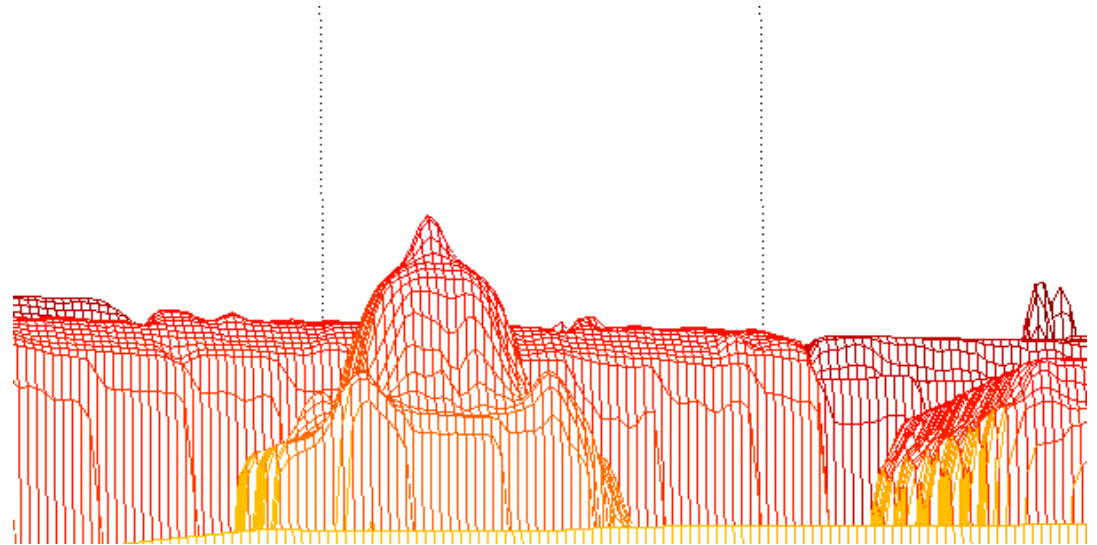
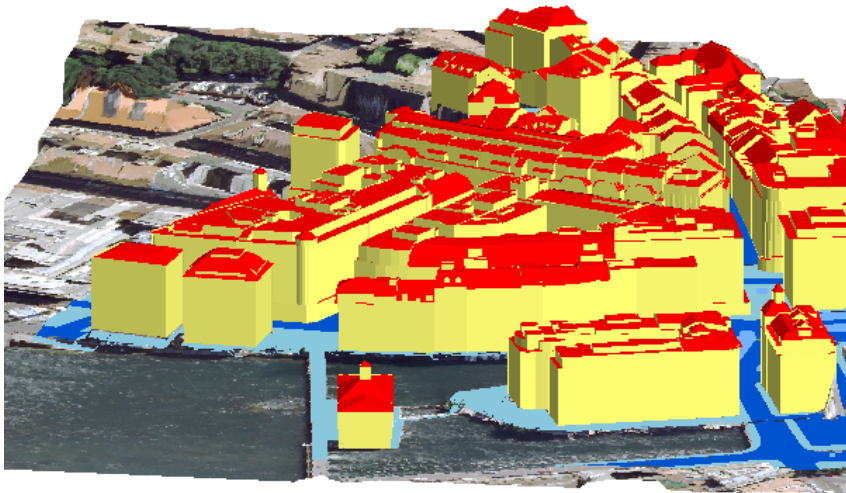


## Représentations visuelles 3D : analyse d'utilité de quelques indicateurs urbains liés à l'environnement et à l'énergie



**Salle Galiléo, Genève – 24 Juin 2009**

**Claudio Carneiro, François Golay**

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)  
Laboratoire de Systèmes d'Information Géographique (LaSIG)

*Claudio.Carneiro@epfl.ch ; François.Golay@epfl.ch*

# Sujets

- Introduction
- Résumé de la méthodologie
- Présentation de trois exemples d'indicateurs urbains (inclus les différentes propositions de visualisation des indicateurs étudiés et présentés)
- Conclusions

## Buts du projet

Pour démontrer l'utilité et l'utilisabilité réelles de ces modèles urbains numériques:

- développer des processus d'acquisition, d'agrégation et de présentation d'indicateurs de l'évolution urbaine dans une perception tridimensionnelle de la ville
- estimer la plus-value pour la compréhension des phénomènes urbains
- aide à la prise de décision

## Identification des « besoins utilisateurs » (interviews)

### 1) Différents domaines de travail des utilisateurs concernés:

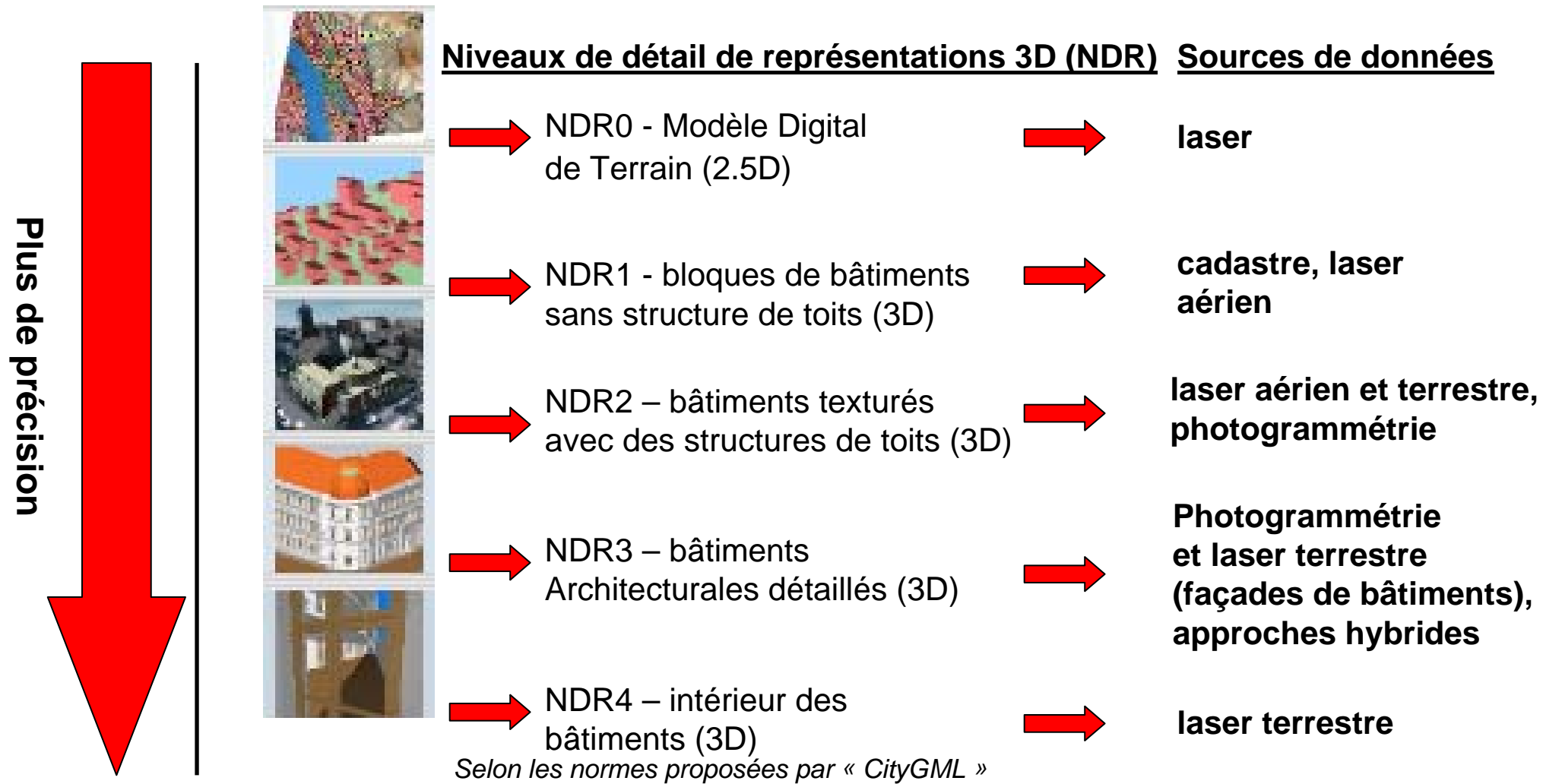
L'analyse du sondage 3D montre qu'il existe de réels besoins à Genève de modéliser des données en 3D. Pour une meilleure organisation et compréhension des besoins de chacun, les résultats du sondage ont été classés en 6 domaines distincts:

- Architecture, urbanisme et aménagement du territoire
- Environnement et énergie
- Trafic urbain (automobile, ferroviaire et aérien)
- Mobilité (piétons et cycliste):
- Sécurité et gestion de situations de catastrophe/urgence
- Souterrain

## 2) Evaluation préliminaire des domaines d'intervention (quelques exemples):

- **Architecture, urbanisme et aménagement du territoire** : intégration de nouveaux projets d'architecture et réalité virtuelle; défense du patrimoine existant; impacte de nouveaux bâtiments dans l'environnement bâti existant; intégration de « connaissance » urbaine dans des modèles 3D urbains; ...
- **Environnement et énergie**: dérivation du volume et surface des bâtiments construits; analyse de la consommation énergétique des bâtiments construits; protection contre hauts niveaux de bruit; protection contre la pollution bâti; ...
- **Trafic urbain (automobile, ferroviaire et aérien)**: dérivation des plans d'obstacles autour de la zone de sécurité de l'aéroport; simulations de vols (approche et atterrissage); simulation de pollution automobile; ...
- **Mobilité (piétons et cycliste)**: analyse des mobilités considérant les distances réelles et pas le « vol d'oiseau »; ...
- **Sécurité et gestion de situations de catastrophe/urgence**: situations médicales de secours (atterrissage d'hélicoptères); ...
- **Souterrain**: intégration données hors-sol/sous-sol; gestion 3D des équipements souterrains; ...

