit la politique du logement

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
- Définit la politique du logement

Relation de compatibilité entre ces deux documents

Documents de planification régionale - Exemple

Légende

Emprise du SCoT

Nombre de logements prévus par le SCoT

3 - 63

63 - 163

163 - 275

275 - 400

400 - 1138

18625

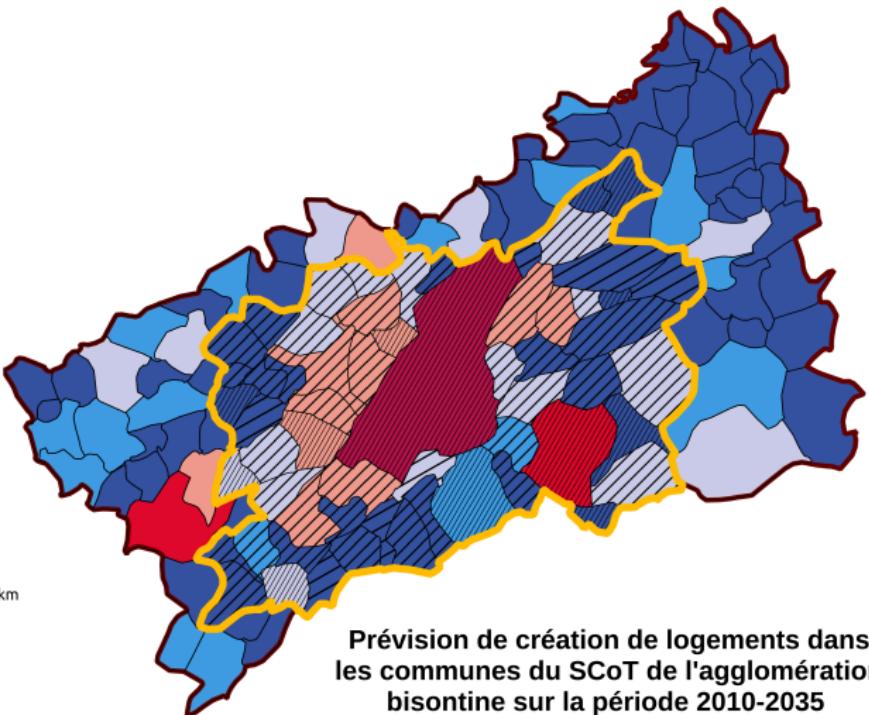
Emprise du PLH

Logements à construire par un acteur public dans le PLH

0% - 25%

25% - 35%

35% - 50%



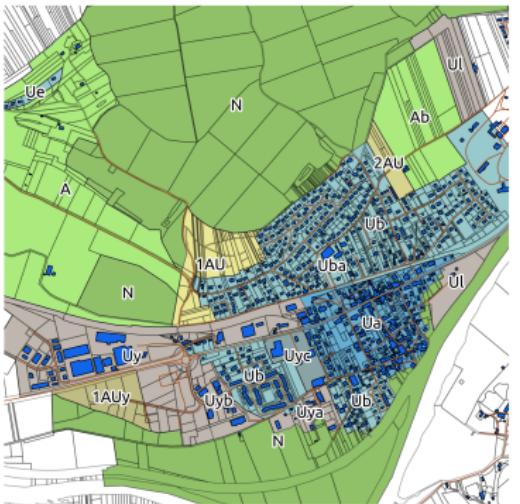
Le **Plan Local de l'Urbanisme (PLU)** détaille et spatialise les contraintes de constructibilité au sein d'une commune

- 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*
- Les zones définies comme Urbanisées (**U**)
- Les zones définies comme À Urbaniser (**AU**)



Légende

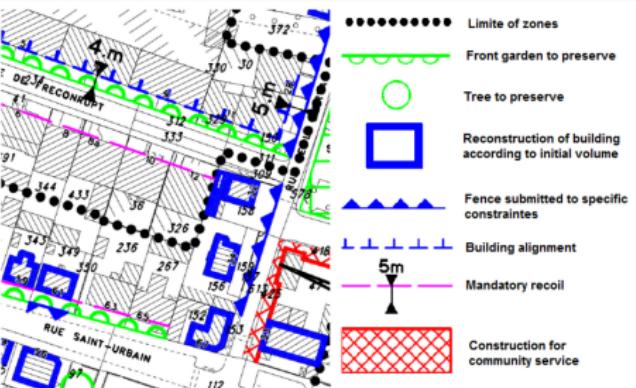
■ Bâtiment	Zone du PLU
— Route	
■ A	AU
■ N	
■ U	
■ U non constructible	

