



# Application du LiDAR pour élaborer le cadastre solaire à Genève

Journée des laboratoires de SIG romands – 27 juin 2012

Gilles Desthieux

[gilles.desthieux@hesge.ch](mailto:gilles.desthieux@hesge.ch)

Claudio Carneiro

[claudio.carneiro@epfl.ch](mailto:claudio.carneiro@epfl.ch)

Eugenio Morello

[eugenio.morello@polimi.it](mailto:eugenio.morello@polimi.it)

h e p i a

Haute école du paysage,  
d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

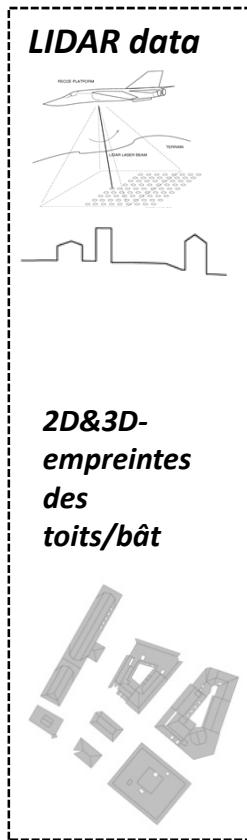


Politecnico di Milano / Laboratorio di Simulazione Urbana

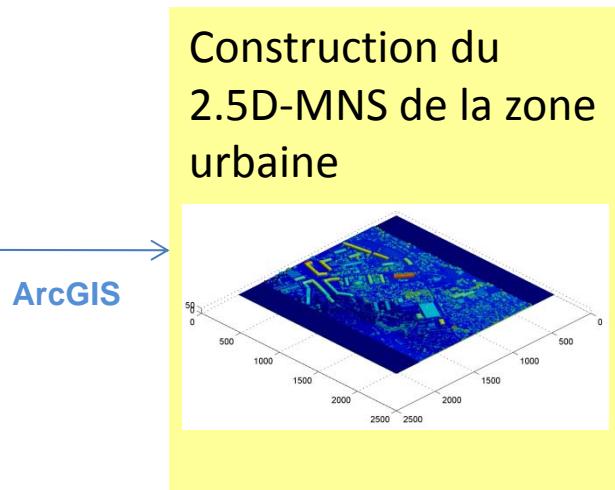
# Sommaire

- Démarche et outils
- Résultats du cadastre solaire genevois
- Perspectives d'utilisation du cadastre

# Présentation de la démarche, outils et données



# Vue synoptique de la démarche



**Taille des pixels**  
considérée pour la zone d'étude: **0.5m X 0.5m**

**Combinaison 2D / 3D GIS avec traitements numériques de couches rasters**

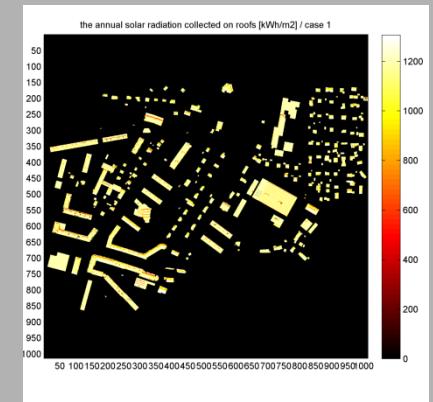
**Production de couches raster (masques)**

1. Altitude (2.5D-MNSU)
2. Pentes toits
3. Orientations toits
4. Empreinte des bâtiments

Données météorologiques

**Metenorm**

Calcul de l'irradiation solaire sur les toits par traitement des couches raster **MatLab**

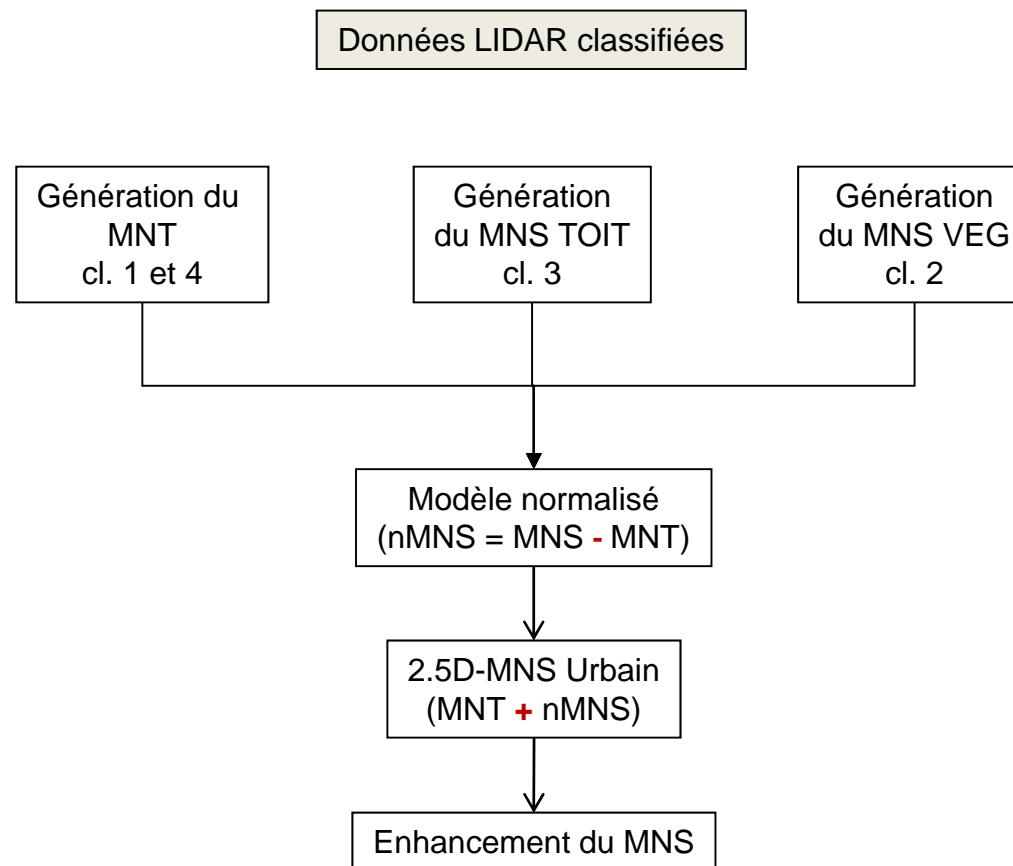


**ArcGIS**

Visualisation / indicateurs (sur support 2D ou 3D) et exploitation des résultats pour planification urbaine



# Interpolation et construction du 2.5D – MNS urbain



# Calcul solaire: données source et échelle de temps

- Metenorm (v6): Valeurs statistiques **horaires** d'irradiation globale et diffuse sur surface horizontale, en [Wh/m<sup>2</sup>], pour Genève-Cointrin
- **Valeurs horaires moyennées par mois\***  
⇒ 24h X 12m = 288 pas de temps horaire considérés (moins les heures nocturnes)
- **Jour ~15 du mois** (type) considéré pour la géométrie solaire
- Représentations possibles des résultats:
  - horaire **H**
  - journalière (15 du mois) **J** =  $\Sigma H$
  - mensuelle **M** =  $J * \{28, 30, 31\}$
  - annuelle **A** =  $M * 12$

\* Ceci afin d'alléger les temps des calculs

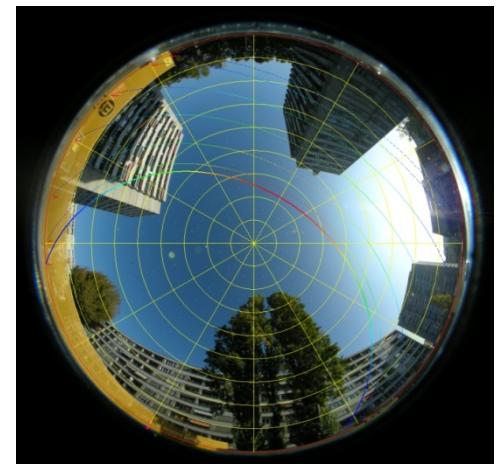
# Formules pour le calcul solaire

- Irradiation globale horaire sur plan incliné (pente  $\beta$  et orientation  $\gamma$ )

$$\begin{aligned} I_g &= \\ I_{\text{dir}} * O_{\text{dir}} &+ \\ I_{\text{diff}} * O_{\text{SVF}} &+ \\ I_r \end{aligned}$$