## Différents niveaux de détail de représentations 3D (évaluation et intérêt)



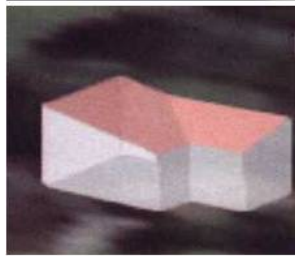
## Différents niveaux de détail de représentations 3D (évaluation et intérêt): trois niveaux de détail supplémentaires proposés dans le cadre de la 3D à Genève

L'évaluation menée à Genève nous a conduits à insérer trois NDR supplémentaires (par rapport à la norme « *CityGML* »), car les façades de bâtiments peuvent être aussi classifiées et visualisées comme :

### Additional Level of Detail (LOD) 3D



LOD2A – General buildings façades (3D)



LOD2B – Bicolour buildings  
with roofs structures (3D)

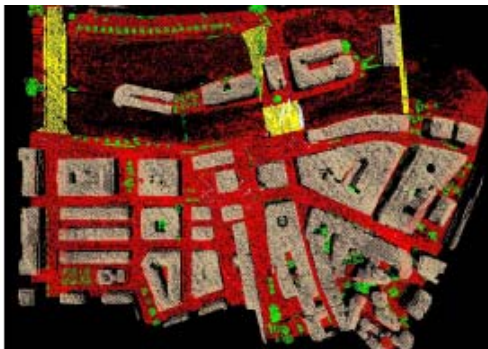


LOD2C – Bicolour buildings  
with roofs super-structures (3D)



# Présentation de la méthodologie: sources de données

- Modèle urbain vectoriel 3D
- Vectorielles 2D
- Raster 2.5D
- Attributaires stockées Base de Données
- Laser aériens (LIDAR)



- Photos aériennes (orthophotos)



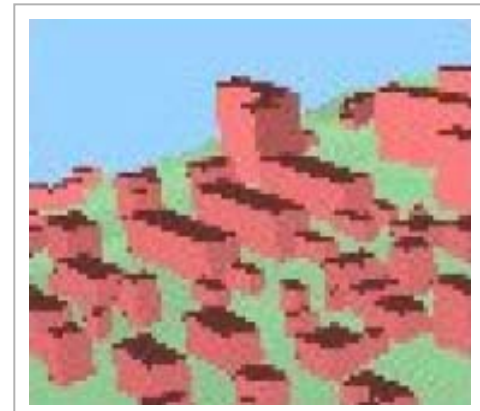


## Modélisation urbaine 3D à partir d'approches hybrides en utilisant des données LIDAR (nuage de points brut) et cadastrales

**Les données cadastrales 2D peuvent être utilisées avec un attribut hauteur pour modéliser les objets d'une façon trop généralisée (comme ensemble de bloques) ...**



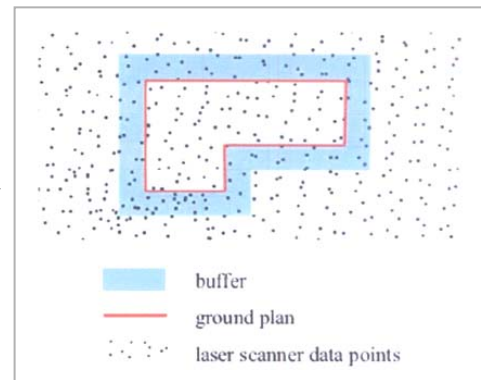
**+ attribut hauteur  
chaque bâtiment**



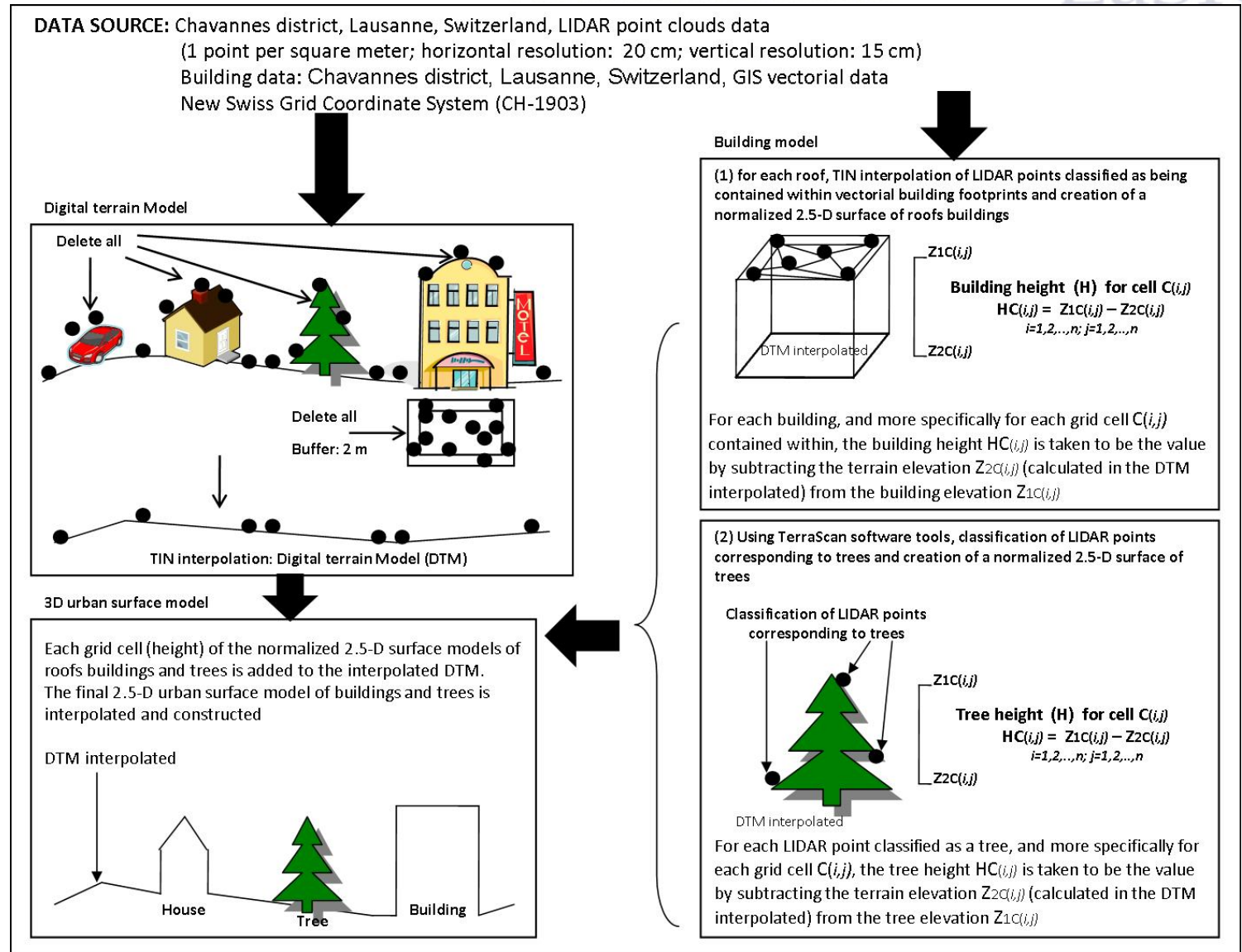
**... mais surtout pour mieux caler les données issues de la technologie laser aéroporté (LIDAR), notamment en définissant une empreinte au sol plus précise des bâtiments modélisés !**



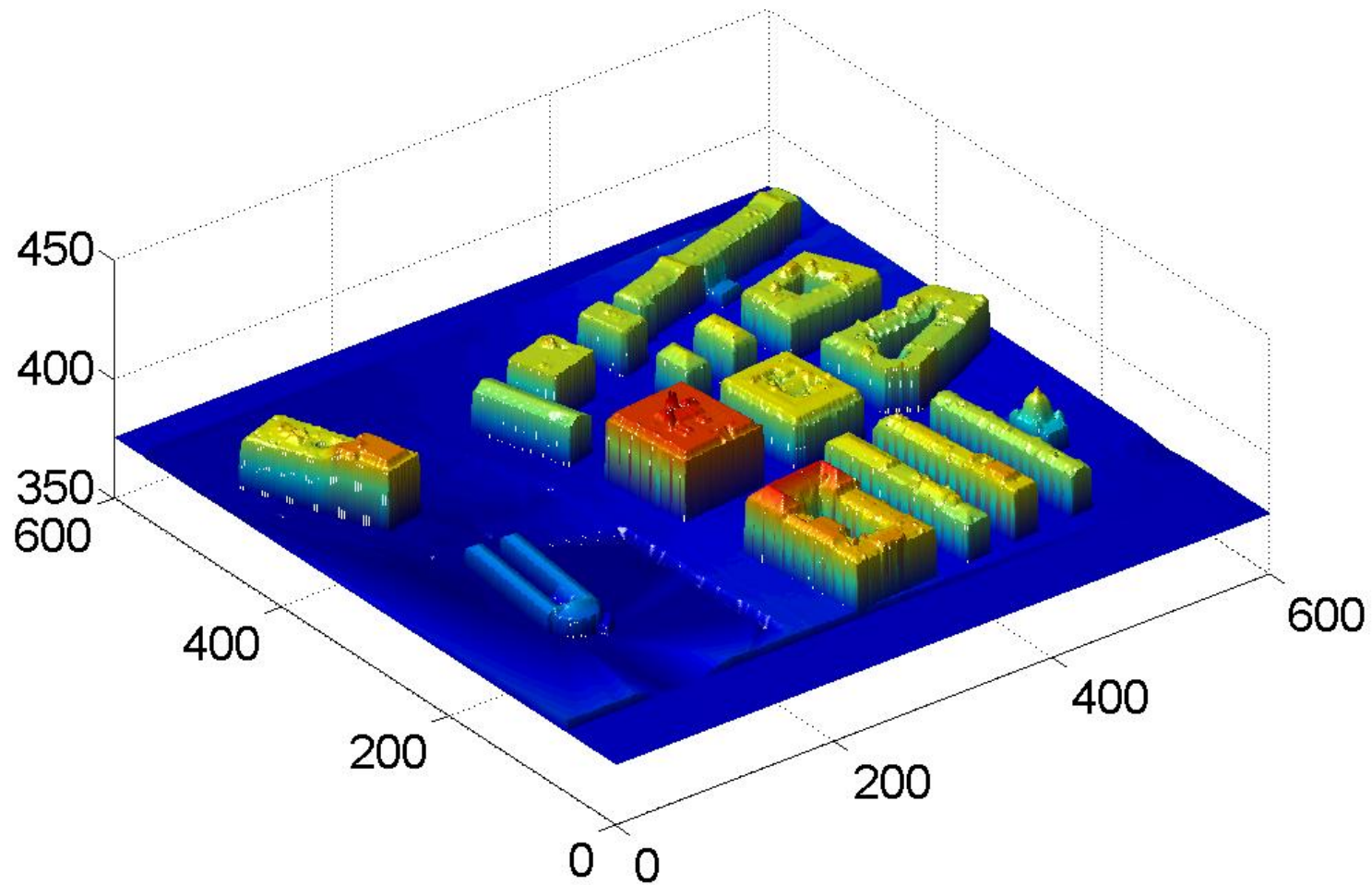
[Schwalbe *et al.*, 2005]



*Technique appliquée  
pour la mise en  
place d'un modèle  
urbain de surface  
3D (terrain,  
bâtiments et  
maisons) à partir de  
données laser  
LIDAR en brut, pour  
ultérieur calcul des  
indicateurs de  
visibilité (isoviews)  
et d'exposition  
solaire sur les  
façades et toits des  
bâtiments*



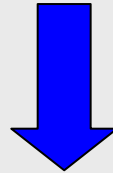
# Modèle 2.5D Urbain Numérique d'Haute Précision



Un indicateur constitue une interprétation empirique et indirecte de la réalité...



Résultat d'une sélection pertinente ou d'une agrégation de données...



Réduction de l'information favorise une  
meilleure compréhension des phénomènes complexes !

