

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

2019-09-05

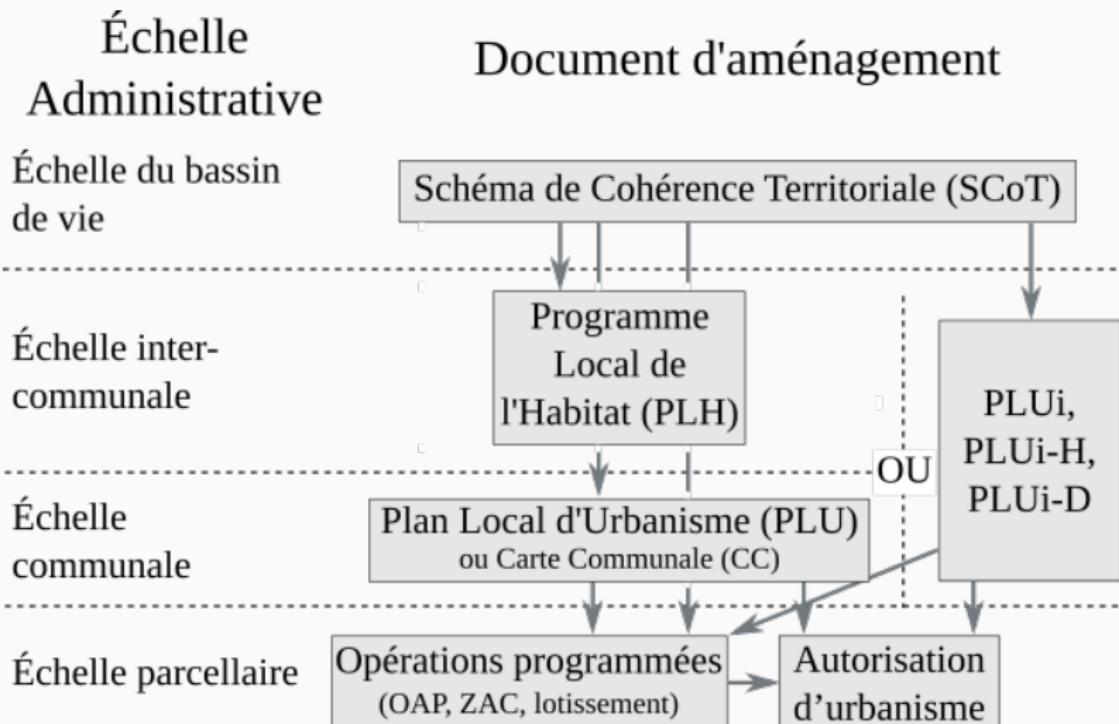
Contexte : le phénomène d'étalement urbain

MUP-City
SimPLU
PLUCities
Conclusion

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



Les différents documents d'aménagement



Documents de planification régionale

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

Légende

Emprise du SCoT

Nombre de logements prévus par le SCoT

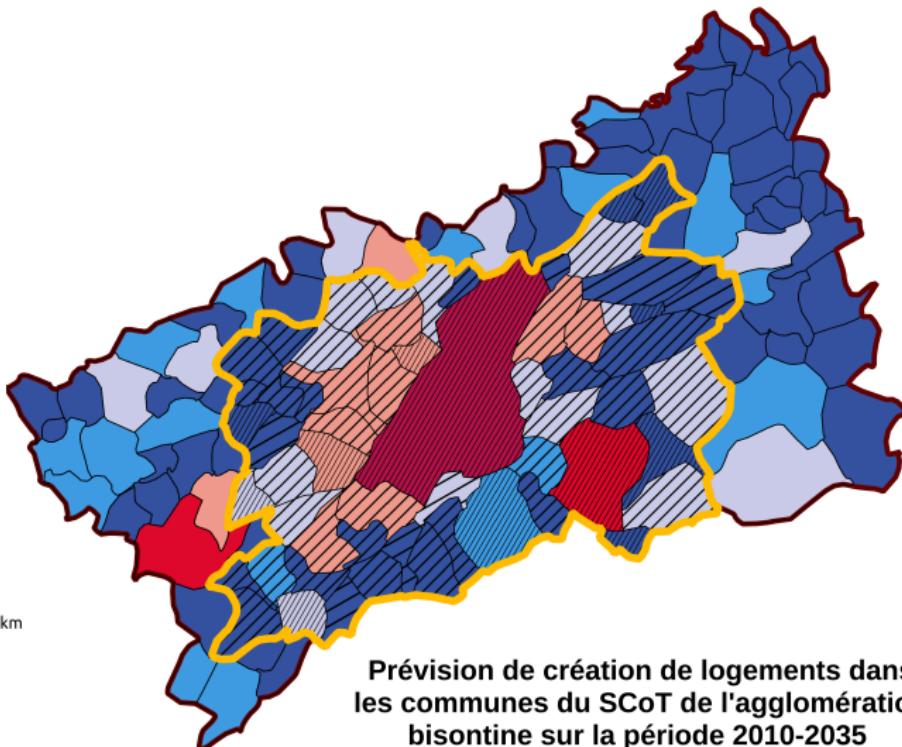
- [Dark Blue] 3 - 63
- [Light Blue] 63 - 163
- [Light Purple] 163 - 275
- [Orange] 275 - 400
- [Red] 400 - 1138
- [Maroon] 18625

