



Analyse de la radiation solaire sur le canton de Genève SITG – Solaire

Journée SITG – 24 juin 2011

Gilles Desthieux
gilles.desthieux@hesge.ch

h e p i a
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Claudio Carneiro
claudio.carneiro@epfl.ch

EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Eugenio Morello
eugenio.morello@polimi.it



Politecnico di Milano / Laboratorio di Simulazione Urbana

Sommaire

- Démarche et outils
- Cadastre solaire – Genève
- Indicateurs par sections de toit / 2D et 3D
- Applications

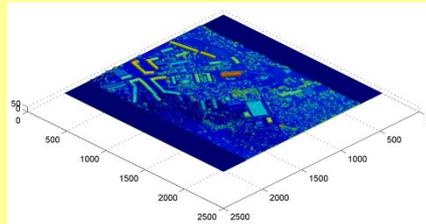
Présentation de la démarche, outils et données

Vue synoptique de la démarche



ArcGIS

Construction du
2.5D-MNS de la zone
urbaine



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

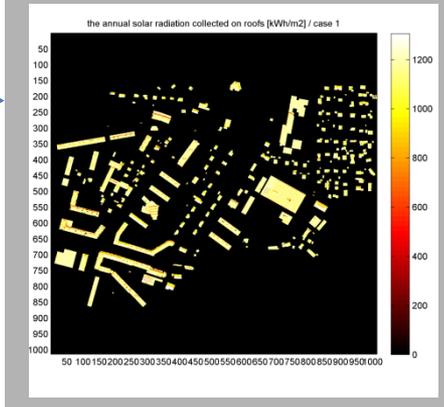
Production
de couches
raster
(masques)

1. Altitude
(2.5D-MNSU)
2. Pentés toits
3. Orientations toits
4. Empreinte des bâtiments
(si calcul solaire sur
les bâtiments uniquement)

Données météorologiques

Metenorm

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



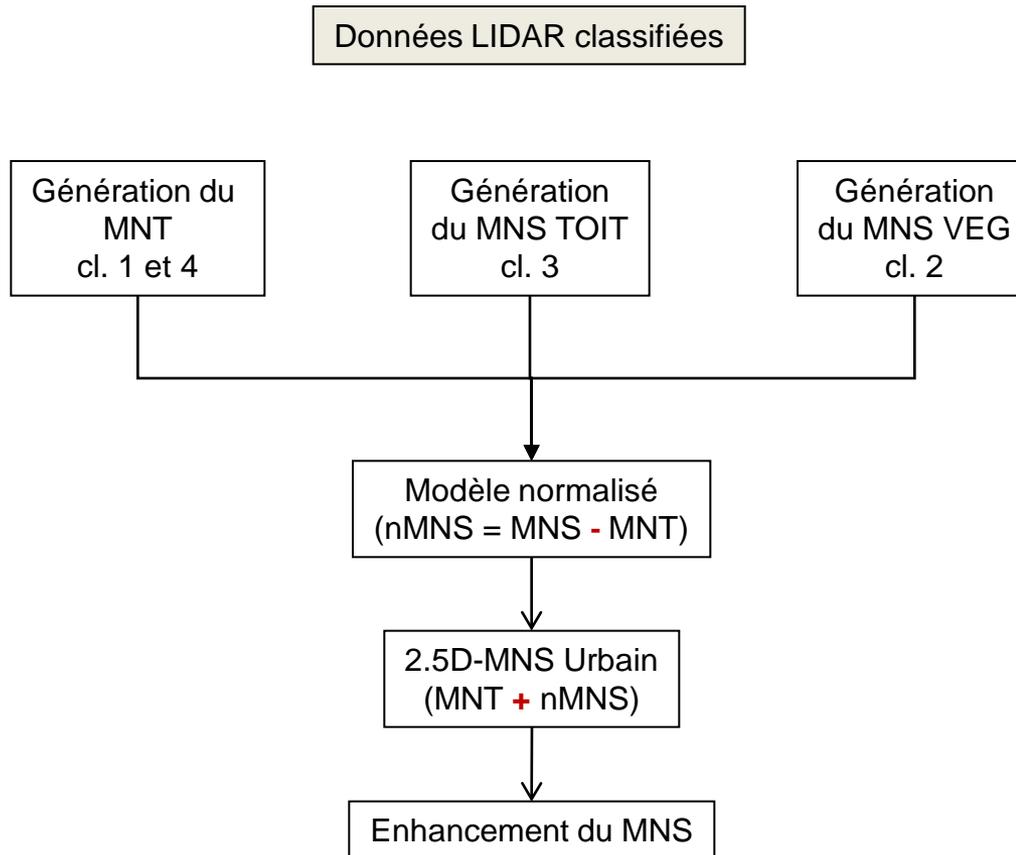
ArcGIS

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



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

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/m²], 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** = ΣH
 - mensuelle **M** = $J * \{28, 30, 31\}$
 - annuelle **A** = $M * 12$

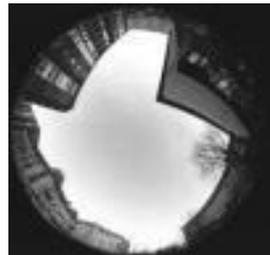
* Ceci afin d'alléger les temps des calculs

Formules pour le calcul solaire

- Irradiation globale horaire sur plan incliné (pente β et orientation γ)

$$\begin{aligned} I_g &= \\ & I_{\text{dir}} * O_{\text{MNS}} * O_{\text{relief}} \\ & + \\ & I_{\text{diff}} * \min(\text{SVF}_{\text{MNS}}, \text{SVF}_{\text{relief}}) \\ & + \\ & I_r \end{aligned}$$