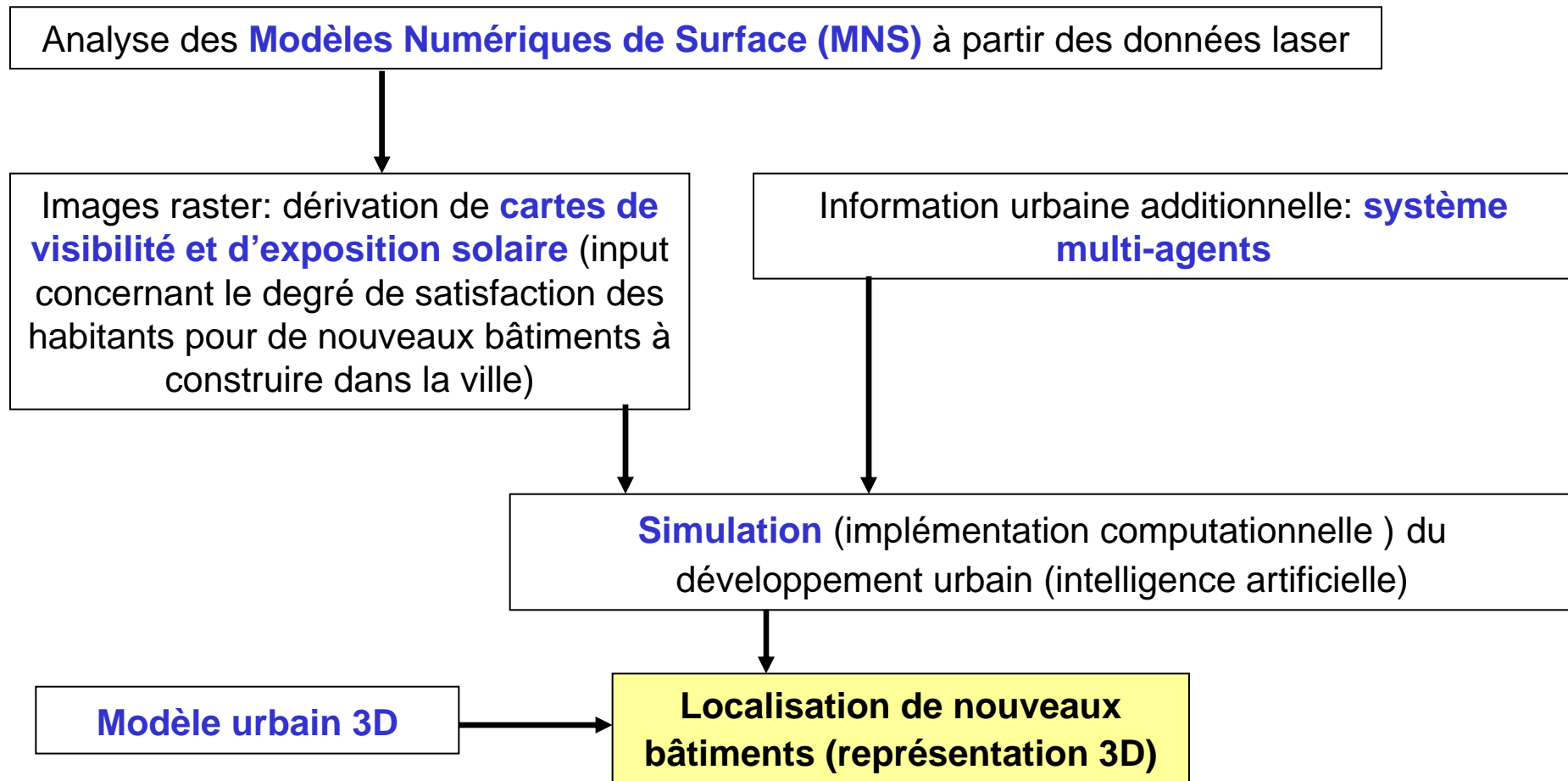
Les indicateurs proposés doivent aussi permettre  
au moins l'un des trois types de comparaison suivants (Joerin *et al.*, 2005):

- 1 - évaluation du phénomène considéré par rapport à un objectif normé ou tendanciel
- 2 - comparaison de différents lieux spatiaux
- 3 - comparaison de différentes périodes temporelles



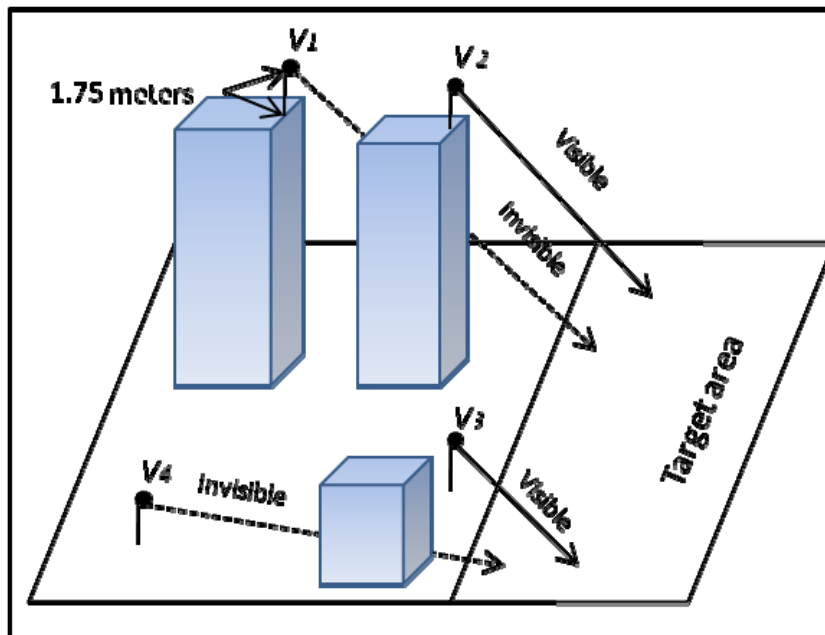
## Exemple 1: Simulation de la morphogenèse urbaine par un système multi-agents

(en collaboration avec Vítor Silva, EPFL)



# Cartes de visibilité (ISOVISTES)

Method of extracting visible domain of target area from building top surfaces and ground surfaces

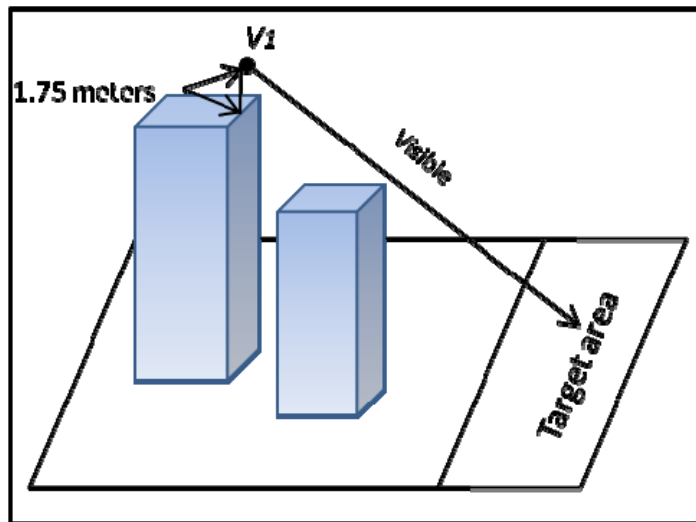


- 1–  $V_1$  and  $V_2$  are viewpoints located on the edge (centre of the façades) of building top surfaces
- 2–  $V_3$  and  $V_4$  are viewpoints located in terrain (land surface)
- 3– Set the height of all viewpoints to average height of human being (1.75 meters)
- 4– For each viewpoint all cells inside the visible target area are considered visible target cells:  $\{T_{ij}\}; i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n$
- 5– Grid: cells of 1 meter by 1 meter
- 6– Target area visible for each viewpoint:  
Sum  $\{T_{ij}\}; i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n$

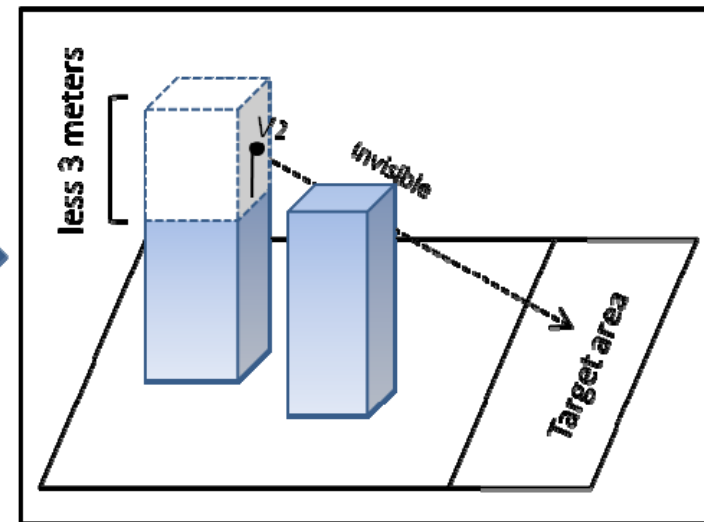
# Cartes de visibilité (ISOVISTES)

Method of extracting visible domain of target area from building side surfaces (vertical direction top/down)

Step 1



Step 2 to n



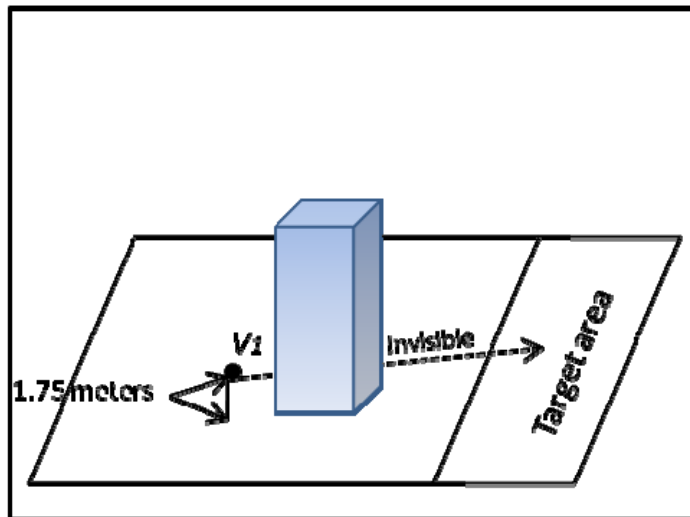
- 1 –  $V_1$  corresponds to a viewpoint located on the edge (centre of the façades) of building top surfaces
- 2 –  $V_2$  corresponds to a viewpoint located in building side surface 3 meters below  $V_1$
- 3 – Set the height of all viewpoints to average height of human being (1.75 meters)
- 4 – For each viewpoint all cells inside the visible target area are considered visible target cells:  
 $\{T_{ij}\}; i=1,2,...,n; j=1,2,...,n$
- 5 – Grid: cells of 1 meter by 1 meter
- 6 – Target Area Visible for each viewpoint =  $\text{Sum}\{T_{ij}\}; i=1,2,...,n; j=1,2,...,n$



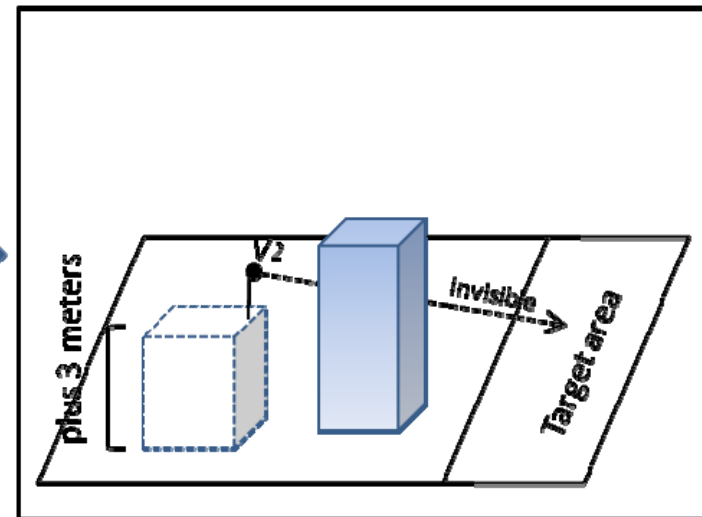
# Cartes de visibilité (ISOVISTES)

Method of extracting visible domain of target area from building side surfaces (vertical direction down/top)