Plan de zonage du PLU de Roche-lez-Beaupré (25)

Application d'un PLU - Le règlement

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



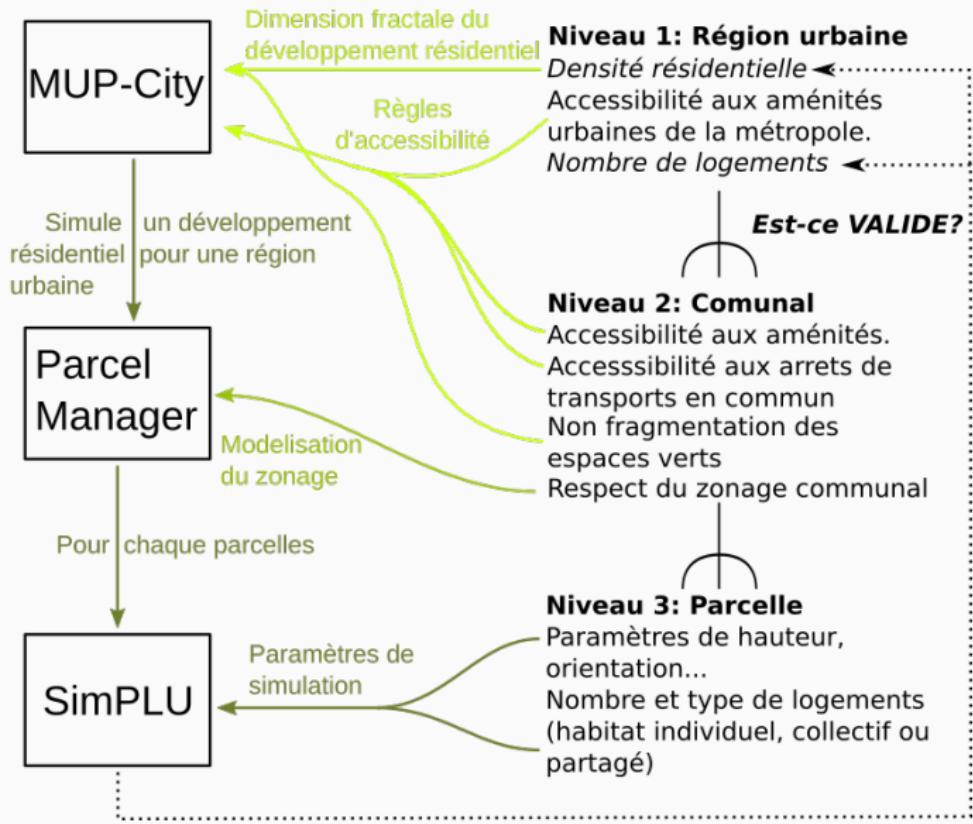
*Exemple de contraintes dans
Brasebin 2016 prescriptions
graphiques (PLU de Strasbourg)*

- Leurs rédacteurs sont différents
- Leurs objectifs peuvent varier
- Leurs effets peuvent être contradictoires

- Leurs rédacteurs sont différents
- Leurs objectifs peuvent varier
- Leurs effets peuvent être contradictoires

Nécessité d'uniformiser les documents d'urbanisme et de planification pour que leurs actions soient concordantes