SVF: Sky View Factor



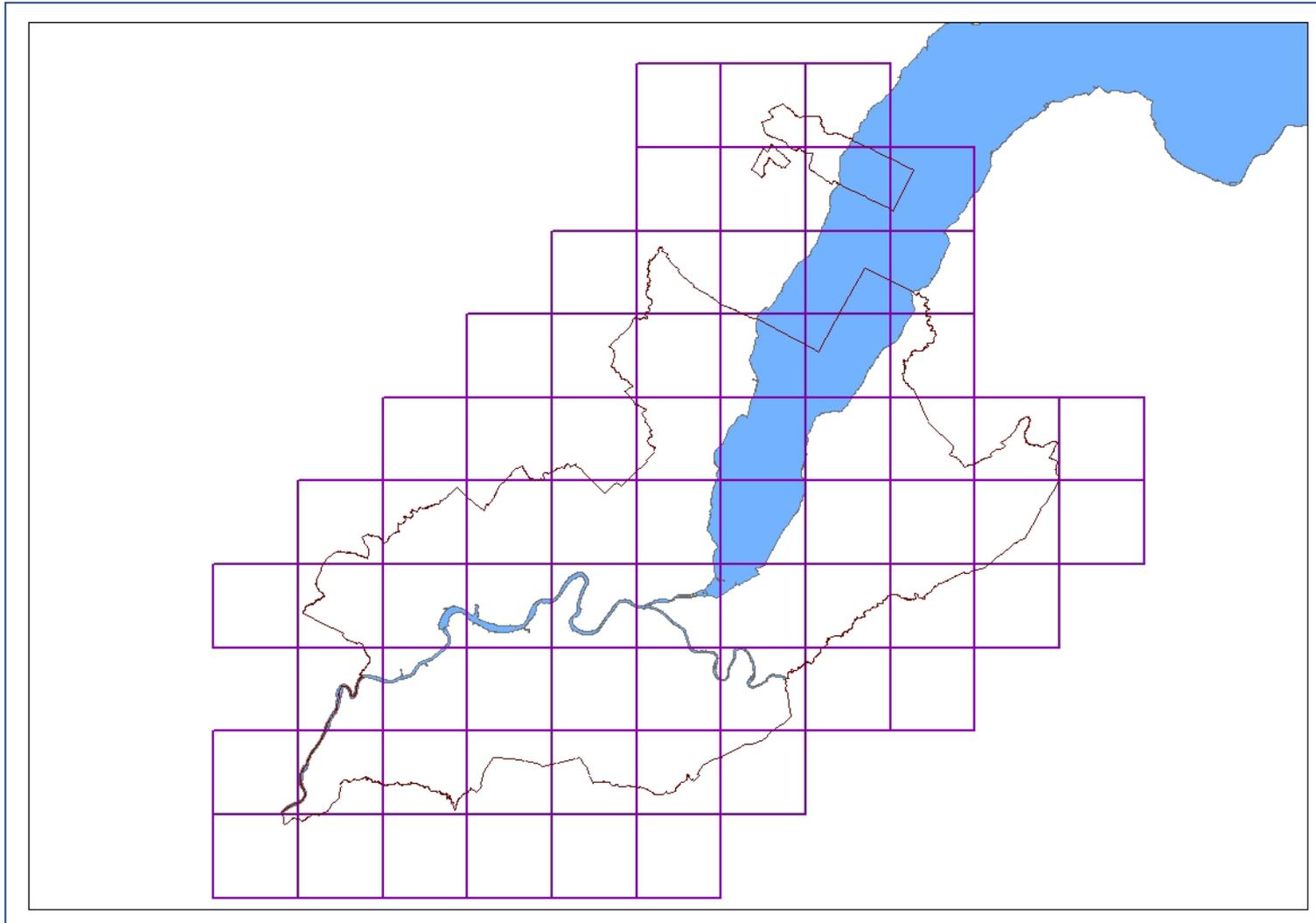
Cadastre solaire – STIG sur le Canton de Genève

sur mandat conjoint du ScanE et SIG

Objectifs de l'étude

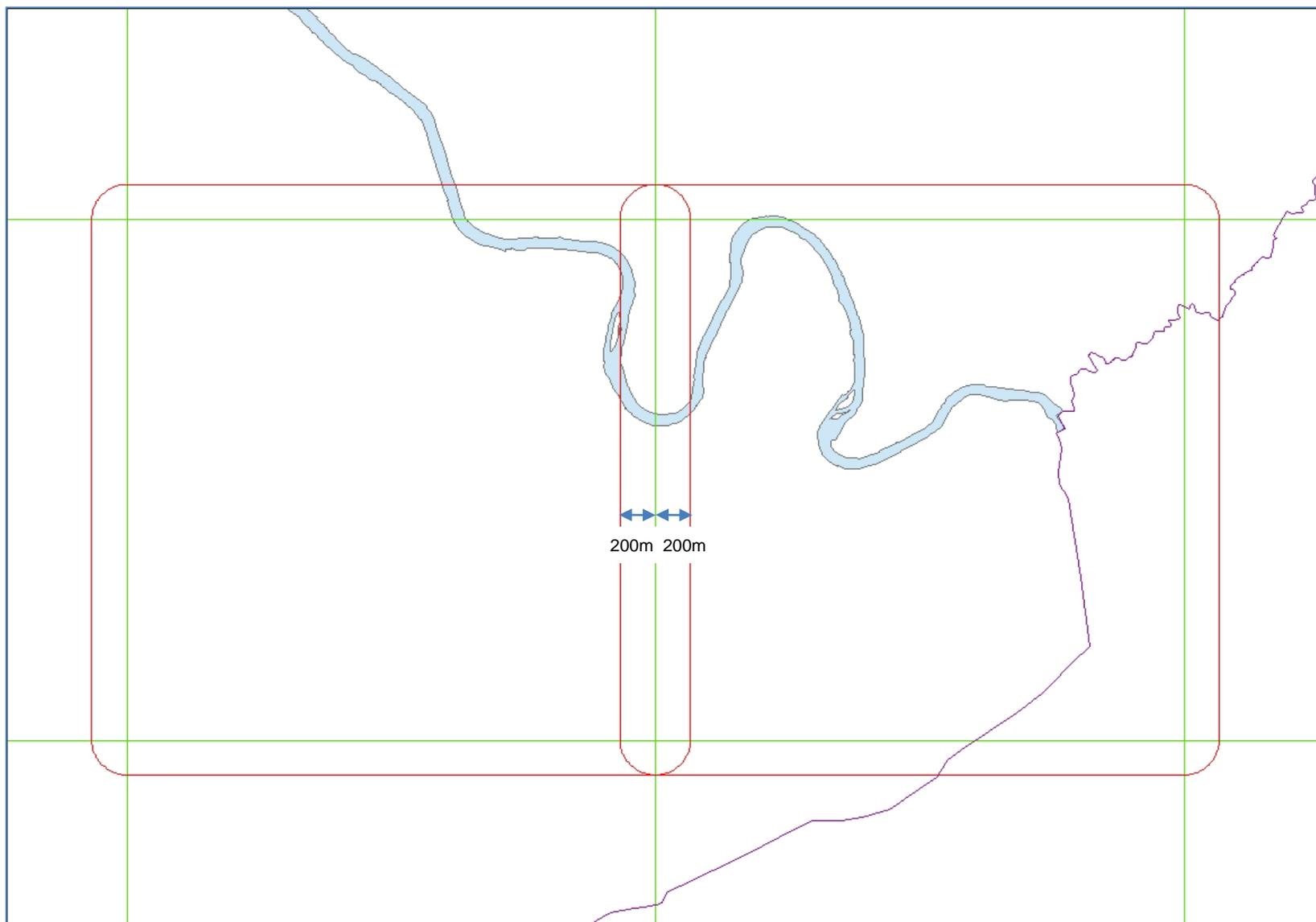
- Etablir la cartographie du potentiel solaire genevois en s'appuyant sur les données 3D des bâtiments
- Communiquer au public sur le potentiel des toits (thématique simple à définir ultérieurement par le SITG : bon, moyen, mauvais)
- Eviter des déplacements pour les avant-projets
- Découvrir le potentiel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