Step 1



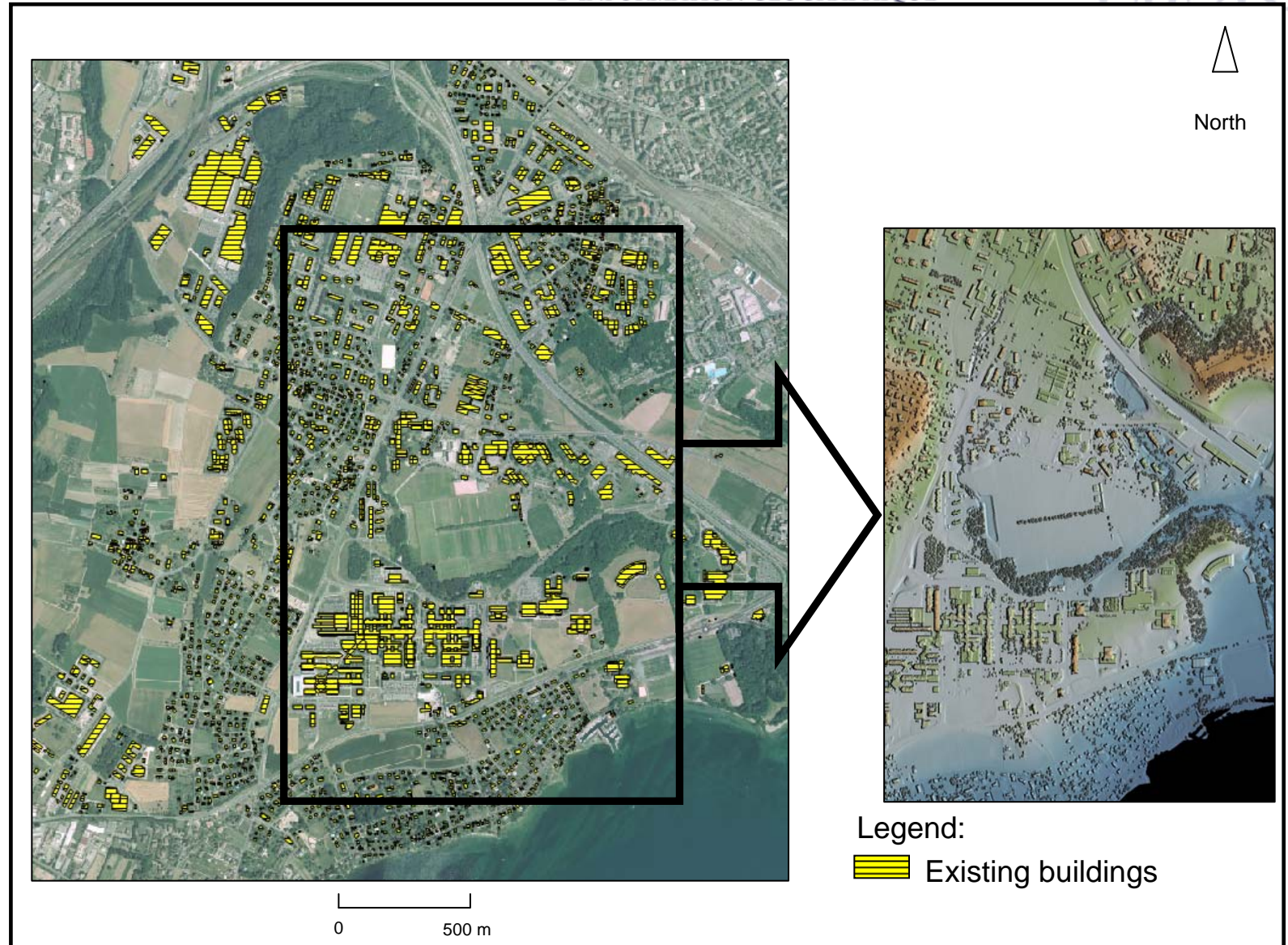
Step 2 to n



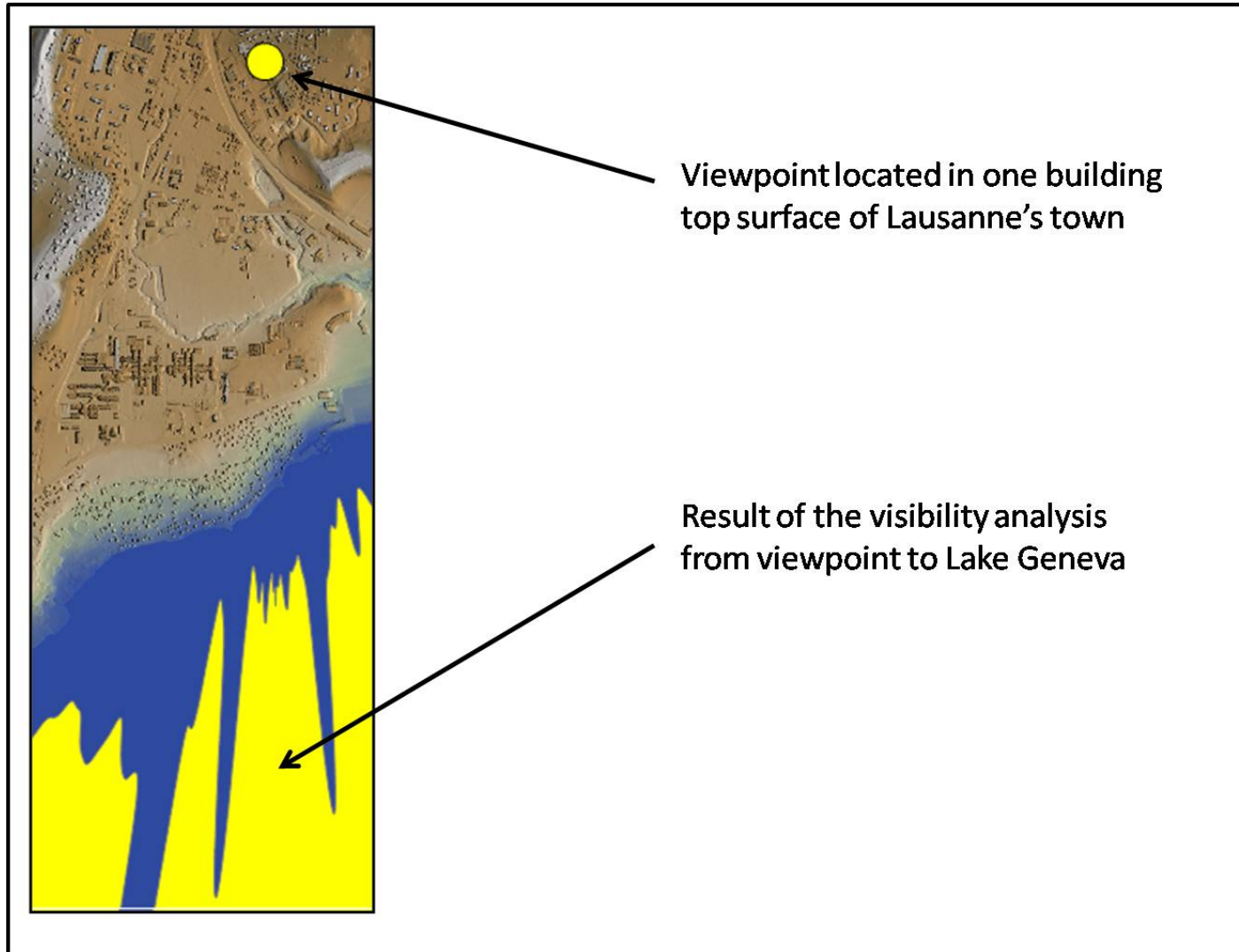
- 1 –  $V_1$  corresponds to a viewpoint located in the terrain (land surface)
- 2 –  $V_2$  corresponds to a viewpoint located in a virtual building side surface 3 meters above  $V_1$
- 3 – Set the height of all viewpoints to average height of human being (1.75 meters)
- 4 – For each viewpoint all cells inside the visible target area are considered visible target cells:  
 $\{T_{ij}\}; i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n$
- 5 – Grid: cells of 1 meter by 1 meter
- 6 – Target Area Visible for each viewpoint =  $\text{Sum}\{T_{ij}\}; i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n$

