

# Les données géographiques 3D pour simuler l'impact de la réglementation urbaine sur la morphologie du bâti.

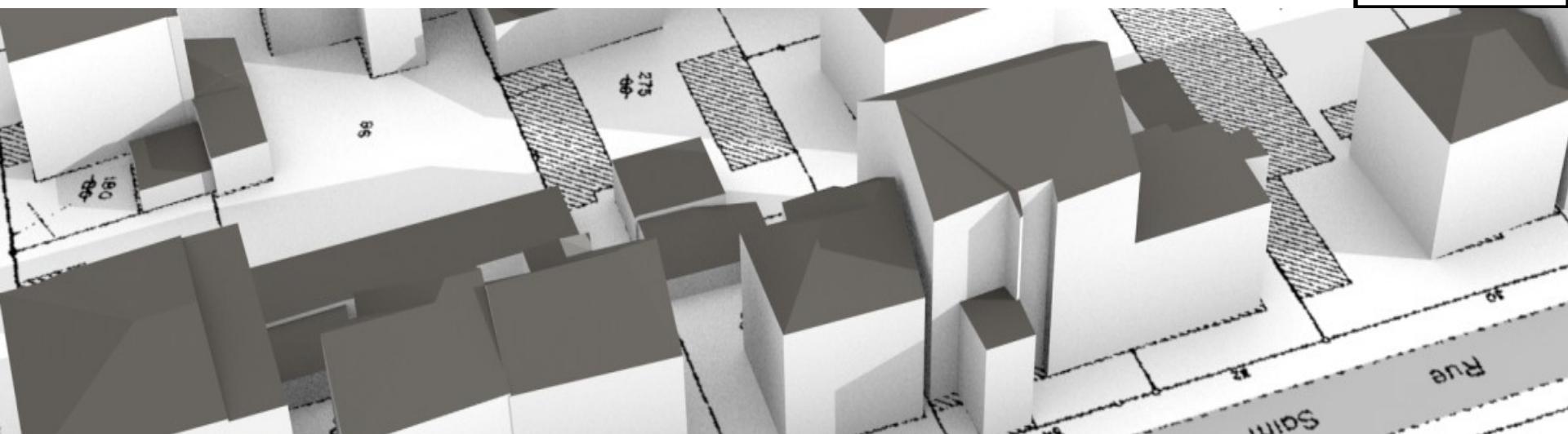
Mickaël Brasebin



Encadrement :

Julien Perret, Sébastien Mustière (COGIT)

Christiane Weber (LIVE)

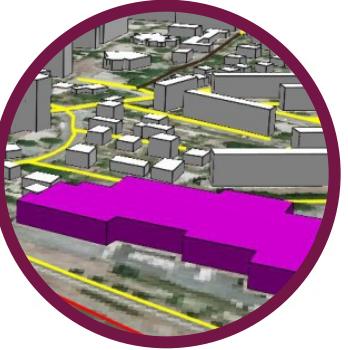


- Développement territorial à travers de nombreux plans
  - Schémas de cohérence territoriale (SCOT),
  - Plans locaux d'urbanisme (PLU),
  - Plans de déplacements urbains (PDU).
- ... qui contiennent des informations spatialisables
  - PLU :
    - Droit à bâtir,
    - Définit des règles 3D sur la morphologie du bâti,
    - Élaboré en concertation avec le citoyen.

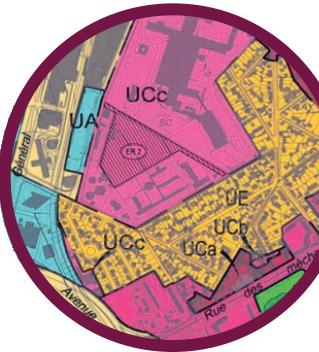
- **Citoyen :**
  - Qu'est ce que le PLU permet de construire ?
    - Propriété
    - Quartier
- **Agence d'urbanisme :**
  - Le PLU est il en cohérence avec le SCOT ?
- **Difficultés :**
  - Compréhension de la réglementation,
  - Représentation des formes potentiellement produites.

# Objectif de la thèse

Données  
3D



PLU

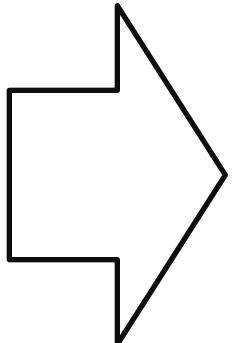
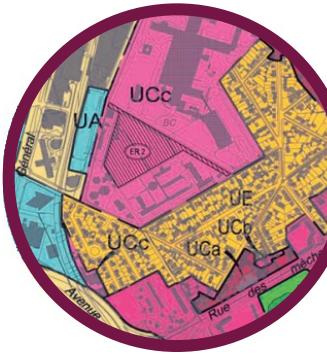


# Objectif de la thèse

Données  
3D



PLU



Stratégie

Proposition de bâtiments

Objectif : évaluer l'impact des droits à bâtir

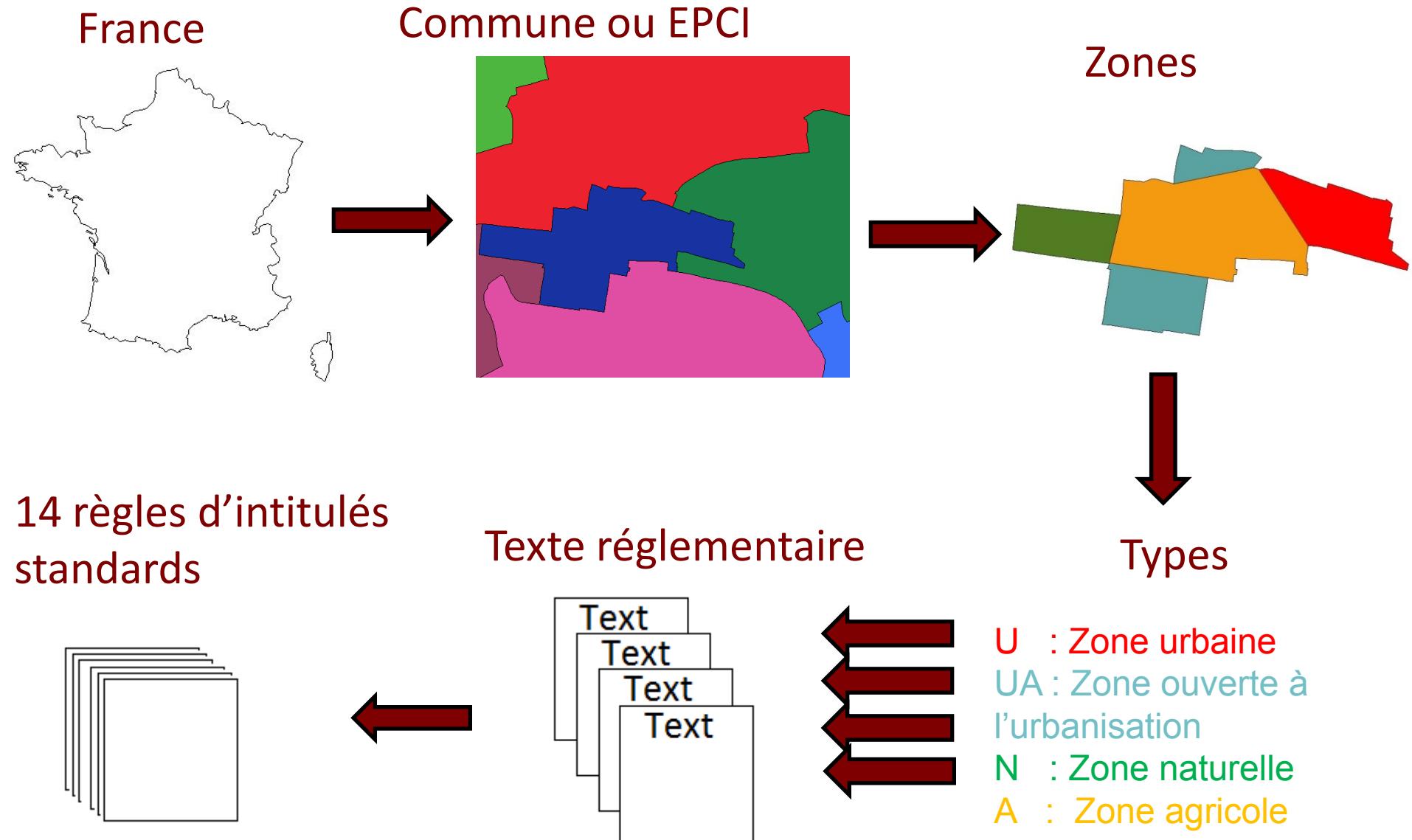
- Un modèle pour représenter les connaissances des PLU
  - Objets géographiques,
  - Règles d'urbanisme.
- Une approche pour exploiter ces connaissances
  - Implantation de bâtiments.
- Cas d'application



# MODÉLISER LES CONNAISSANCES

Modélisation de l'environnement géographique  
Formalisation des règles d'urbanisme

# Qu'est ce qu'un PLU ?



- **POS/PLU**

- 14 articles pour régir les droits à bâtrir

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

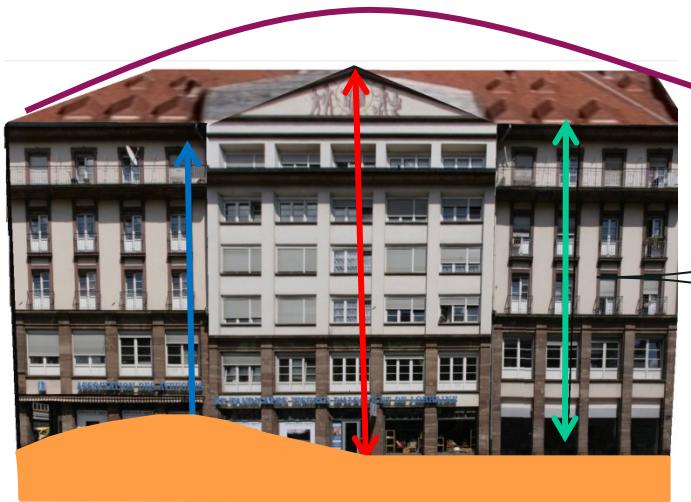
Articles 9, 14 : Ratio d'occupation du sol

Article 11 : Aspect extérieur

- Prescriptions graphiques

- Servitudes de vue,
    - Cohérence du tissu

- Seul le titre est standardisé
  - Article #10 : Hauteur maximale des bâtiments



Terrain

- Nombre d'étages
- Hauteur faitage
- Hauteur maximale par rapport au plus haut point du terrain
- Hauteur par rapport à la gouttière
- Selon un plan de masse

- Objectif :
  - Lister les objets géographiques, les propriétés et les relations permettant d'exprimer les règles d'urbanisme
- Sélection :
  - Formes les plus courantes de règles concernant le bâti,
  - Informations disponibles dans les données ou calculables.

