

Cadastre solaire genevois: méthodologie, modèles et outils d'analyse du potentiel solaire sur les toitures et façades

25^{ème} journée du CUEPE, 19 mai

hepia

INPACT/Leea: Gilles Desthieux, Claudio Carneiro, Reto Camponovo, Peter Gallinelli

INPACT/MIP: Alain Dubois, Sébastien Chognard

INIT: Nabil Abdenadher, Anthony Boulmier

Politecnico di Milano

Eugenio Morello

Plan

- Contexte et approche globale
- Modèle solaire utilisé
- Potentiel solaire sur les façades

1. Contexte et approche globale

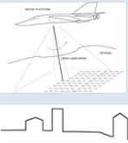
Un cadastre solaire en plusieurs phases

- 2011: irradiation solaire brute sur tout le territoire (raster) et statistiques par toiture
- 2014: potentiel de production énergétique (thermique et PV) approfondi sur les toitures
- 2016:
 - Mise à jour du cadastre solaire avec le LIDAR 2013
 - Interface grand public (SITG-Lab)
 - Amélioration des performance de calcul (Cloud Computing)
- > 2017:
 - Perspective d'élargissement du cadastre au Grand Genève
 - Mise à jour avec le LIDAR 2017

Vue synoptique

Raw data

Satellite/LIDAR

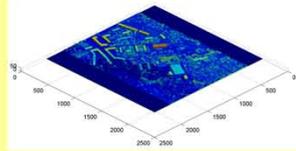


2D&3D-roof/ building footprints



Raster mask inputs (DUSM)

Building of the
2.5-D DUSM of the
urban area



Raster mask input

1. Heights (2.5D-DSM)
2. Roof slope
3. Roof aspect
4. Building footprints

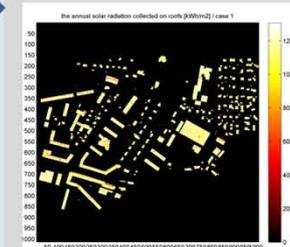
Solar radiation modelling

Meteorological data

↓ Metenorm

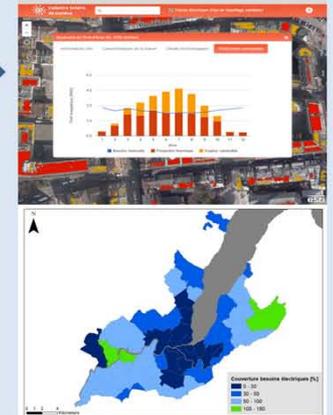
Image processing
Shadow casting & hourly,
monthly, yearly solar
irradiation on roofs

Java / Cloud computing



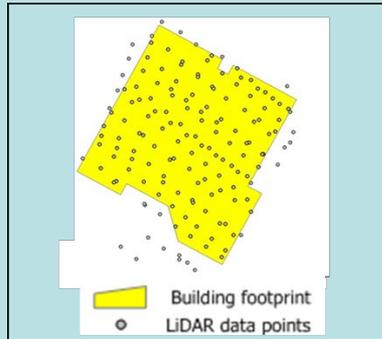
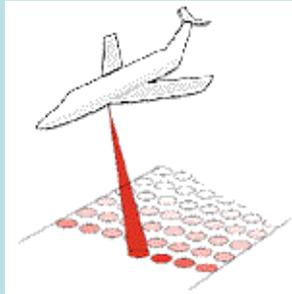
Mapping/communication Post-Analysis

Indicators and maps
of energy production

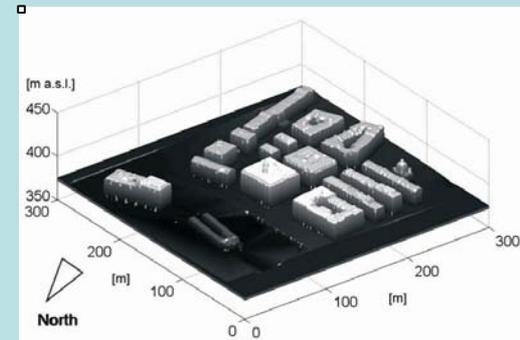


Champ d'applications

Données LiDAR data: nuages de points

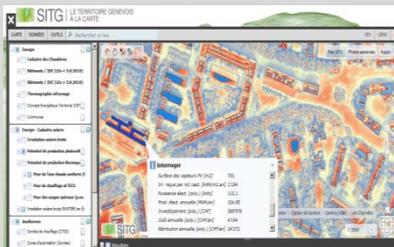


2.5D - Modèle numérique de surface (MNS)



