

Simulations micro-météorologiques de quartiers urbains et le projet EUREQUA

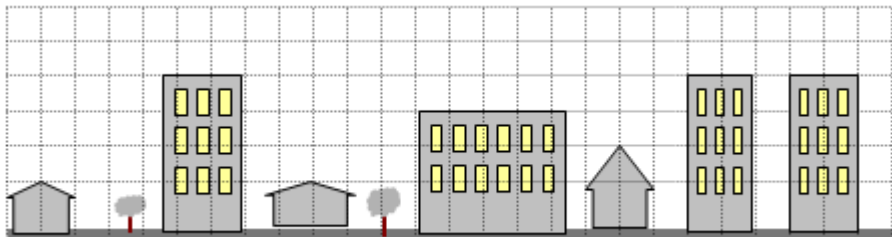
B. Carissimo
CEREA

Plan

- Contexte
- La modélisation micro-météorologique urbaine :
 - outils numériques
 - mesures
 - validation
- Le projet ANR EUREQUA
 - Présentation
 - Mesures
 - modélisation

Outil numérique

Modélisation détaillée de l'environnement atmosphérique
à l'échelle du quartier :
(point de vue de l'atmosphère urbaine)



Prise en compte de :

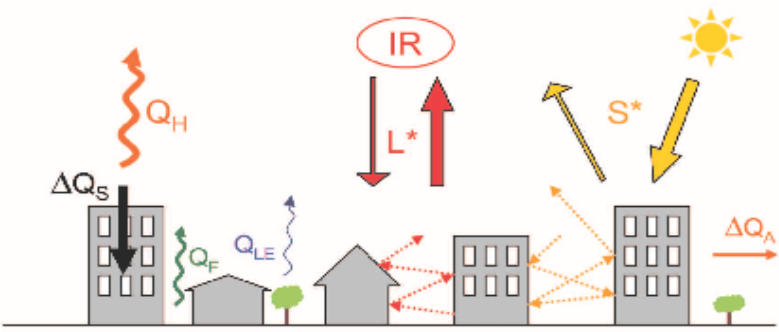
- vent
- dispersion des polluants
- échanges énergétiques

Options :

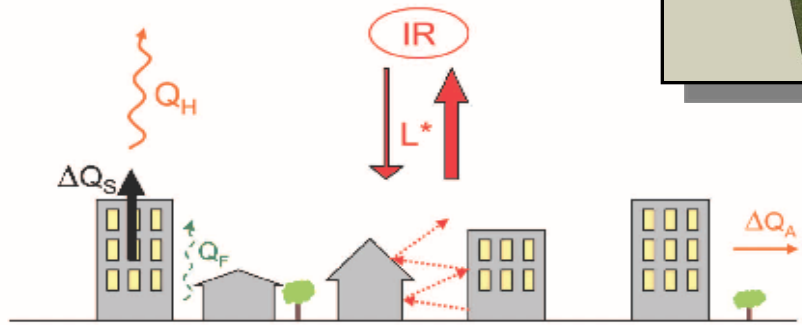
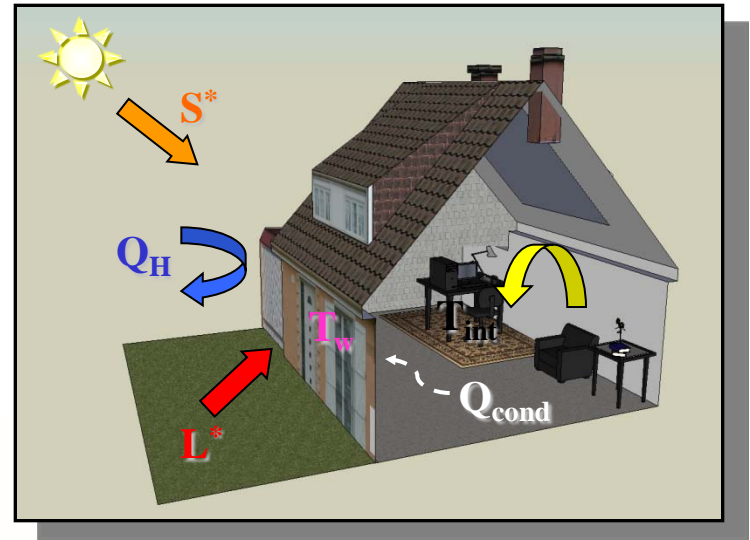
- chimie
- cycle eau

→ **Code_Saturne** , CFD open-source (www.code-saturne.org)

Bilan énergétique 3D



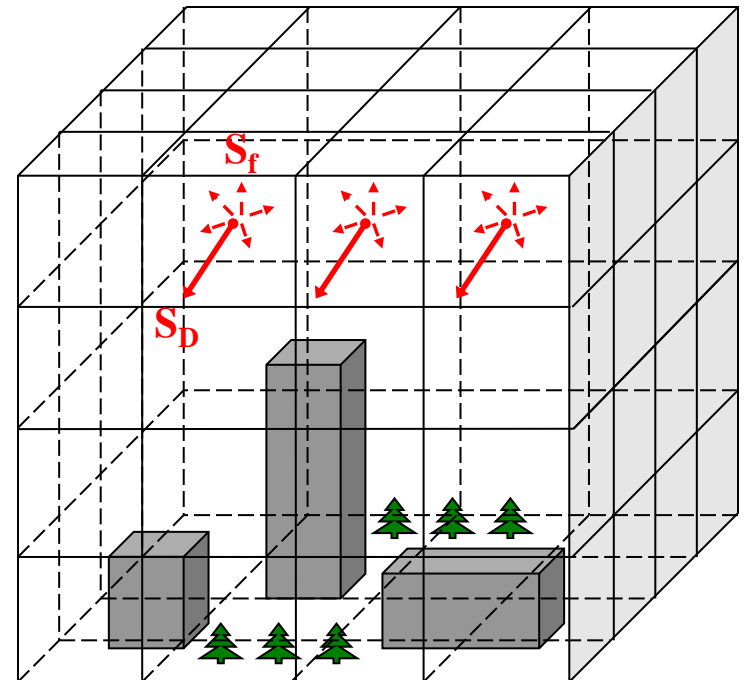
Jour



Nuit

Modélisation de l'atmosphère urbaine (modèle radiatif)

- Développement d'un modèle radiatif atmosphérique 3D (Milliez 2006)
- Etude fine des échanges thermo-radiatifs (Qu 2011)
- Implémentation d'un modèle de canopée végétale (Zaidi 2012)
- Implémentation d'un modèle de bâtiment (Daviau 11/2015)



Model design

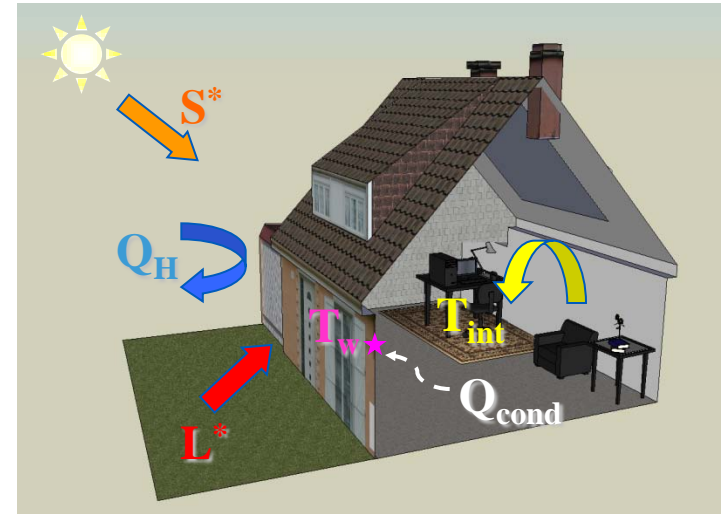
Hybrid surface temperature models:

Ground: Force-restore model (Deardorff, 1978)

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{\sqrt{2\omega}}{\mu_g} Q_g^* - \omega(T_g - T_{gint})$$

$$Q_w^* = L^* + S^* - Q_H - Q_{LE} - Q_F$$

(2 layers : heat + water budgets)



Buildings walls: Wall thermal model

$$\frac{\lambda_w}{e_w} (T_w - T_{wint}) = h_f (T_a - T_w) + \varepsilon_w (L_a + L_e - \sigma T_w^4) + (1 - \alpha)(S_D + S_f + S_e)$$

with

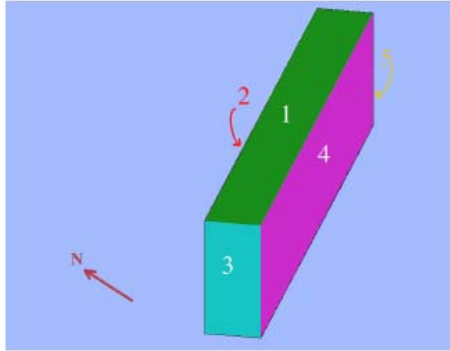
$$\underbrace{\hspace{10em}}_{Q_{cond}}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{Q_H}$$