- Considérons une règle d'un PLU :

« Si la parcelle est bordée par une route de largeur supérieure à 6m alors une hauteur maximale de 12 m devra être respectée»

- Considérons une règle d'un PLU :

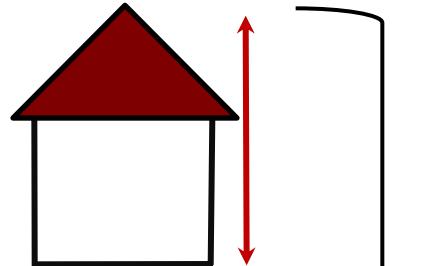
« Si la **parcelle** est **bordée** par une **route** de **largeur** supérieure à 6m alors une **hauteur maximale** de 12 m devra être respectée»

En rouge, les **objets géographiques**, en bleu, les **propriétés** et en vert les **relations**

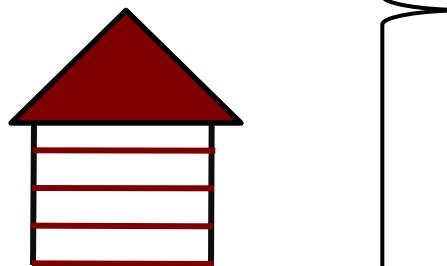
- Résultats :
  - 100 concepts
  - 30 relations et propriétés
- Modèle de données basé sur :
  - CityGML,
  - Inspire Parcellle & LandUse,
  - CNIG – COVADIS prescriptions.

# Exemples de propriétés et relations

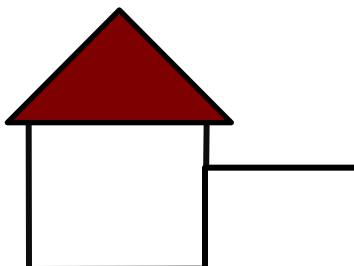
Hauteur maximale



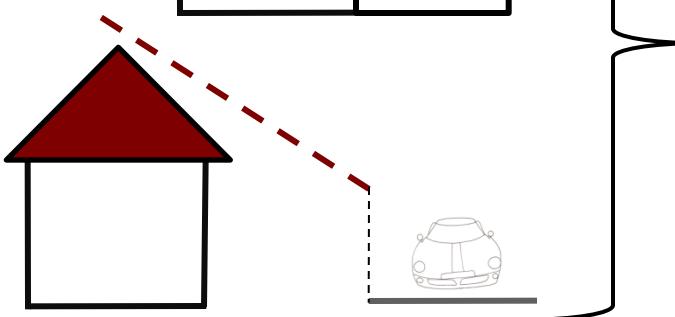
Surface de plancher



Adjacence



Prospect



Propriétés

Relations

- Formalisation des règles au format OCL :
  - Langage normalisé de contraintes,
  - Réutilisation de toutes les informations du modèle

- Formalisation des règles au format OCL :  
« Si la **parcelle** est bordée par une **route** de **largeur** supérieure à 6m alors une **hauteur maximale** de 12 m devra être respectée»

- Traduction en OCL :

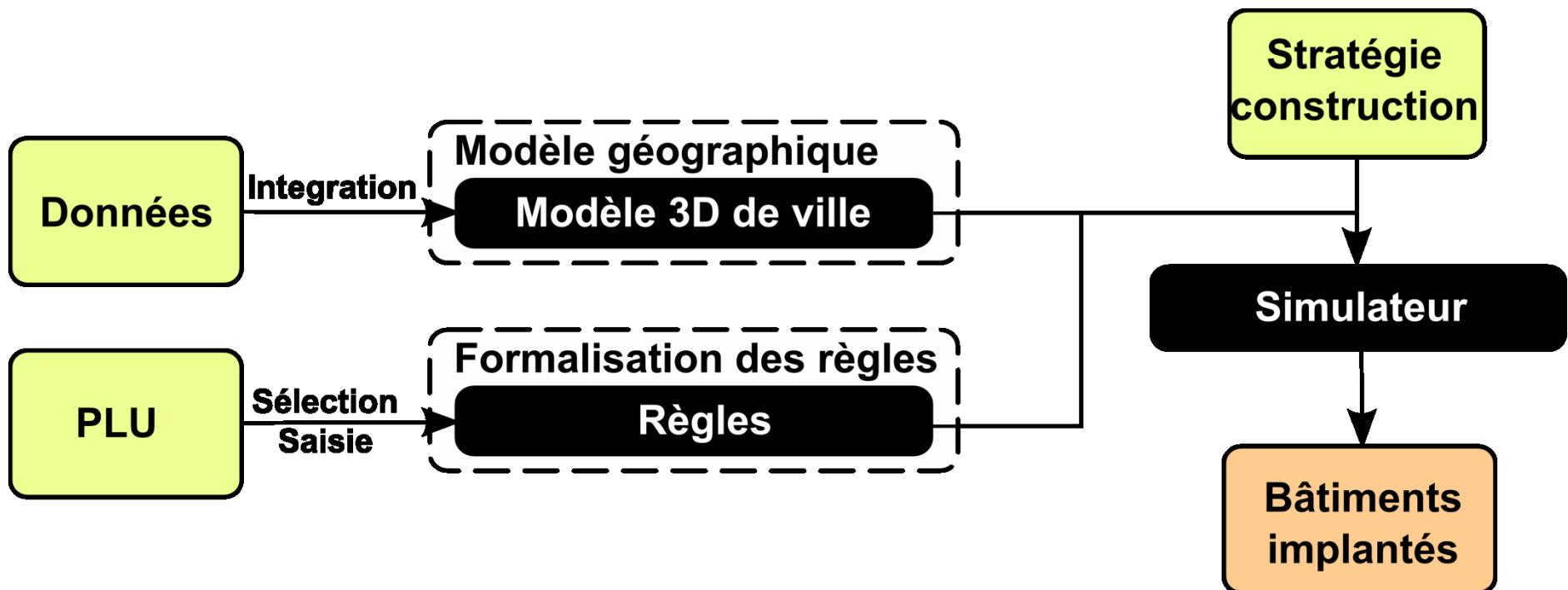
```
context Parcelle inv  
(not bordures->objetsBordant())-> select(object | estRoute  
and largeur >6).isEmpty()) implies  
self.batiments->hauteurMax() < 12m
```



# EXPLOITER LES CONNAISSANCES

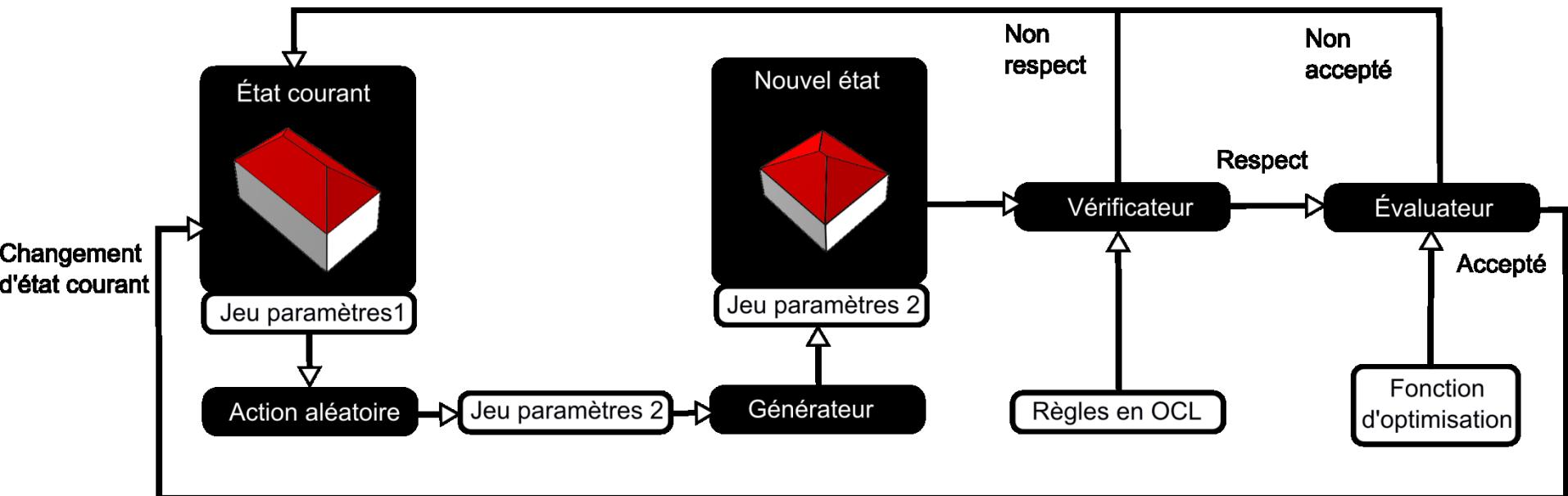
Génération de bâtiments à partir de scénarios

# Schéma global



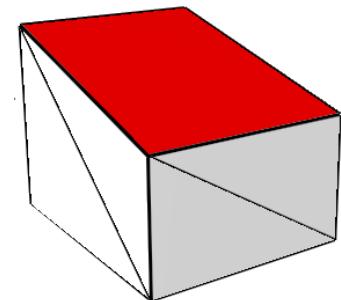
- Proposition d'une méthode générique
- Hypothèse
  - L'agent cherche à optimiser des critères
- Stratégie de construction
  - Résolution de problème d'optimisation sous contraintes
- Contraintes
  - Règlement d'urbanisme,
  - Pratiques de construction
- Critères d'optimisation
  - Indicateurs à maximiser

- Meta-heuristique locale

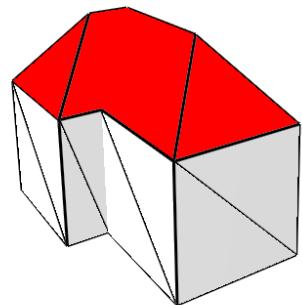


- Actions :

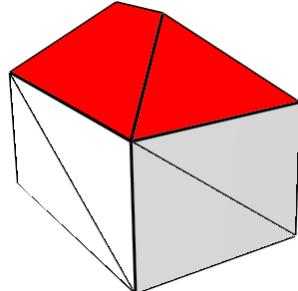
- Choisir une forme,
- Déterminer le volume,
- Fixer une position,
- Proposer une orientation.



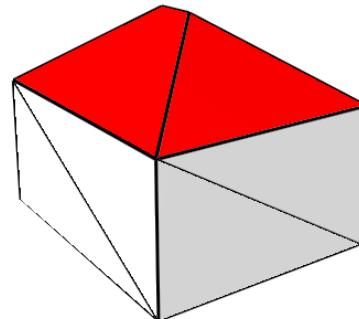
Toit appentis



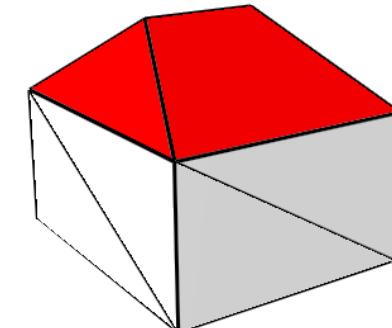
Forme rectangle



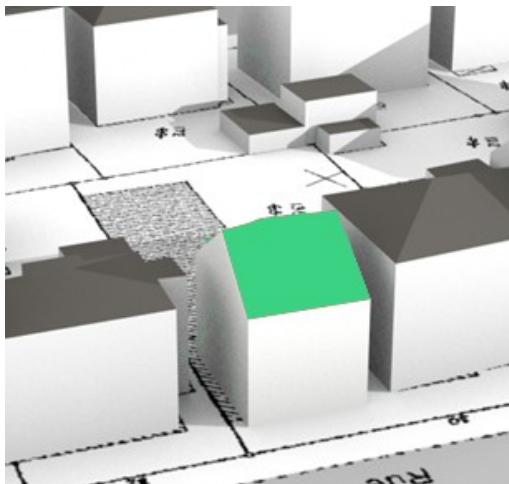
Changement taille



Rotation

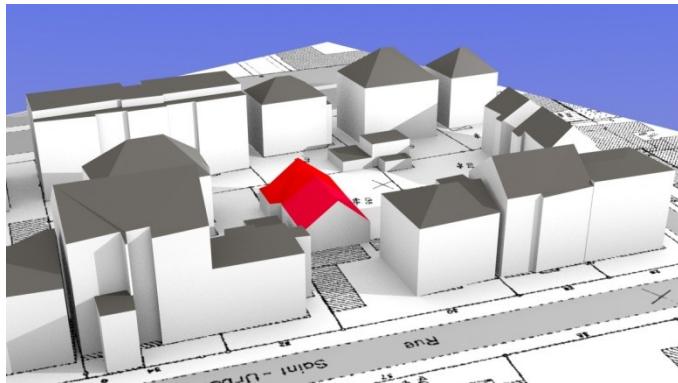


- **Interprétation des expressions OCL**
  - Opérateurs spatiaux pour exprimer les informations nécessaires.
- **Difficultés**
  - Informations lacunaires,
  - Concepts imprécis ou définis différemment selon le PLU.