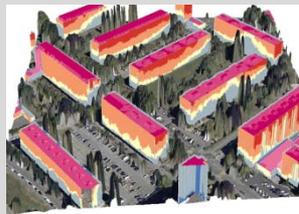
Applications

Cadastre solaire GE
toitures



3 phases:
de 2011 à 2016 (SIG, OCEN)

Potentiel solaire
sur les façades



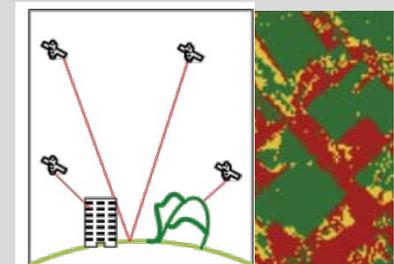
Projet I1/USS
(HES-SO, SIG, OCEN)

Solaire et patrimoine



Planification solaire Carouge
OFC

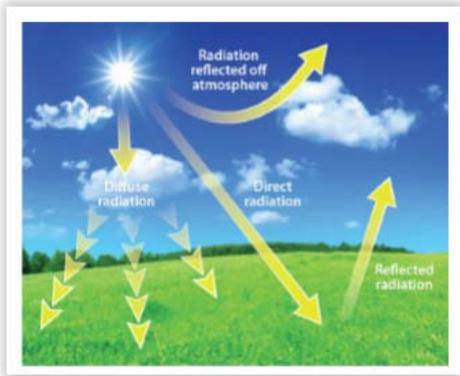
Visibilité satellitaire



Projet CTI /
ICEBOUND

2. Modèle solaire et valorisation dans le cadastre solaire genevois

Calcul de l'irradiation solaire et données météo



Irradiation solaire sur plan incliné (3 composantes):

$$I_{Global} = I_{Direct} * f_{ombrageDir} + I_{Diffus} * f_{ombrageDiff} + I_{Réfléchi}$$

Données nécessaires

- géométrie solaire (hauteur, azimut heure/heure)
- valeurs horaires d'irradiation globale (Gh) et diffuse (Dh) sur plan horizontal, irradiation direct (Bn) sur plan normal
- tirées des données statistiques de Météonorm v7.1 à Cointrin (période: 1995 – 2005)
- agrégation des données horaires par mois; jour type représentatif du mois (autour du 15) (accélérer temps de calcul)