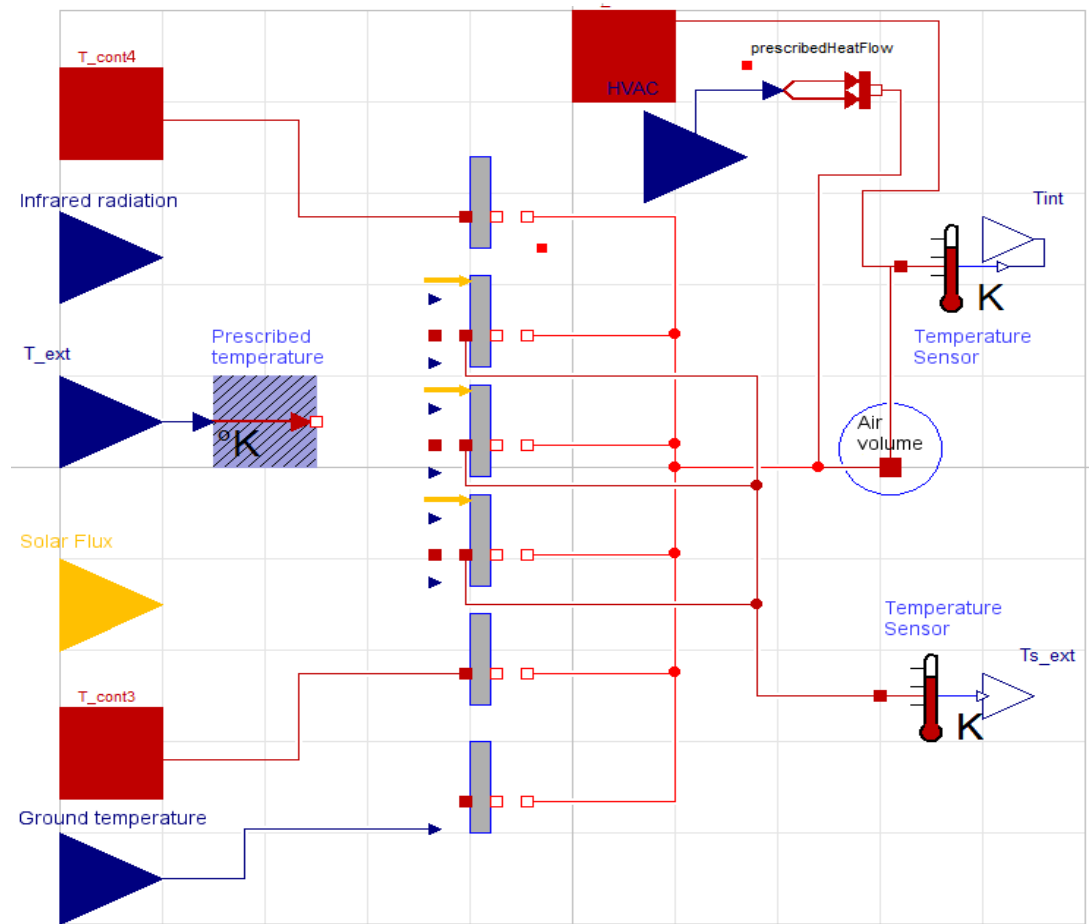
$$\underbrace{\hspace{10em}}_{L^*}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{S^*}$$

Un modèle de bâtiment à coupler avec Code_Saturne : BuildSysPro



- Logiciel développé par EnerBat de EDF
- Discrétisation des parois en plusieurs couches
- **Librairie permettant une modélisation 1D du bâtiment**



Validation (radiatif)

Results: a comparison of two radiation models

Comparison based on Mock Urban Setting Test (MUST) experimental dataset (Yee and Bilitoft, 2004)

10 rows of 12 containers: $L=12.2\text{m}$, $W=2.42\text{m}$, $H=2.54\text{m}$

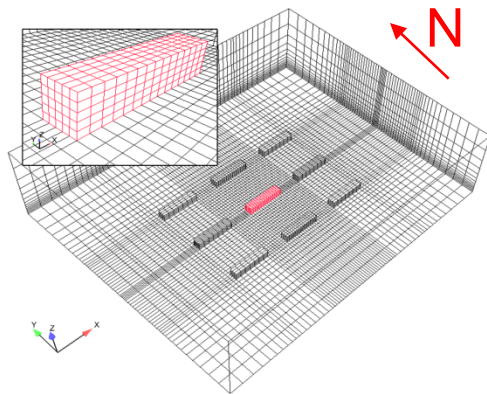
63 releases ~ 15 min

Code_Saturne



Studies on dispersion (Milliez and Carissimo, 2007)

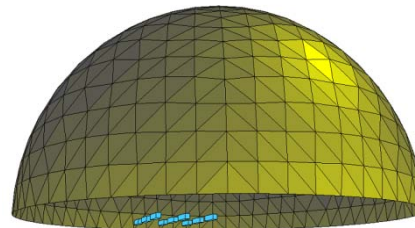
Coupling validation (Qu et al. 2011a)



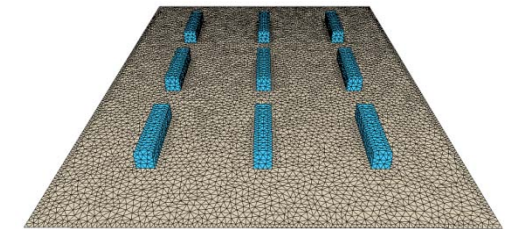
Min cell size: $0.5 \times 0.8 \times 0.5\text{m}$

Total cells : ~ 55,000

SOLENE



a)



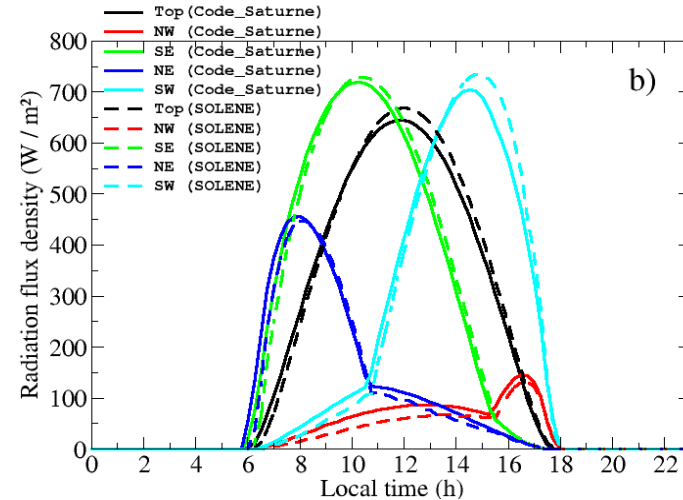
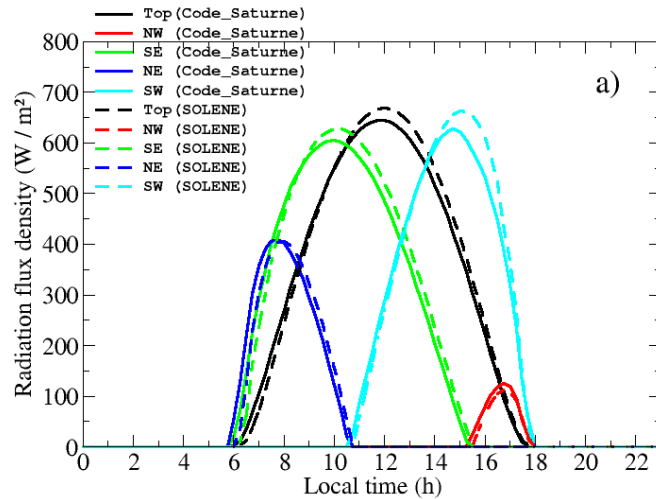
b)