Découpage du canton en tuiles

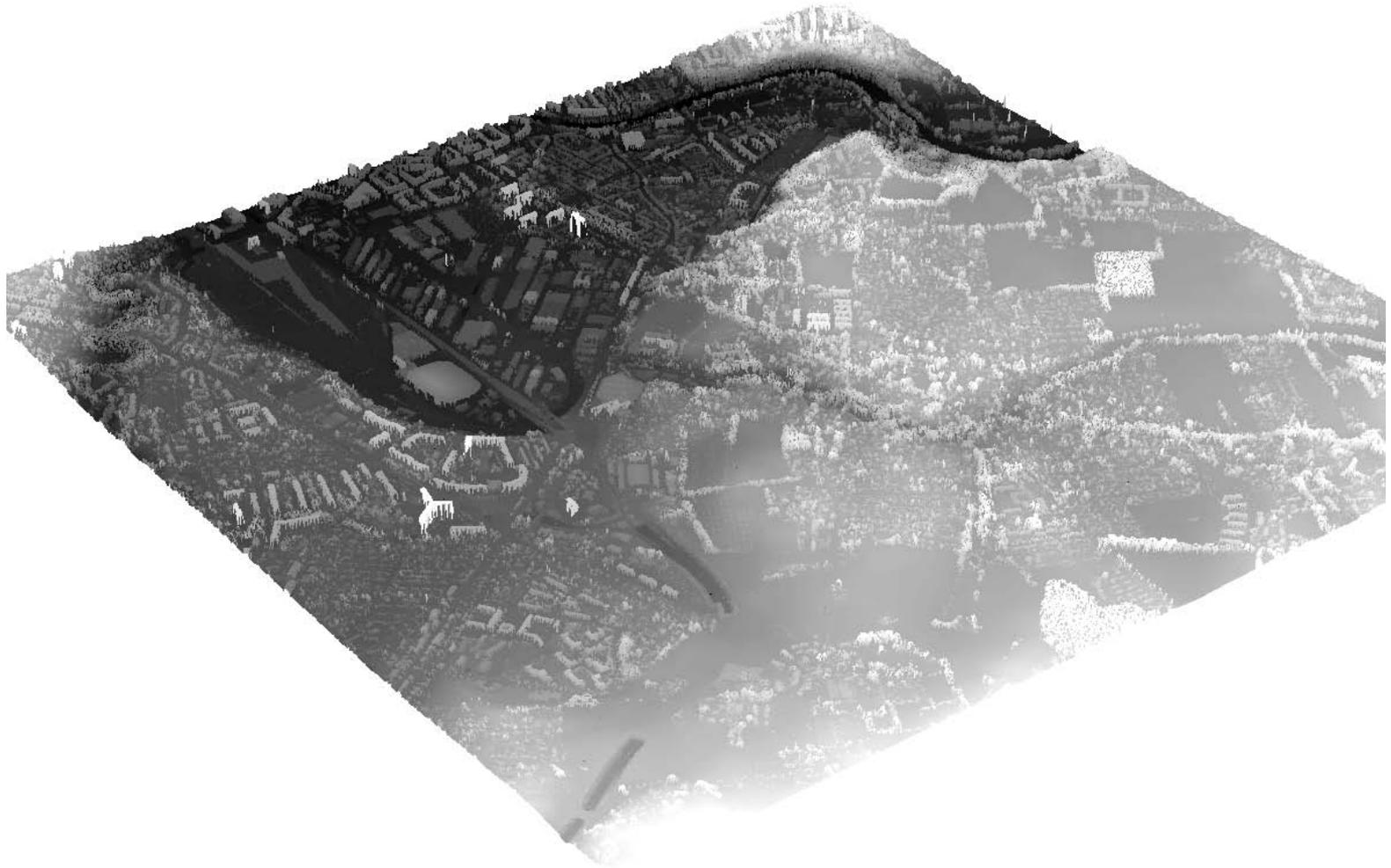


Découpage
par **tuile** de
3km X 3km

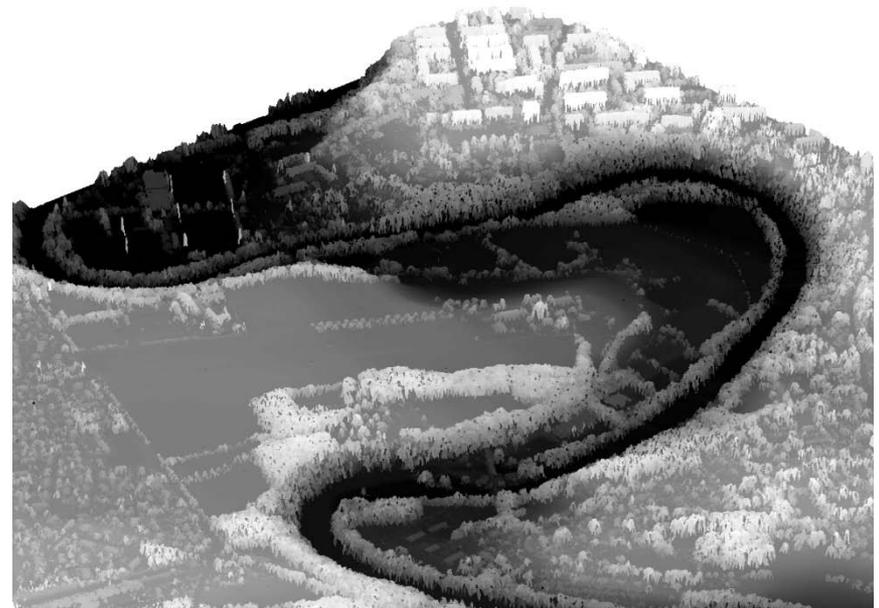
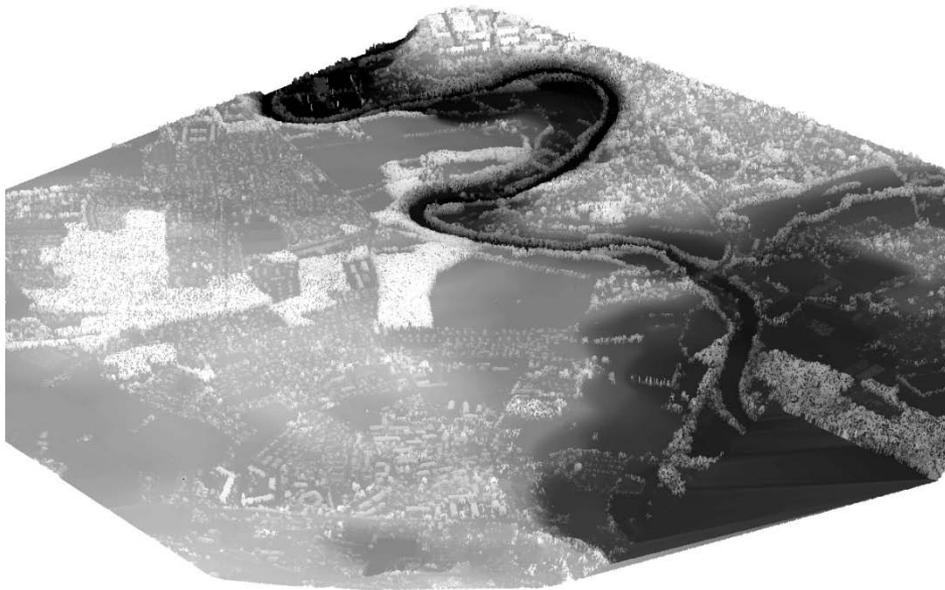
Recoupement entre tuiles



Modèle numérique 2.5D de la zone



Modèle numérique 2.5D de la zone

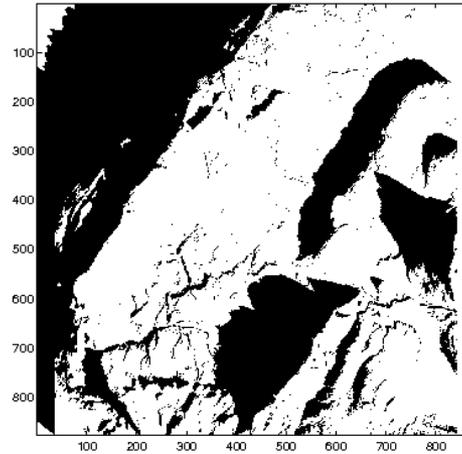


Ombrage sur le rayonnement (Relief)