Ce bâtiment respecte toutes les règles saisies

- **Pratiques de construction**
  - Limitation du domaine de paramètres à parcourir,
  - Valeurs d'indicateurs à respecter.
- **Fonction d'optimisation** – basé sur des indicateurs
  - Volume bâti : surface bâtie, surface de plancher bâti,
  - Indicateurs environnementaux : limiter la surface d'ombre sur les parcelles voisines.



Limitation à 1 plancher



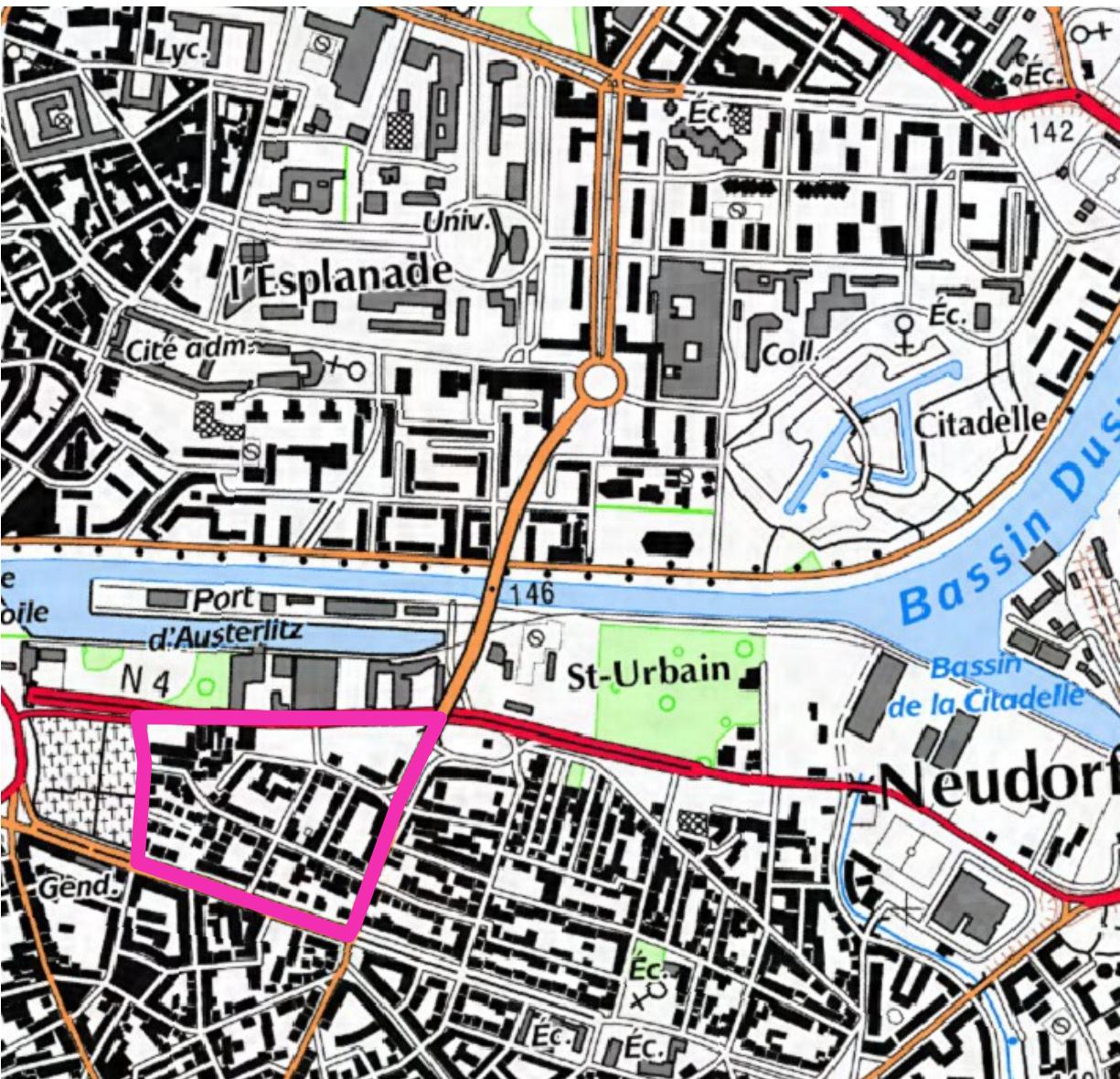
Optimiser la distance à la voirie



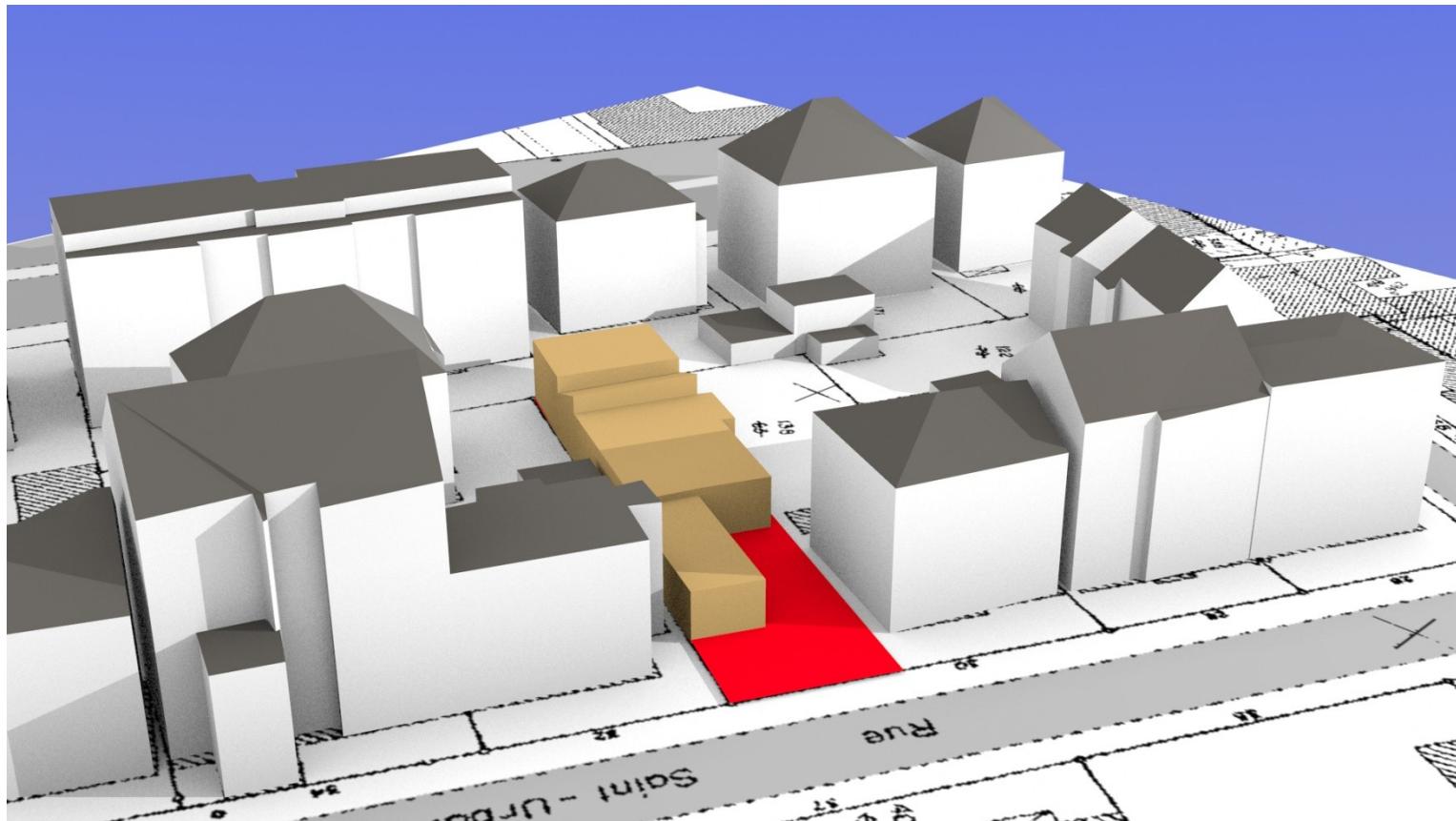
# CAS D'APPLICATION

Implantation de bâtiments à Strasbourg

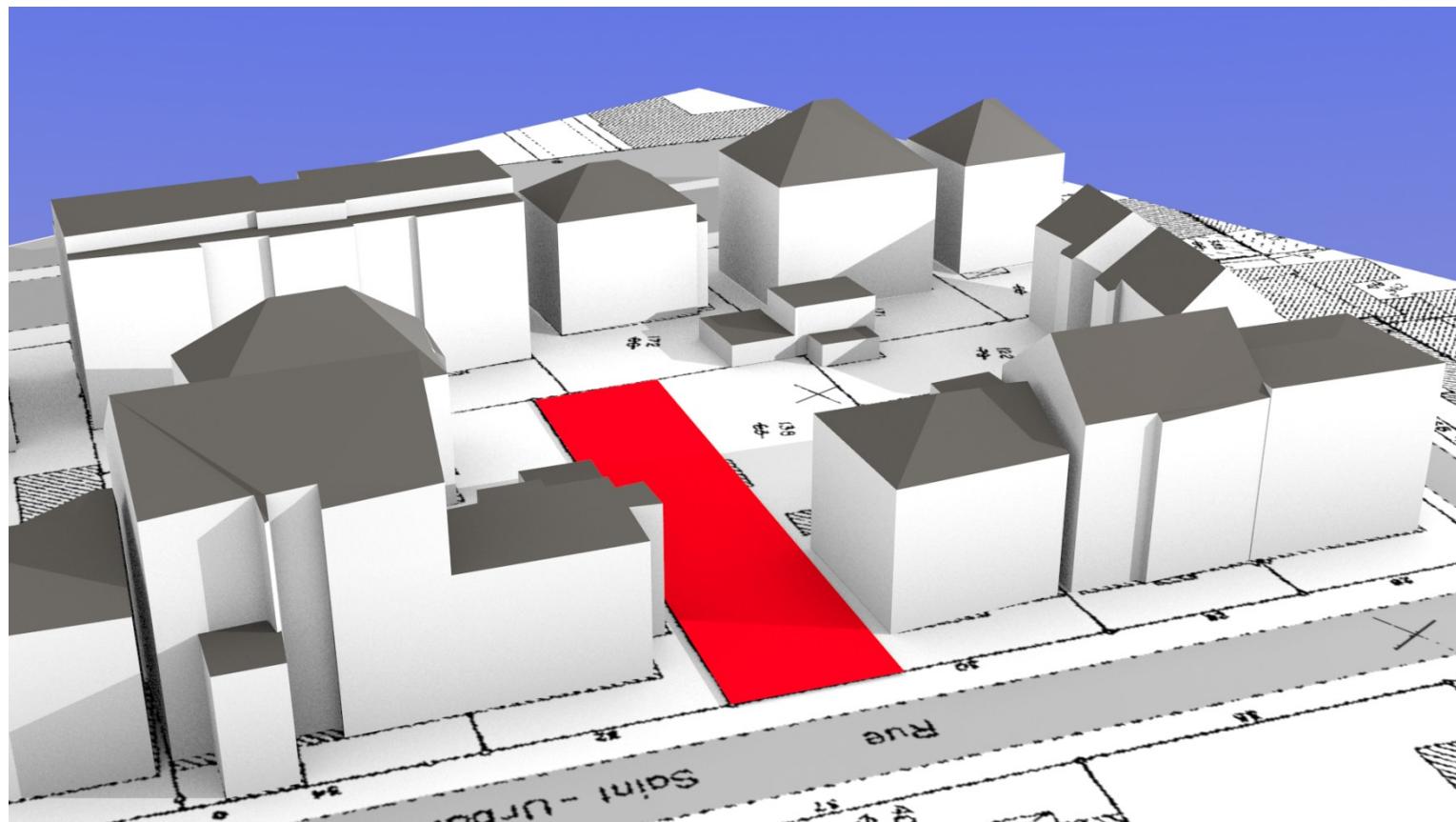
- Plate-forme : GeOxygene
- Zones de travail :
  - Strasbourg