Sky elements: 1024

Scene cells : ~ 8,800

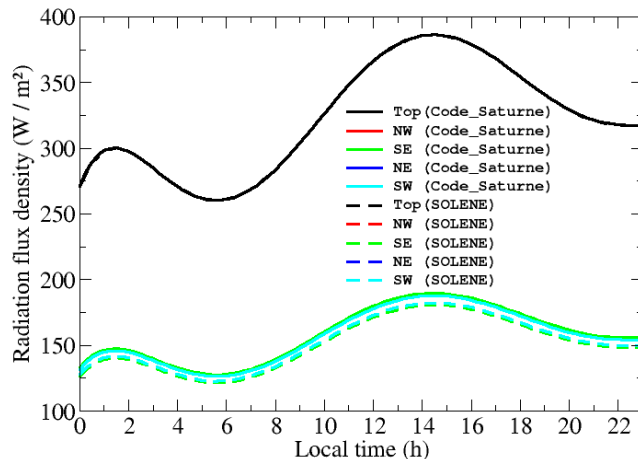
Results: a comparison of two radiation models

Comparison of direct solar flux



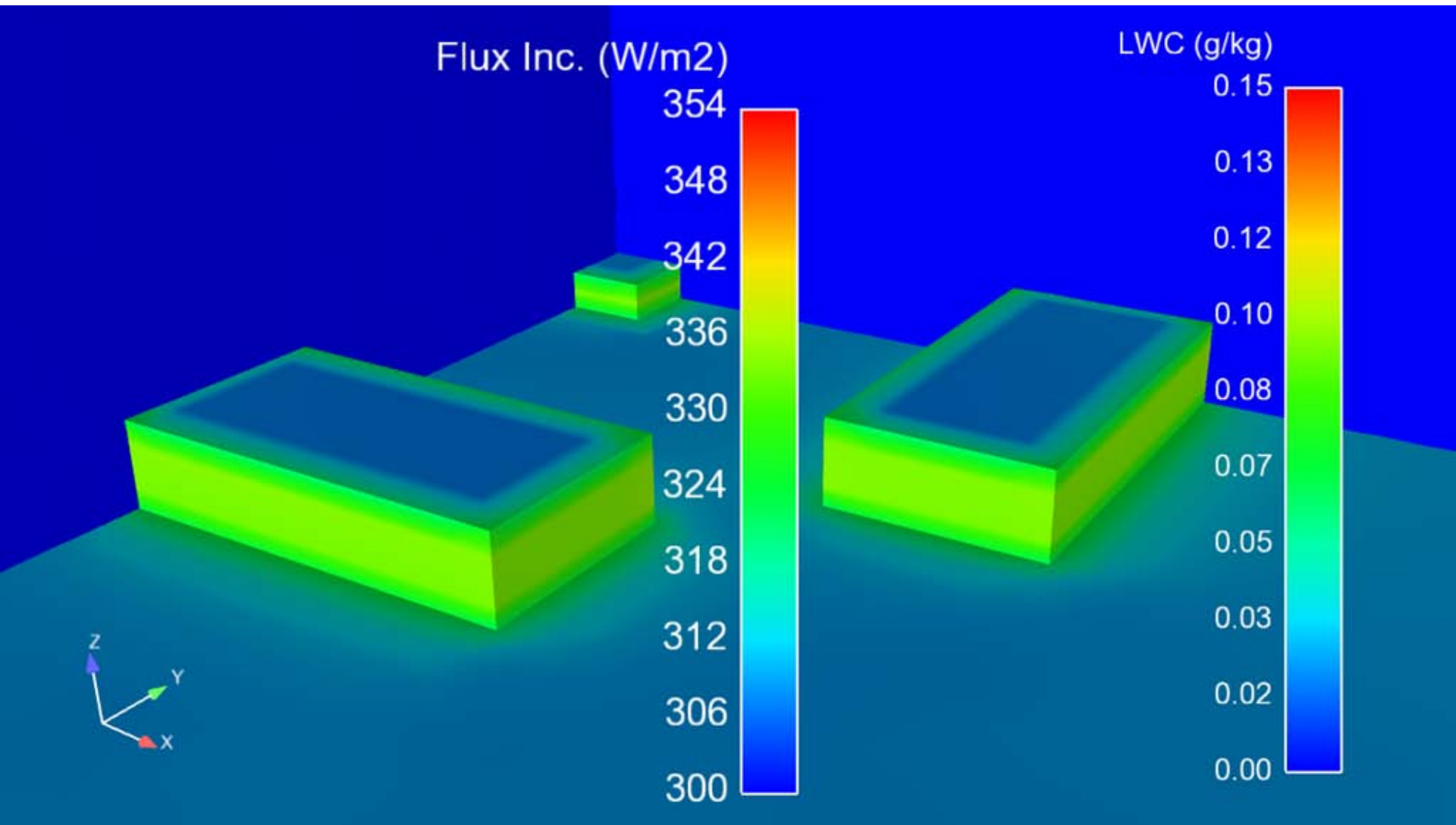
- Incident direct solar flux: a) without multi-reflections; b) after multi-reflections

Comparison of long-wave radiation flux

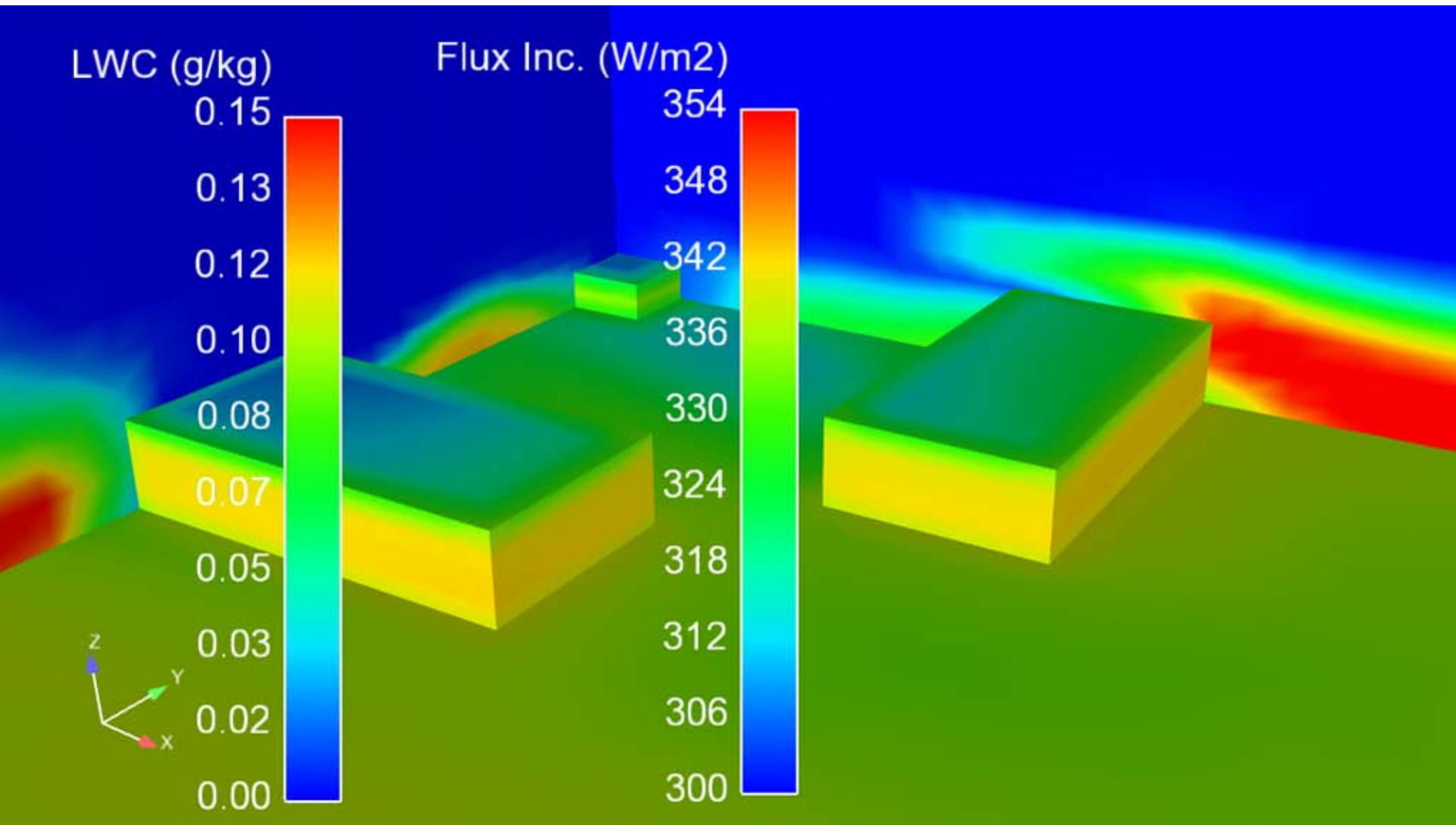


- Incident long-wave radiation flux

Effet du brouillard (avant formation)