SVF: Sky View Factor

source: P. Ineichen (Jonction)





REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

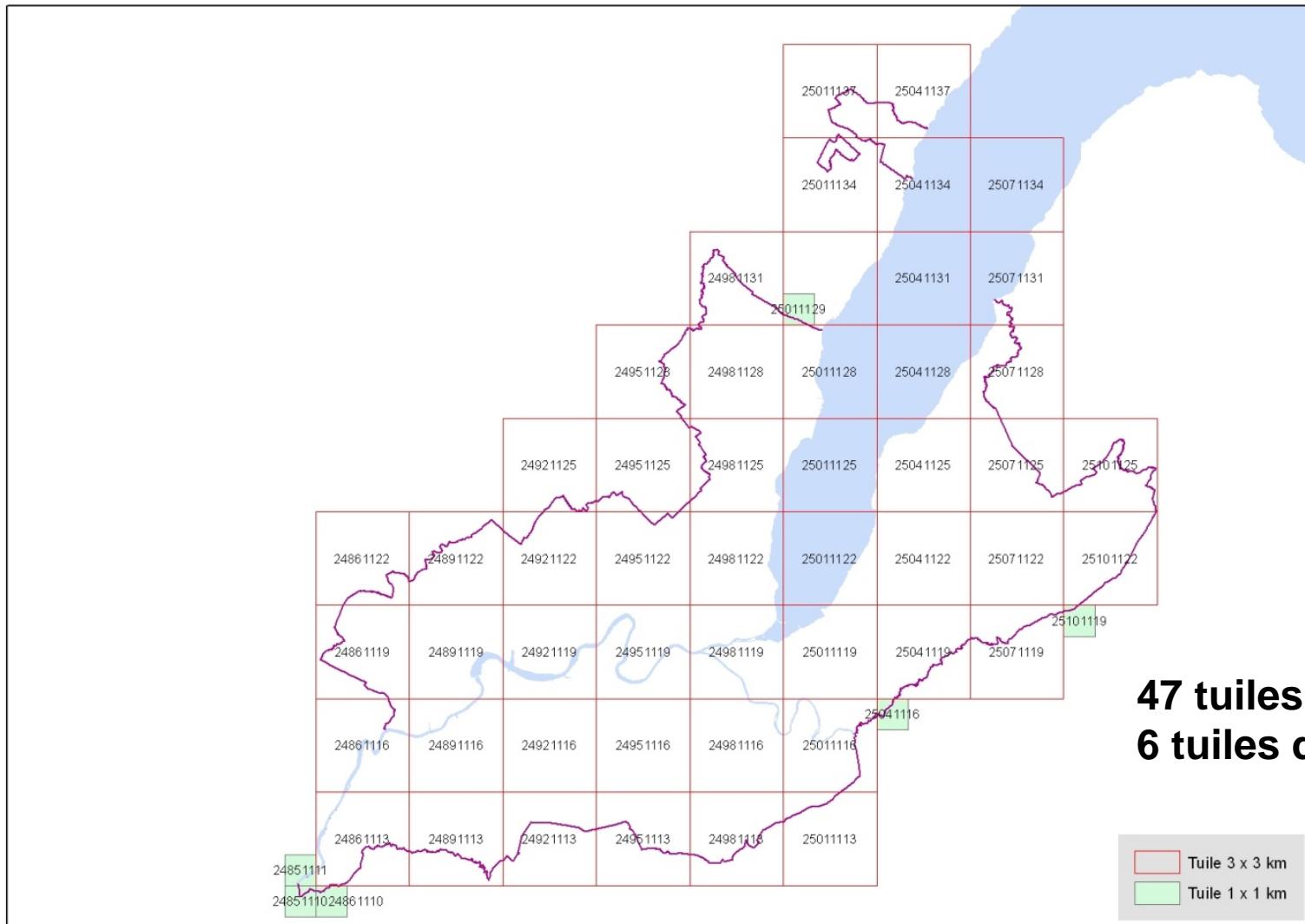


# Résultats du cadastre solaire sur le Canton de Genève

# Objectifs de l'étude

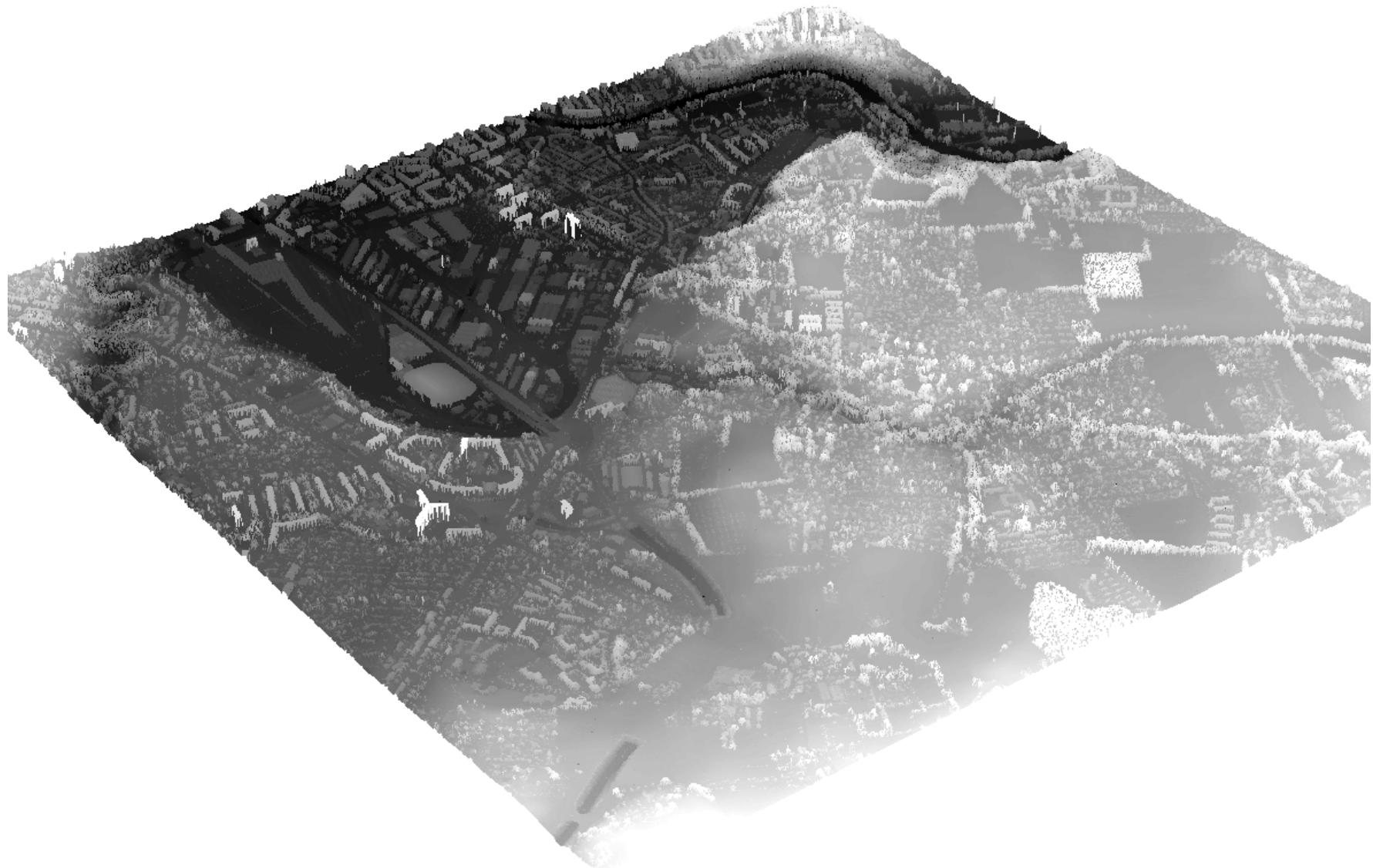
- Etablir la **cartographie du potentiel solaire** genevois en s'appuyant sur les données 3D des bâtiments et disposer d'informations sur le potentiel de la ressource locale en énergie solaire.
- **Communiquer** au public sur le potentiel des toits (thématique simple à définir ultérieurement par le SITG : bon, moyen, mauvais)
- **Eviter des déplacements** pour les avant-projets
- Découvrir le potentiel solaire sur d'autres objets que les faces de toits (sur le **terrain** par exemple abris, parkings ...etc)