- Scénario :
  - Construction d'un bâtiment à la place de garages

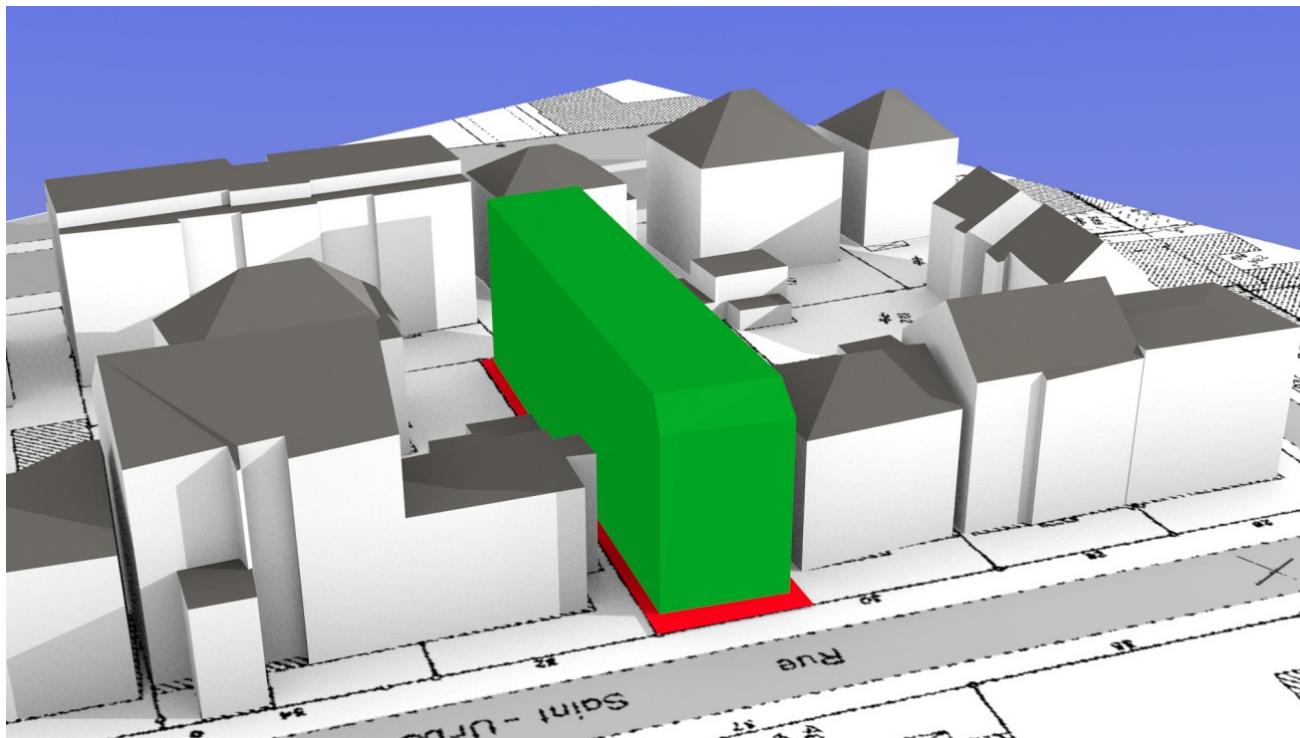


- Scénario :
  - Construction d'un bâtiment à la place de garages



- Règles d'urbanisme de la zone

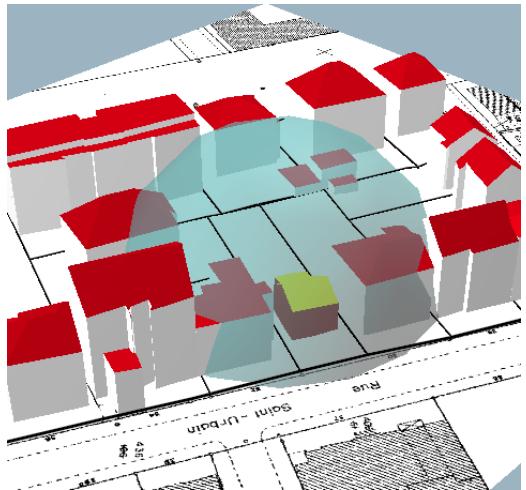
- Dist (Batiment,Parcelle.bordure) > 1m
- HMax(Batiment) < 15m
- Hauteur(Batiment.points) < 8m + Dist (Batiment.points)



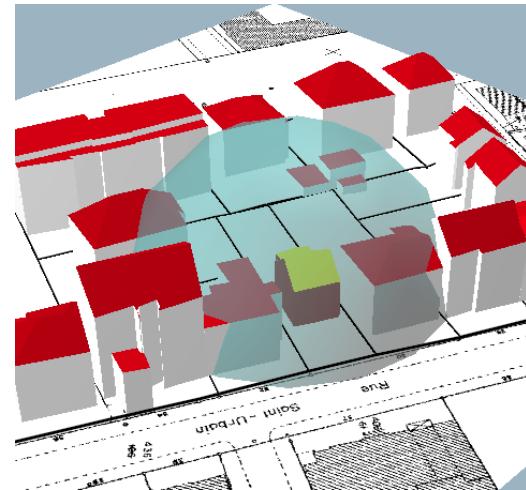
- Type 1 :
  - Optimisation du CES = aire bâtie/aire parcelle
  - Bâtiment L ou T dimension de 4 à 24m
  - Largeur bâtiment = longueur bâtiment,
  - Toit symétrique avec ou sans pignons,
  - Orientation parallèle à la route,
  - Hauteur faitage entre 0 et 20m
  - Proximité de la route (< 6m)