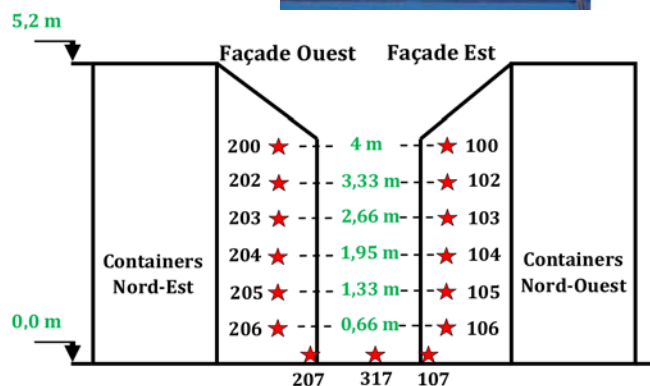


Effet radiatif du brouillard /bâtiment (début de formation)

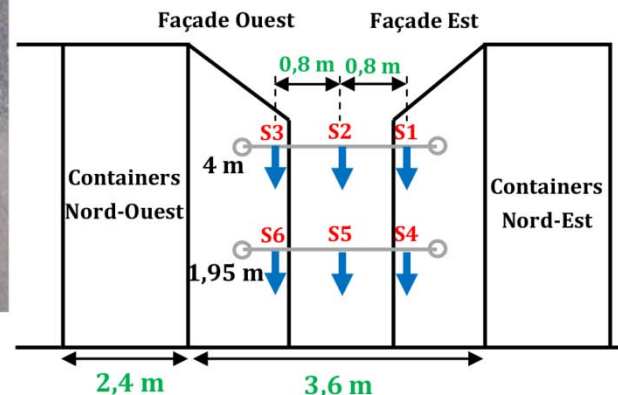
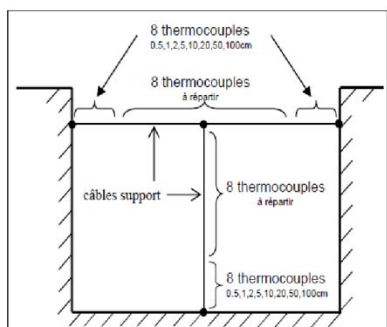


Validation dynamique/thermique : rue canyon (EM2PAU)

Athamena, 2012



★ Thermocouples surfaciques

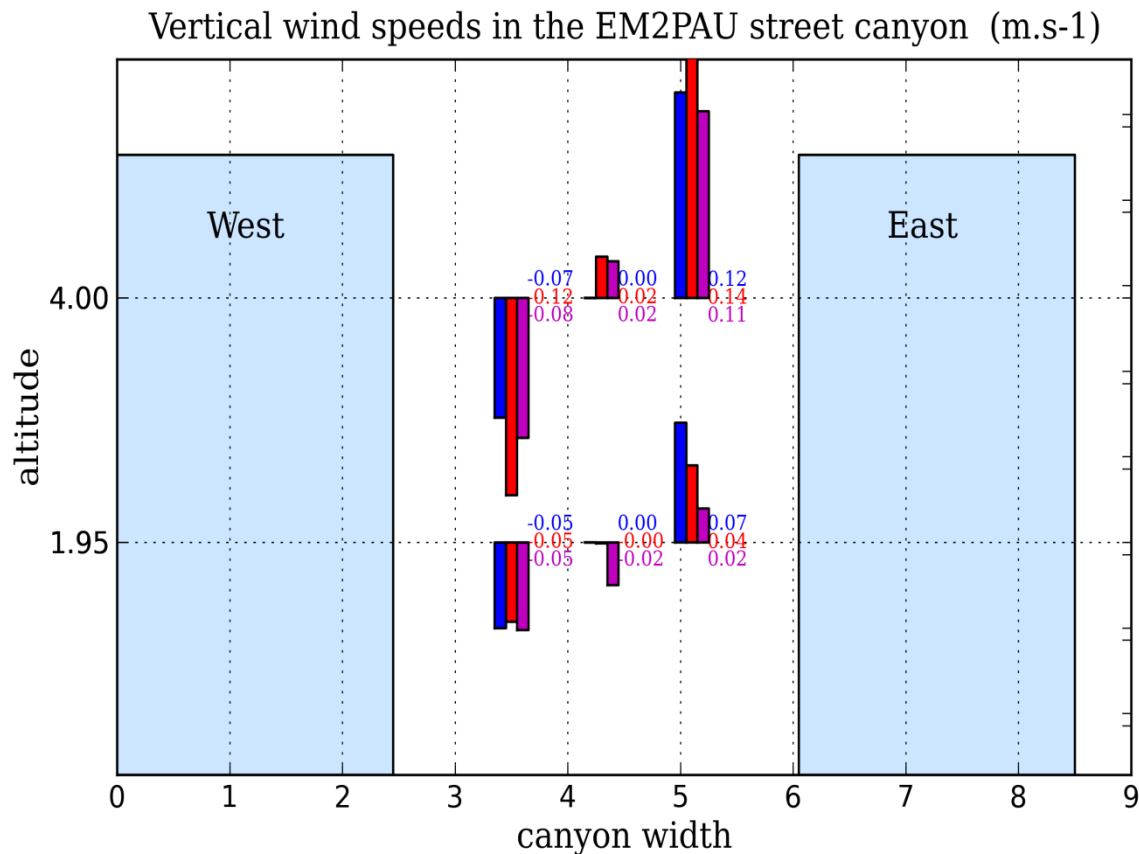


↓ Anémomètres Soniques 3D



Simulations EM2PAU (mesures, sans et avec effets thermiques)

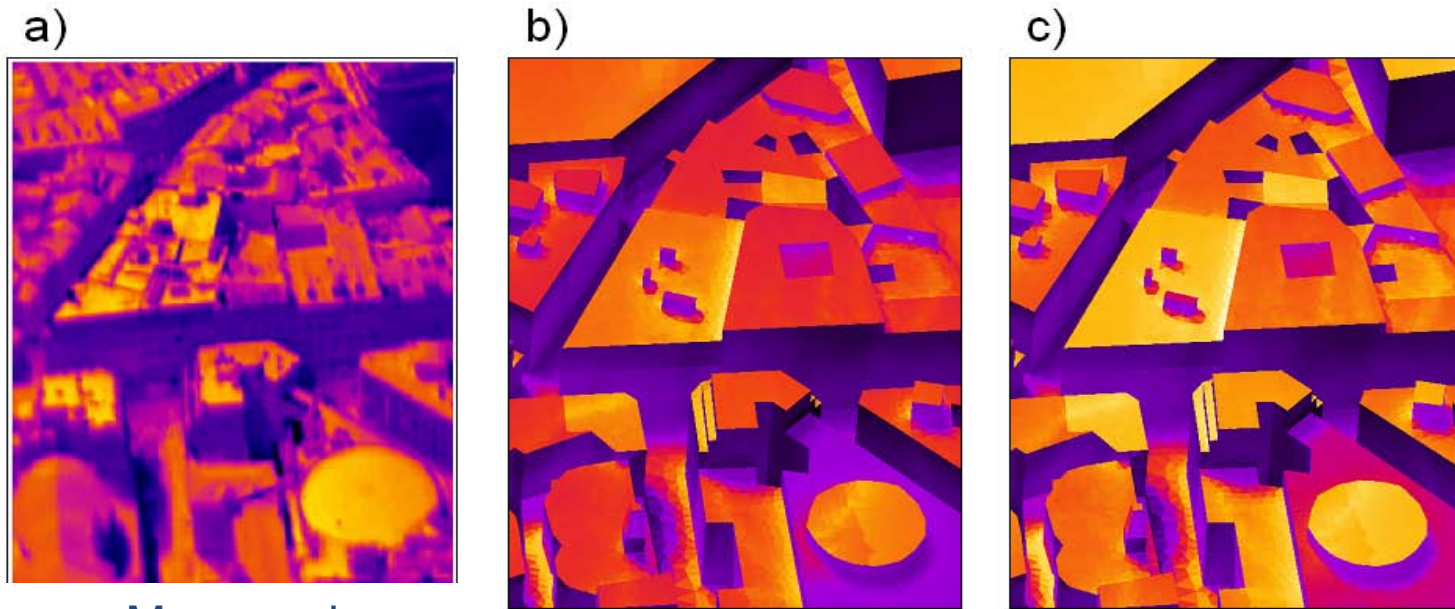
Le 06/04/2011 à 7h



Validation with CAPITOUL dataset (Qu, 2012)