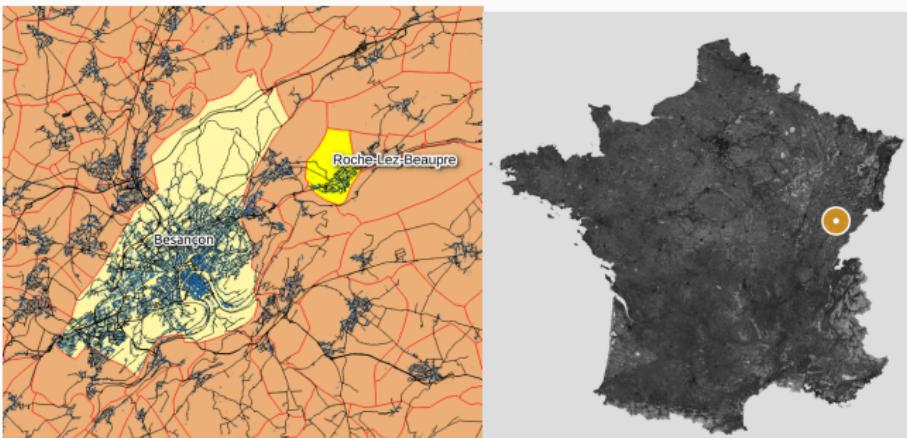
Le couplage PLUCities



Roche-lez-Beaupré (25) – Grand Besançon

2100 habitants – **350 logements** prévus entre 2010 et 2035

Densité résidentielle visée : **20 logements/ha**



Développement résidentiel diffus



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont nombreux et dispersés

Développement résidentiel diffus



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont nombreux et dispersés
- Parcel Manager: Parcelles vides / Pas de division parcellaire

Développement résidentiel diffus



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont nombreux et dispersés
- Parcel Manager: Parcelles vides / Pas de division parcellaire
- SimPLU: Batiments individuels

Développement résidentiel modérément compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnés sont nombreux et concentrés

Développement résidentiel modérément compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnés sont nombreux et concentrés
- Parcel Manager: Parcelles vides et occupés / Division parcellaire autorisée

Développement résidentiel modérément compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnés sont nombreux et concentrés
- Parcel Manager: Parcelles vides et occupés / Division parcellaire autorisée
- SimPLU: Maisons jumelées et petit collectif

Développement résidentiel compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont peu nombreux et concentrés

Développement résidentiel compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont peu nombreux et concentrés
- Parcel Manager: Parcelles vides et occupés / Pas de division parcellaire

Développement résidentiel compact



- MUP-City: Les emplacements sélectionnées sont peu nombreux et concentrés
- Parcel Manager: Parcelles vides et occupés / Pas de division parcellaire
- SimPLU: Petit et grand collectif

Comparaison des trois scénarios

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Objectif Régional
Logements	258	356	356	350
Densité	29	136	158	20
Nombre moyen de logement par bâtiment	1.4	10.4	14.8	

Urban sprawl



Urban sprawl



Statistique du scénario de développement résidentiel diffus

Scenario 1	Logements construits	Densité (Lgt/hectare)	Maison	Appartement
Densification	51	20	28	23
Extension	207	32	160	47
Total	258	29	188	70
Objectif Régional	350	20		

Visualisation

MUP-City et le dév

SimPLU et la simul

PLUCities : Coupl

Conclusions Conclu

Moderately compact development



Visualisation

MUP-City et le dév

SimPLU et la simu

PLUCities : Coupl

Conclusions Conclu

Moderately compact development



Statistique du scénario de développement résidentiel moyennement compact

Scenario 1	Logements construits	Densité (Lgt/hectare)	Maison	Appartement
Densification	356	136	0	356
Extension	0	0	0	0
Total	356	136	0	356
Objectif Régional	350	20		

Compact development



Compact development



Statistique du scénario de développement résidentiel compact

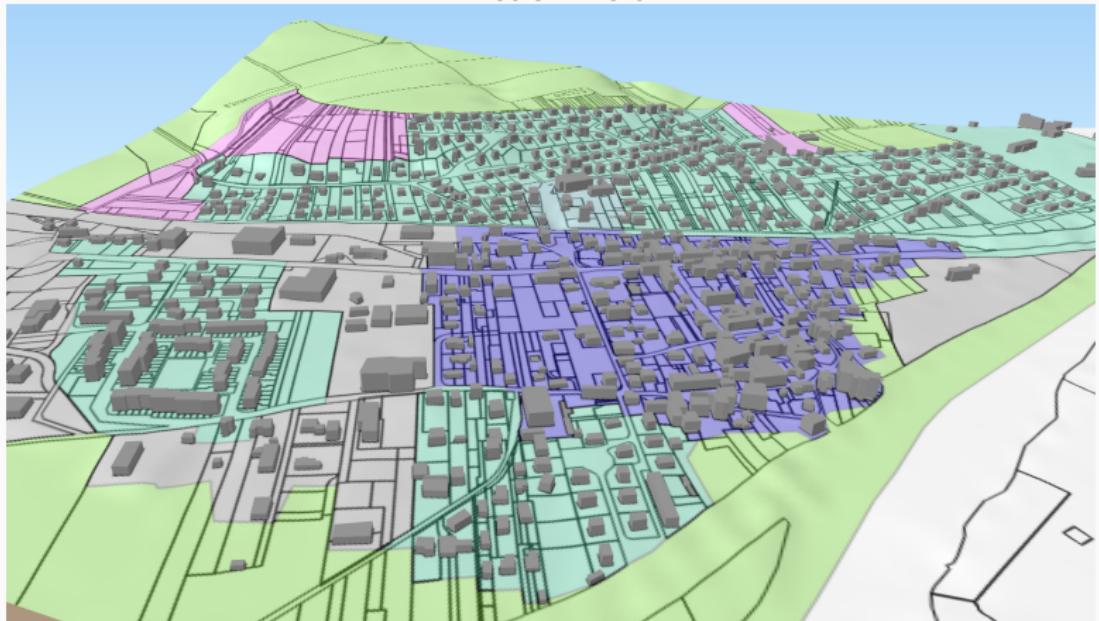
Scenario 1	Logements construits	Densité (Lgt/hectare)	Maison	Appartement
Densification	299	161	0	299
Extension	57	143	0	57
Total	356	158	0	356
Objectif Régional	350	20		