Direct

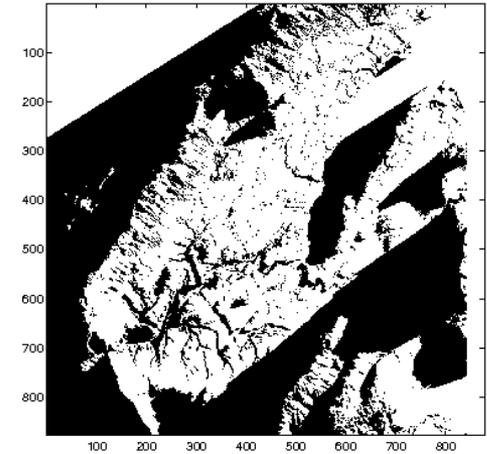
Janvier

day: 171 - time 9:00



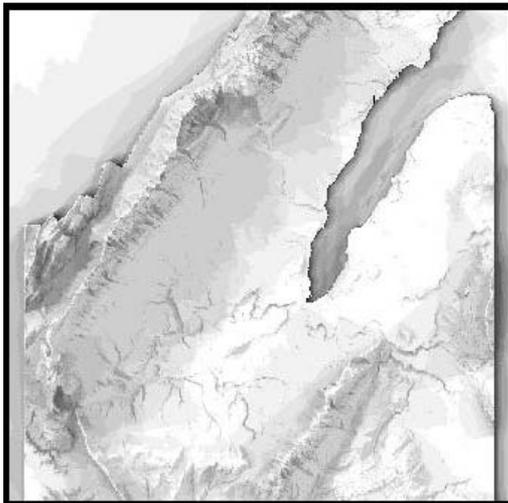
Juin

day: 116 - time 5:00

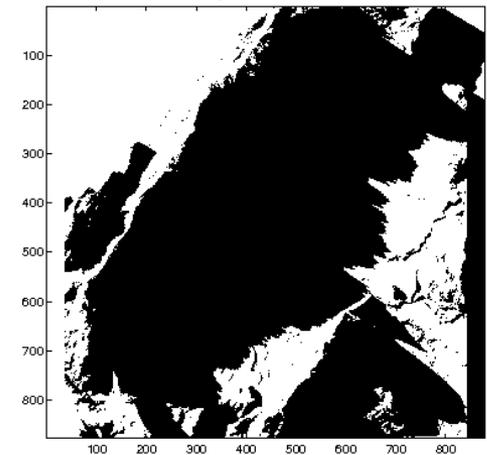
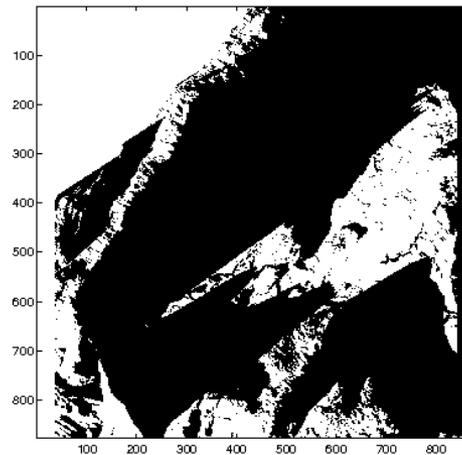


Sky view factor

SVF map [0-1]

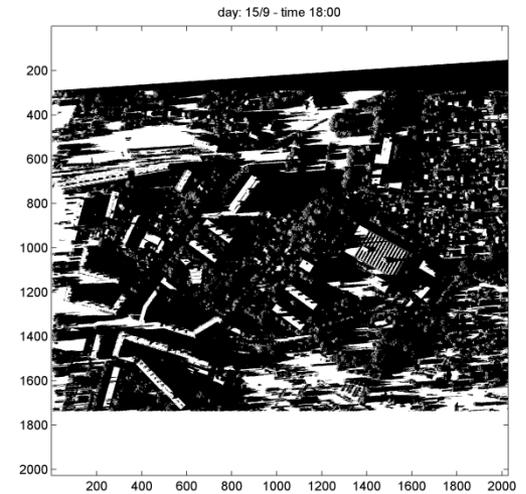
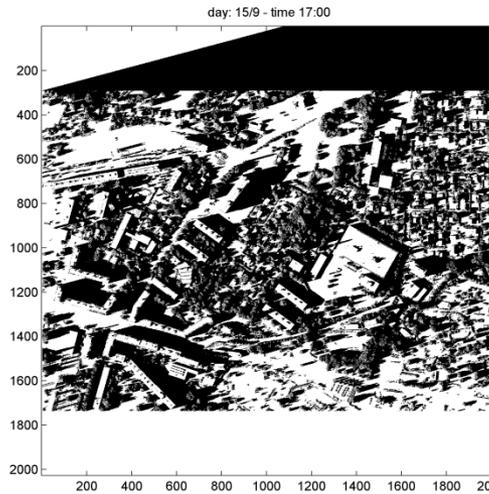
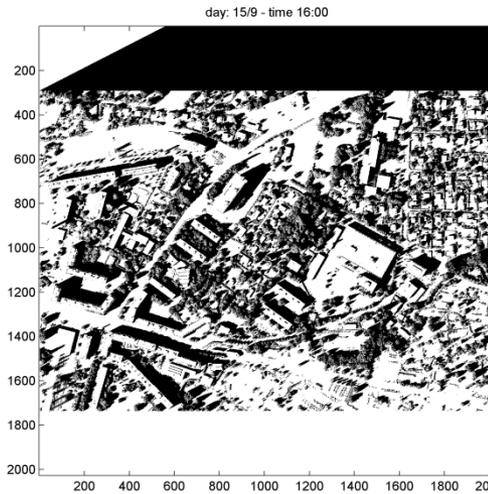


day: 116 - time 20:00

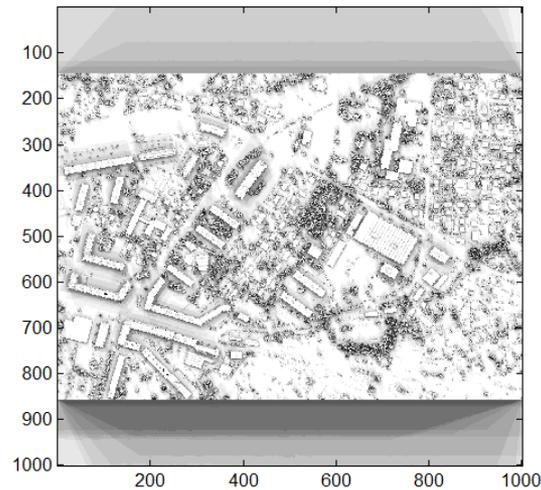


Ombrage sur le rayonnement (MNS)