- Simulation of July 15th 2004

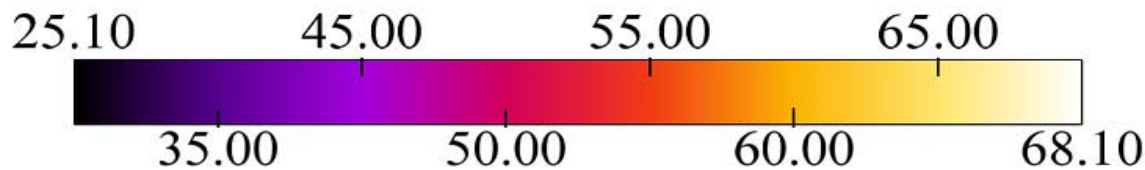
- Thermal infrared (TIR) airborne images 1412 UT during flight 432 (Lagouarde et al. 2010):



Measured,
source: Hénon (2008)

Simulated T_{br} (°C)

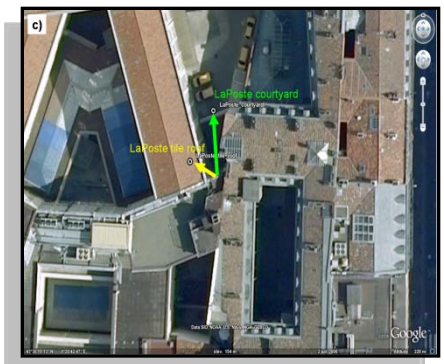
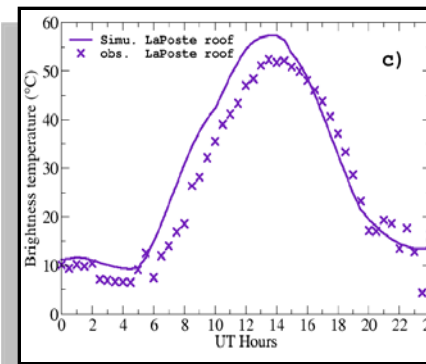
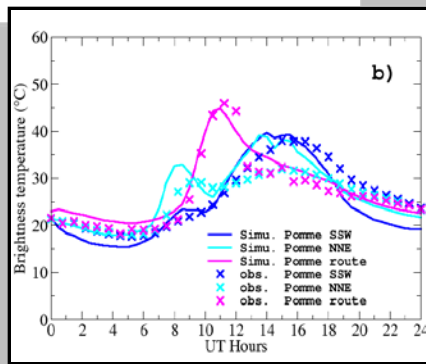
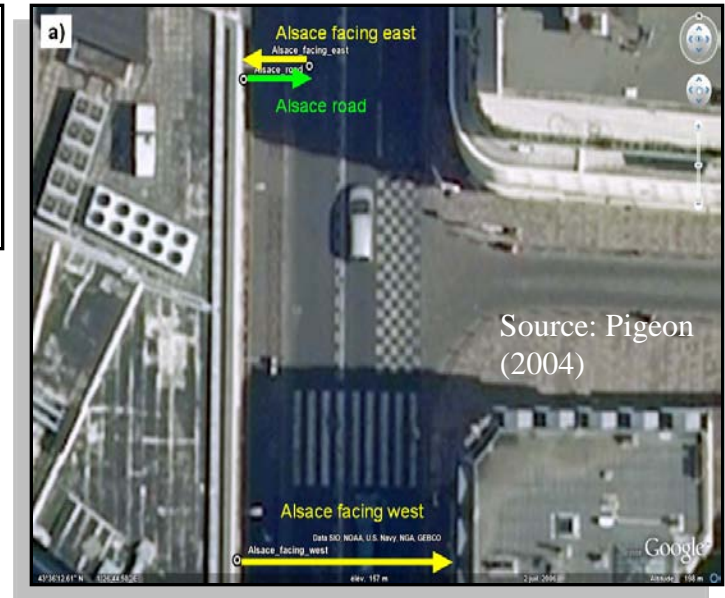
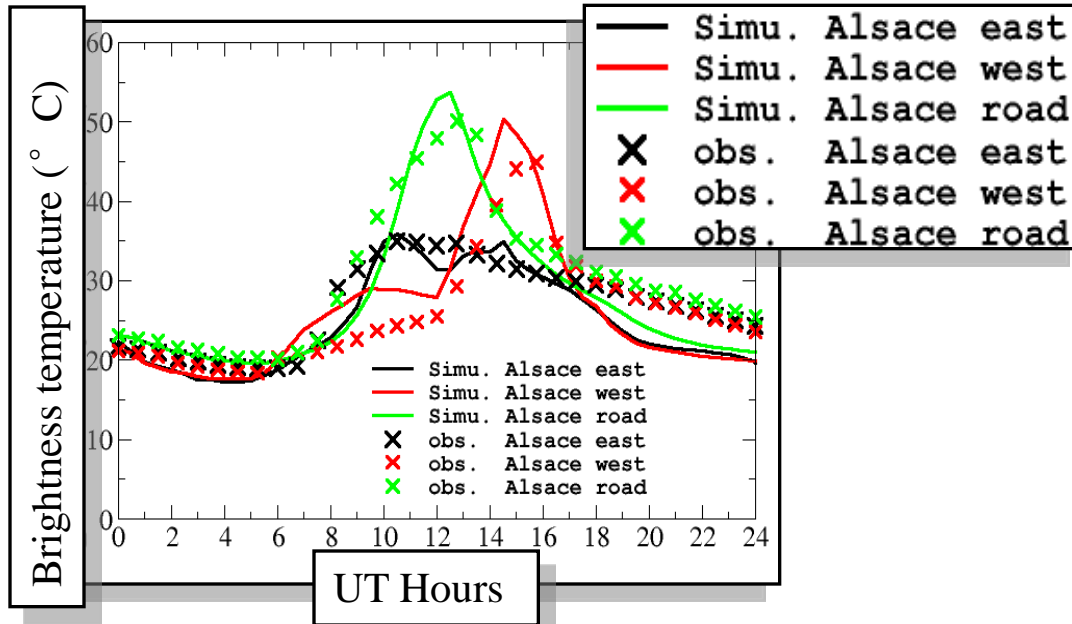
Simulated T_{sfc} (°C)



$$T_{br} \approx T_{sfc} \epsilon^{1/4}$$

Etude fine des échanges radiatifs et convectifs dans l'atmosphère urbaine

- Simulation of July 15th 2004
- Diurnal evolution for T_{br} of different positions of the infrared thermometers



Projet ANR EUREQUA

- **Evaluation mUltidisciplinaire et Requalification Environnementale des QUArtiers**

SHS
LISST-Cieu (*Toulouse*)
LAVUE (*Paris*)
LPED (*Marseille*)

Professionnels
IAU-IdF
Ateliers Lion









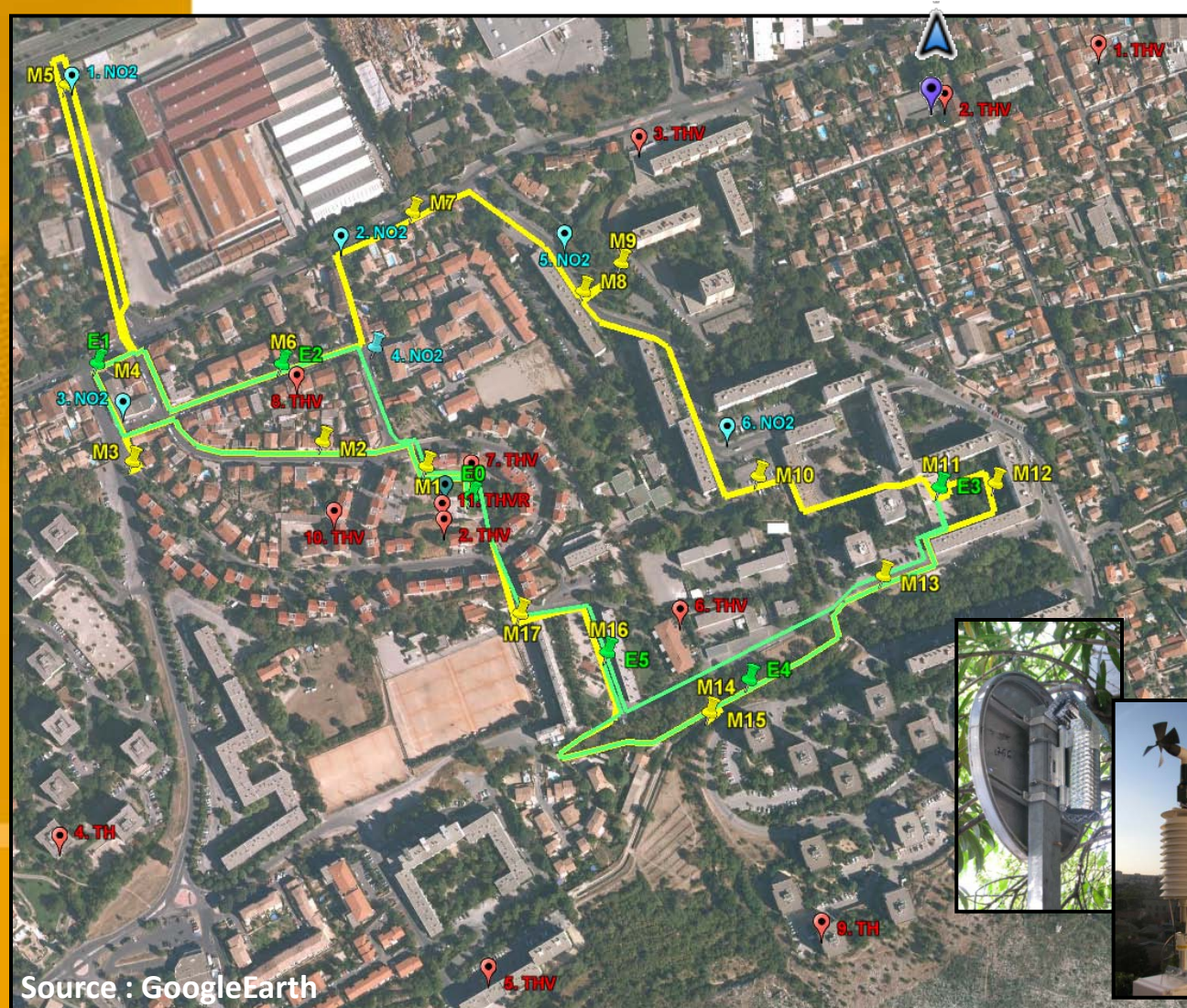
SPI
GAME - *climatologie urbaine*
IFSTTAR – *acoustique*
CEREA – *qualité de l'air*