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



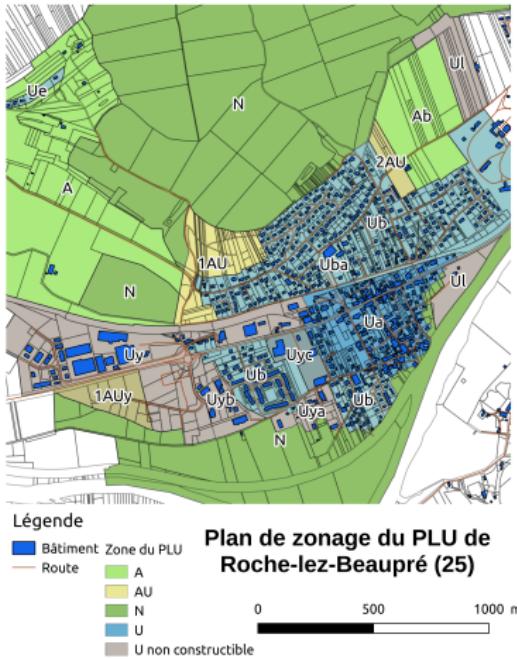
Le **Plan Local de l'Urbanisme (PLU)** détaille et spatialise les contraintes de constructibilité au sein d'une commune

- 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**)



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**



- 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

Modélise un ou plusieurs phénomènes
Simulations réapplicables et systématisables

Modélise un ou plusieurs phénomènes

Simulations réapplicables et systématisables

Beaucoup de modèles coexistent

Modélise un ou plusieurs phénomènes

Simulations réapplicables et systématisables

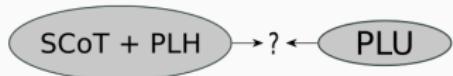
Beaucoup de modèles coexistent

Couplage de modèles existants

Problématique : planification régionale – planification locale

Scot + PLH : Objectifs de logements

PLU : Contraintes de construction

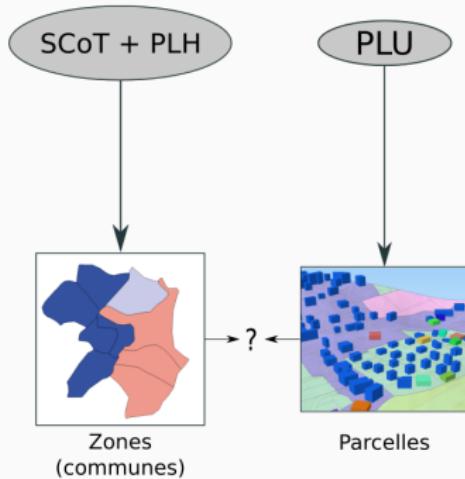


Problématique : planification régionale – planification locale

Scot + PLH : Objectifs de logements

PLU : Contraintes de construction

Comment vérifier la compatibilité entre ces différents documents ?