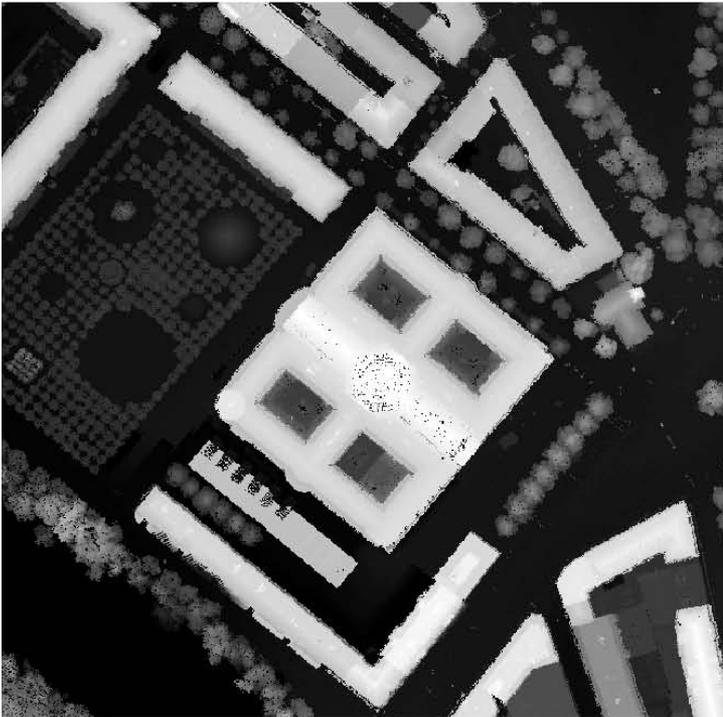
meteonorm

Modèle numérique 2.5D

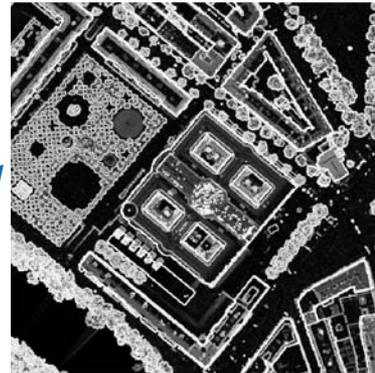
Source: LIDAR 2013

⇒ Potentiel solaire non considéré sur les bâtiments construits après 2013

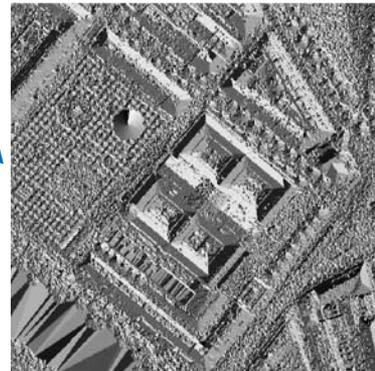
MNS



Pente

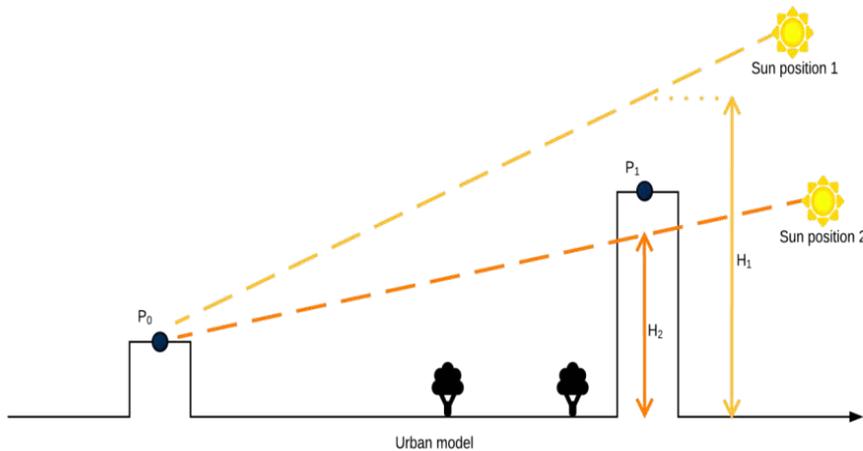


Orientation



Algorithmes d'ombrage

Approche matricielle selon algorithme de Ratti&Richens (2004)



Projection des sources lumineuses (soleil, points du ciel) sur le milieu 3D urbain

Ombrage horaire direct sur un pixel P liée à la position du soleil

Ombrage_{P_h} : {0,1}



15 sept.
16h



15 sept.
17h



15 sept.
18h

Exemple
à Thônex

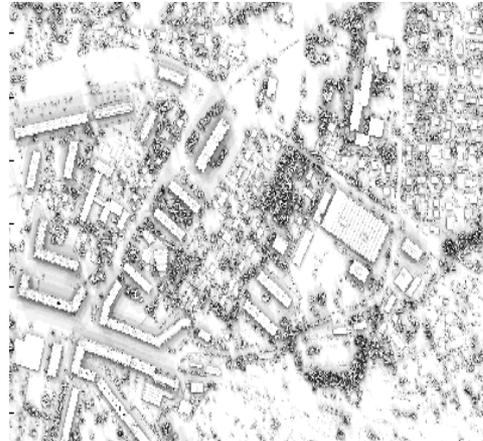
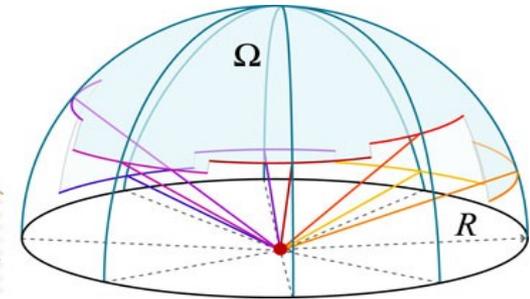
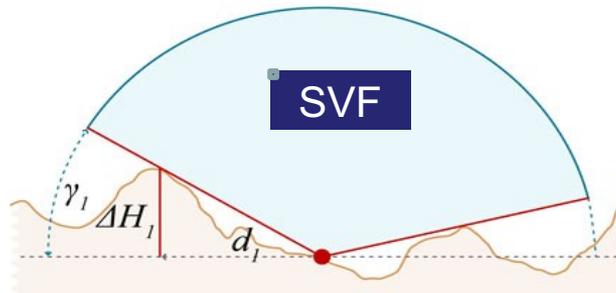
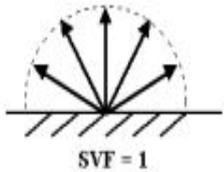
Algorithmes d'ombrage