# Résultats

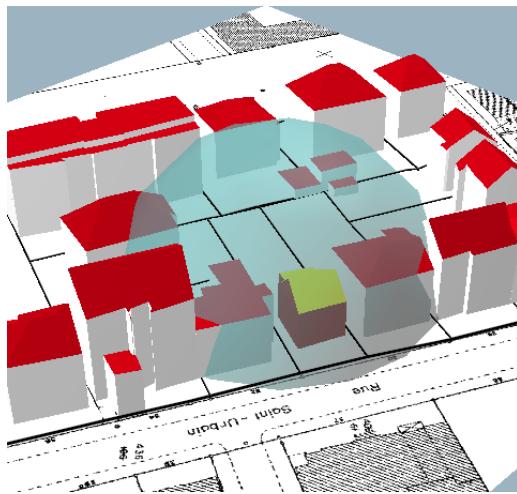
- CES de différents états



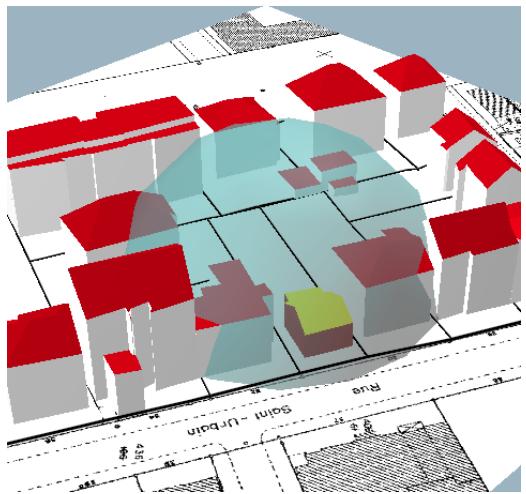
0.22



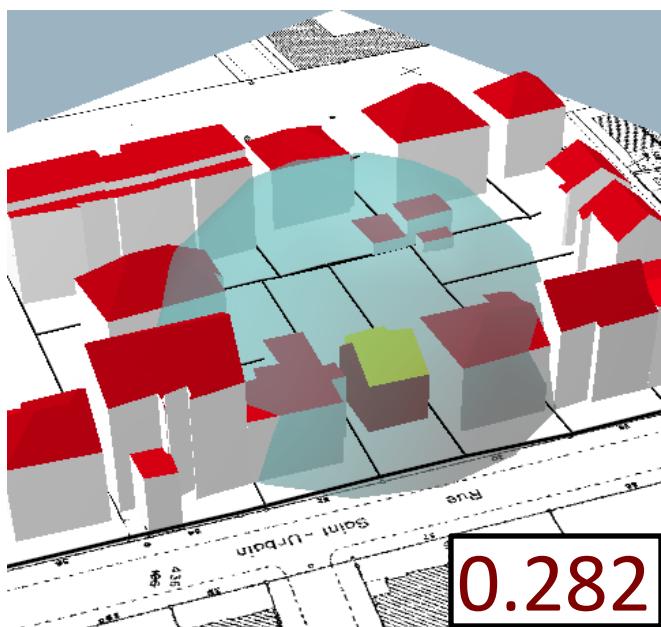
0.272



0.273



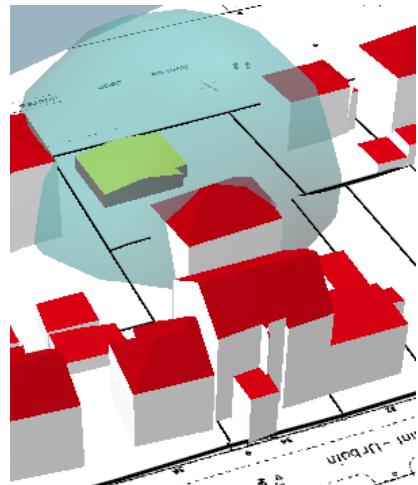
0.28



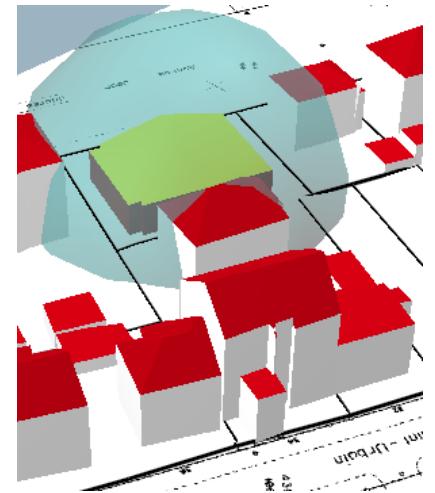
0.282

# Résultats

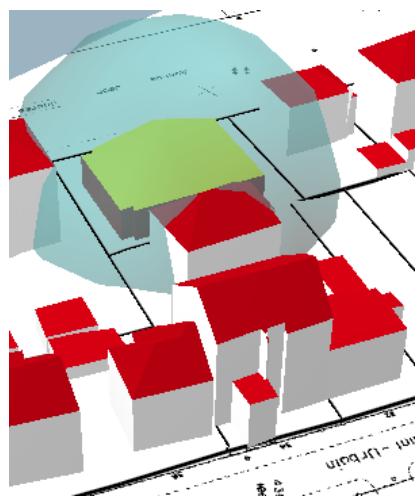
- CES de différents états



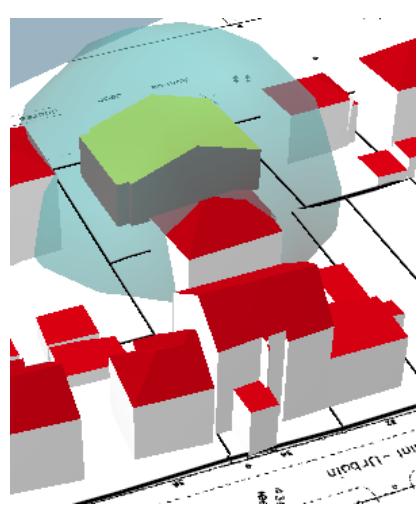
0.2



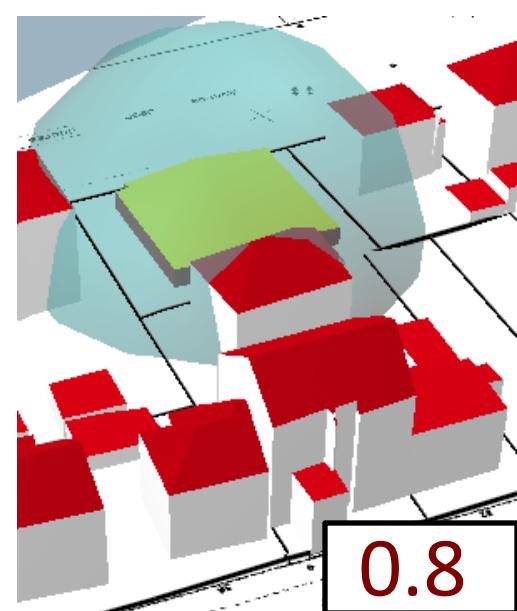
0.6



0.65



0.75

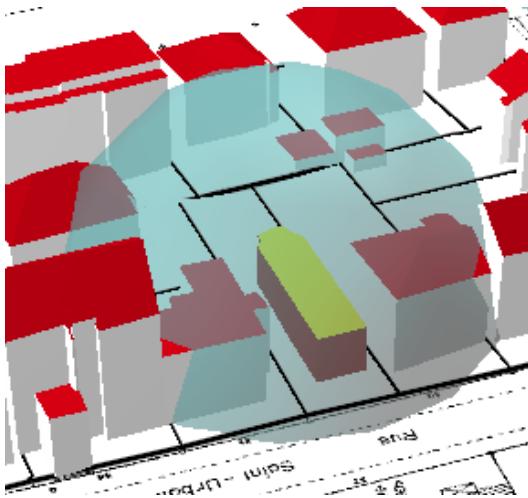


0.8

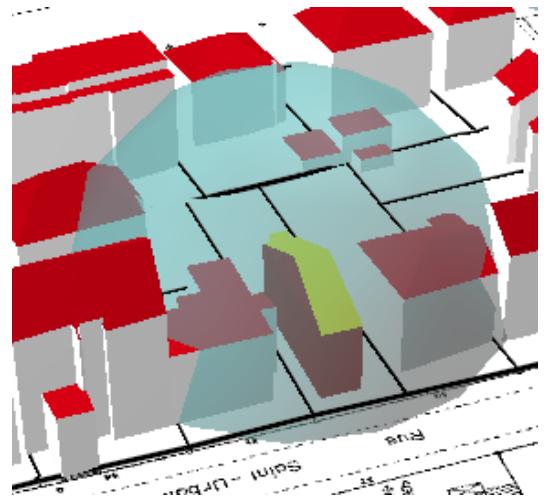
- Type 2 :
  - Optimisation COS = surface plancher/surface parcelle
  - CES < 0.4
  - Bâtiment L ou T dimension de 4 à 24m