Direct



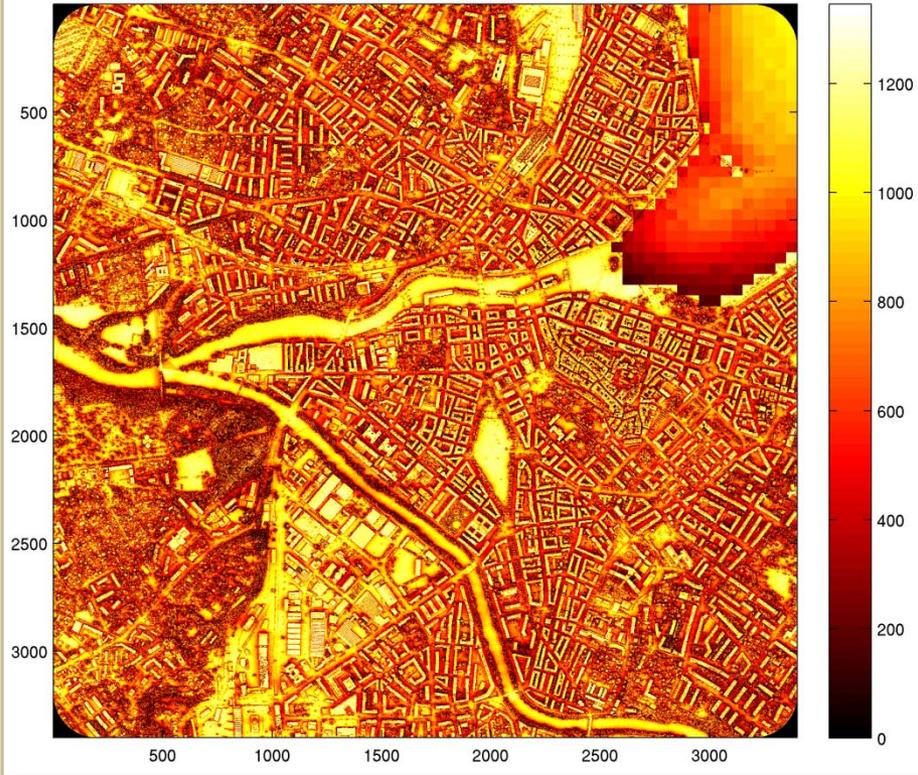
Sky view factor



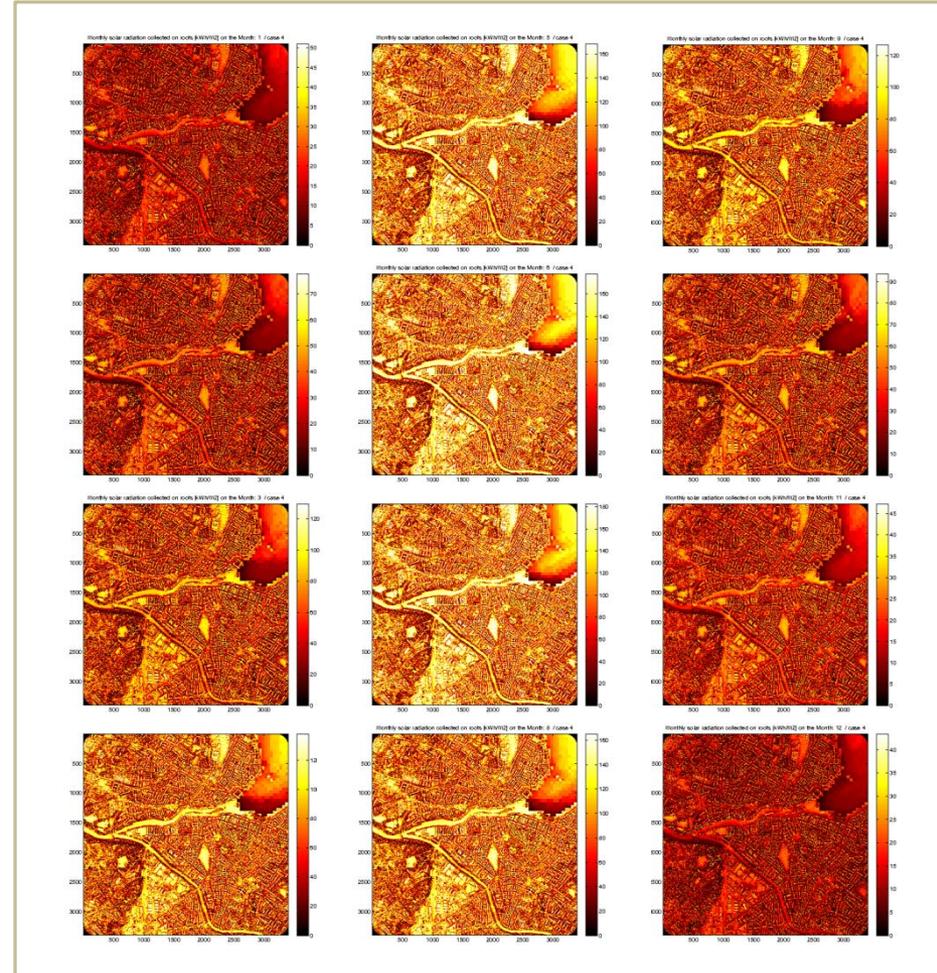
Ratti et Richens (2004)

Résultats bruts de l'irradiation

the annual solar radiation collected on roofs [kWh/m2] / case 4



Irradiation annuelle



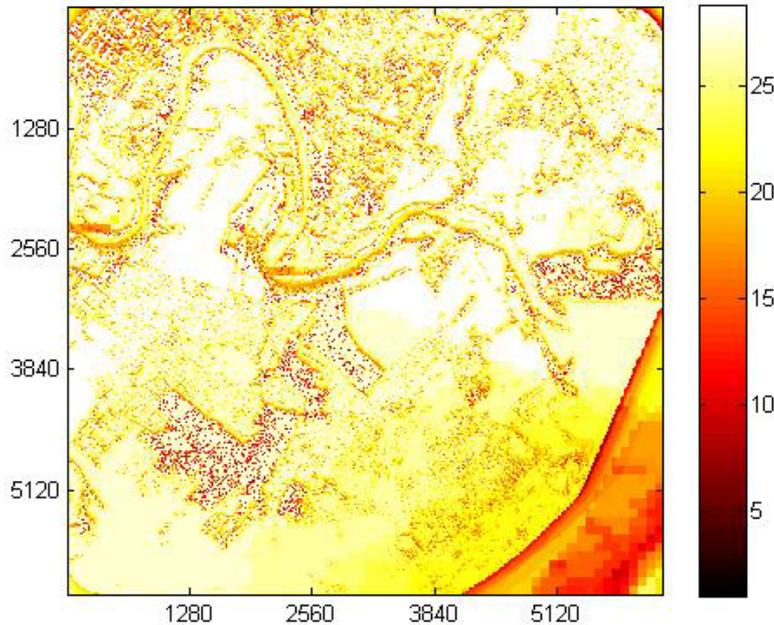
Irradiations mensuelles

Avec et sans prise en compte du relief

Janvier

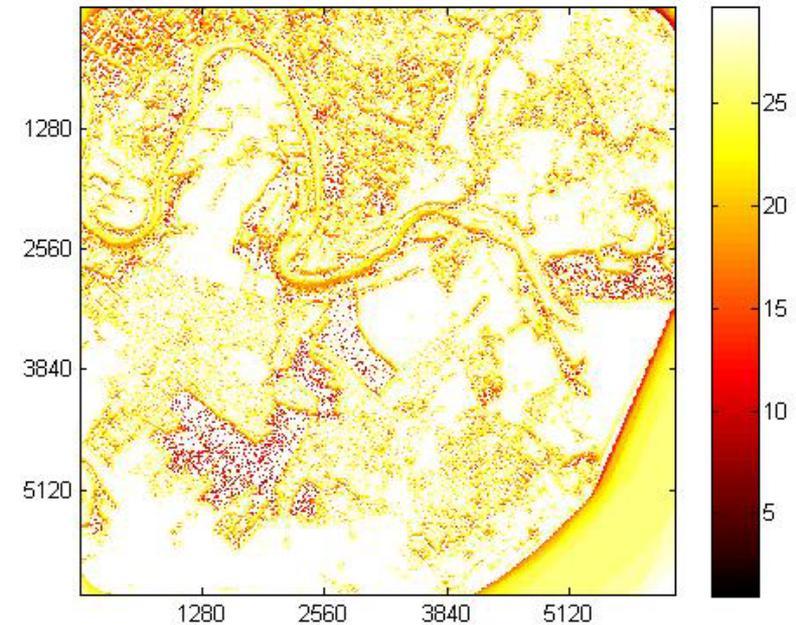
Avec

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m2] on the Month: 1 / case 4