Acteurs institutionnels
Toulouse Métropole
Ville de Marseille

Principaux résultats et faits marquants

Protocole des campagnes conjointes de Mesures physiques & Enquêtes (Marseille, juin 2013)

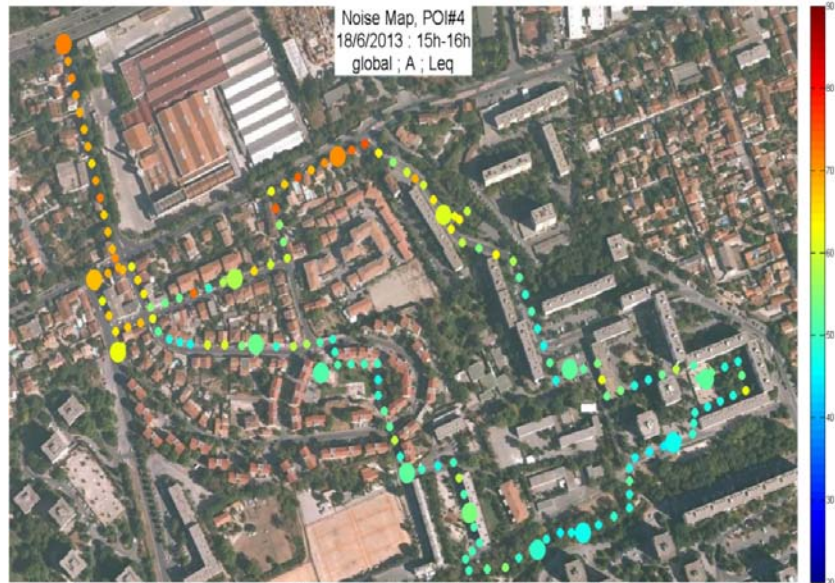
-  Réseau fixe météo
-  Réseau fixe QA
-  Circuit mesures physiques
-  Circuit physiques/enquêtes
-  Sonomètre fixe
-  Comptage trafic



Principaux résultats et faits marquants

Campagnes conjointes de mesures physiques & Enquêtes

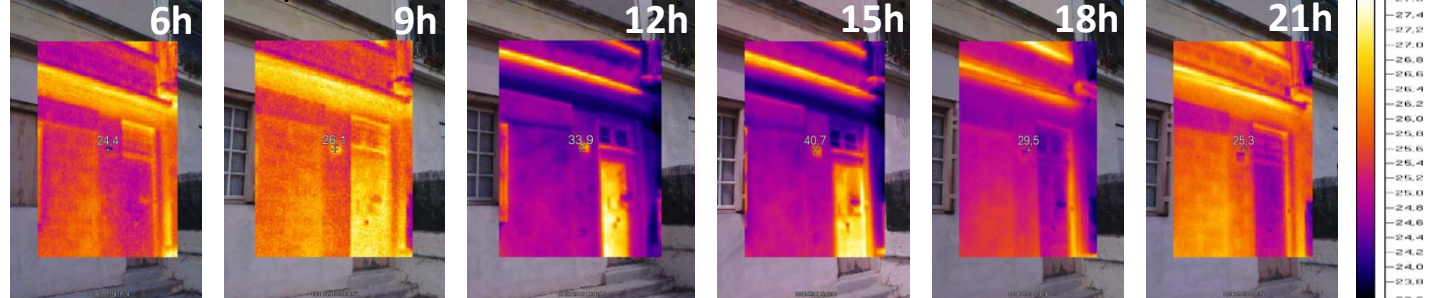
Niveau sonore (mesures mobiles)



Température de l'air (mesures mobiles)



Caméra thermique



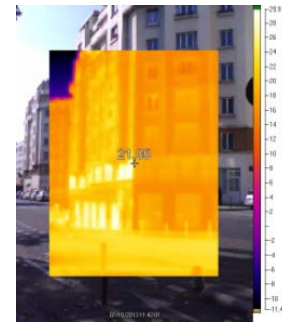
Camera Infrarouge (CEREA)



Fichier xxx.is2
(format Fluke)



visible



Infra-rouge

~ 2500 – 3000 par POI
(> sur Toulouse!)