# Résultats

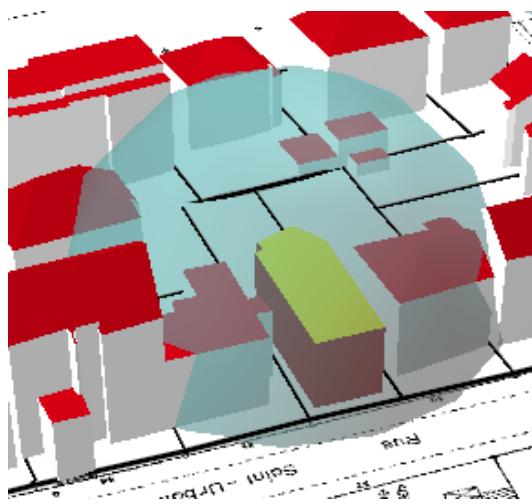
- COS de différents états



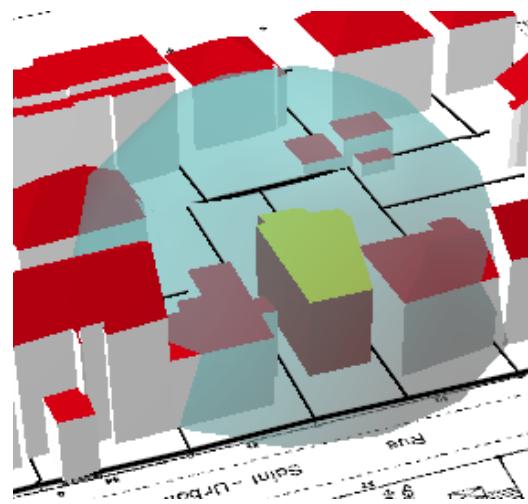
0.44



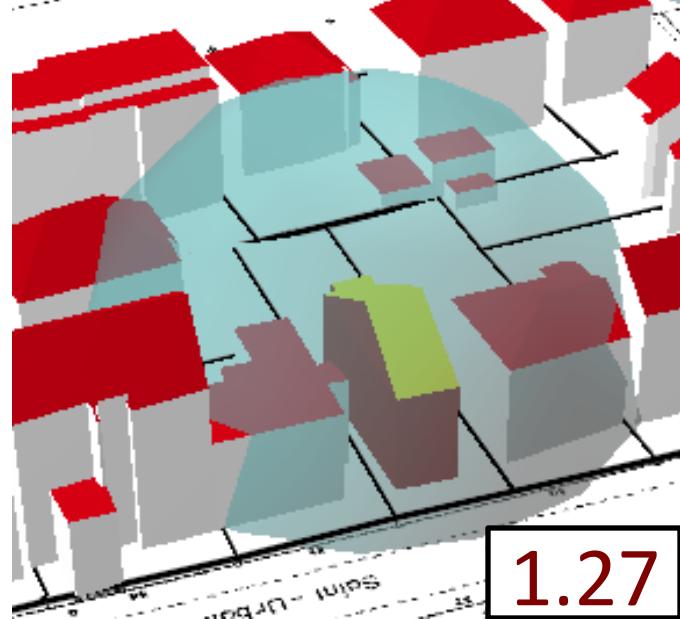
0.76



0.86



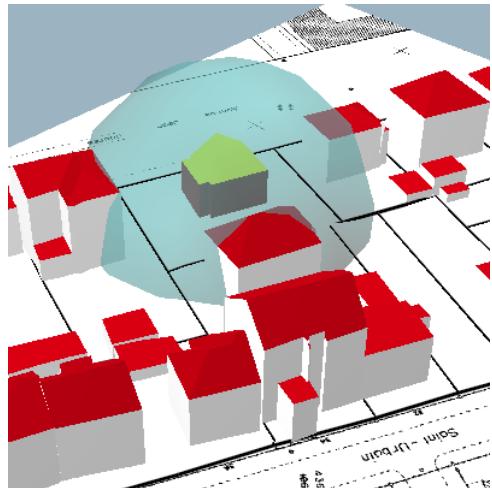
1.12



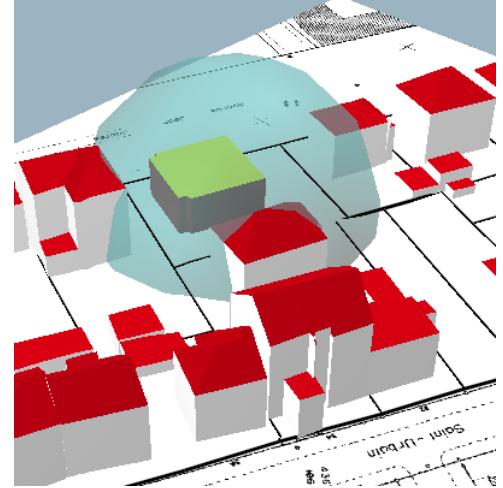
1.27

# Résultats

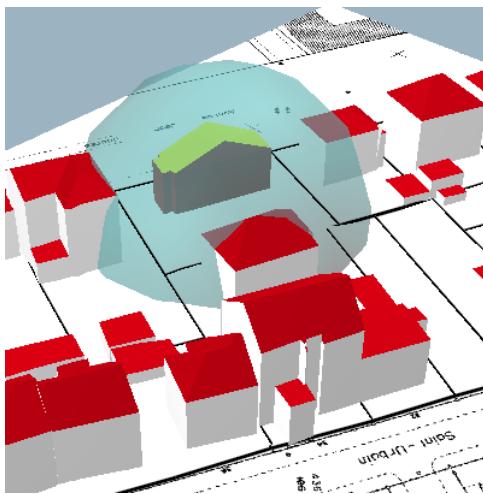
- COS de différents états



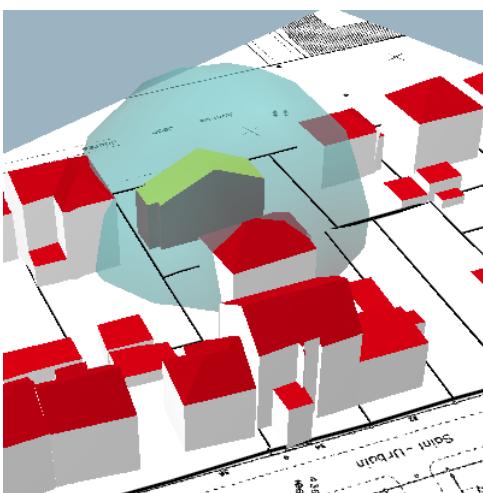
0.4



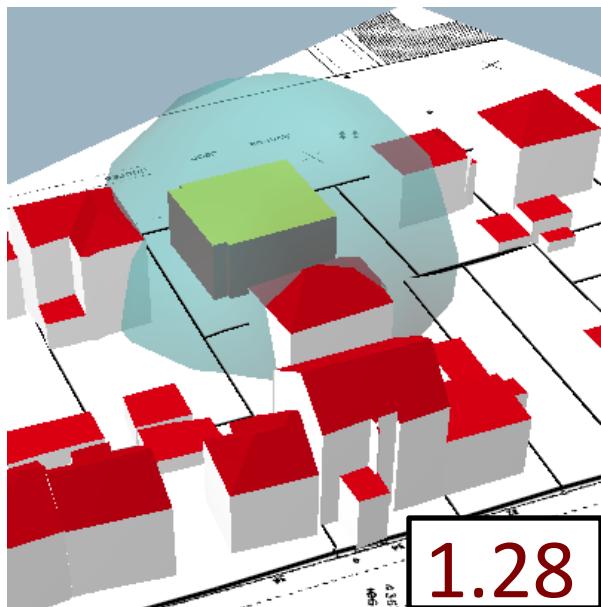
0.75



0.95



1.02



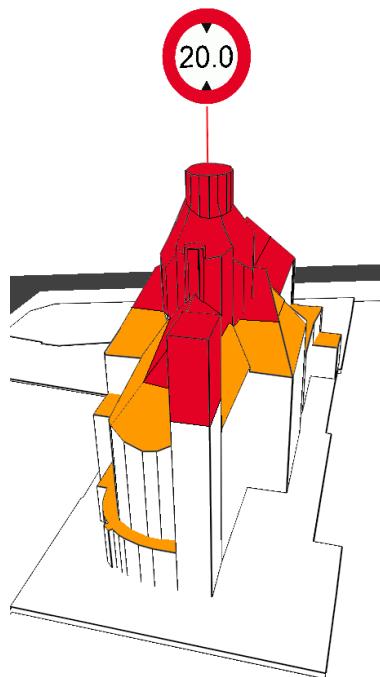
1.28



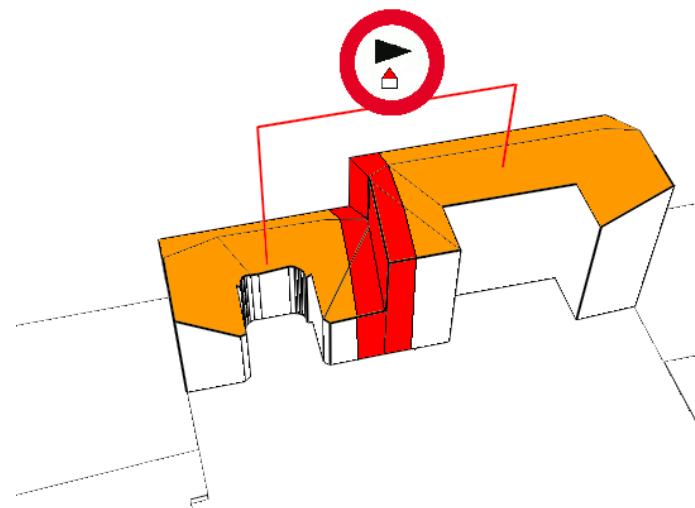
## CONCLUSION ET DISCUSSIONS

- Réflexion sur l'usage des données 3D
  - Apport,
  - Méthodes de manipulation.
- Formalisation des règles d'urbanisme
- Exploitation des connaissances urbaines
- Autres travaux

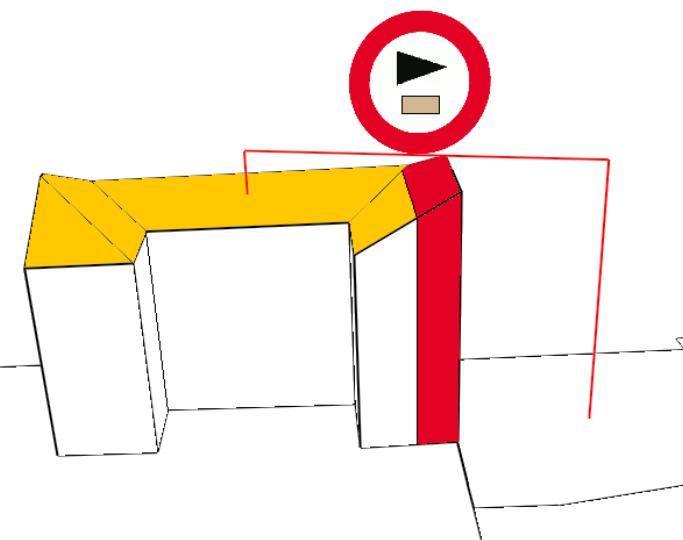
- Représentations adaptées à la règle non-respectée



Hauteur

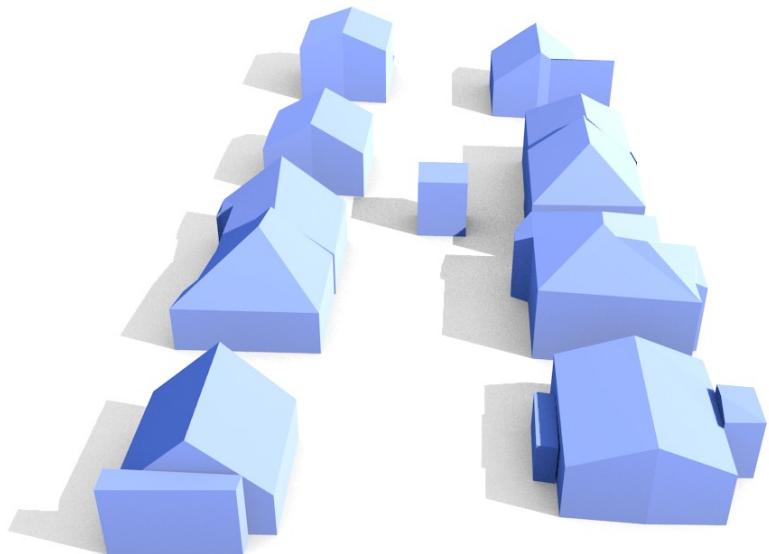


Distance inter-bâtiment

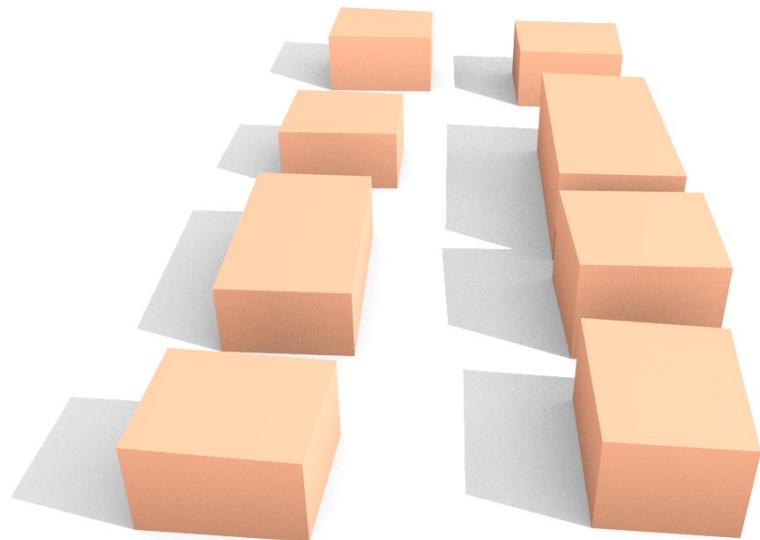


Distance bâtiment-parcelle

- Réflexion sur l'influence de la qualité des données 3D



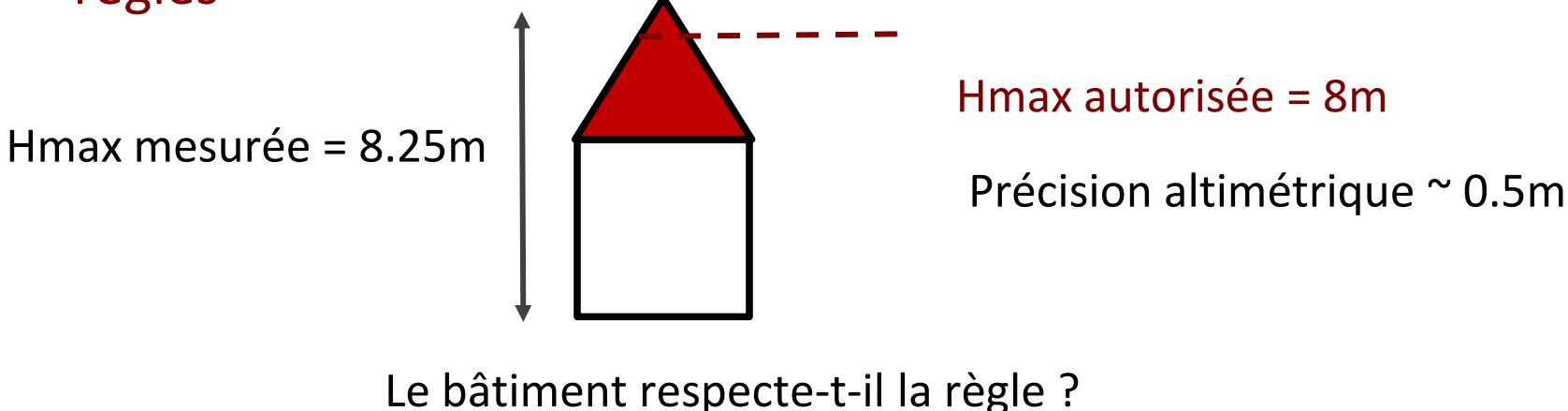
BD3D



BDTopo®

- Cas d'application
- Projet e-PLU
  - Mise en œuvre des travaux
- Couplage avec simulateur de phénomènes urbains
  - Phénomènes environnementaux;
  - Évolutions urbaines.
- Ergonomie et représentation pour la concertation
  - Compréhension du PLU,
  - Aide à la saisie des contraintes en OCL.
    - Stage + projet soumis sur l'extraction automatique des règles du PLU

- Étudier l'impact de l'incertitude sur le processus de vérification des règles



- Problème inverse : déterminer le règlement à partir d'indicateurs

Versant



Comment préserver la vue sur le lac pour tous les terrains à bâtir ?