## Zone Pilote

Chavannes,  
Lausanne

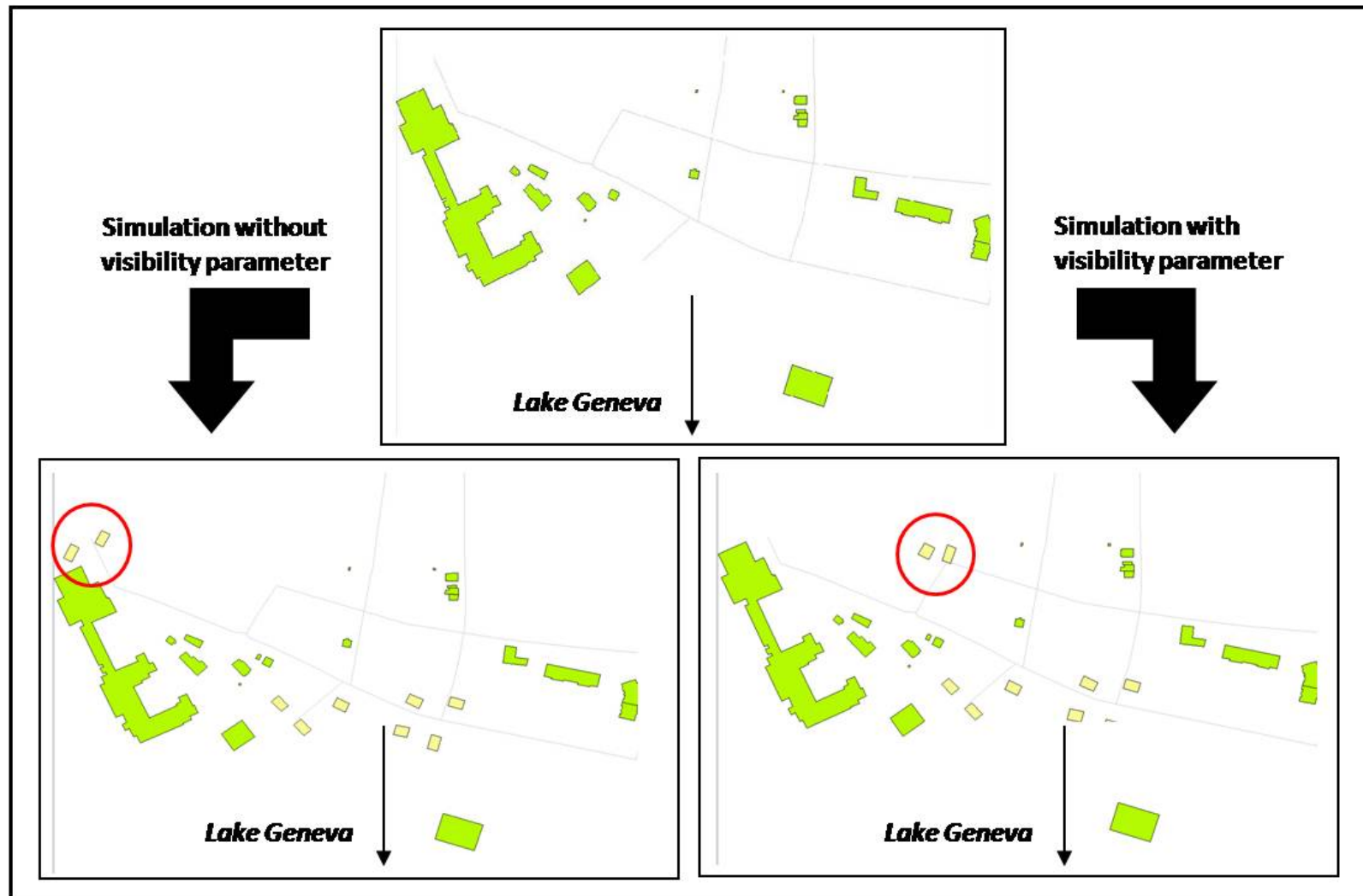


# Cartes de visibilité (ISOVISTES)

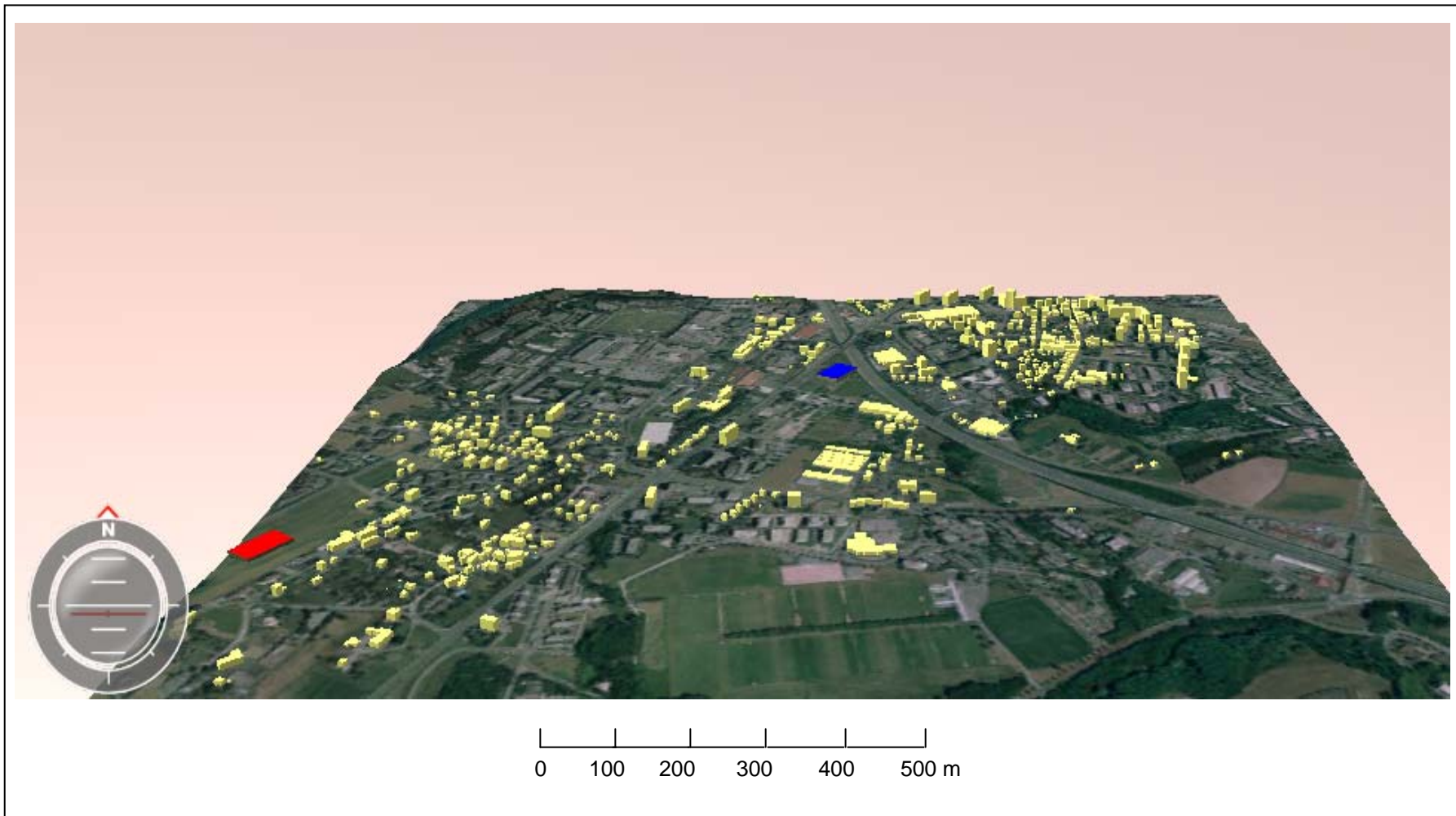




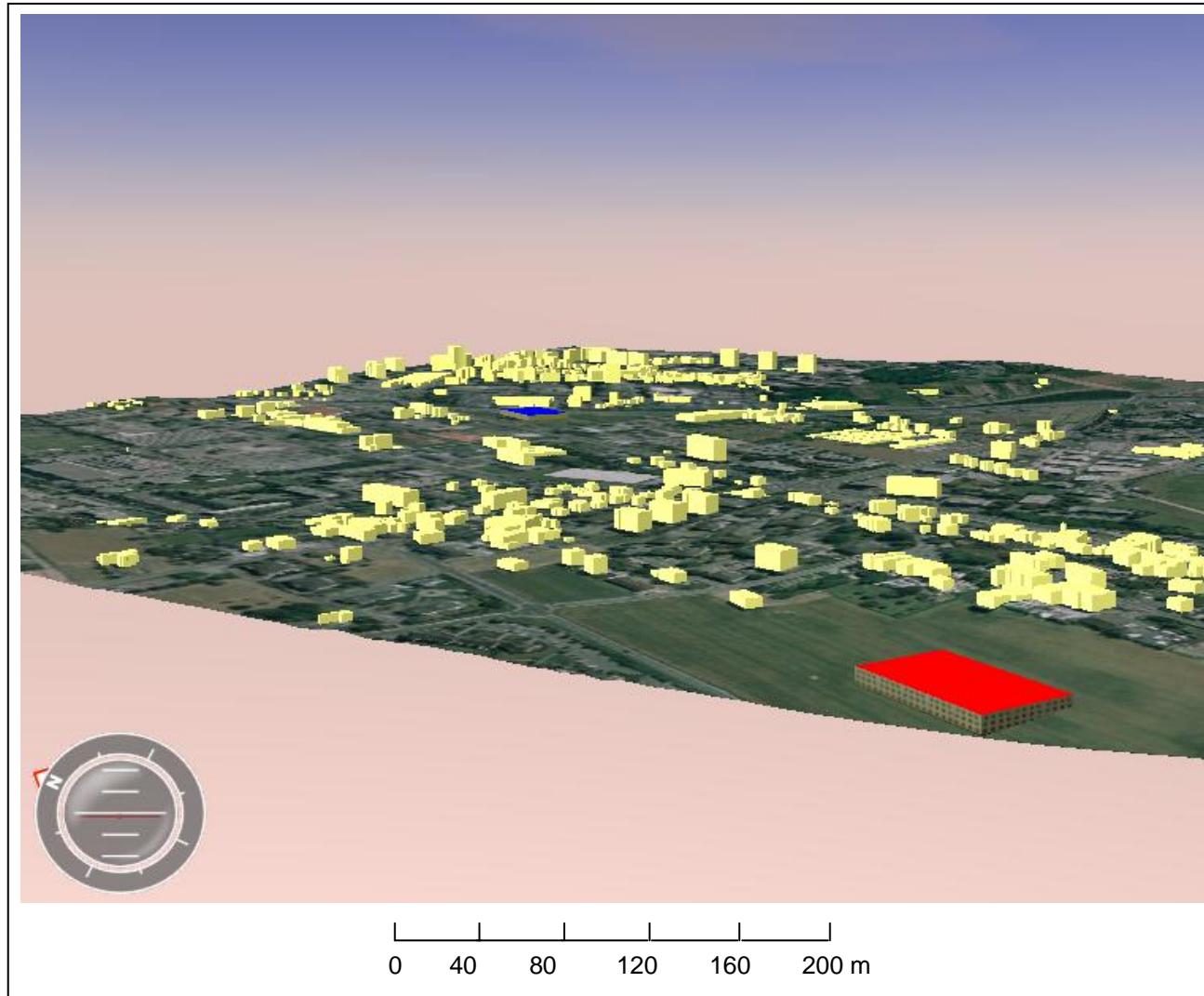
## Localisation de nouveaux bâtiments: visualisation 2D



## Localisation de nouveaux bâtiments: visualisation 3D



## Localisation de nouveaux bâtiments: visualisation 3D

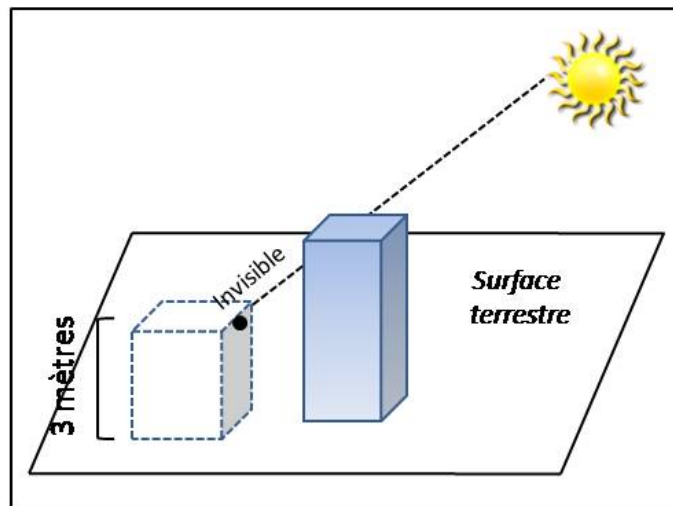


## Exemple 2: Exposition solaire sur les façades des bâtiments

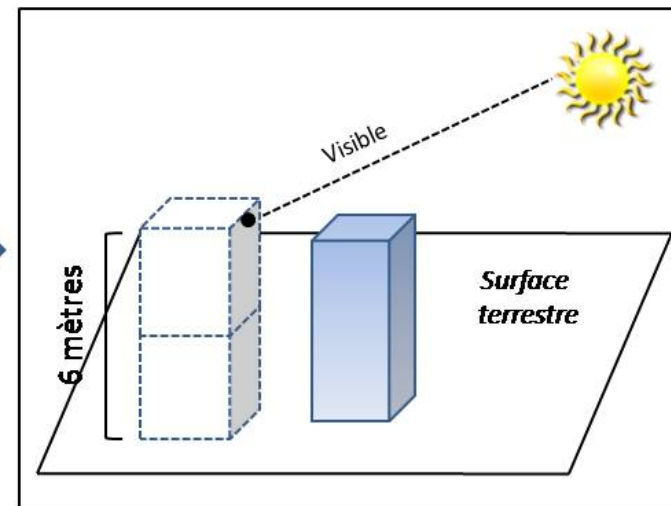
(en collaboration avec Eugenio Morello, *Human Space Laboratory, Politecnico di Milano*)

**Méthode pour le calcul de l'indicateur d'exposition solaire par façade de bâtiment, à partir d'un modèle numérique 3D urbain d'haute précision, défini par le numéro d'heures de radiation solaire directe incidente sur chaque bâtiment**

**Pas 1**



**Pas 2 à n**



- 1 – Bâtiment blanc: bâtiment analysé;
- 2 – Bâtiment bleue: milieu urbain (bâti) existant;
- 3 – Pour chaque bâtiment analysé, tous les 3 mètres, dans la direction horizontale de l'image et pour toutes les cellules existantes qui correspondent à une façade, évaluation des cellules qui sont sous l'exposition solaire