Ombrage permanent / Sky View Factor

SVF_p : [0,1] =

somme points du ciel non visibles

somme de tous les points du ciel



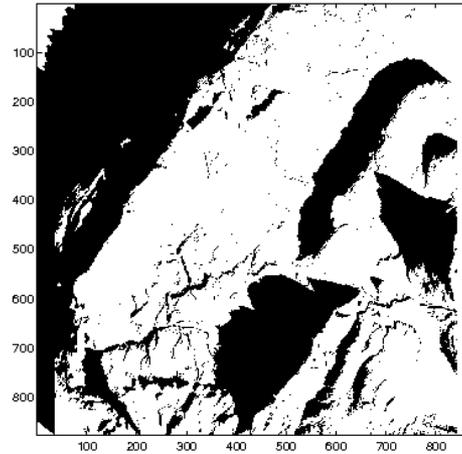
Exemple
à Thônex

Ombrage lointain (relief)

Direct

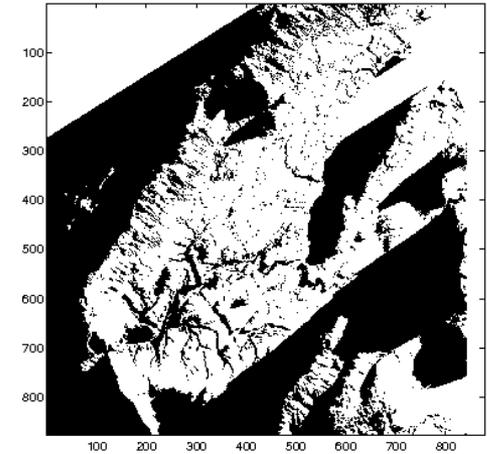
Janvier

day: 171 - time 9:00



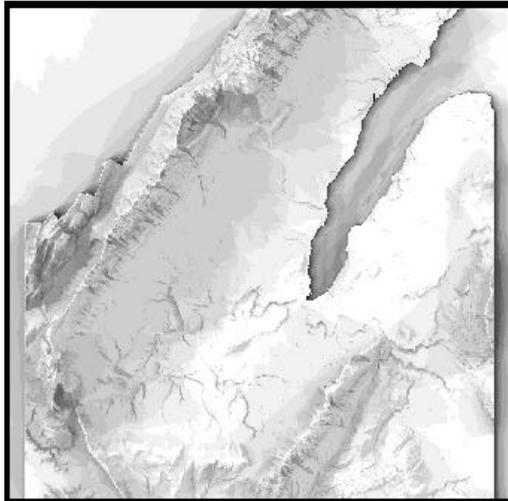
Juin

day: 116 - time 5:00

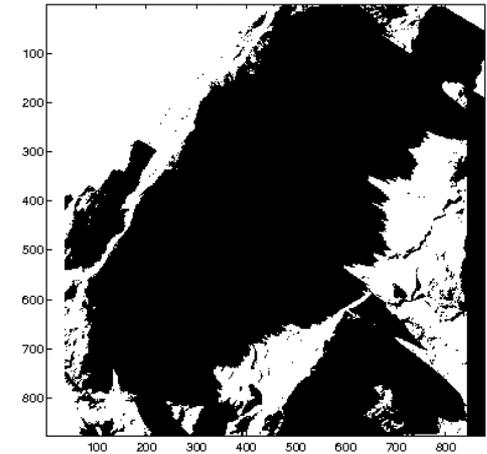
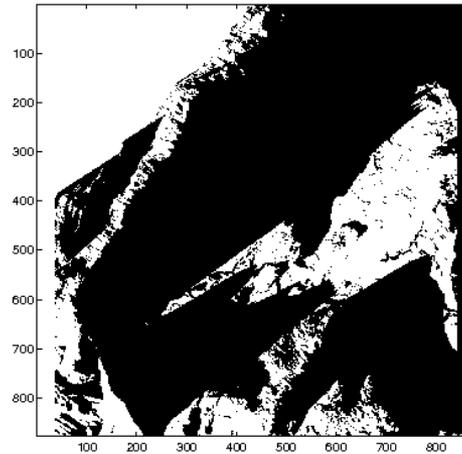


Sky view factor

SVF map [0-1]