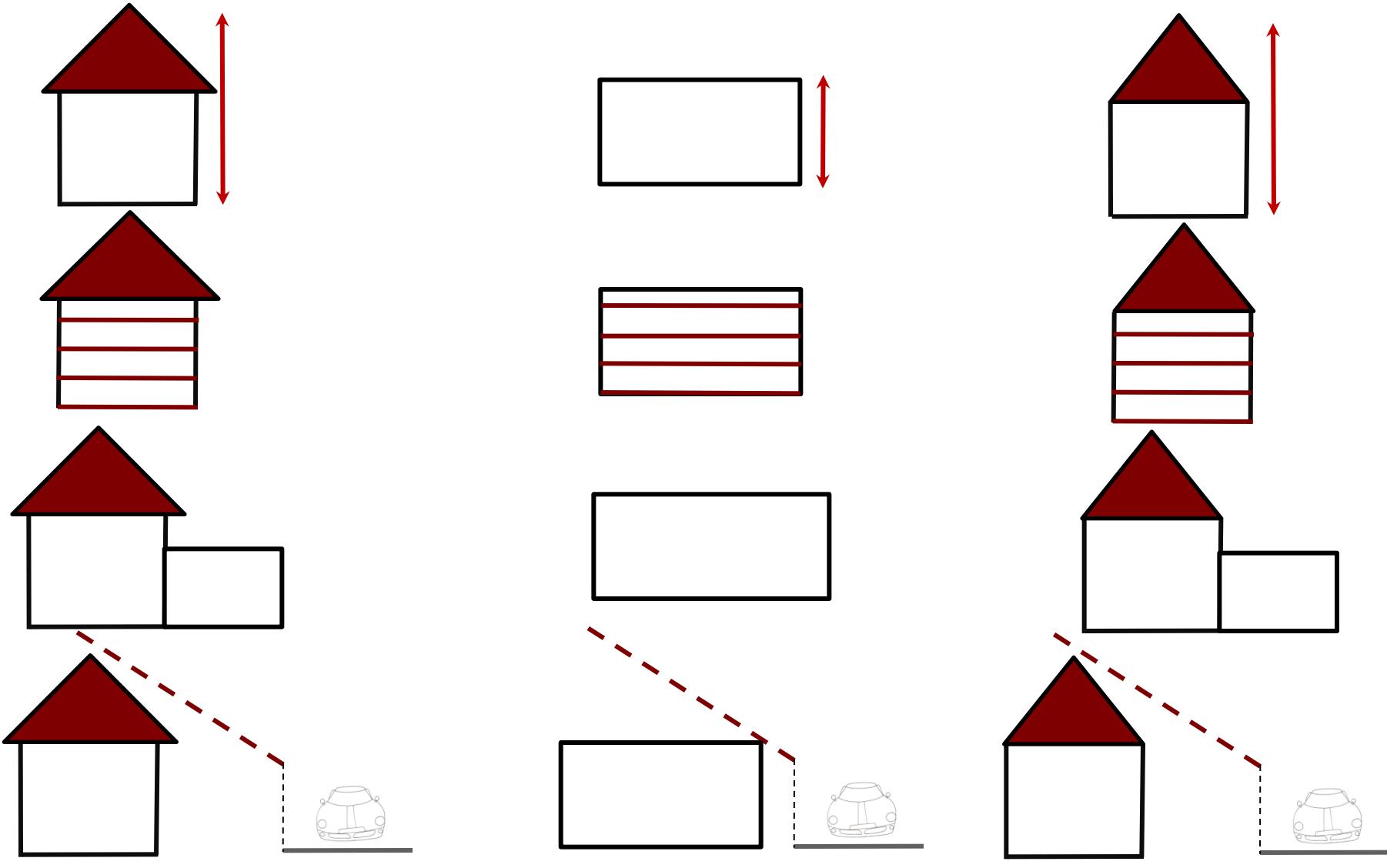
# Merci de votre attention

Mickaël Brasebin, Julien Perret, Sébastien Mustière,  
Christiane Weber.

Remerciements pour la Communauté Urbaine de Strasbourg pour la  
mise à disposition de données 3D dans le cadre de la ZAEU  
(Zone Atelier en Environnement Urbain)



# Exemples de propriétés et relations



Cas théorique

BD Topo

BD3D

## Citoyen

Visualiser par le web  
un ensemble de  
configurations

## Politiques foncières

Évaluer l'impact des  
règles sur le foncier

## Chargés de projet

Évaluer les possibilités  
d'implantation sur un  
terrain donné

## Chercheur géographie

Support pour  
comprendre des  
comportements

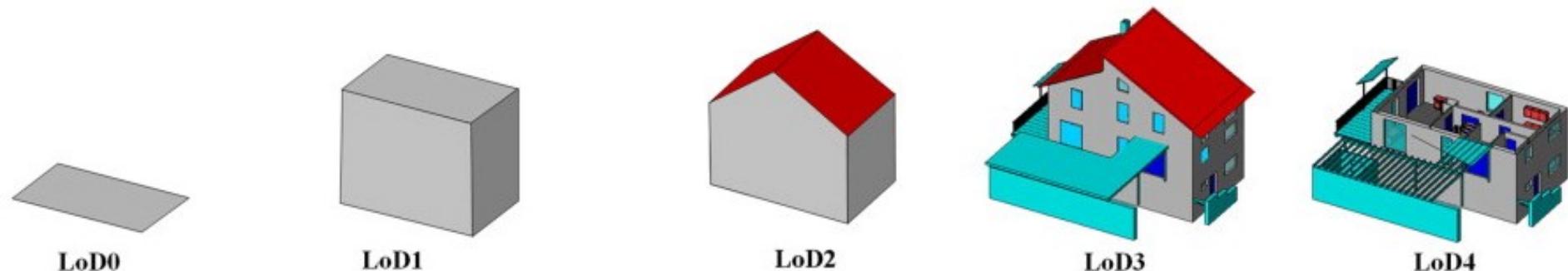


-

Paramétrabilité

+

- Les données 3D
  - Granularité variable



Les niveaux de détails de CityGML, [Groger 2012]

- Utilisées principalement pour l'aspect visuel et immersif,
- .... au détriment de l'analyse morphologique du bâti.

Gröger, G., Plümer, L., 2012. CityGML - interoperable semantic 3D city models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 71 (0), 12-33.

context **Parcelle** inv

incertitude

(not bordures->**objetsBordant()**-> select(object | **estRoute**  
and **largeur** >6).isEmpty())

implies

imprécision

self.**batiments**->**hauteurMax()** < 12m

imprécision

lacune

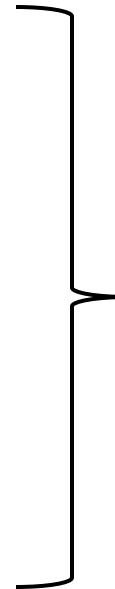
Si on pouvait connaître pour chaque propriété ou relation les incertitudes et les propager

context **Parcelle** inv

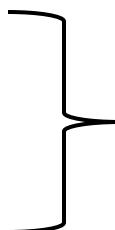
```
(not bordures->objetsBordant()->  
 select(object | estRoute and  
largeur >6).isEmpty())
```

implies

```
self.batiments->hauteurMax() < 12m
```

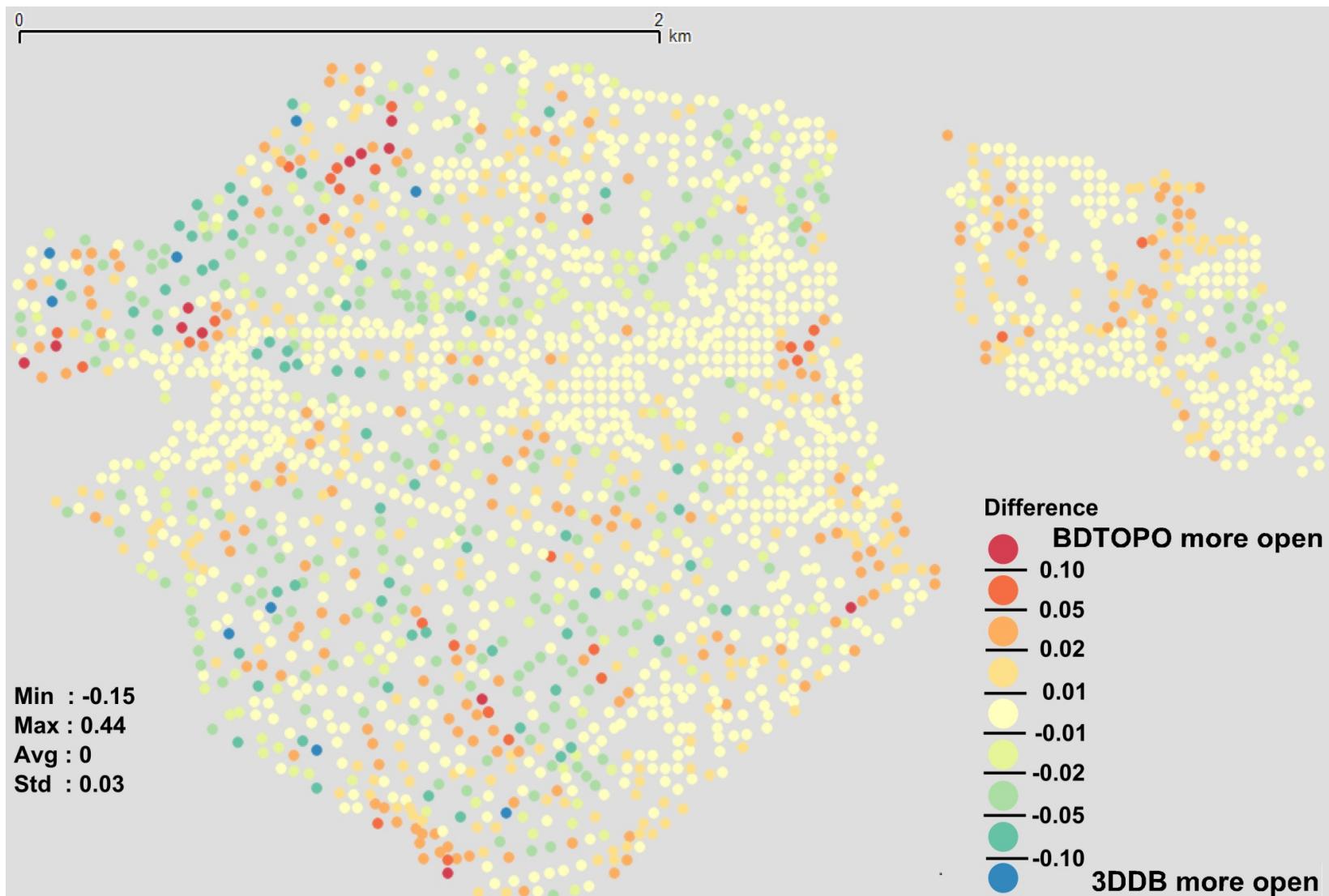


Probabilité  
d'application

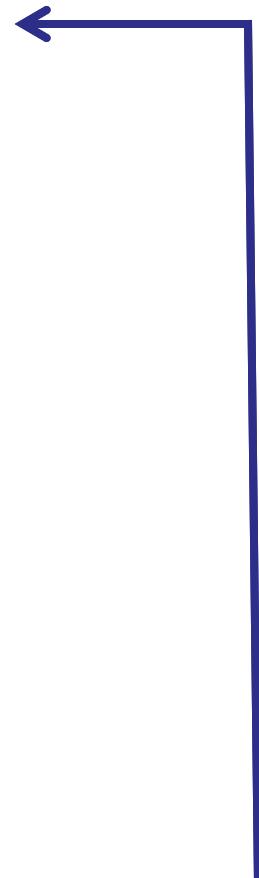


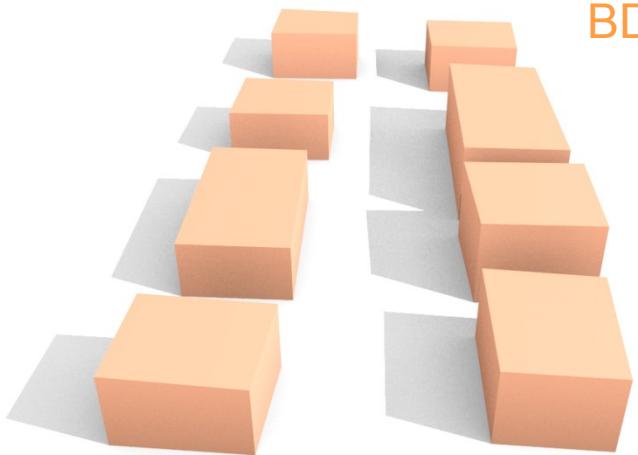
Probabilité de  
vérification

- Ouverture de ciel (%age ciel visible depuis un sommet)