# Découpage du canton en tuiles

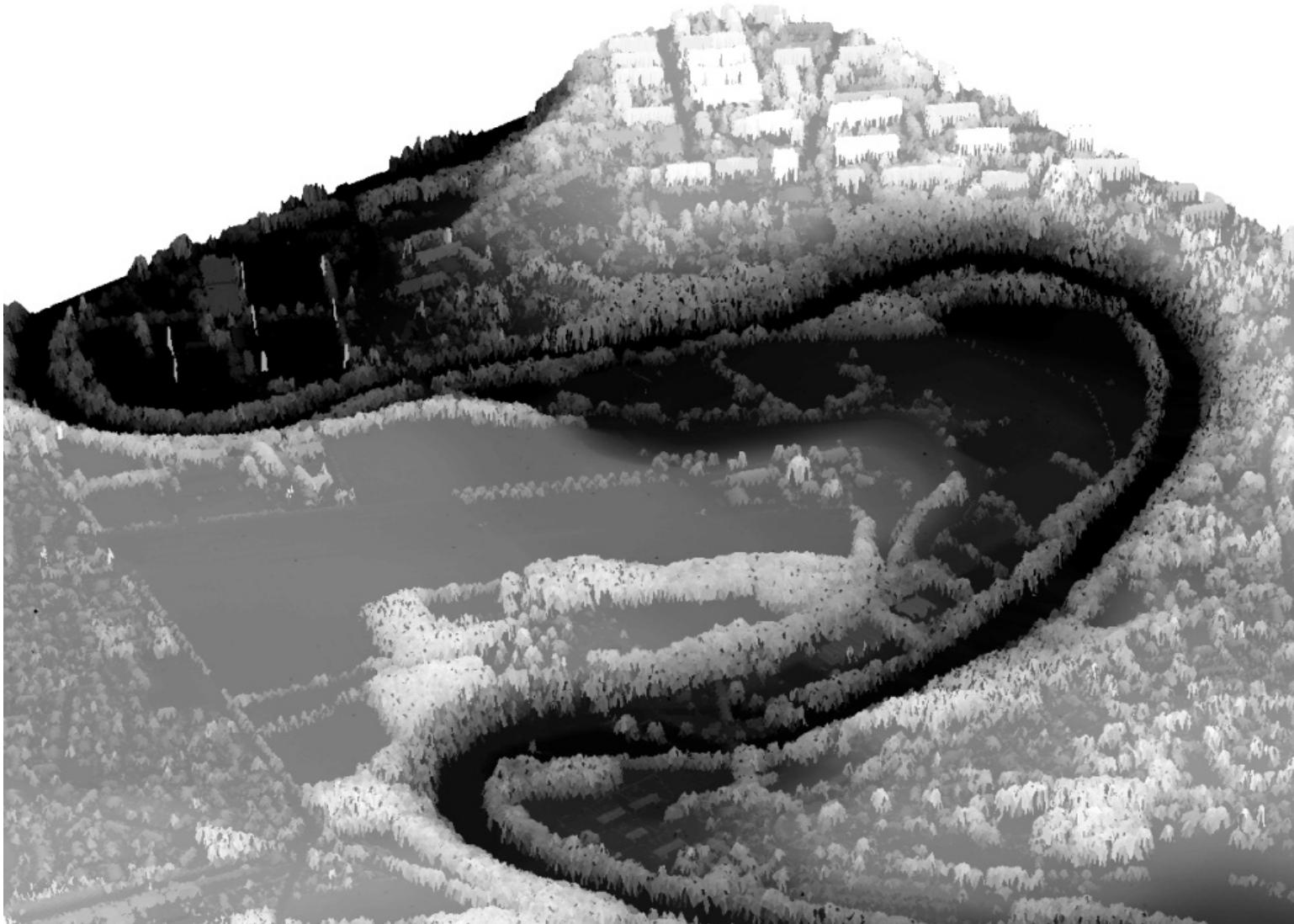


Superficie  
du canton:  
env. 282 km<sup>2</sup>

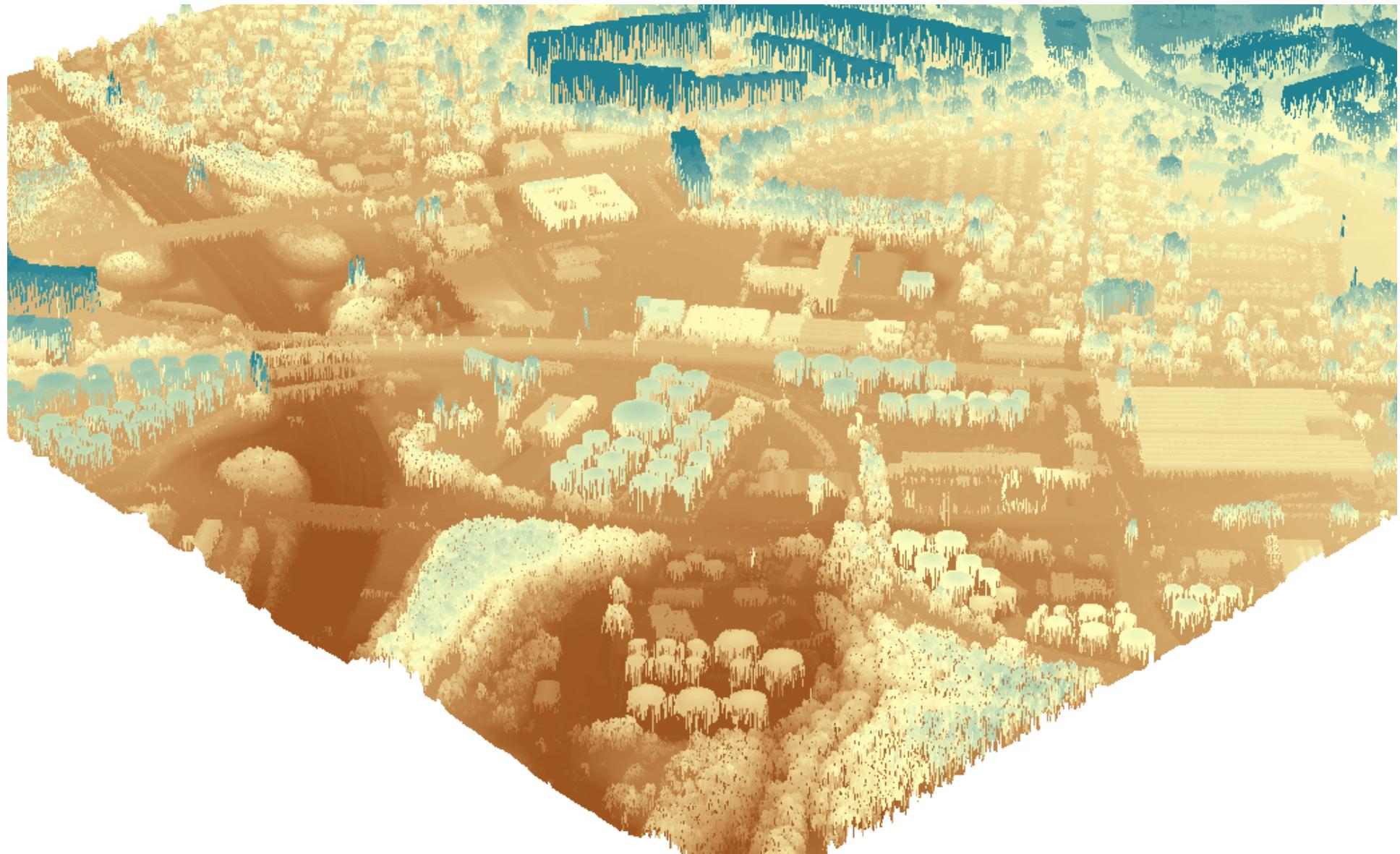
# Modèle numérique 2.5D



# Modèle numérique 2.5D



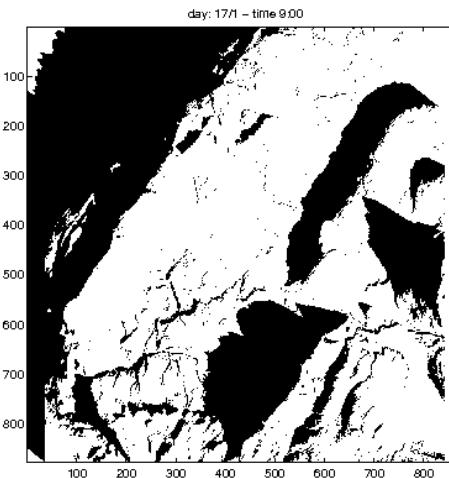
# Modèle numérique 2.5D



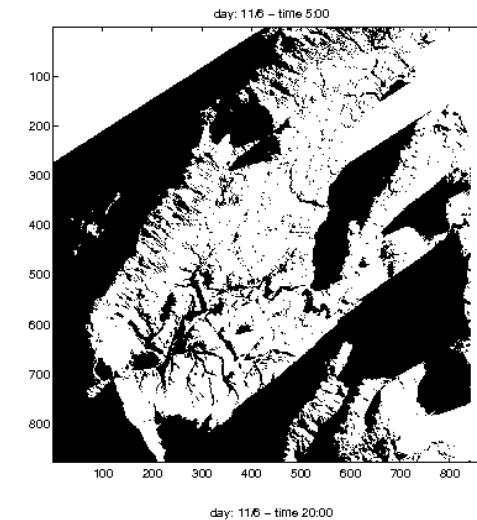