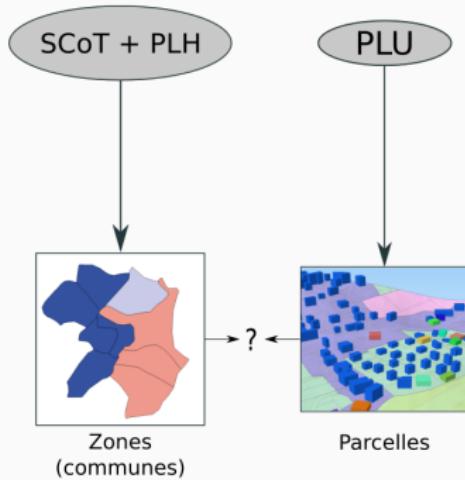
Problématique : planification régionale – planification locale

Scot + PLH : Objectifs de logements

PLU : Contraintes de construction

Comment vérifier la compatibilité entre ces différents documents ?

Couplage de deux modèles



Problématique : planification régionale – planification locale

Scot + PLH : Objectifs de logements

PLU : Contraintes de construction

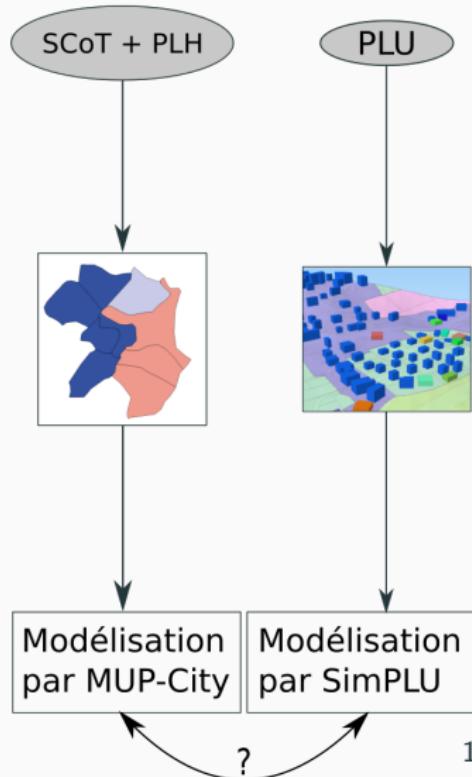
Comment vérifier la compatibilité entre ces différents documents ?

Couplage de deux modèles

Développement résidentiel régional :

MUP-City

Constructibilité locale : **SimPLU**



Beaucoup de modèles pour simuler certains aspects du développement résidentiel

Beaucoup de modèles pour simuler certains aspects du développement résidentiel

Couplage de modèles existants

Verrous méthodologiques

Fiabilité des modèles de simulation

Verrous méthodologiques

Fiabilité des modèles de simulation

validation ! calibration ! stabilité ? sensibilité ?

Verrous méthodologiques

Fiabilité des modèles de simulation

validation ! calibration ! stabilité ? sensibilité ?

Interopérabilité des modèles

Différentes échelle

Différents objets

Différentes interprétations

Différentes temporalités

Verrous méthodologiques

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

Simulation du **développement résidentiel**

Couplage de deux modèles 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

Plan de la présentation

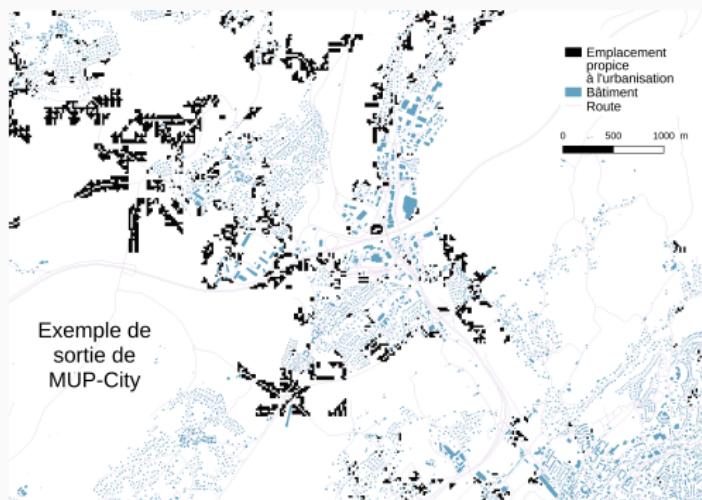
- Présentation et analyse de la **variabilité** de ces deux simulateurs
- Présentation d'un **couplage expérimental**
- Application à une commune péri-urbaine
- Esquisse d'un outil d'aide à la planification territoriale