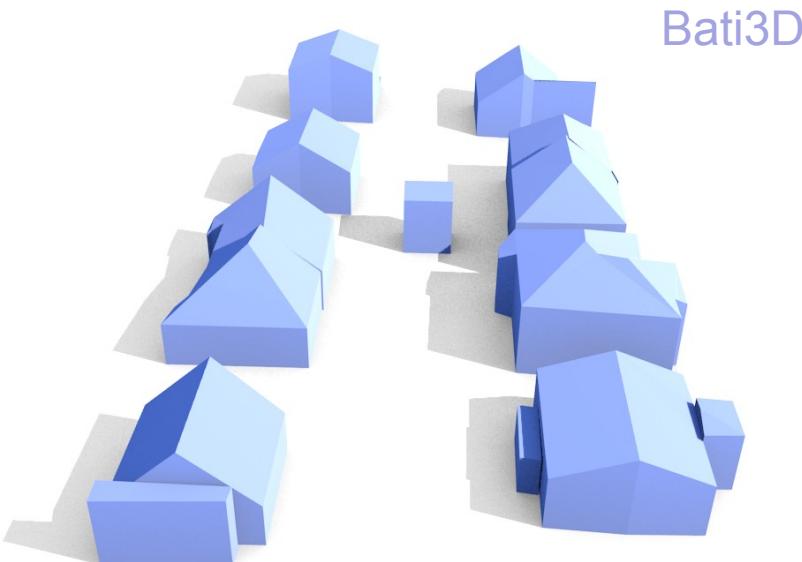
- Proposition d'une méthode
  - 1. Comparaison de résultats entre 2 sources initiales de données,
  - 2. Détermination des sources d'erreurs,
  - 3. Production de base de données isolant les sources d'erreurs,
  - 4. Comparaison des résultats par rapport aux calculs produits sur les bases initiales





BD Topo

- Sélection des bâtiments

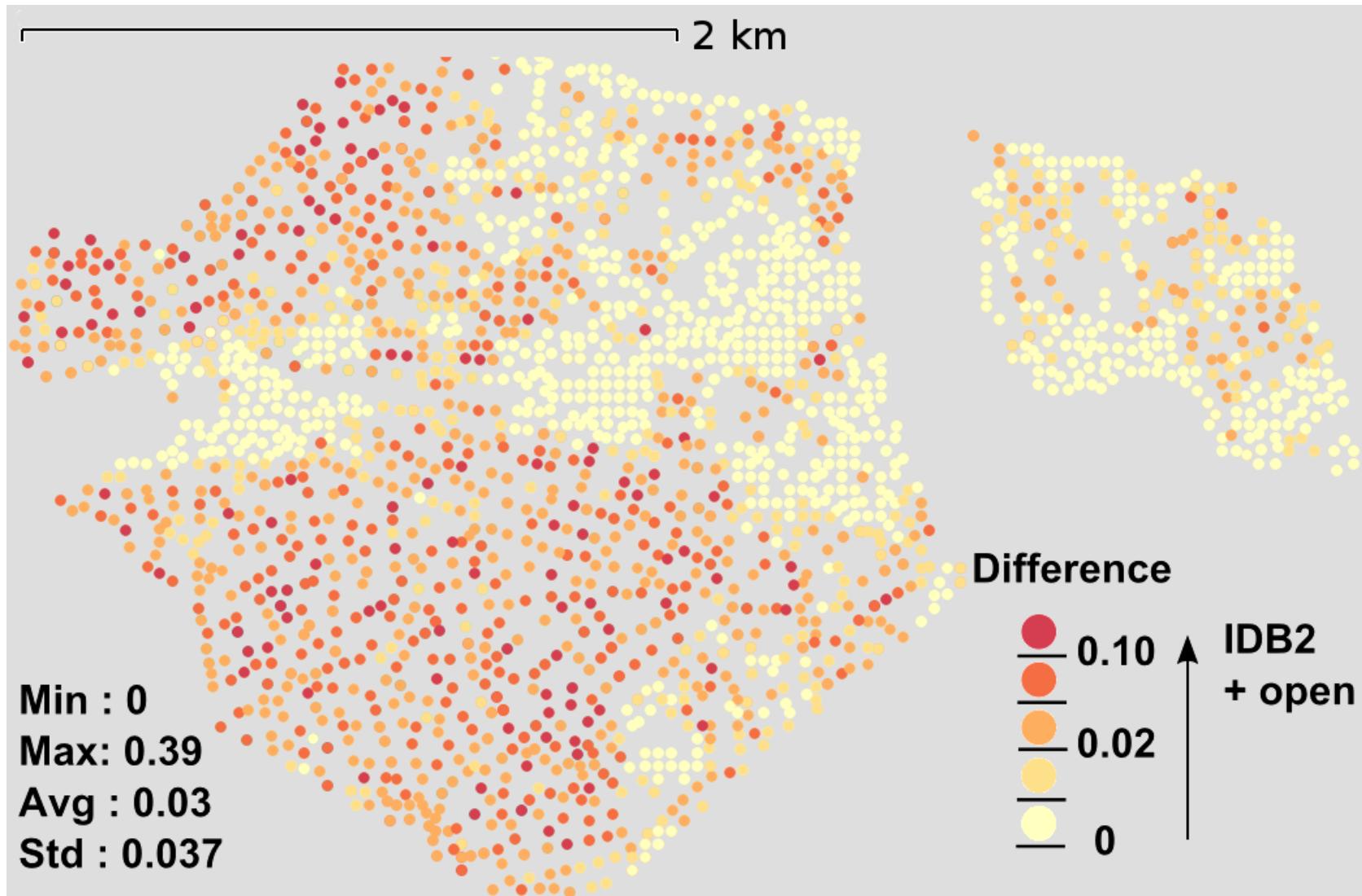


Bati3D

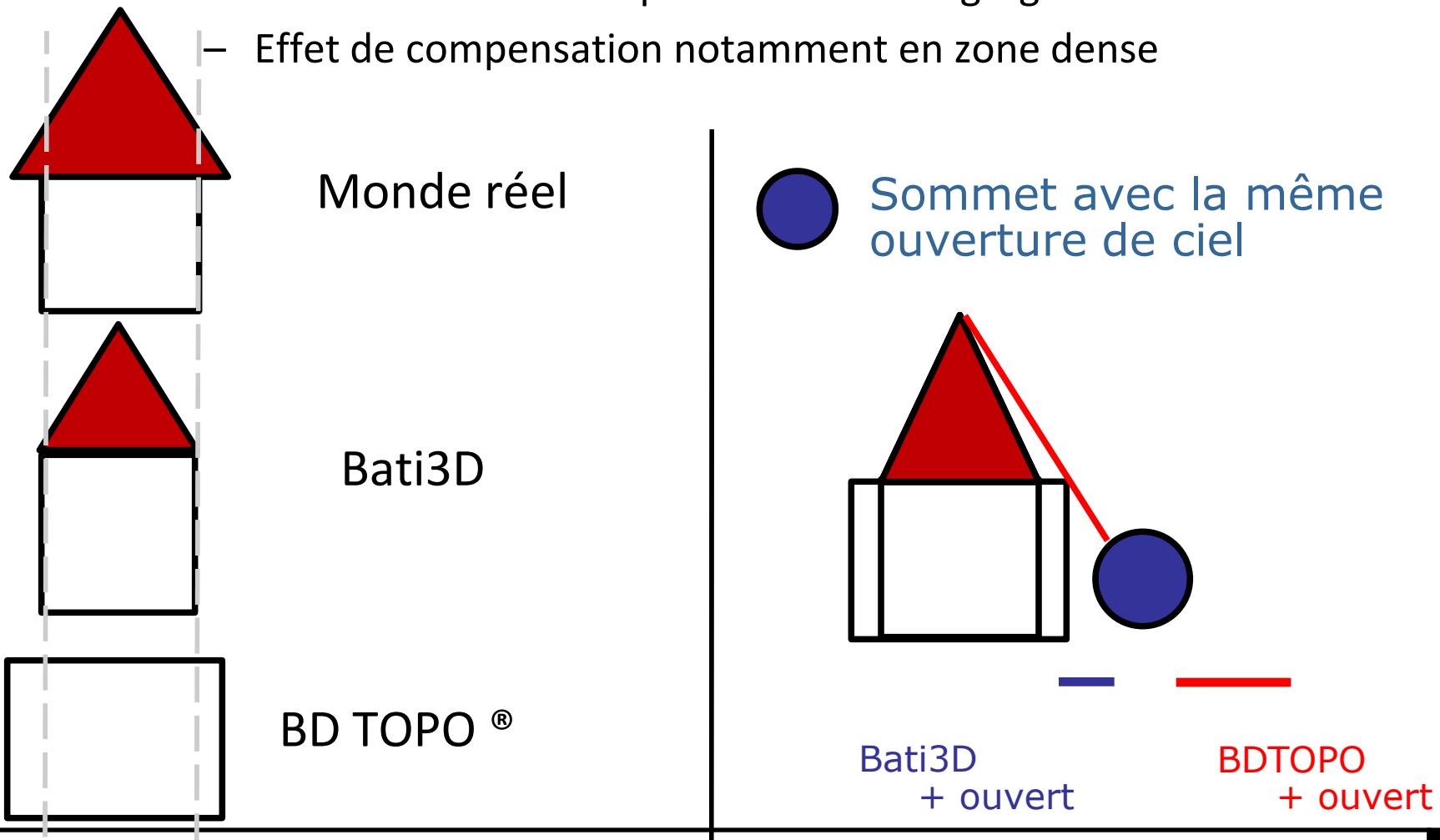
- Modélisation du toit

- Précision géométrique
  - Planimétrique
  - Altimétrique
  - Choix de modélisation

# Influence de la modélisation du toit



- Application à l'ouverture de ciel
  - Cartes d'erreur en fonction de la source,
  - BD TOPO® suffisante pour des calculs agrégés
  - Effet de compensation notamment en zone dense

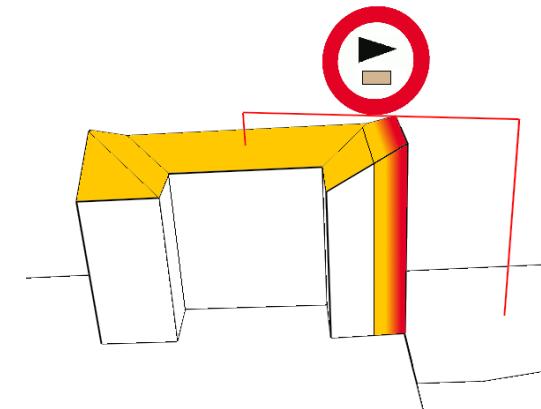
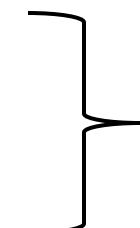
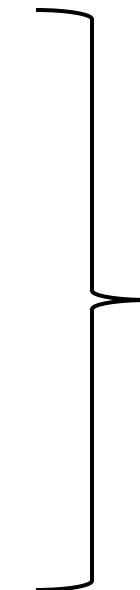


- Étudier l'impact de l'incertitude sur le processus de vérification des règles
  - Propagation de l'incertitude des éléments de règles

Si la **parcelle** est **bordée** par une **route** de **largeur** supérieure à 6m

alors

une **hauteur maximale** de 12 m devra être respectée



Probabilité d'application

Probabilité de respect

- Problème inverse : déterminer le règlement à partir d'indicateurs