# Ombrage sur le rayonnement (Relief)

Direct

*Janvier*

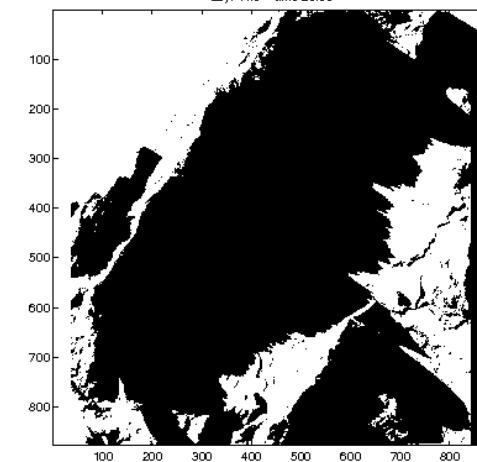
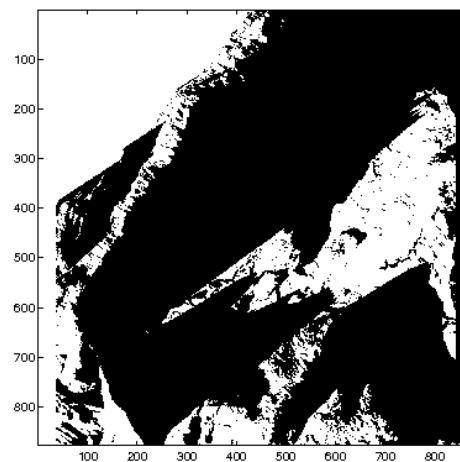
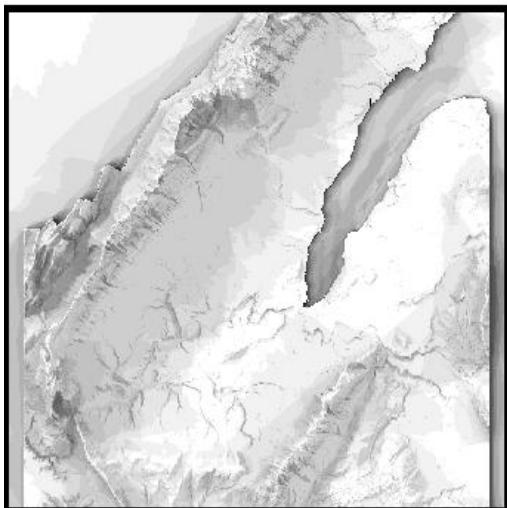


*Juin*



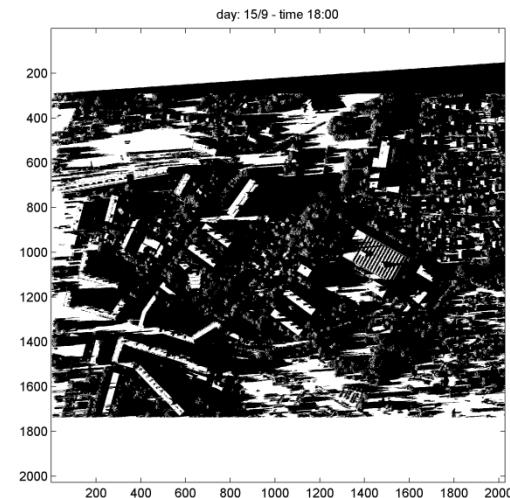
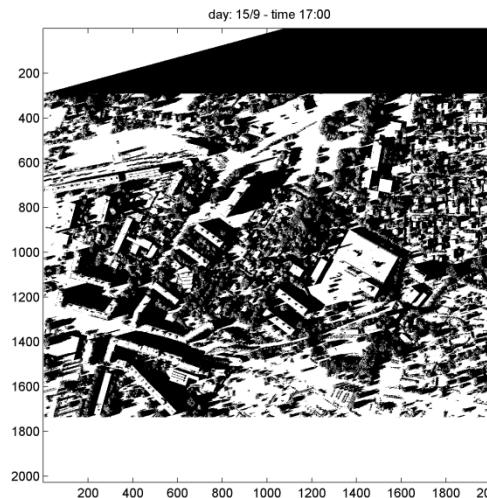
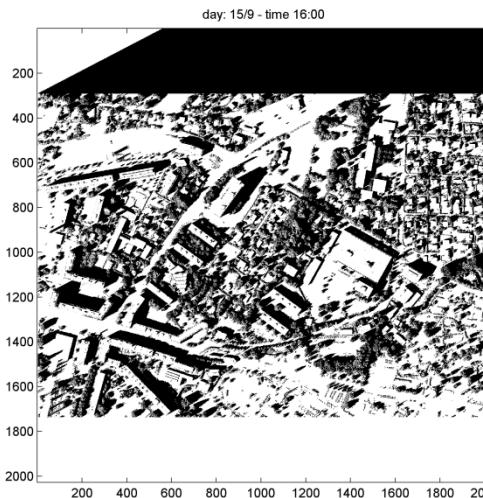
Sky view factor

SVF map [0-1]