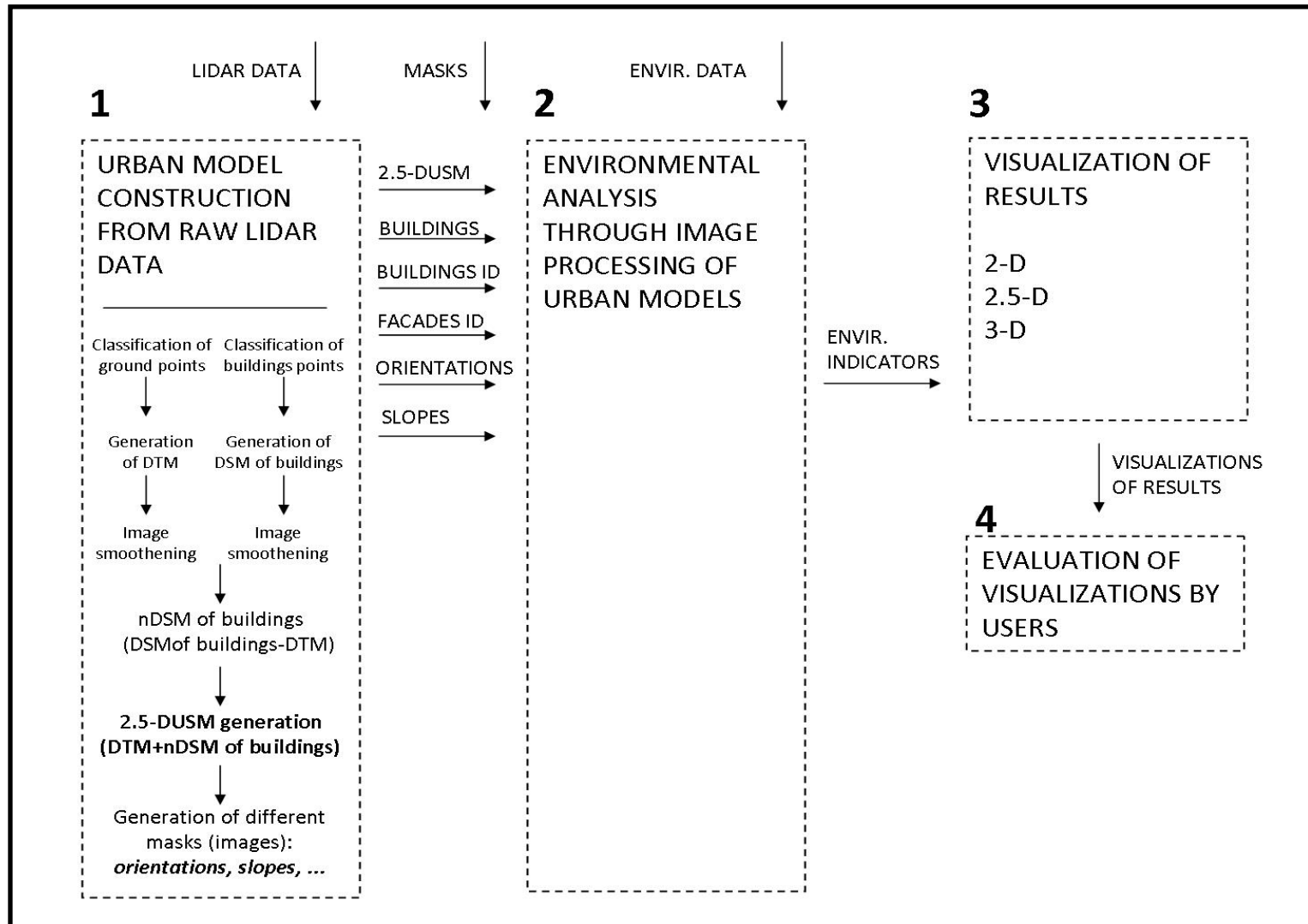


## Zone Pilote

Centre ville de Genève (environ 10.000 m<sup>2</sup>)



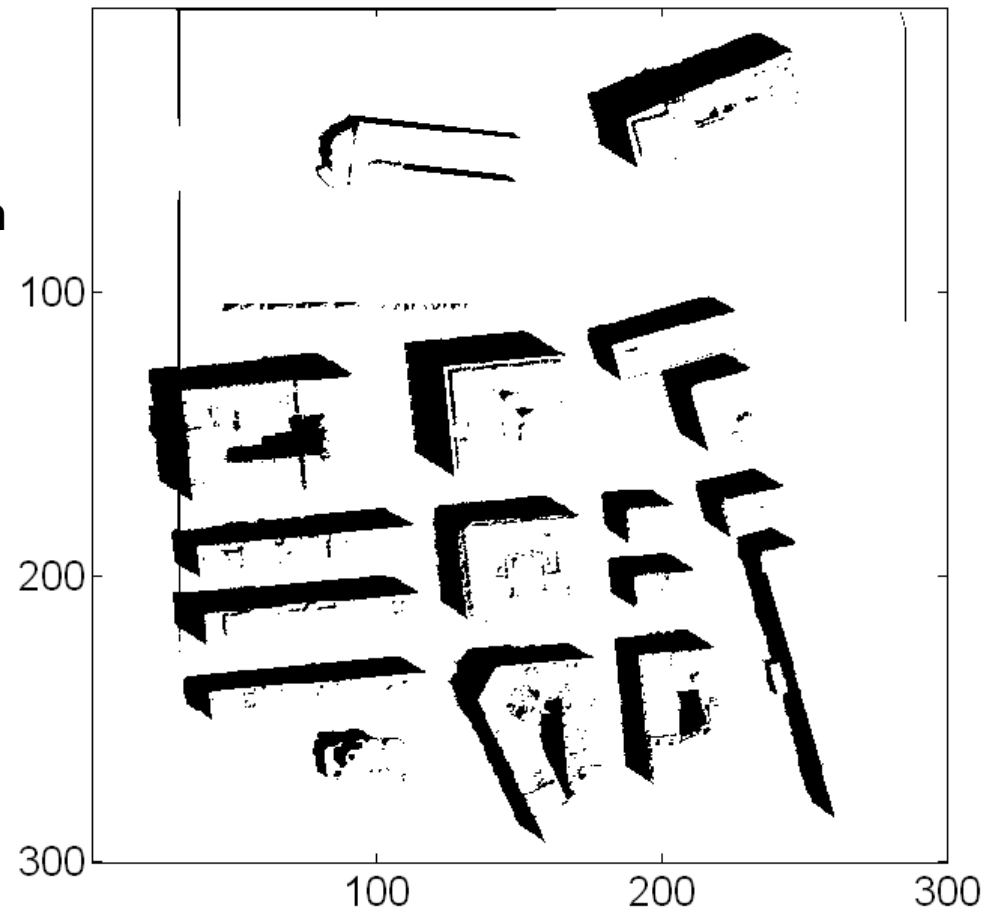
## Extractions d'indicateurs liés au rayonnement solaire: méthodologie implémentée



## Calcul des cartes (images) d'ombrage

Toutes les heures pour le jour moyen  
de chaque mois de l'année... les  
autres jours de chaque mois sont  
extrapolées à partir de ce même  
jour...

Cela nous permet de savoir  
exactement quels pixels sont sous la  
radiation solaire...





# Radiation moyenne par façade (W/m<sup>2</sup>): visualisation 2D



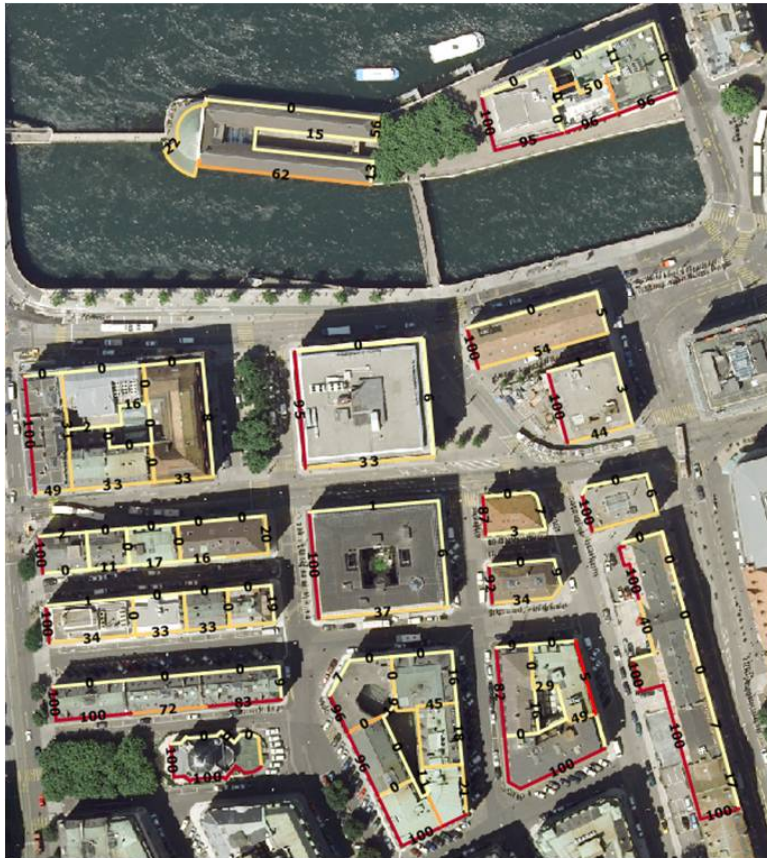
**Exemple: radiation moyenne  
(directe et diffuse) par  
façade de bâtiment en W/m<sup>2</sup>  
(10 Décembre à 12:00)**

## Legend: Mean Radiation by Façade



North

## Pourcentage d'exposition solaire par façade: visualisation 2D



Legend: Percentage Solar Exposition by Façade

Lines : Percentage



<20  
20...40  
40...60  
60...80  
>80

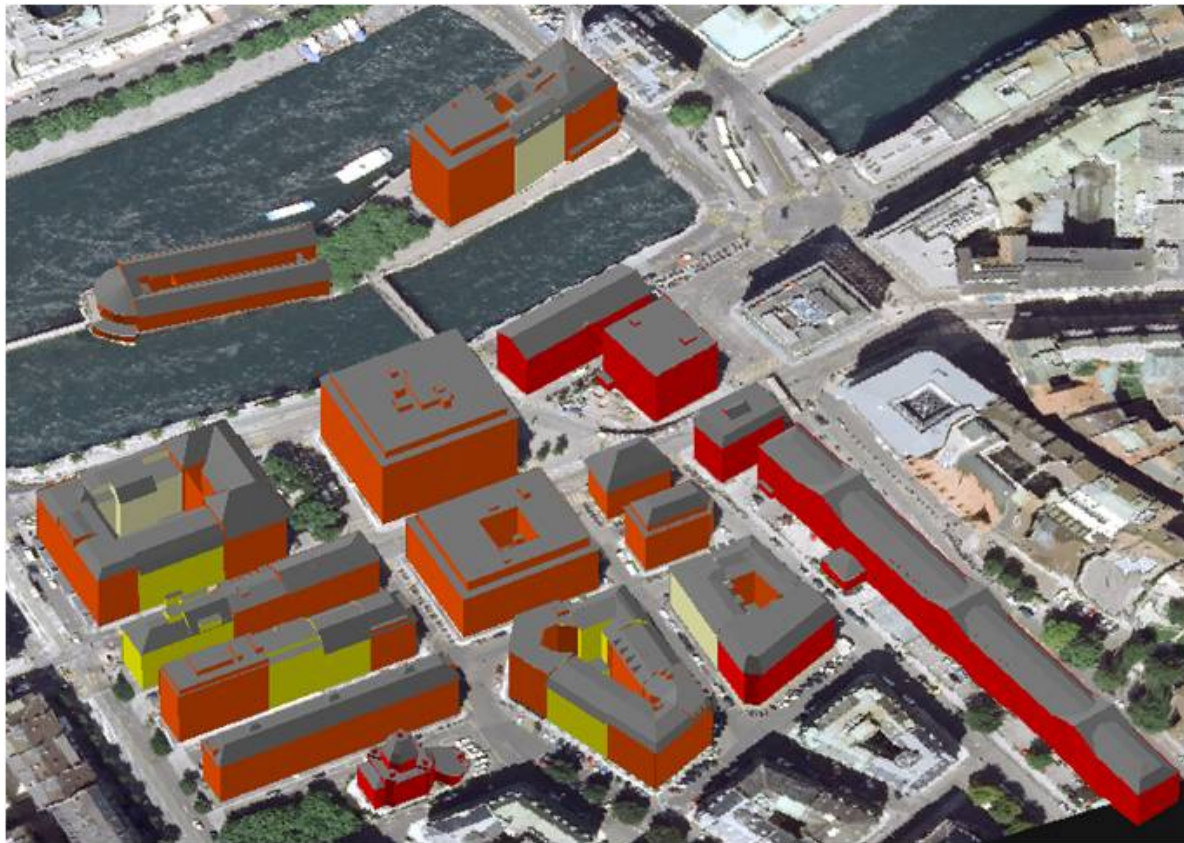


North

**Exemple: pourcentage de façade sous la radiation directe du soleil (10 Décembre à 12:00) pour le deuxième étage de chaque façade de bâtiment**