PLUCities - Visualisation

Zonage du PLU

- Zone Ua
- Zone Ue ou UI
- Zone N ou A
- Zone Ub
- Zone AU

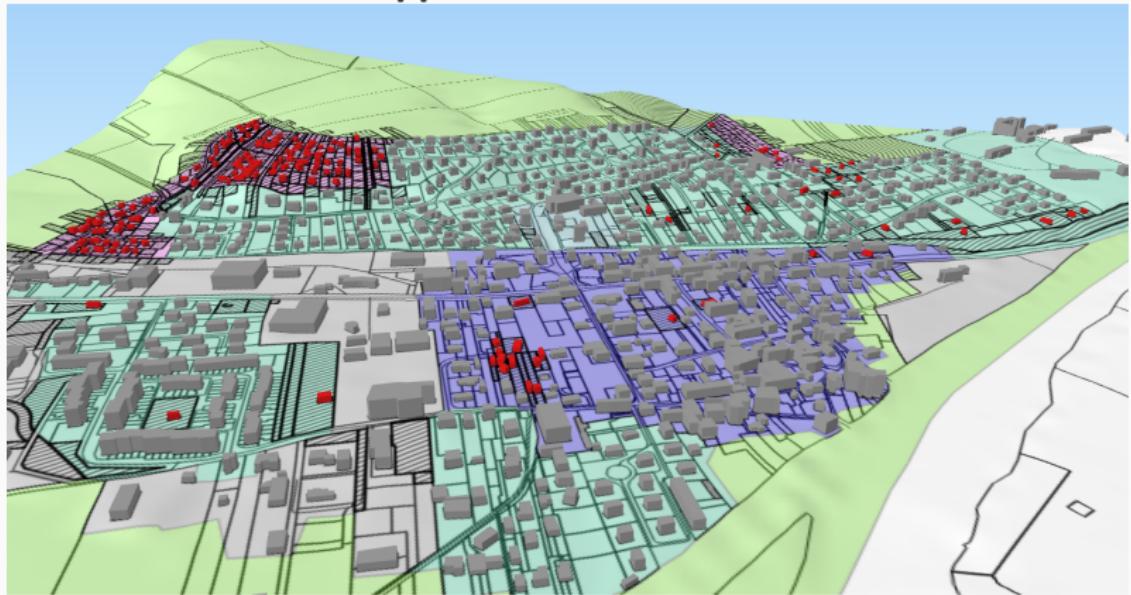
État initial



Zonage du PLU

- Zone Ua
- Zone Ue ou UI
- Zone N ou A
- Zone Ub
- Zone AU

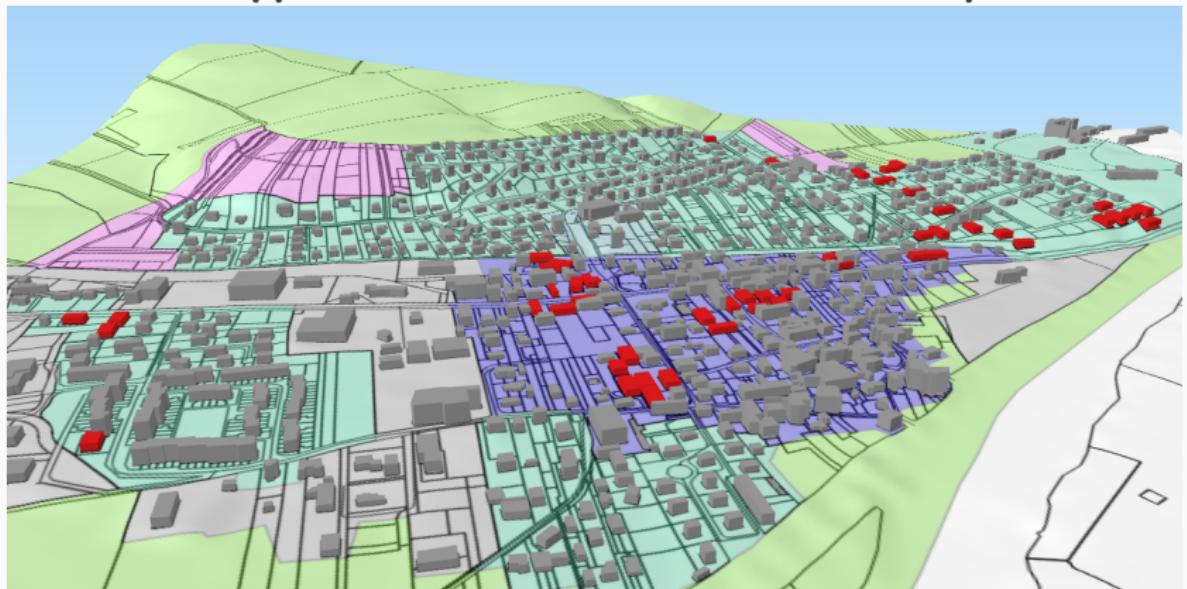
Développement résidentiel diffus



Zonage du PLU

- Zone Ua
- Zone Ue ou UI
- Zone N ou A
- Zone Ub
- Zone AU

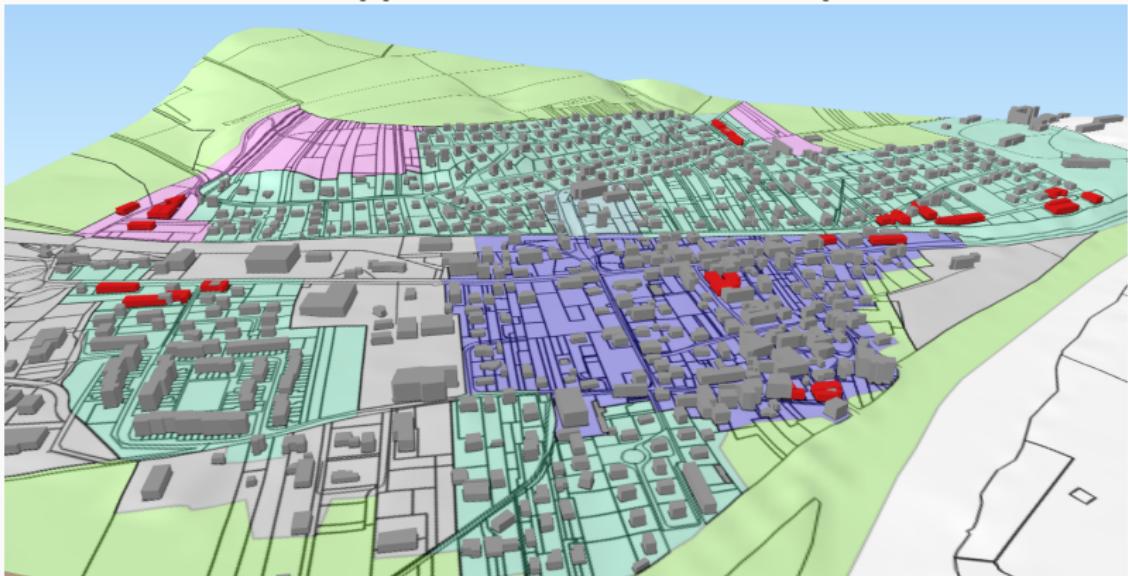
Développement résidentiel modérément compact



Zonage du PLU

- Zone Ua
- Zone Ue ou UI
- Zone N ou A
- Zone Ub
- Zone AU

Développement résidentiel compact



Conclusion sur ce couplage

Conclusion sur cette expérimentation

- Couplage expérimental (*conférence ECTQG - août 2017*)
- **D**ifférents scénarios d'~~extensions~~extension résidentielle pour un **même jeu de documents d'urbanisme**

Futurs développements

- Approfondir les scénarios
- Analyse quantitative
- **E**xploration des différentes configurations spatiales possibles