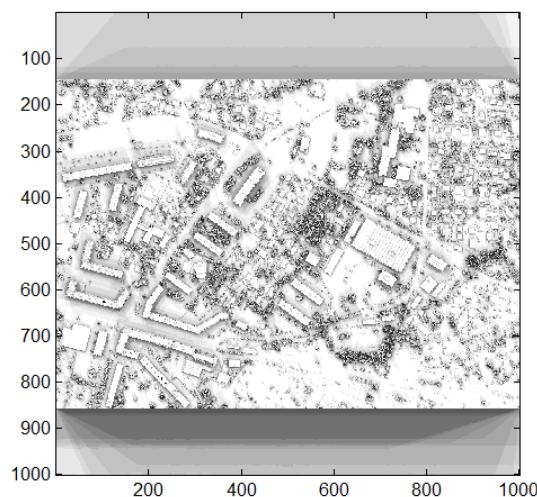


# Ombrage sur le rayonnement (MNS)

Direct

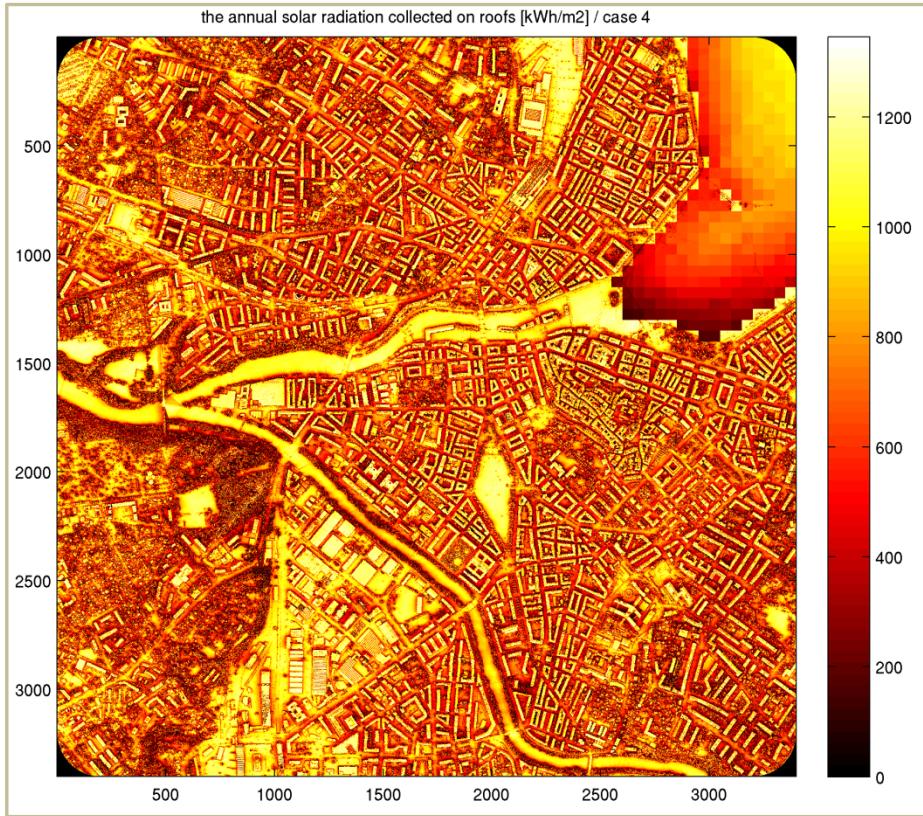


Sky view factor

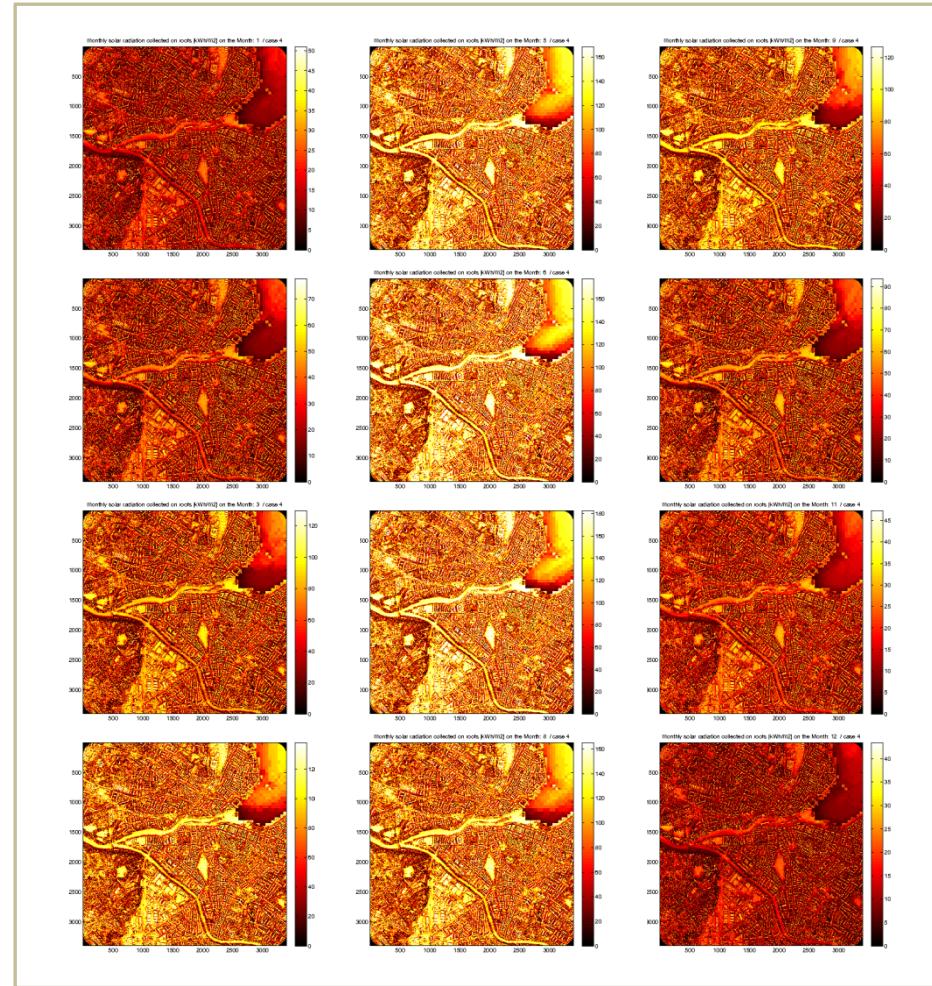


Ratti et Richens (2004)

# Résultats bruts de l'irradiation



Irradiation annuelle



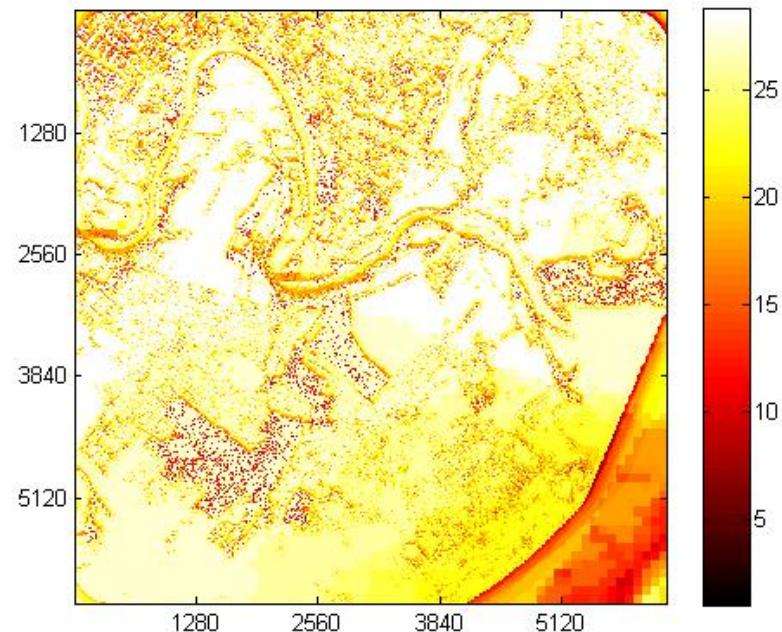
Irradiations mensuelles

# Avec et sans prise en compte du relief

Janvier

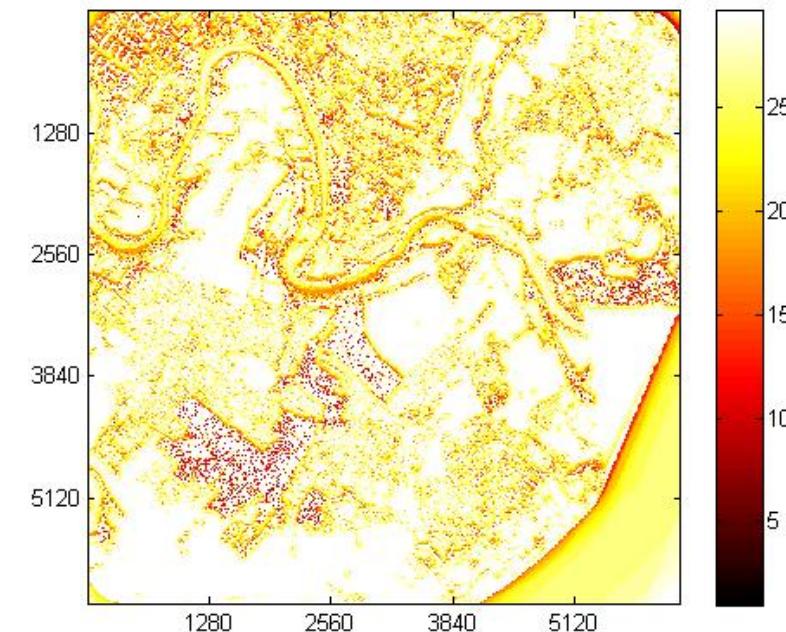
Avec

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m<sup>2</sup>] on the Month: 1 / case 4