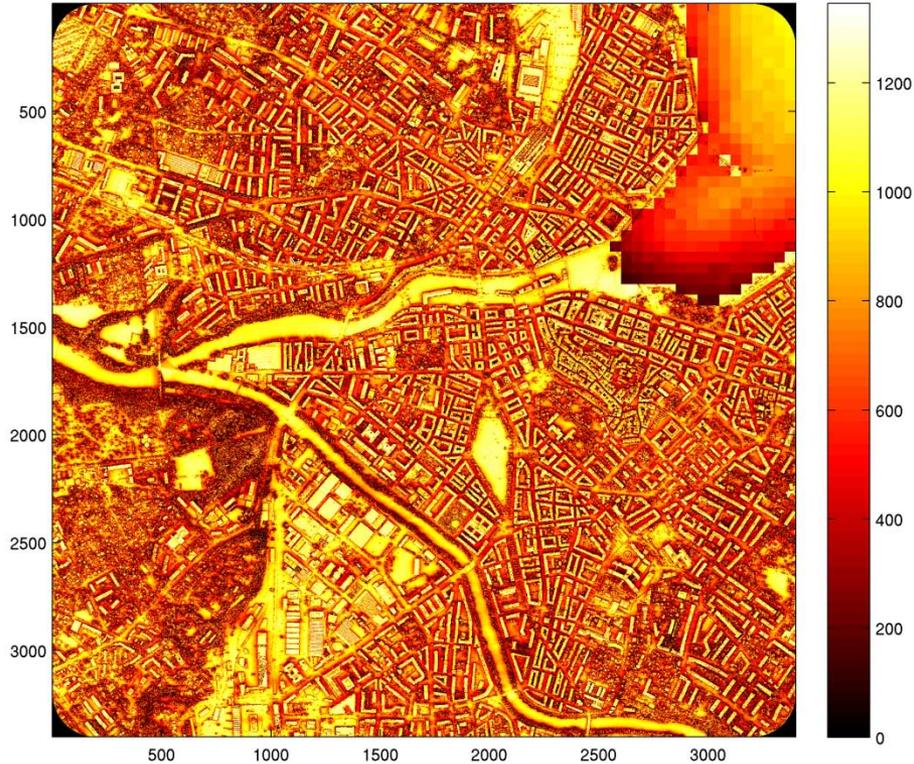
day: 116 - time 20:00



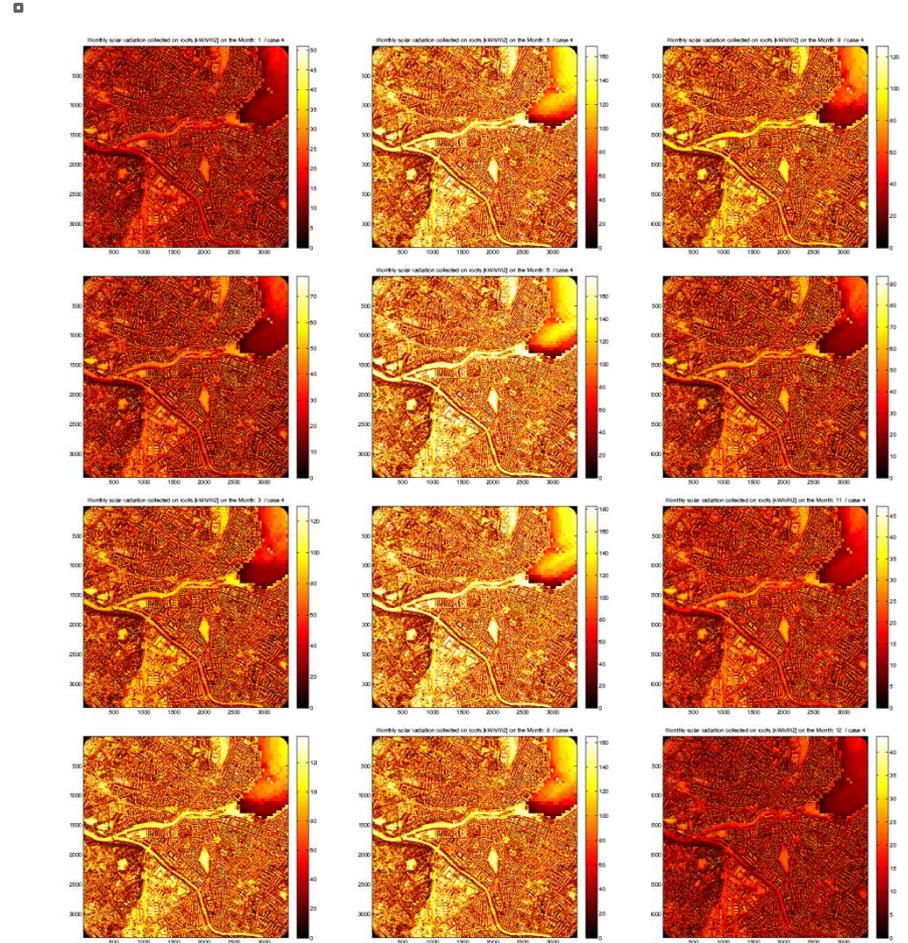
Processus d'image

Résultats bruts de l'irradiation

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

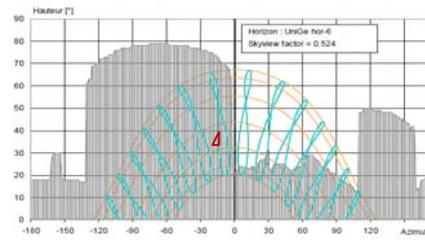
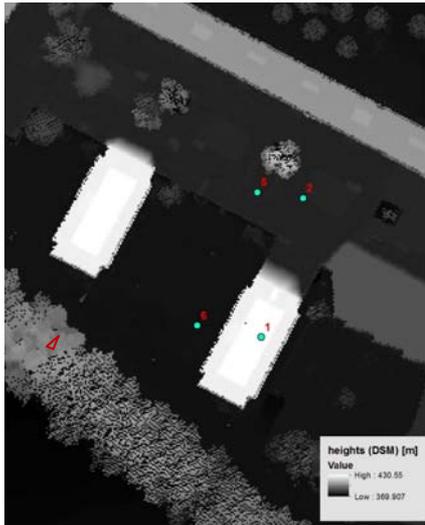


Irradiation annuelle

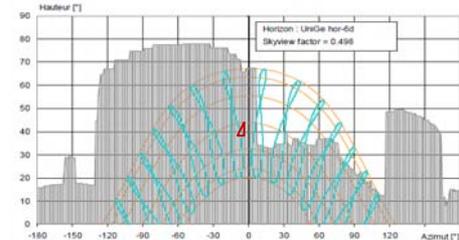


Irradiations mensuelles

Validation du modèle solaire

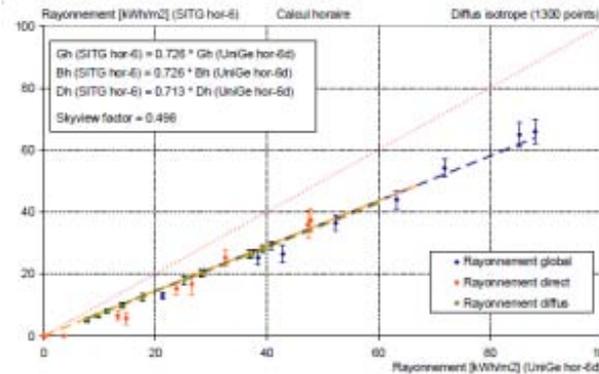


Horizon MNS-Lidar '09



Horizon 'fisheye'

arbres



=> jusqu'à 30%
d'erreur dans les
zones ombragées
(cours d'immeuble)

Validation du modèle solaire par le
CUEPE (Ineichen) en **2011** avec
des mesures in situ

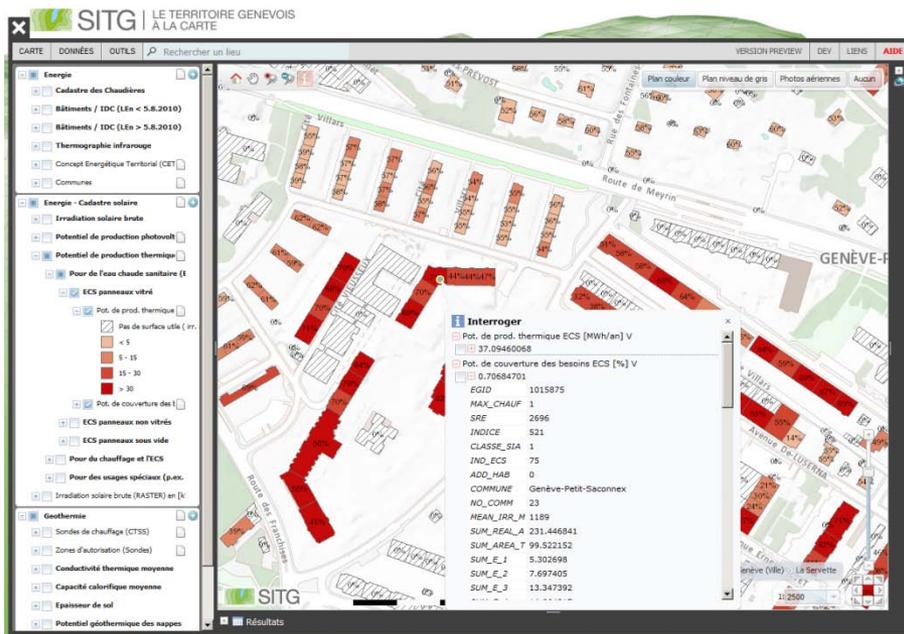
Rapport: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:23641>

Cadastre solaire **2016**: amélioration du modèle solaire (SVF),
réduction des écarts (par rapport au CUEPE)
à 3% (au lieu de 30%)

Publication du cadastre solaire

Sur le SITG (professionnels)

https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/?mapresources=ENERGIE_SOLAIRE



Sur le SITG- LAB
(professionnels et grand public)

<https://sitg-lab.ch/solaire>



Utilisateurs potentiels du cadastre et motivations

- **Investisseurs :**

identifier les surfaces à haut potentiel, évaluer le potentiel d'un portefeuille immobilier de bâtiments (régies, propriétaires, caisses de pensions) et élaborer des stratégies sur ce parc immobilier, etc.