Sans

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m2] on the Month: 1 / case 4



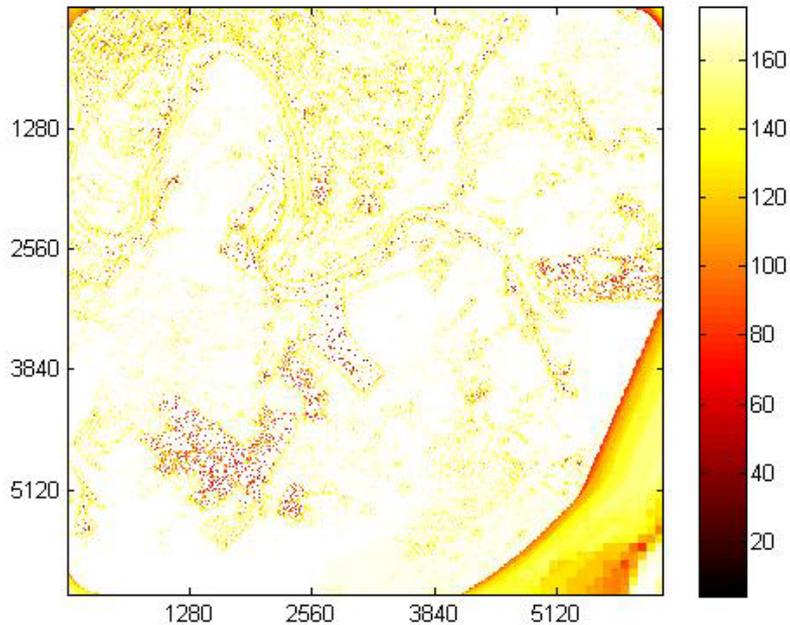
Tuile 501116 (au pied du Salève – Veyrier)

Avec et sans prise en compte du relief

Juillet

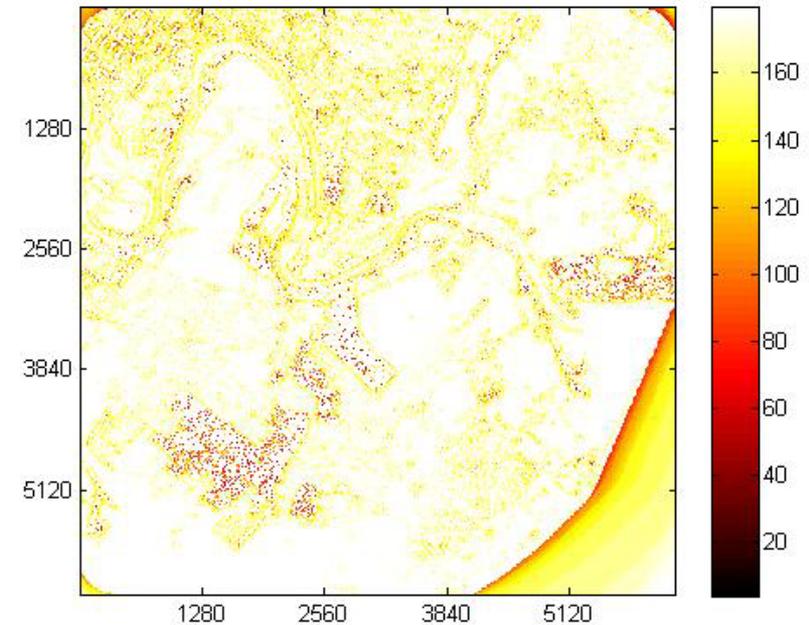
Avec

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m2] on the Month: 7 / case 4



Sans

monthly solar radiation collected on roofs [kWh/m2] on the Month: 7 / case 4



Tuile 501116 (au pied du Salève – Veyrier)

Indicateurs par section de toit support 2D et 3D

Irradiation annuelle - moyenne



Irradiation annuelle - médiane



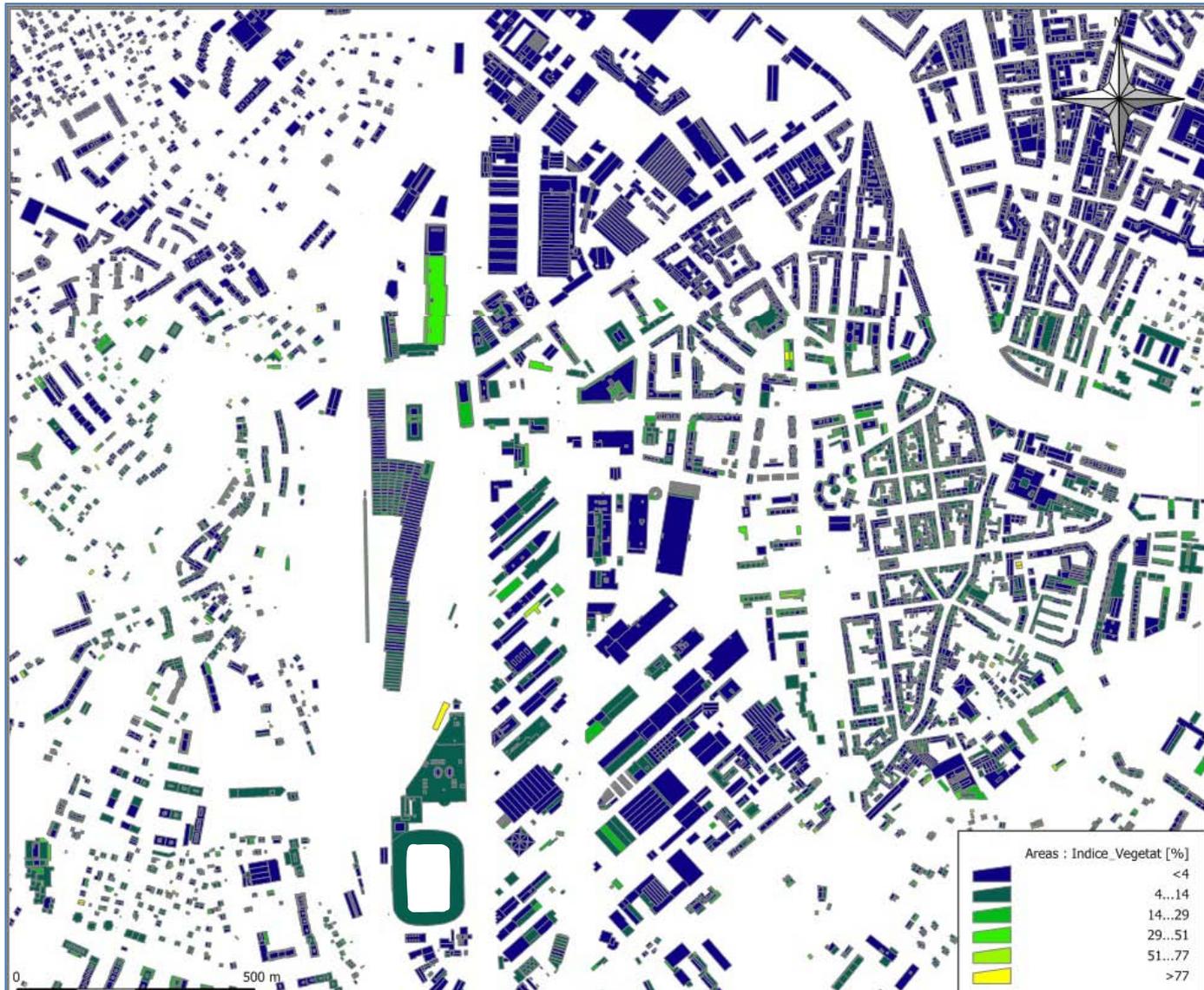
Vue 3D



Applications

- Facteurs d'ombrage
- Sélection des parties de toit
- Indice de végétation
- Statistiques à l'échelle d'un quartier