MUP-City



Simulation multi-échelle du développement résidentiel

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

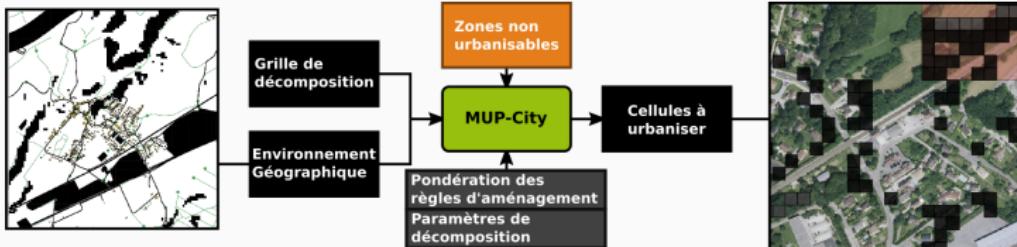


Entrées

- 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



MUP-City: analyse de sensibilité

Étude des variations

RéPLICATION de scénario à paramètres égaux : Robustesse

Paramètres d'entrée légèrement différents : Sensibilité

Choix scénaristiques : Analyse qualitative

-

Objectifs

Fiabilité des résultats de simulation

Sélection de configurations résidentielles à exploiter

-



Étude des variations

RéPLICATION de scénario à paramètres égaux : Robustesse

Paramètres d'entrée légèrement différents : Sensibilité

Choix scénaristiques : Analyse qualitative

-

Objectifs

Fiabilité des résultats de simulation

Sélection de configurations résidentielles à exploiter

-

Article en préparation



MUP-City: analyse de sensibilité - Exemples

Conclusion de cette étude

Systématisation des analyses par la distribution de calculs

Méthodologie reproductible

Sélection de plusieurs sorties à tester dans le couplage