- **Politiques/institutions :**

outil de la planification énergétique territoriale (loi sur l'énergie), évaluer aux échelles du territoire, le potentiel de couverture des besoins énergétiques par des énergies renouvelables, à quel coût, selon quel gain environnemental (CO₂ évités), etc.

- **Installateurs et ingénieurs :**

dans le cadre d'avant-projets d'installations, obtenir des données de base utiles (orientation, pente, irradiation, surfaces utiles ou exploitables comme base pour le calepinage des modules).

- **Particulier :**

évaluer le potentiel de son bien immobilier et l'inciter à entrer dans une démarche d'installation solaire.

Interface ICeBOUND / Cloud computing

The goal of iCeBOUND is to design and develop a Decision Support System (DSS) that leverages 3D digital urban data to facilitate environmental analyses in cities. This project aims at (i) providing innovative tools for analyzing fine-grained satellite images, and (ii) providing decision makers with relevant indicators for city planning and energy management. Two use cases will be considered in the scope of this project, and more applications may later be added to the core system.

The first use case, "Solar Energy Potential", consists in evaluating the potential of house and building roofs located in urban areas for producing solar energy (both thermal and photovoltaic). This study will not only assess the static solar potential, but also the dynamic solar potential (known as "dynamic solar mapping"), which captures how the solar energy potential evolves over time in a given place. A key goal here is to provide decision makers with a practical tool to assess the potential of exploiting solar power at the scale of a neighborhood or a city.

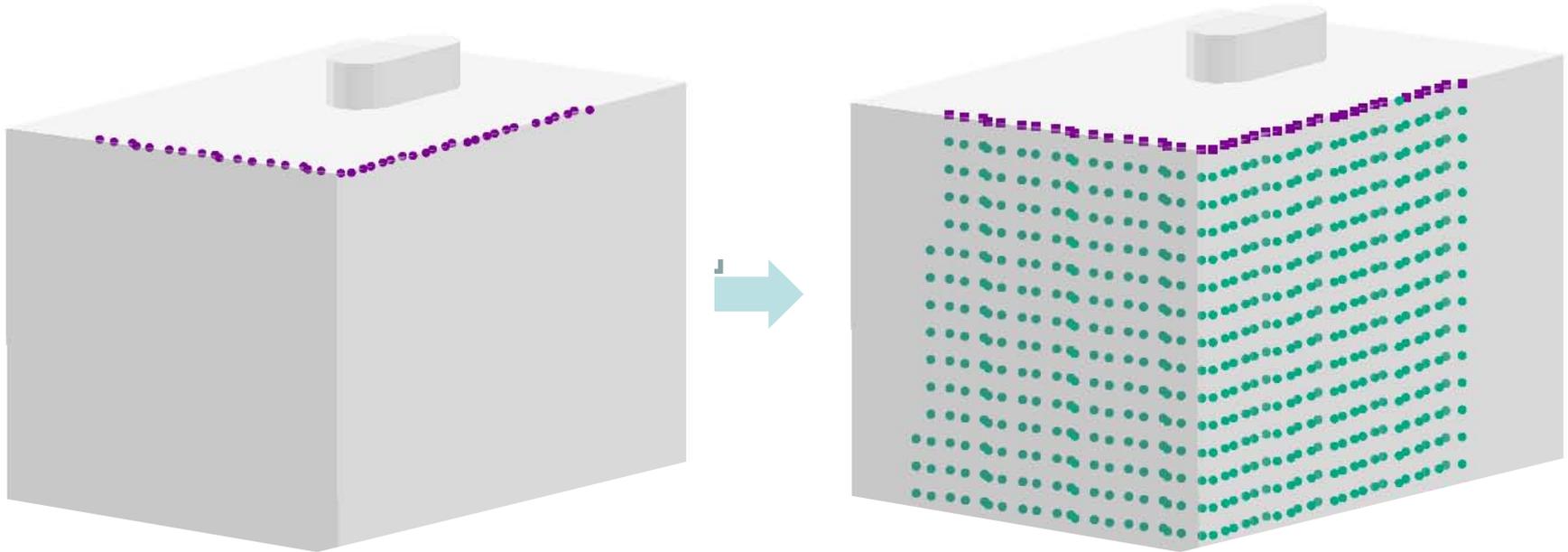
The second use case, "Satellite Visibility", focuses on quantifying the quality of topographical measurements based on satellite signals. Initially, the Global Navigation Satellite System to be used in this project is the American GPS. Galileo, its European counterpart, is currently under deployment. If Galileo satellite data becomes readily available in the course of the iCeBOUND project, this satellite visibility analysis may encompass both GPS and Galileo.