Indice de végétation



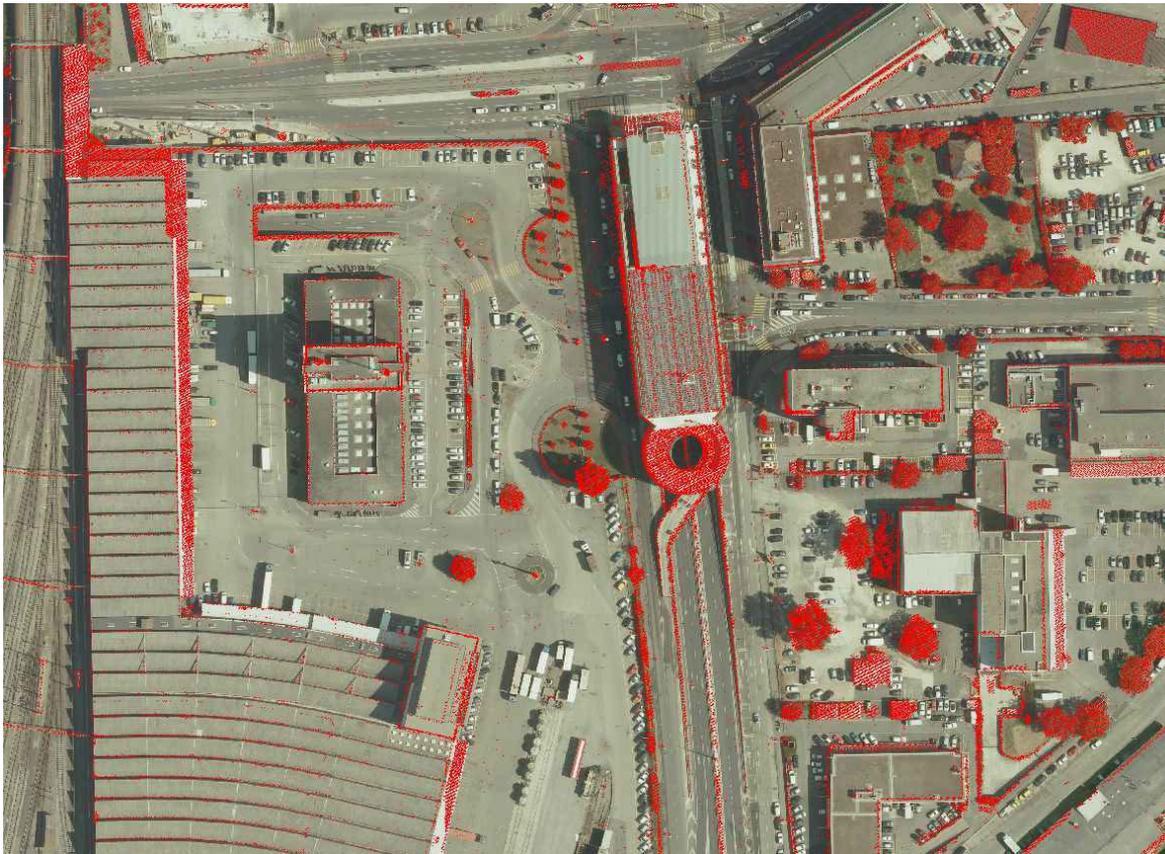
Problèmes liés à la végétation

-Végétation couvrant les toits



Problèmes liés à la végétation

-Classification des points LIDAR végétation



Classe végétation:
-Végétation
-Autres (marquises) ?