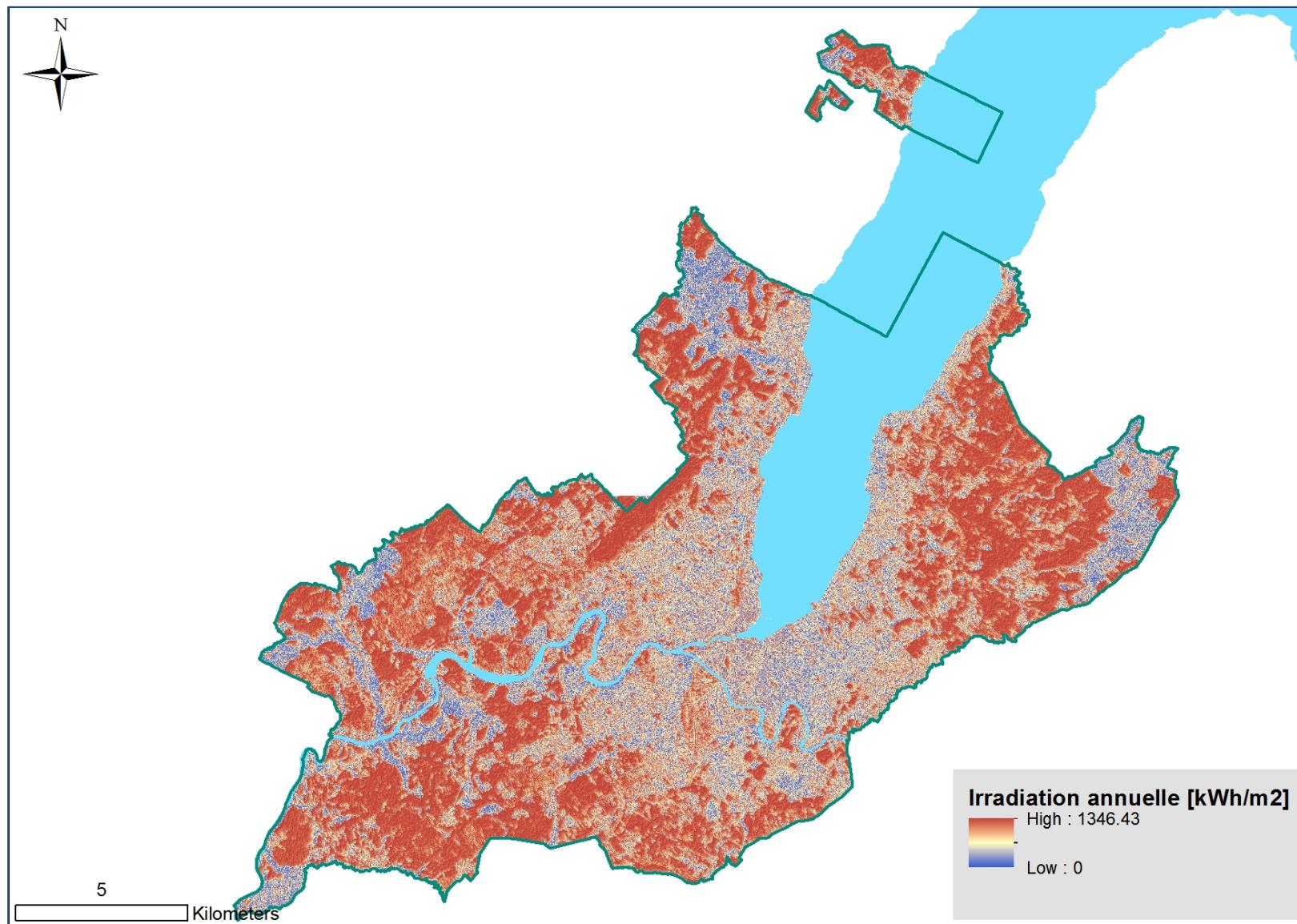
Sans

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m<sup>2</sup>] on the Month: 1 / case 4

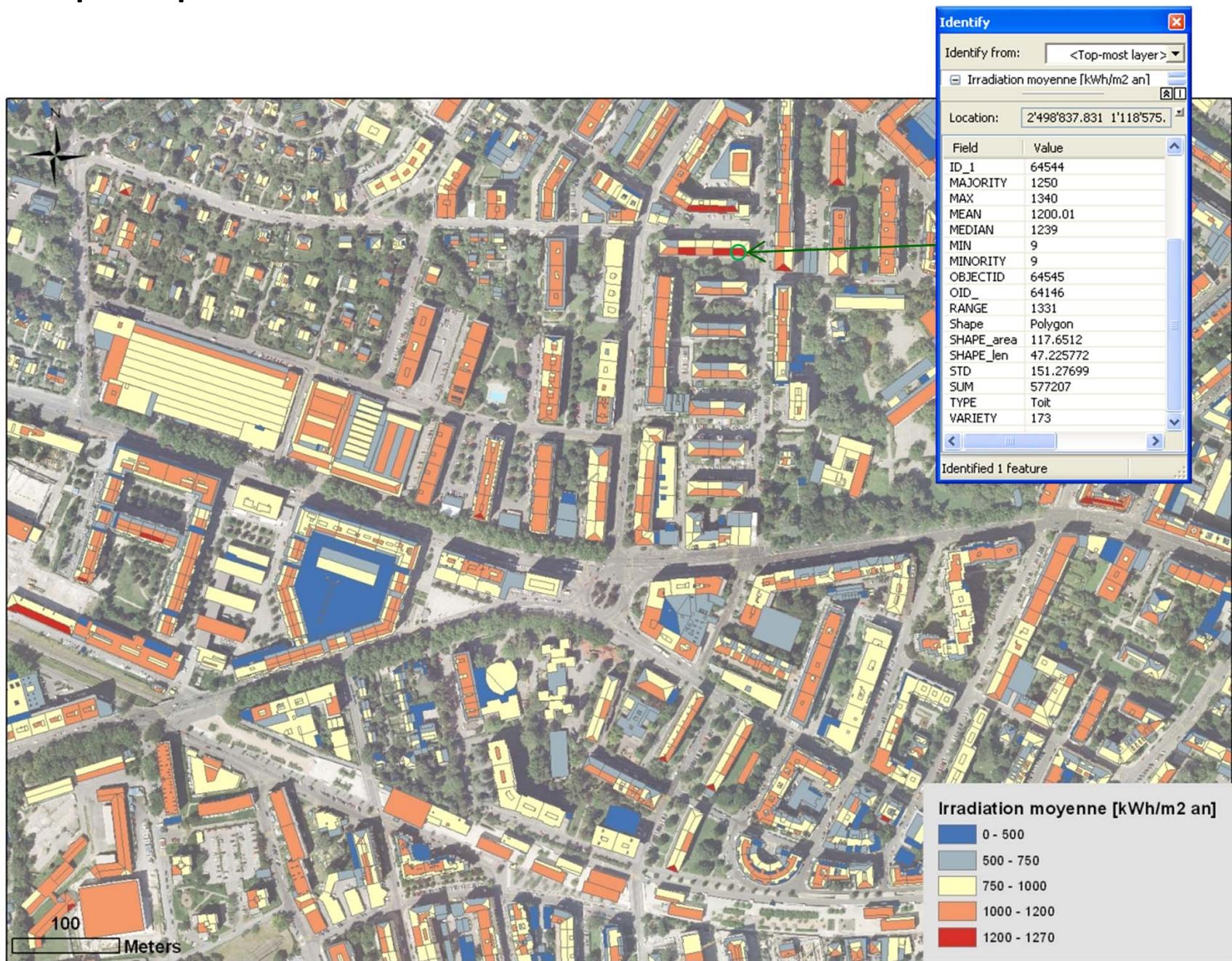


Tuile 501116 (au pied du Salève – Veyrier)