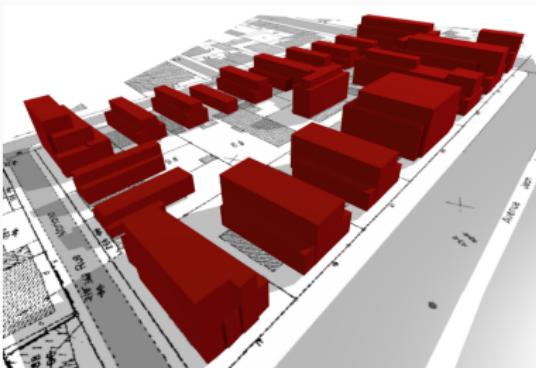


SimPLU

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



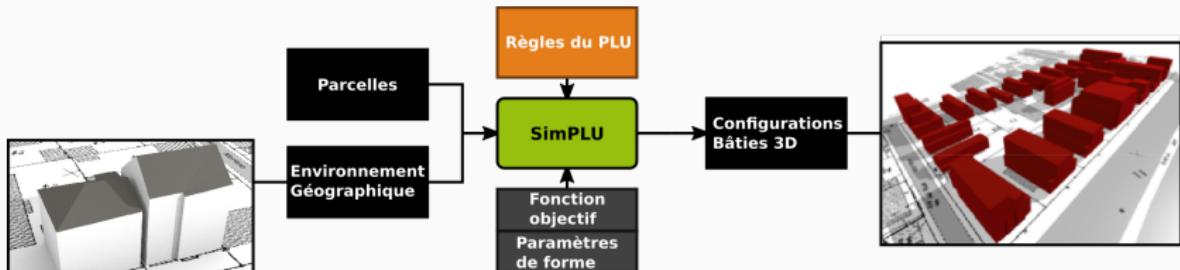
SimPLU: entrées et sorties

Entrées

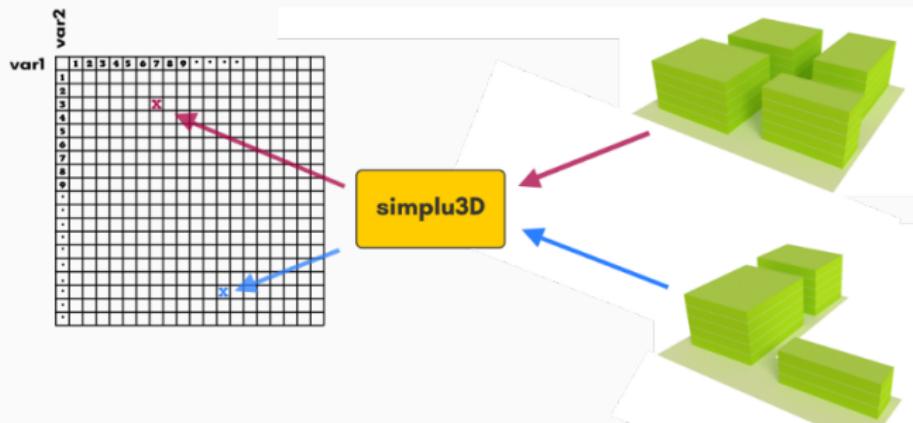
- Parcalle au sein d'un îlot urbain
- Dimension et placement des "boîtes" simulés
- Fonction d'optimisation

Sortie

- Configuration en 3D représentant un potentiel constructible



SimPLU: étude des sorties - Exemple



Explorations systématiques visant à la mise au point 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
- Programme de futurs 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 futurs opérations

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

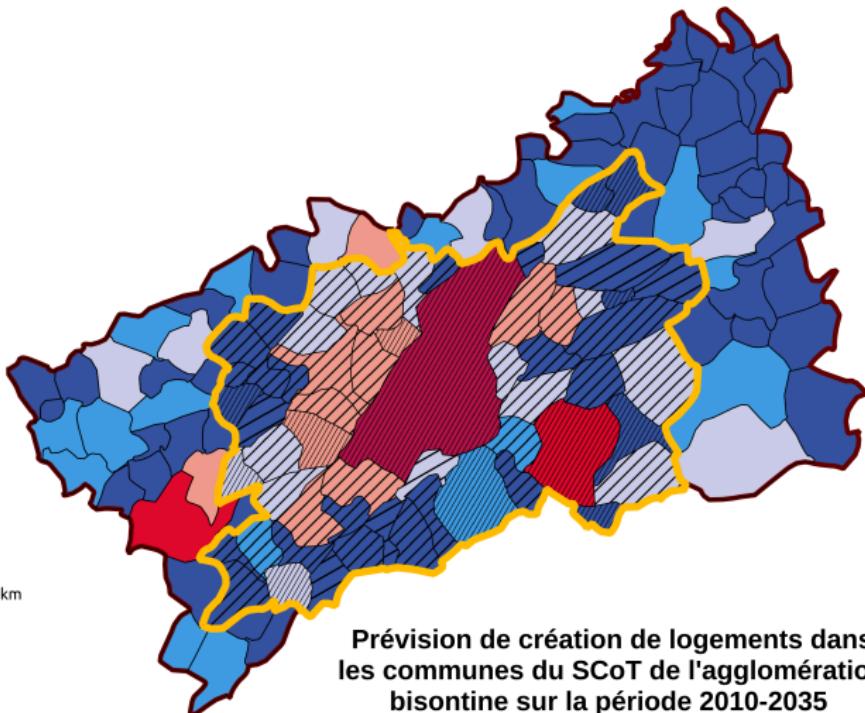
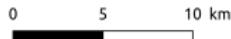
Emprise du PLH

Logements à construire par un acteur public dans le PLH

0% - 25%

25% - 35%

35% - 50%



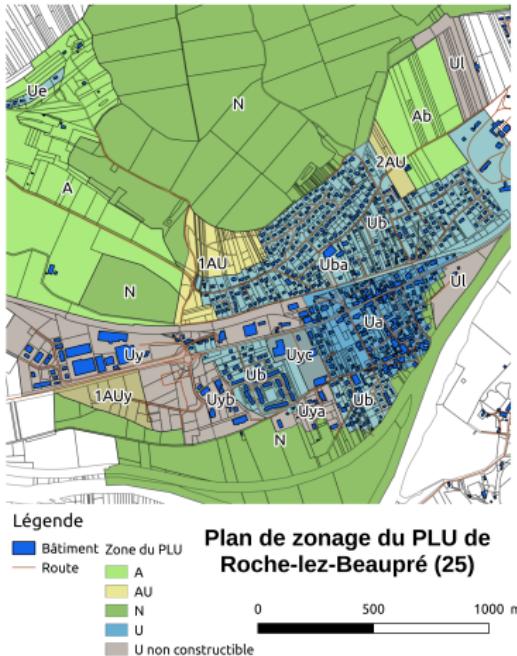
Le **Plan Local de l'Urbanisme (PLU)** détaille et spatialise les contraintes de constructibilité au sein d'une commune