Toutes les températures dans 'C.
Z:\D\100FLUKE\IR003434.IS2

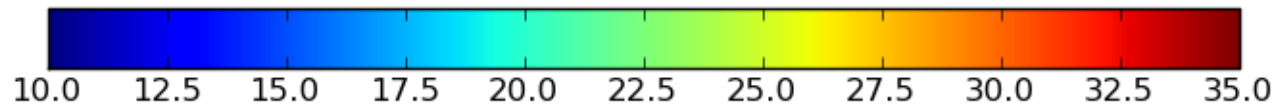
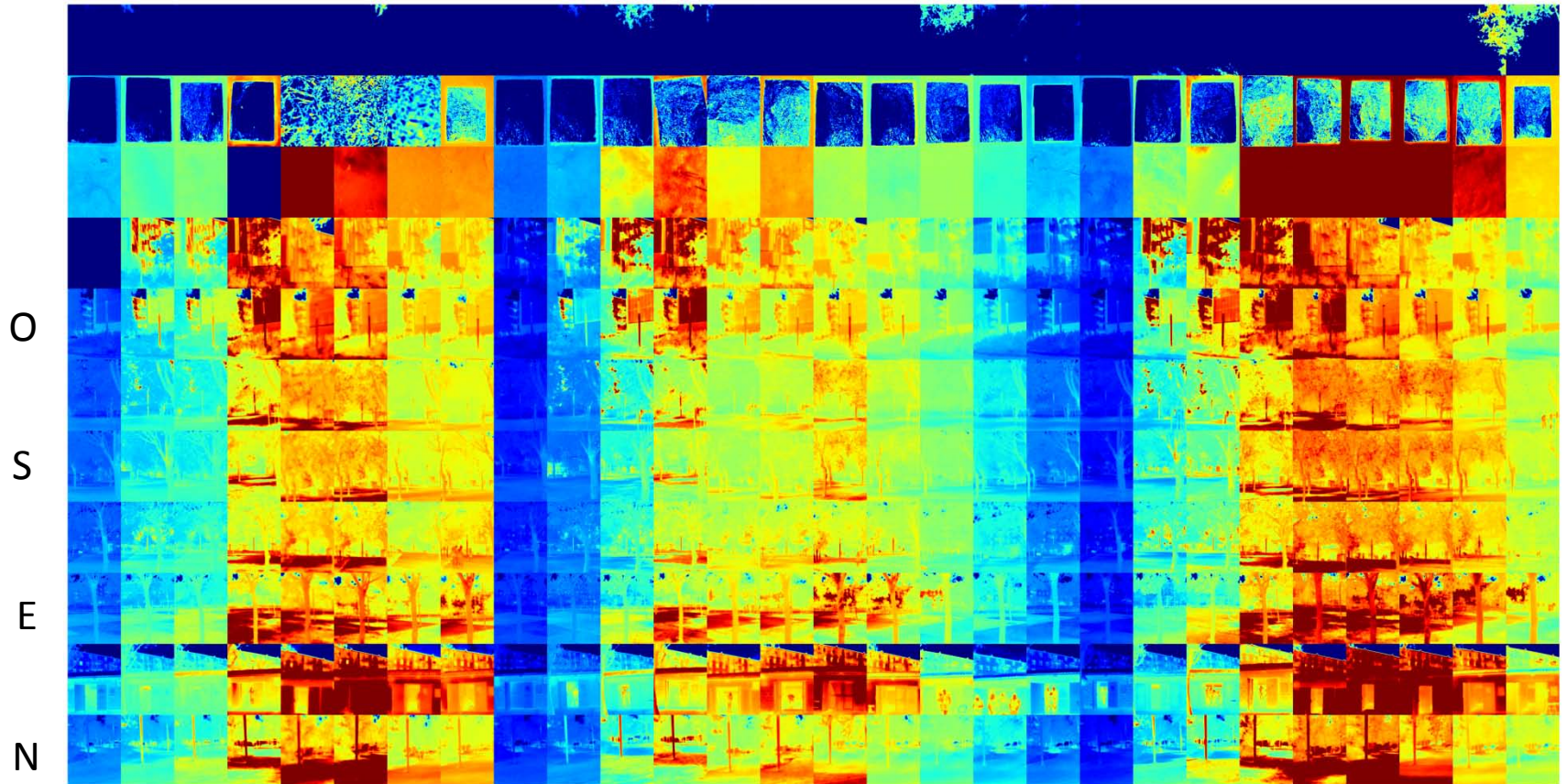
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	--11,13	--11,17	--11,23	--11,23	--11,33	--11,17	--11,17	--11,08	--10,98	--11,17	--
2	--11,08	--11,03	--11,23	--11,42	--11,23	--11,08	--11,13	--11,23	--10,78	--10,98	--
3	--10,58	--11,03	--10,88	--11,03	--10,48	--11,03	--11,03	--10,73	--10,83	--10,53	--
4	--10,94	--10,73	--10,83	--10,64	--10,53	--10,69	--10,64	--10,69	--10,69	--10,73	--
5	--10,39	--10,34	--10,53	--10,64	--10,44	--10,48	--10,73	--10,69	--10,53	--10,23	--
6	--10,34	--10,44	--10,48	--10,64	--10,30	--10,34	--10,34	--10,34	--10,39	--10,39	--
7	--10,44	--10,14	--10,48	--10,05	--10,05	--10,14	--10,00	--10,44	--10,00	--10,14	--
8	--9,84	--10,05	--10,09	--9,95	--9,80	--9,95	--9,95	--10,00	--9,61	--10,09	--
9	--9,84	--9,80	--9,80	--10,05	--9,75	--9,84	--9,75	--9,84	--9,75	--9,70	--9
10	--9,41	--9,61	--9,52	--9,75	--9,66	--9,61	--9,56	--9,13	--9,84	--9,70	--9
11	--9,36	--9,41	--9,47	--9,61	--9,47	--9,61	--9,31	--9,31	--9,47	--9,13	--9
12	--9,31	--9,36	--9,56	--9,27	--9,36	--9,41	--9,03	--9,27	--9,31	--9,08	--9
13	--9,08	--9,27	--9,08	--9,08	--9,03	--8,88	--9,13	--9,31	--9,08	--8,88	--8
14	--9,17	--8,83	--8,98	--8,83	--8,69	--8,78	--8,78	--8,73	--8,83	--8,88	--8
15	--8,69	--8,88	--8,59	--8,73	--8,59	--8,55	--8,64	--8,59	--8,55	--8,88	--8
16	--8,41	--8,25	--8,41	--8,45	--8,64	--8,59	--8,50	--8,59	--8,31	--8,20	--8
17	--8,11	--8,31	--8,45	--8,36	--8,36	--8,43	--8,16	--8,36	--8,31	--8,06	--8
18	--7,83	--7,97	--7,97	--8,16	--8,11	--8,36	--7,88	--8,02	--7,97	--7,97	--7
19	--7,92	--7,73	--7,97	--7,64	--8,02	--7,92	--7,78	--7,78	--7,83	--7,73	--7
20	--7,88	--7,73	--7,69	--7,59	--7,69	--7,69	--7,69	--7,69	--7,69	--7,50	--7
21	--7,27	--7,59	--7,55	--7,50	--7,41	--7,31	--7,41	--7,17	--7,41	--7,13	--7
22	--7,36	--7,13	--7,03	--7,13	--7,36	--7,36	--7,17	--6,98	--7,27	--7,13	--7
23	--6,78	--7,03	--6,69	--6,64	--6,69	--6,88	--6,59	--7,03	--7,08	--6,78	--6
24	--6,50	--6,69	--6,69	--6,78	--6,73	--6,64	--6,45	--6,94	--6,73	--6,83	--6
25	--6,14	--6,50	--6,64	--6,69	--6,64	--6,55	--6,64	--6,33	--6,55	--6,38	--6
26	--5,81	--6,38	--6,14	--6,14	--6,50	--6,38	--6,09	--6,14	--6,28	--6,09	--6
27	--5,48	--5,95	--6,14	--6,14	--5,86	--6,19	--6,09	--5,91	--6,05	--5,95	--6
28	--5,44	--5,72	--5,81	--6,00	--5,63	--5,77	--5,77	--5,86	--5,48	--6,00	--5