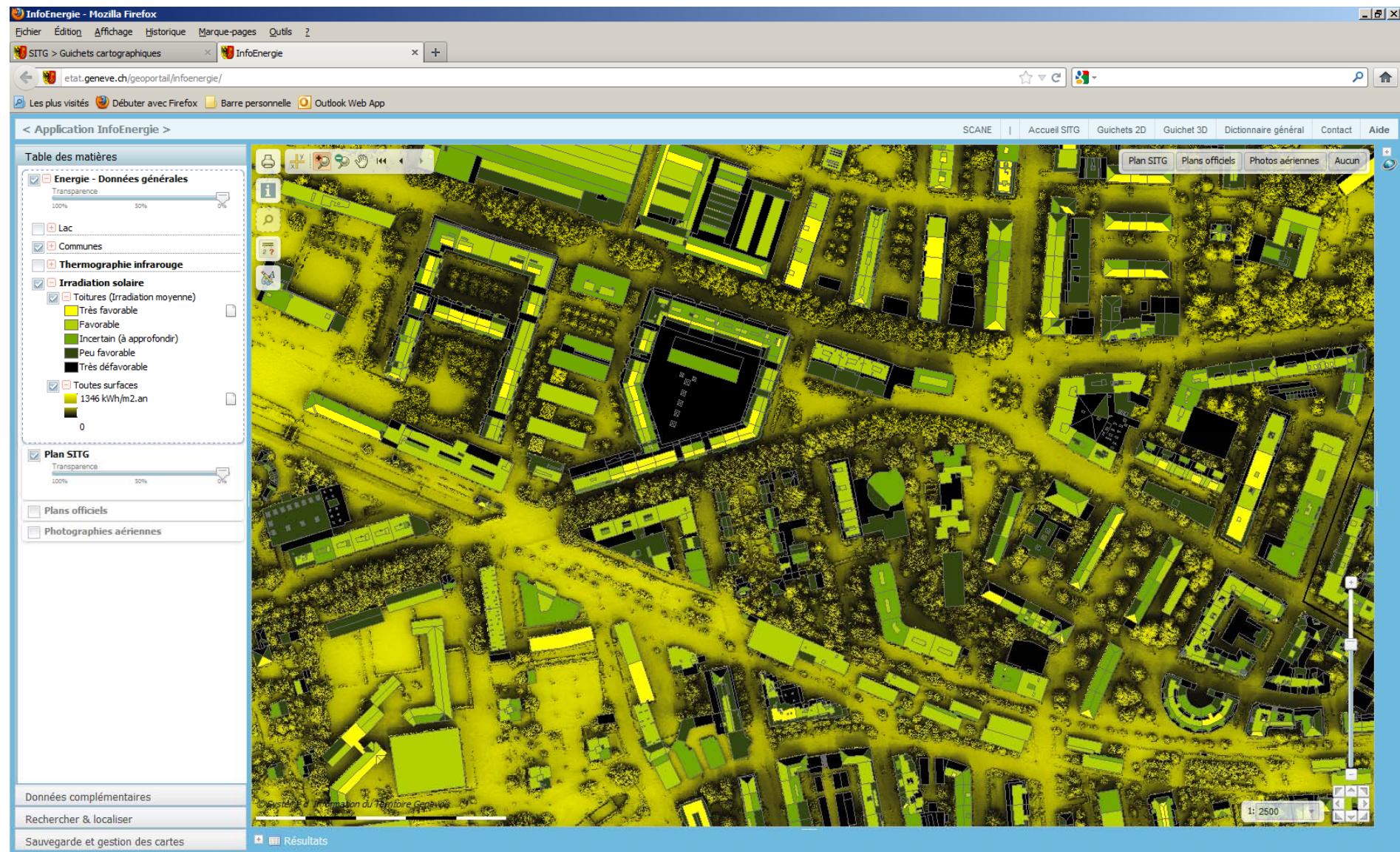
# Couche GIS de l'irradiation par « mosaïque » des tuiles