Conclusions

Conclusion

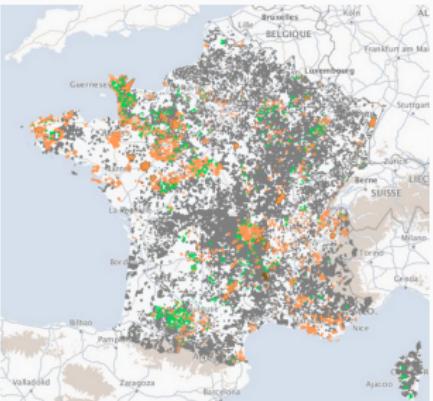
Travaux en parachèvement

- Diversité des sorties de modèles de simulation **urbaines**
- **Couplage** de modèles de simulation produisant **un-des développements résidentiels**
- Différents paramétrages pour **orienter** ces développements

Perspectives d'utilisation

- **Proposition à Expérimentation avec** l'agglomération de Besançon (CAGB)
- Assistance à la révision des PLU et des PLH (et PLU-H)
- Auto-génération de cartes thématiques
- Couplage avec des modèles simulant l'évolution du marché immobilier

Opportunités pour l'IGN



Dépôt des PLU sur le GPU

~~Faire ces calculs sur la France entière~~ Définition de données adaptées à la simulation des évolutions (enrichissement du GPU)

~~Proposer des simulations aux~~ Proposition de service pour permettre l'application de ce type d'approche sur le territoire français ... notamment pour les entités ~~déposant leurs~~ définissant des documents d'urbanisme

Certification de la robustesse de processus de simulation relativement à la qualité des données

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/maxcolomb/PLUCities>

Questions?

Merci pour votre attention

Everything we do is open source

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

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

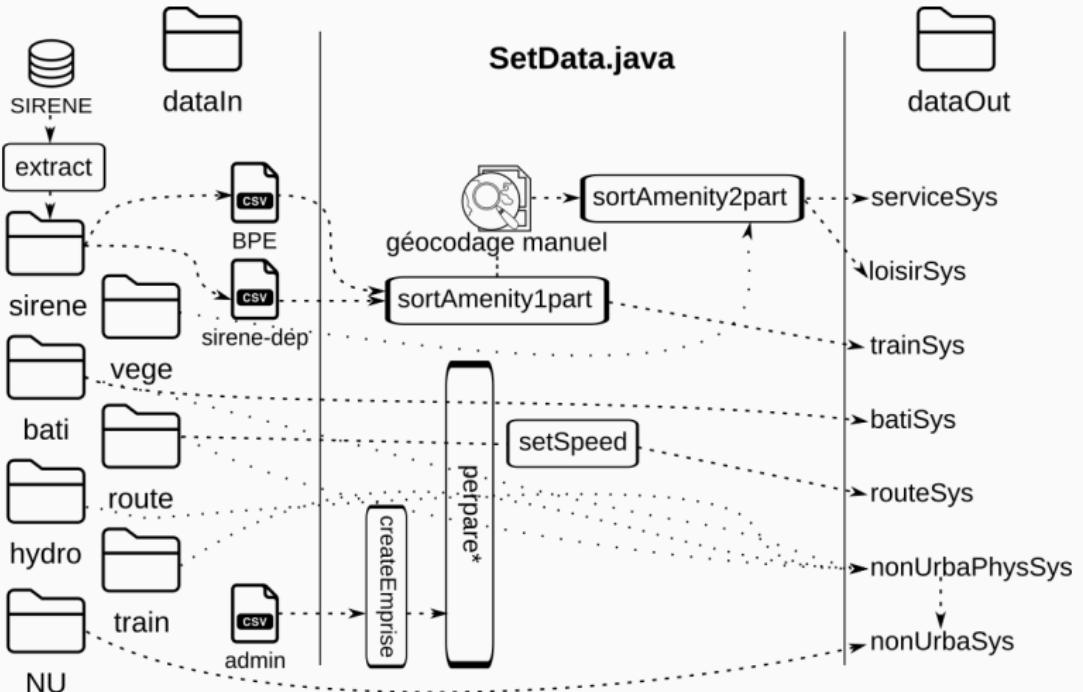
PLUCities : <https://github.com/maxcolomb/PLUCities>

Questions?



DON'T DELAHOUSSE ME

Données nécessaire à l'exécution de MUP-City



Données nécessaire à l'exécution de SimPLU