Logos at the bottom of the page include: arx iT, SIG, CERN, the Swiss coat of arms, KTI/CTI (KONFERENZKOMITEE FÜR INNOVATION, L'AGENCE POUR LA PROMOTION DE L'INNOVATION, L'AGENZIA PER LA PROMOZIONE DELL'INNOVAZIONE, THE INNOVATION PROMOTION AGENCY), and hepia (Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève).

Lancement des calculs de SVF et d'irradiation solaire sur le Cloud (hepia et autres commerciaux)

2. Potentiel solaire sur les façades

Approche par 'Hyperpoints' / du 2.5D au 3D



Approche 2D
Points (contours des toitures)

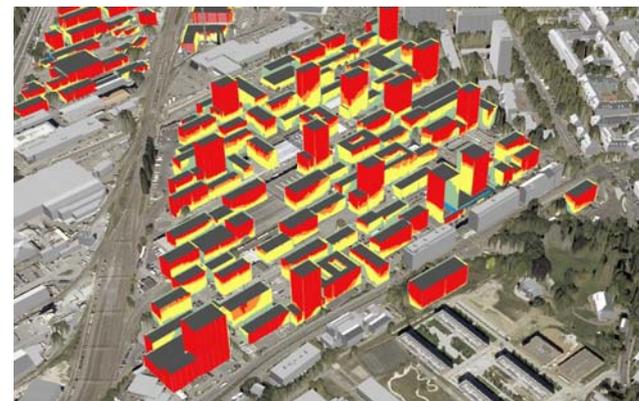
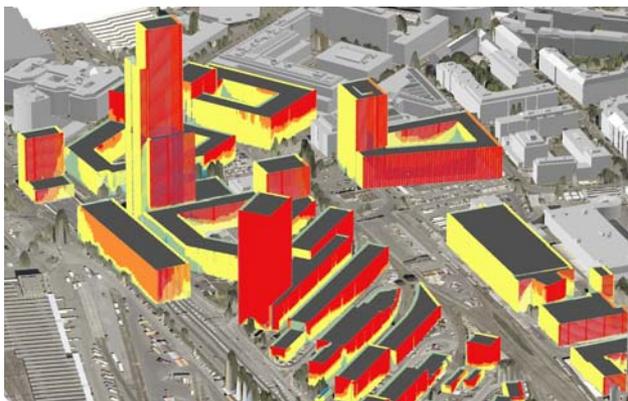
Approche 3D
Hyperpoints (façades)

Exemples d'application à Carouge

Dans le cadre du projet «Planification de l'énergie solaire – Carouge»
soutenu par l'Office fédéral de la culture (OFC)

Modélisation sur les projets de nouveaux bâtiments

Secteur PAV



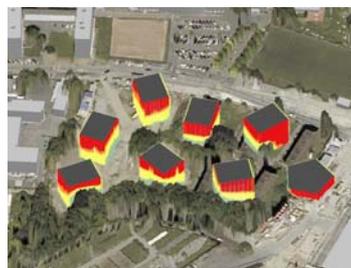
Etoile

Grosselin

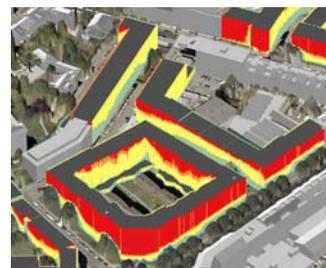
Secteur Carouge-Est



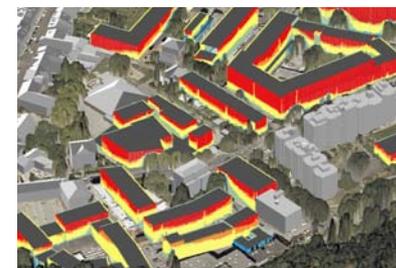
Minoterie



Fontenette



Menuisiers



Moraines-Théâtre

Potentiel de couverture des besoins électriques de 10% à 25% grâce aux
façades, en plus du potentiel disponible sur les toitures

Perspectives: BIM to GIS

- Prévoir le potentiel futur à large échelle
- Augmenter le niveau de détail au niveau constructif en façades et évaluer les parties exploitables des façades pour les installations solaires