# Statistiques par toiture – Vue 2D



<http://etat.geneve.ch/geoportail/infoenergie/>



# Vue 3D



# Perspectives et utilisation du cadastre solaire

# Ombrage - raster

Selon fraction: irradiation avec ombrage / irradiation sans ombrage



# Partie de toit potentiellement intéressantes pour installation

Selon critère: irradiation > 1000 kWh/m<sup>2</sup>.an et ombrage minimale



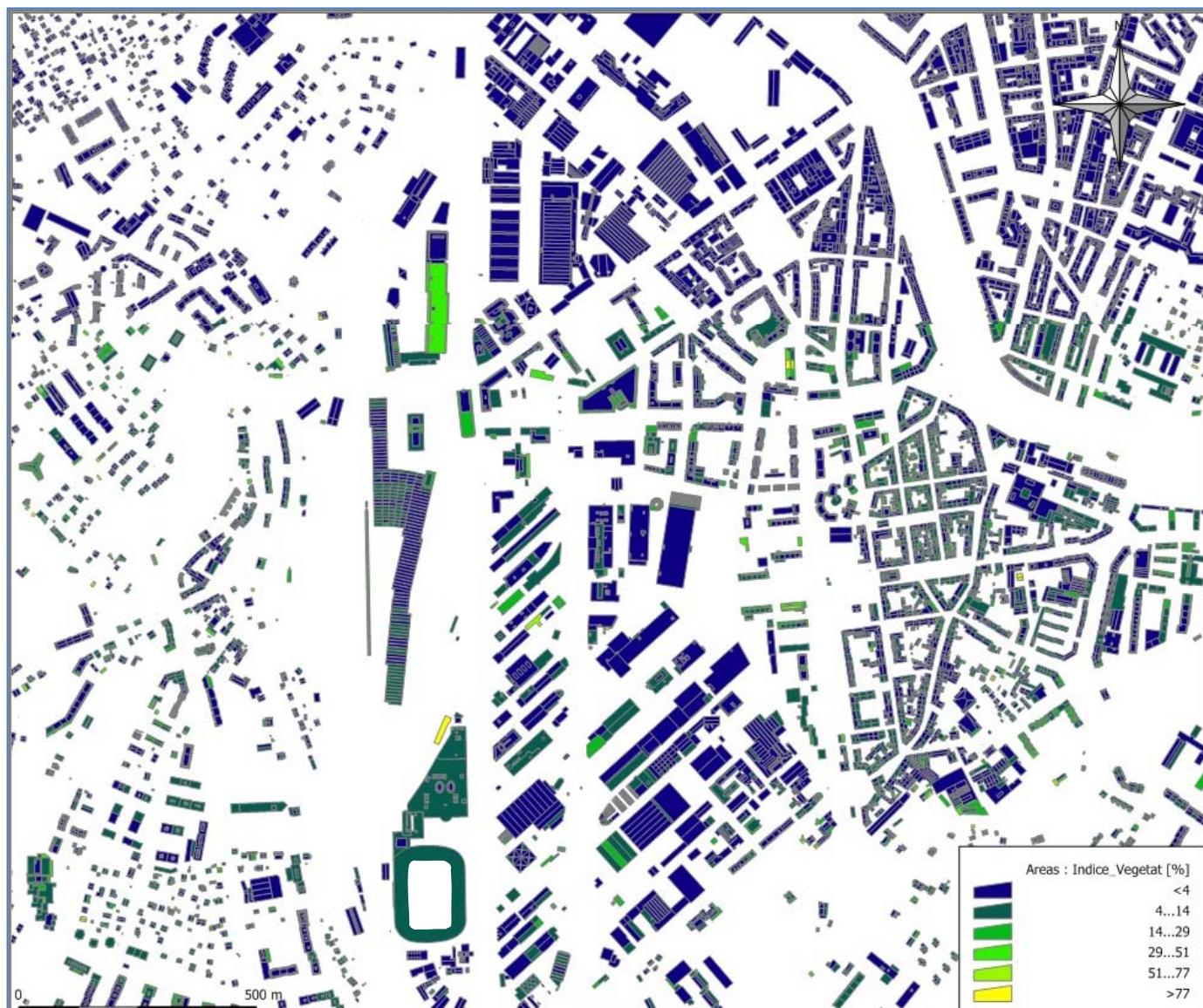
# Bilan d'énergie solaire - Commune



## Potentiel solaire

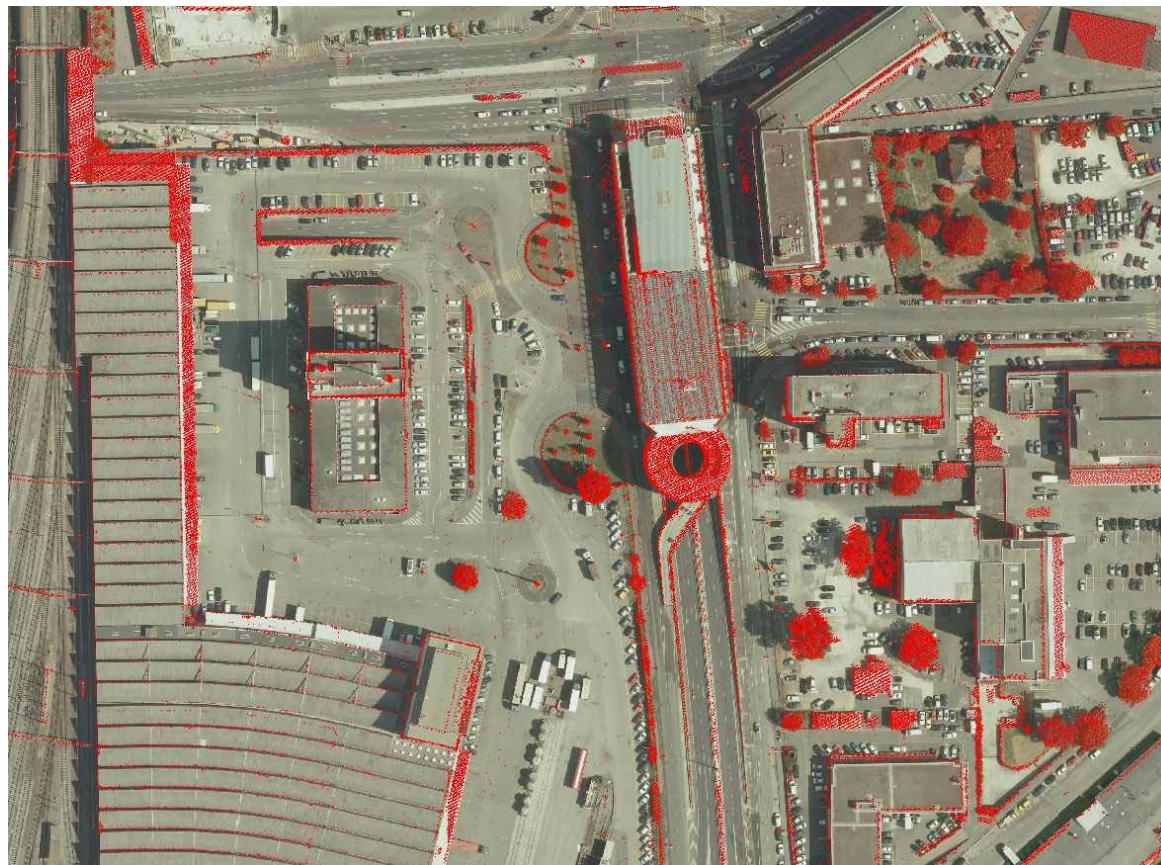
- Surface totale de toitures: 220'874 m<sup>2</sup>
- Surface de toiture utile: 75'903 m<sup>2</sup>
- Thermique (30% ECS):
  - 1'675 MWh
  - 4'826 m<sup>2</sup> (6% toitures)
- PV (activités et logements-solde ECS)
  - 2'758 MWh
  - 27'824 m<sup>2</sup> (34% de toitures)

# Indice de végétation



# Problèmes liés à la végétation

-Classification des points LIDAR végétation



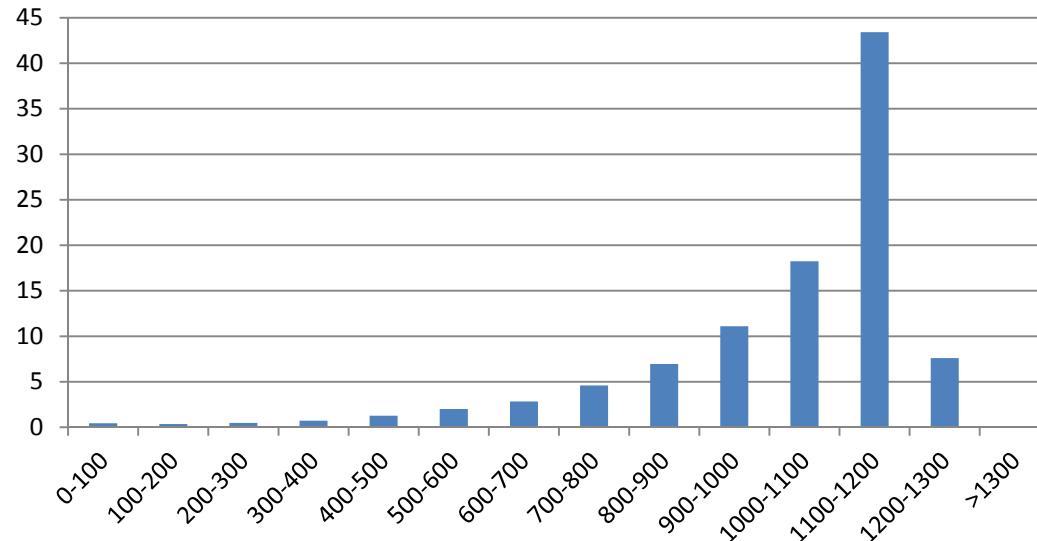
Classe végétation:  
-Végétation  
-Autres (marquises) ?

# Planification énergétique d'un quartier

## Surfaces totales par tranche de radiation

Irradiance en kWh/m <sup>2</sup> an	Surface toit m <sup>2</sup>
0-100	404
100-200	321
200-300	438
300-400	663
400-500	1'168
500-600	1'865
600-700	2'635
700-800	4'258
800-900	6'458
900-1000	10'304
1000-1100	16'946
1100-1200	40'314
1200-1300	7'049
>1300	38
SOMME	92'860

% des surfaces de toit par tranche de radiation

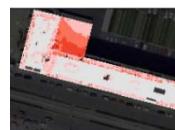


Globalement la zone est bien irradiée, avec plus de 2/3 des toits ayant une irradiation supérieure à 1000 kWh/m<sup>2</sup> an

# Toitures: vecteur d'utilité multiples

## Photovoltaïque

- Orientation
- Surface min
- Ombrage



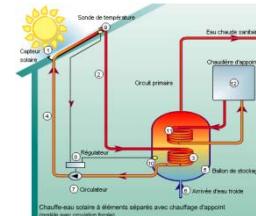
## Toitures végétalisées

- Ensoleillement / ombrage
- Pente



## Thermique ECS

- Nb utilisateurs
- Périmètre proche



## Thermique Chauffage

- Caractéristiques bât (indice, SRE)
- Périmètre proche

## Accès solaire direct

- Ombrage
- Orientation façades

Carneiro et al. (2008)





REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE



POST TENEBRAS LUX



# Outil SIG pour estimer le rayonnement solaire sur les toits des bâtiments dans le canton de Genève

Merci de votre attention !

Gilles Desthieux  
[gilles.desthieux@hesge.ch](mailto:gilles.desthieux@hesge.ch)

Claudio Carneiro  
[claudio.carneiro@epfl.ch](mailto:claudio.carneiro@epfl.ch)

Eugenio Morello  
[eugenio.morello@polimi.it](mailto:eugenio.morello@polimi.it)

**hepia**  
Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève



Politecnico di Milano / Laboratorio di Simulazione Urbana