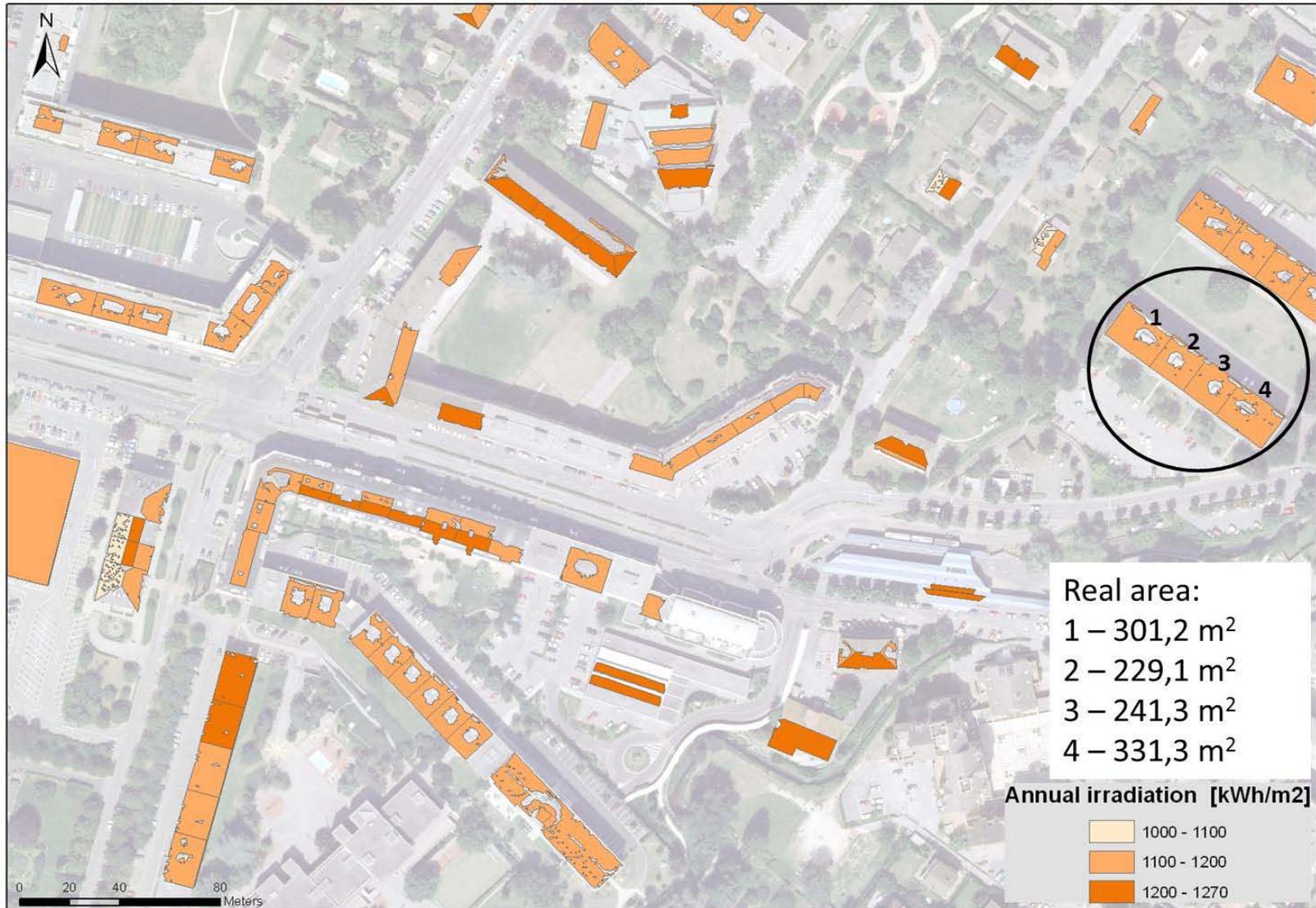
Ombrage - raster

Selon fraction: irradiation avec ombrage / irradiation sans ombrage



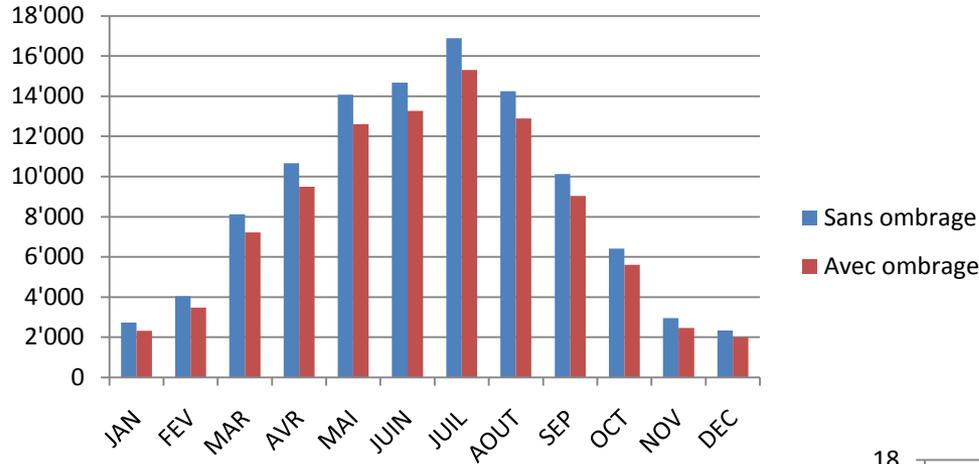
Partie de toit potentiellement intéressantes pour installation

Selon critère: irradiation > 1000 kWh/m².an et ombrage minimale



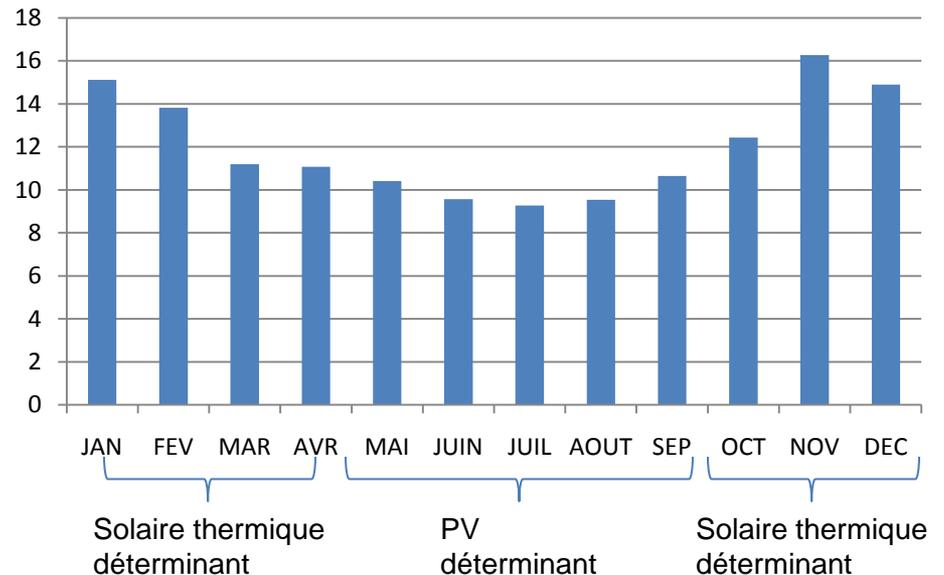
Résultats statistiques (1)

Irradiation totale sur les toits de la zone pilote
[MWh]



Importance de prendre en compte l'ombrage surtout en hiver et dans la perspective du solaire thermique

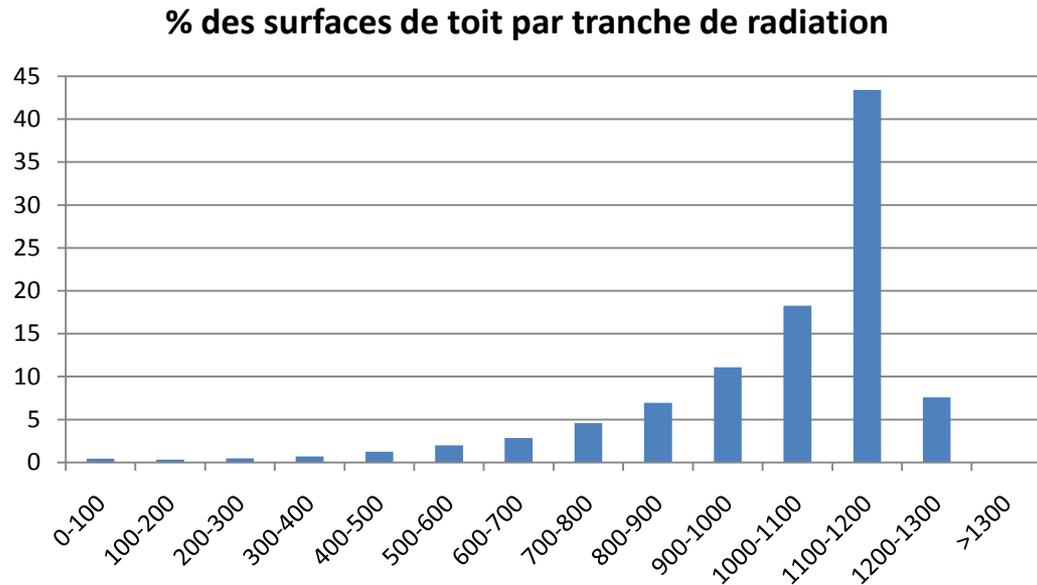
Ecart relatif entre avec et sans ombrage [%]



Résultats statistiques (2)

Surfaces totales par tranche de radiation

Irradiance en kWh/m ² an	Surface toit m ²
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

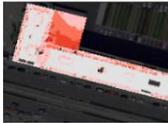


Globalement la zone est bien irradiée, avec plus de 2/3 des toits ayant une irradiation supérieure à 1000 kWh/m² an

Toitures: vecteur d'utilité multiples

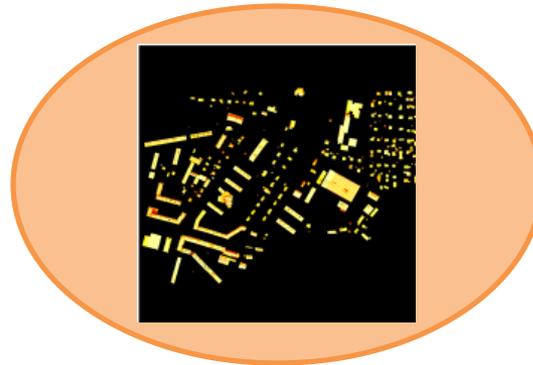
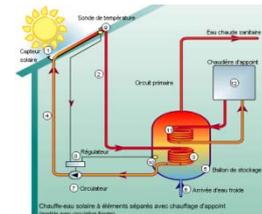
PV

- Orientation
- Surface min
- Ombrage



Thermique ECS

- Nb utilisateurs
- Périmètre proche



Thermique Chauffage

- Caractéristiques bât (indice, SRE)
- Périmètre proche

Toitures végétalisées

- Ensoleillement / ombrage
- Pente



Accès solaire direct

- Ombrage
- Orientation façades

Carneiro et al. (2008)