## Radiation solaire par bâtiment (W/m<sup>2</sup>): visualisation 3D



**Exemple: radiation moyenne (directe et diffuse) dans toutes les façades par bâtiment en W/m<sup>2</sup> (10 Décembre à 12:00)**

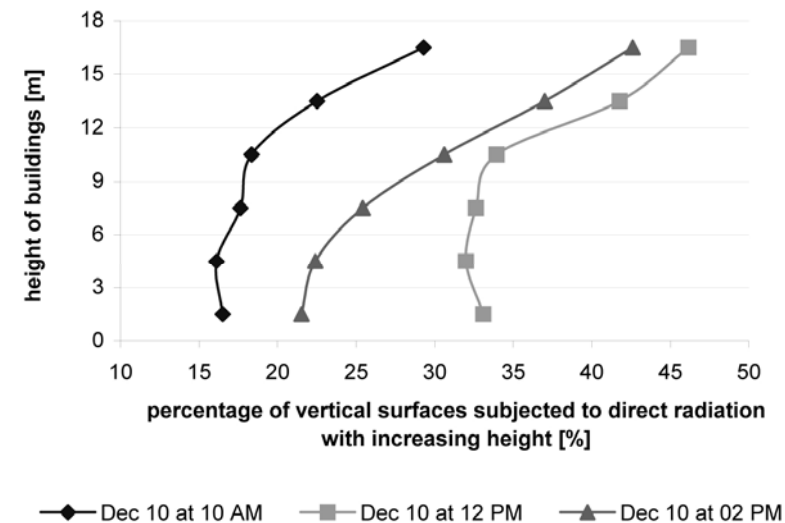
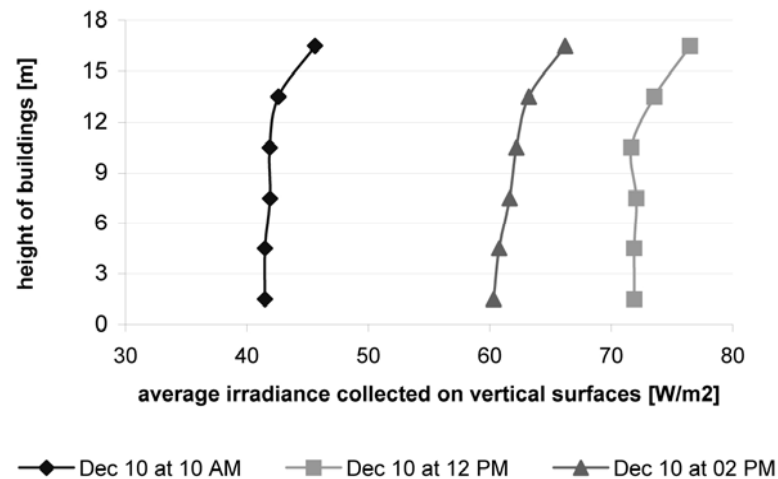
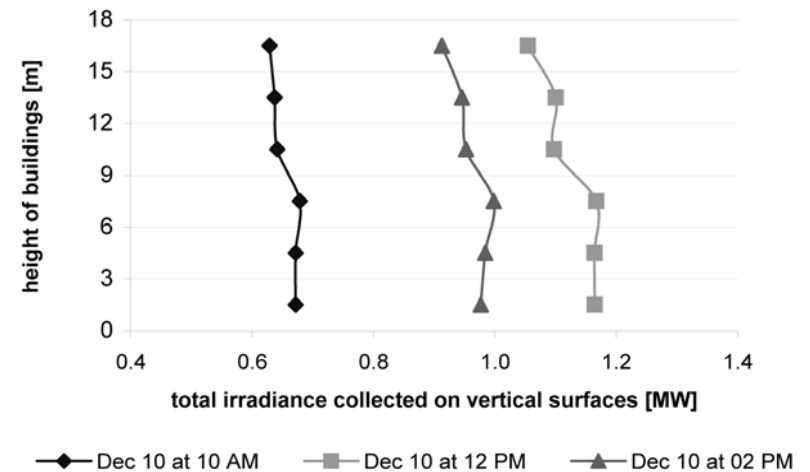


North

## Radiation sur les façades

Exemple: radiation totale sur les façades (en fonction de l'hauteur) pour le 10 Décembre à 10:00, 12:00 et 14:00:

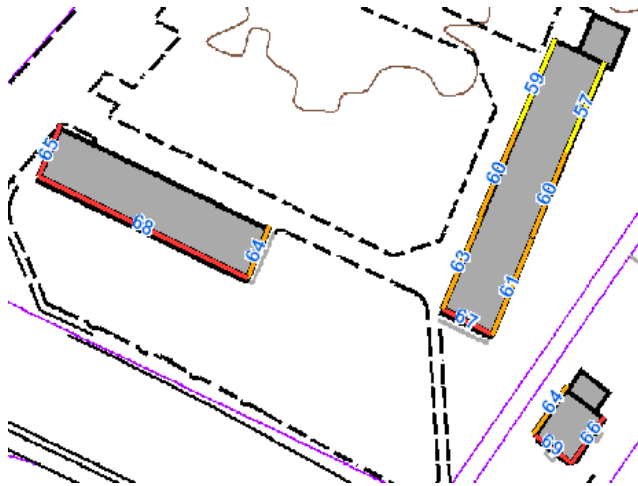
- (a) Radiation absolue (MW);
- (b) Radiation moyenne ( $W/m^2$ );
- (c) Pourcentage de façade sous radiation solaire



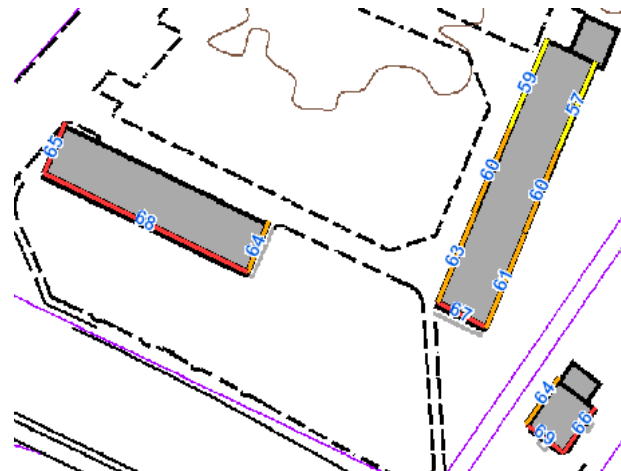


## Radiation solaire par étage de bâtiment (W/m<sup>2</sup>): visualisation 2D

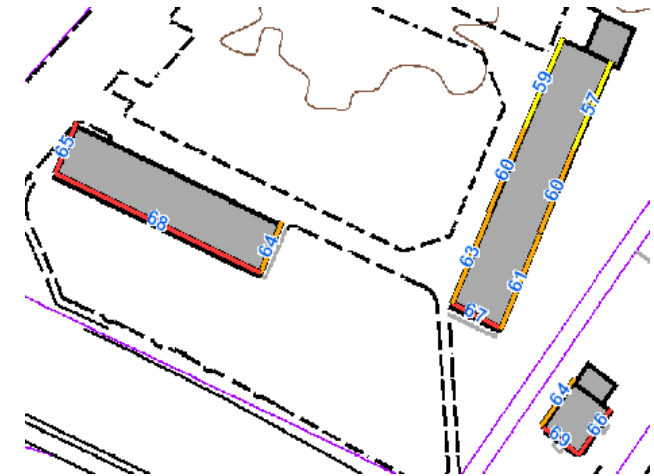
Etage 1...



Etage 2...



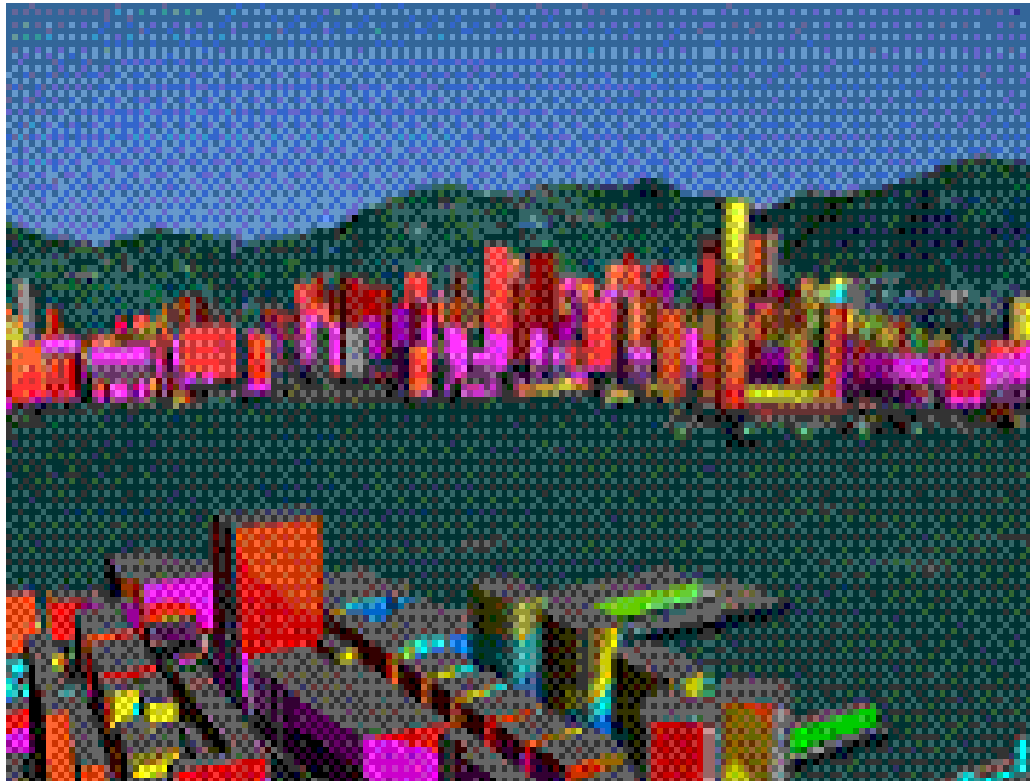
Etage n...



Plusieurs couches 2D d'information par étage de bâtiment ?  
Ou alors...