- 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

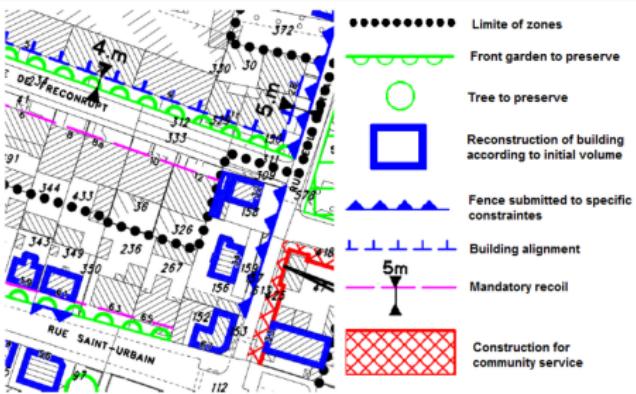
Zones générales et sous-zones particulières

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



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)

- 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

Colomb et al, 2017

Conclusion sur ce couplage

Conclusion sur cette expérimentation

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

Futurs développements

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

Conclusion

Travaux en parachèvement

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

Perspectives d'utilisation

- 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

- 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

Merci pour votre attention

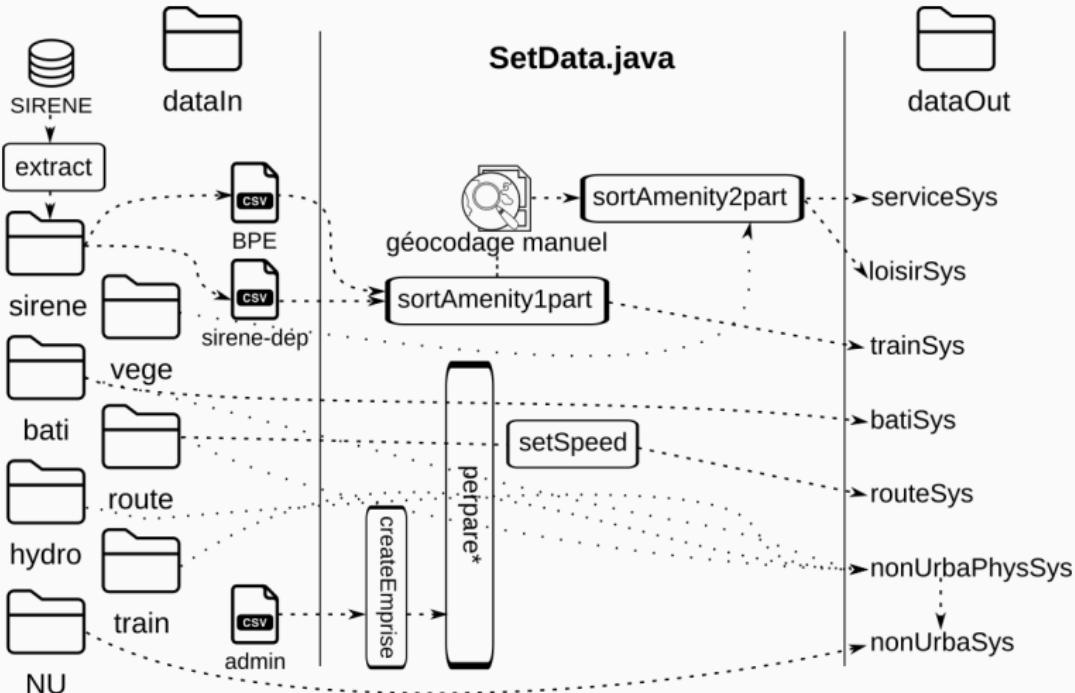
Everything we do is open source

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

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

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

Données nécessaire à l'exécution de MUP-City



Données nécessaire à l'exécution de SimPLU