## Radiation solaire par étage de bâtiment (W/m<sup>2</sup>): visualisation 3D

Exemple: distribution quantitative de l'intensité du bruit dans les façades des bâtiments (source : Law, C.W., Lee, C.K. & al. 2006)



**Radiation totale sur les façades par étage ?**

### Exemple 3: Exposition solaire sur les toits des bâtiments

(en collaboration avec Eugenio Morello, *Human Space Laboratory, Politecnico di Milano* et Gilles Desthieux, *LEAA, Genève*)

## Présentation de deux cas d'étude: images aériennes

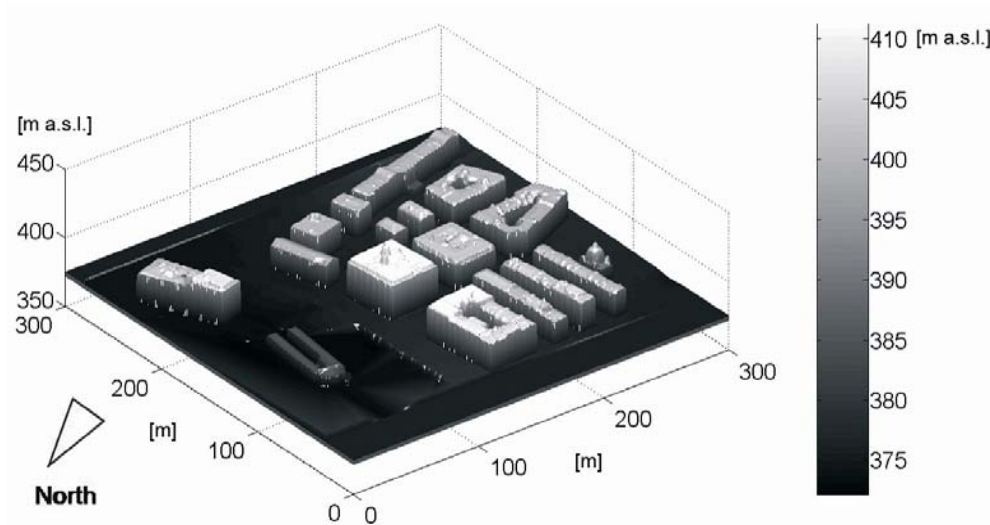


**Centre ville de Genève**

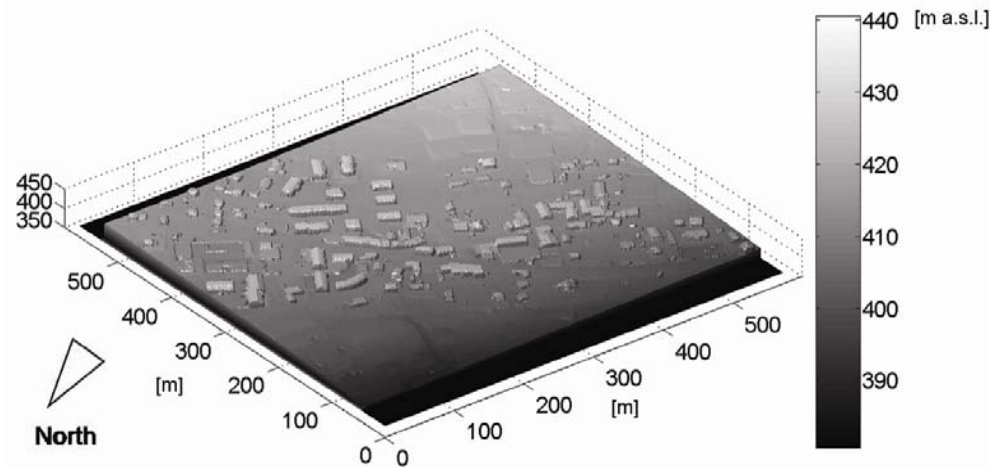


**Quartier de Collonges**

# Modèle 2.5D Urbain Numérique d'Haute Précision



First zone (central)



Second zone (central)

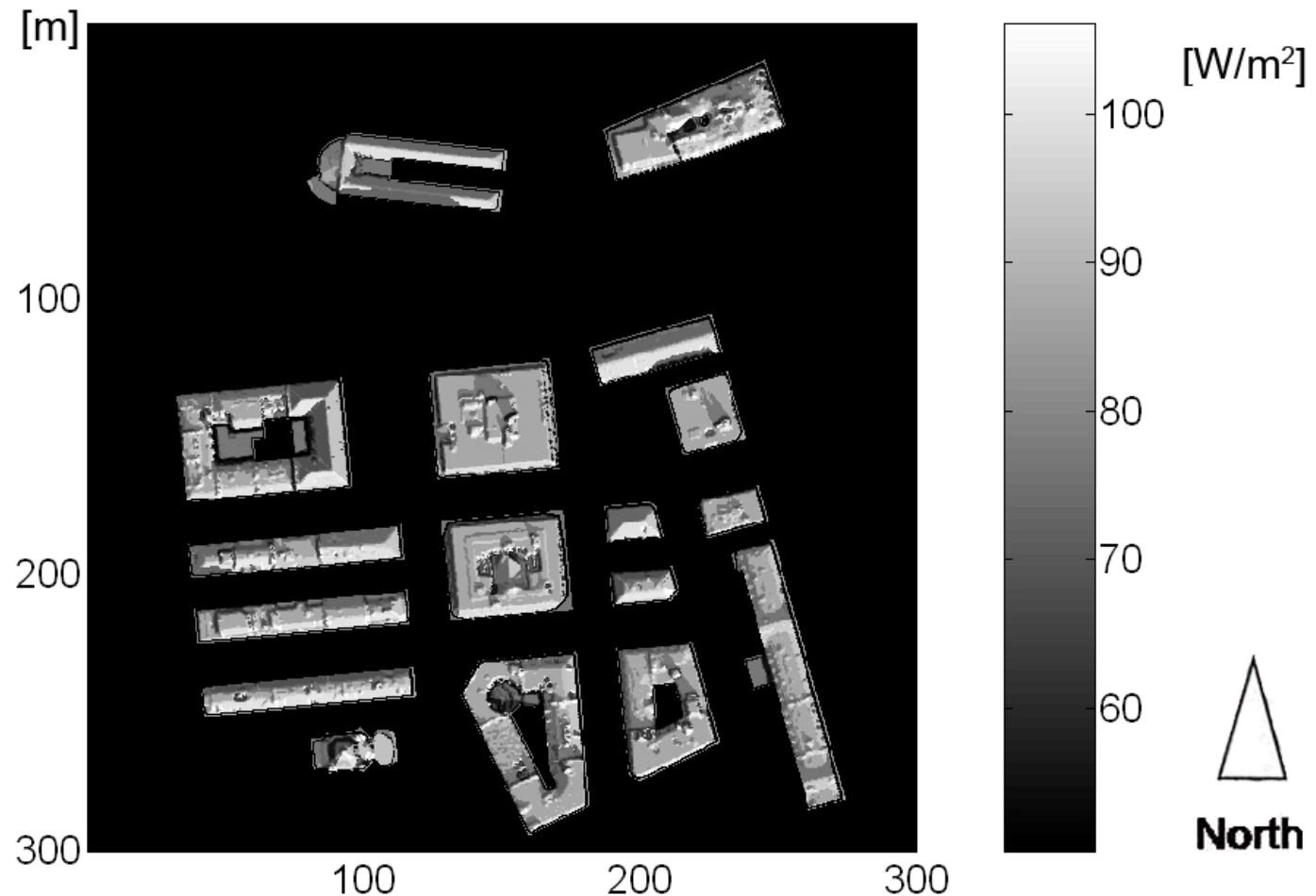


# Radiations annuelles sur les toits (Kwh/m2): visualisation 2D



# Radiation sur les toits (W/m<sup>2</sup>): visualisation 2.5D

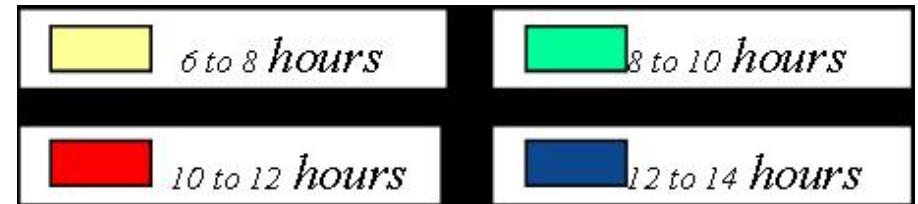
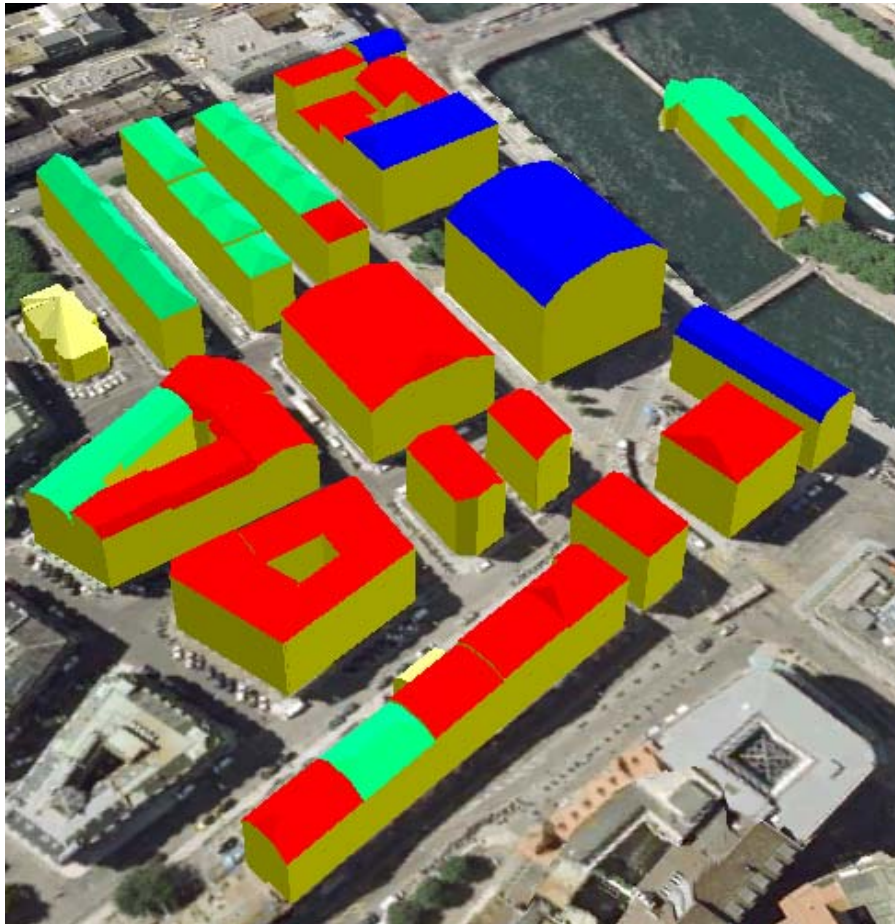
Le 10 Décembre à 10 AM





# Numéro d'heures d'ensoleillement par bâtiment: visualisation 3D

Le 21 juin...





## Conclusions - quelques questions:

- Est-ce qu'une représentation visuelle 3D est toujours la meilleure option à prendre en compte?
- En cas négatif et selon les indicateurs urbains proposés, à votre avis quelle représentation visuelle (2D, 2.5D ou 3D) serait la mieux adaptée?
- Est-ce que certains indicateurs sont même plus intuitifs à interpréter autant que « output » numérique que par une représentation visuelle?
- Est-ce que pour les représentations visuelles 3D une texturation des bâtiments serait considérée comme une plus-value ou, par contre, ça compliquerait l'interprétation cognitive des modèles proposés?
- Quand on veut guider l'attention de l'utilisateur est-ce qu'on doit créer des interfaces avec différents niveaux de détail de représentation (NDR) des bâtiments à visualiser?
- Est-ce que pour certains indicateurs il serait même plus intéressant de créer plus qu'une représentation visuelle?

**Un questionnaire vous sera ultérieurement envoyé...**

**Merci pour votre attention!!!**