Fichier texte

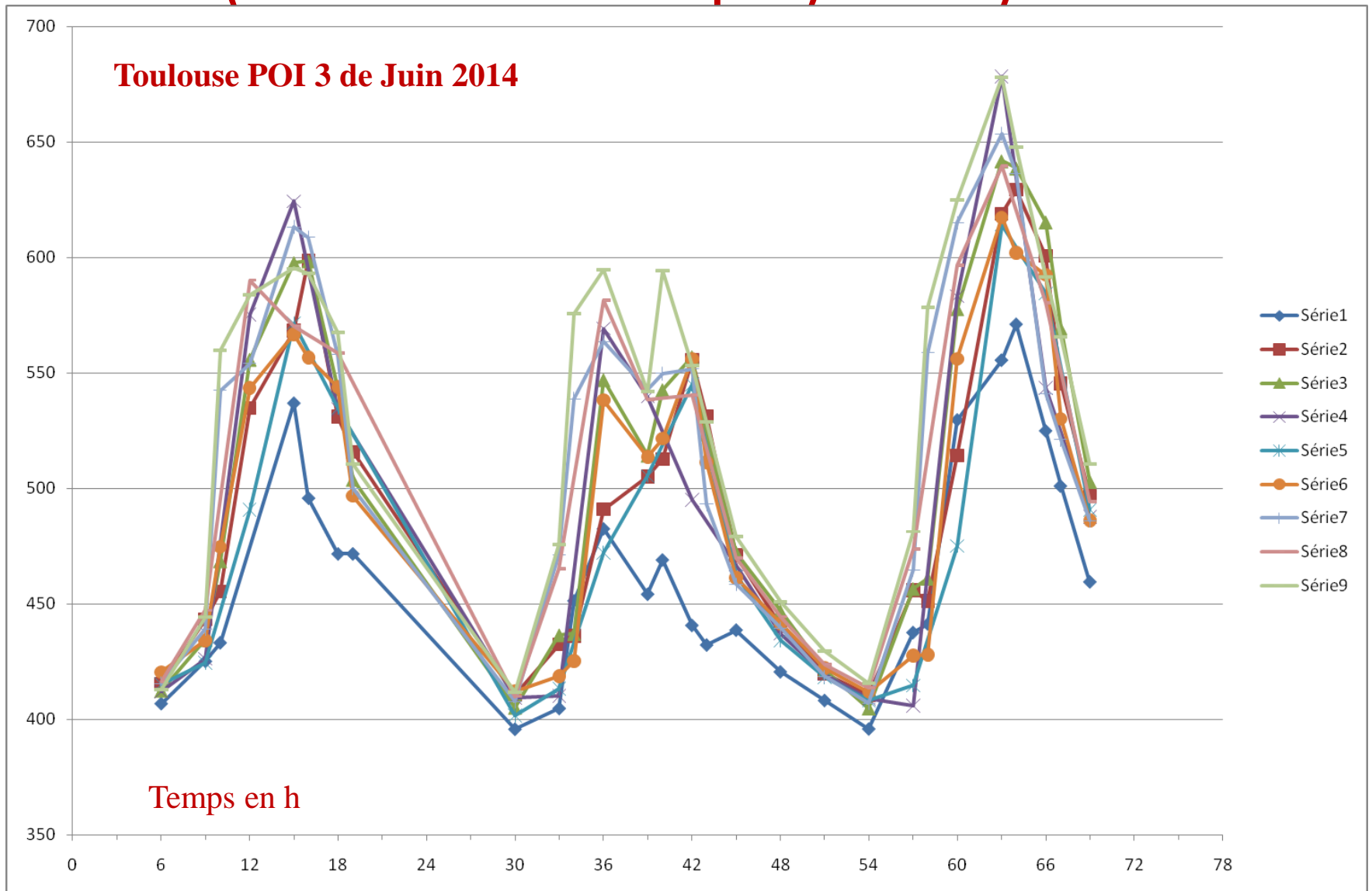
Images IR classées et mises à l'échelle

Ex : Toulouse POI 3 /Point 1

Temps →



Evolution temporelle du flux infrarouge (caméra thermique) en W/m²



Modélisation

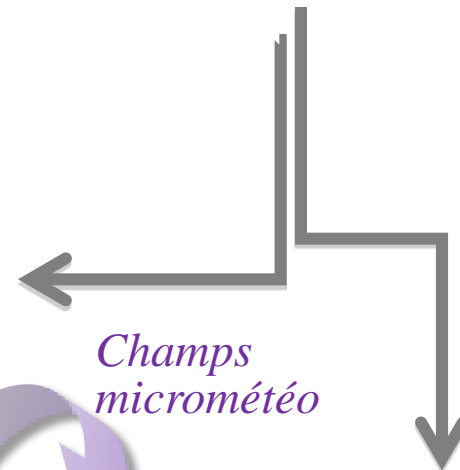
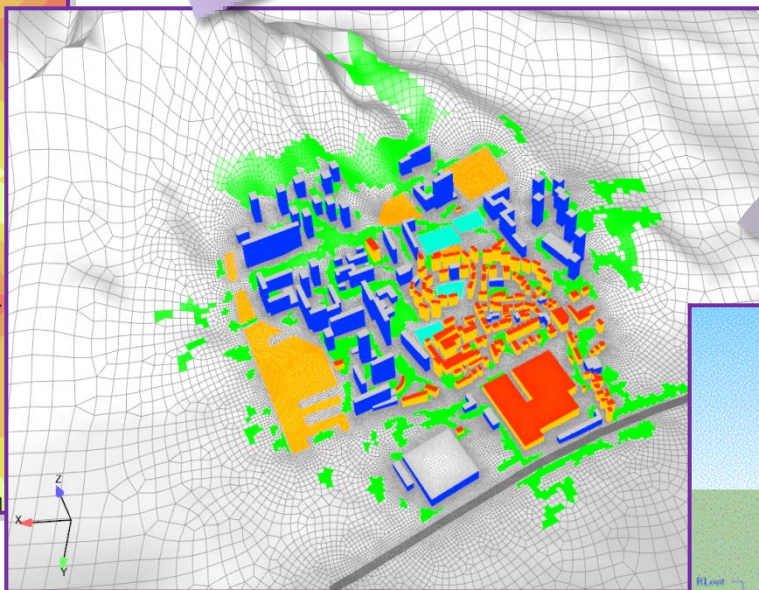
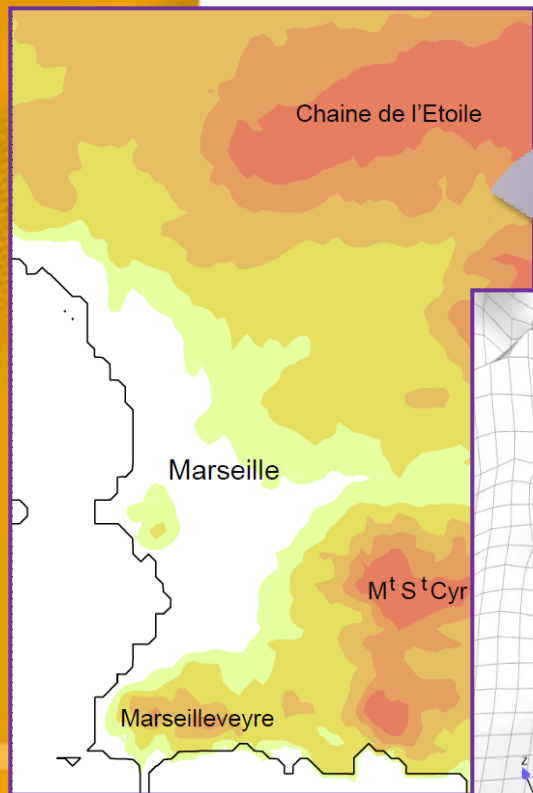
Modèle dyn de trafic (ou comptage)



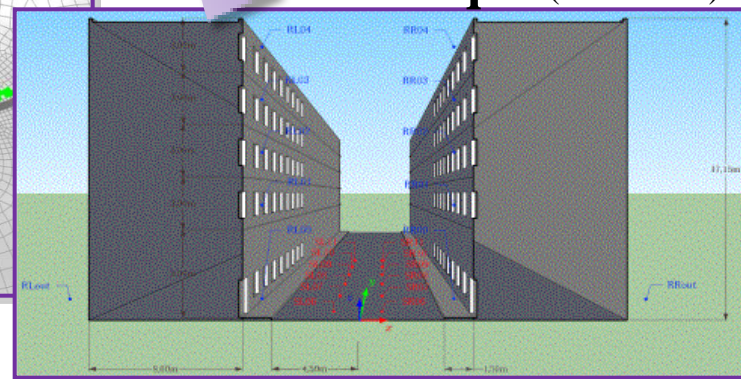
Modèle météo MESO-NH/TEB (Météo France / CNRM)

*Forçages météo /
Conditions aux limites*

Modèle CFD+thermo-radiatif (Code_Saturne, CEREA) (800m x 500m)



Modèle acoustique (IFSTTAR)

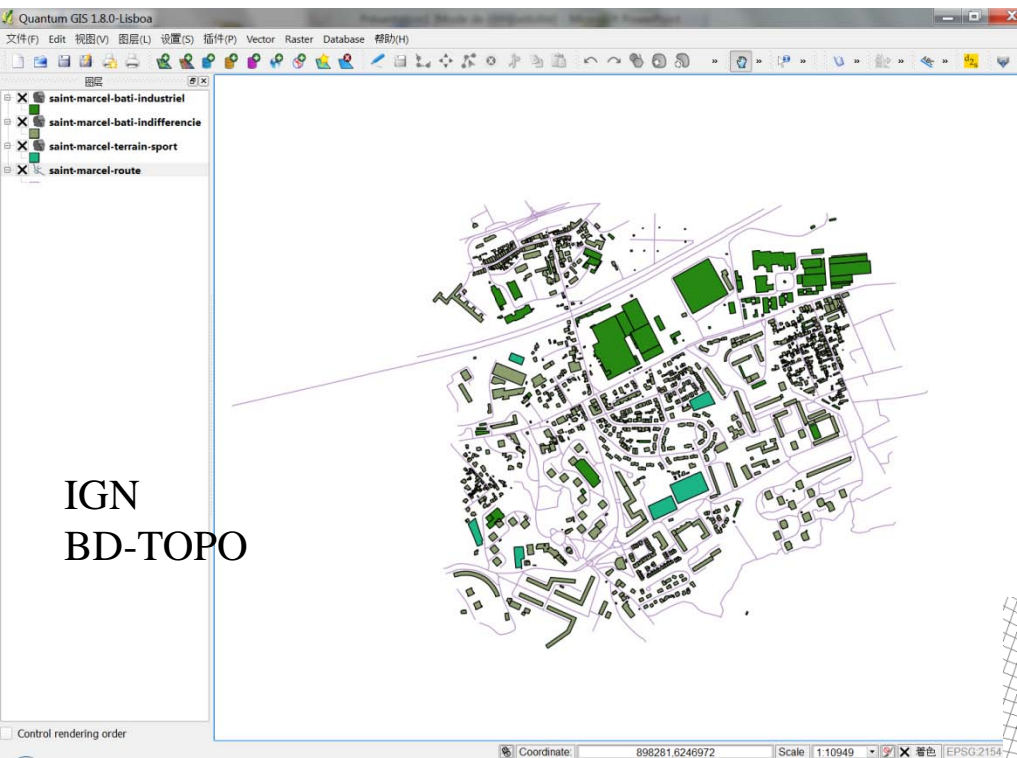


Maquettes numériques:

Maillages pour les simulations numériques CFD (Code_Saturne)

- Toulouse
- Marseille
- (Paris)

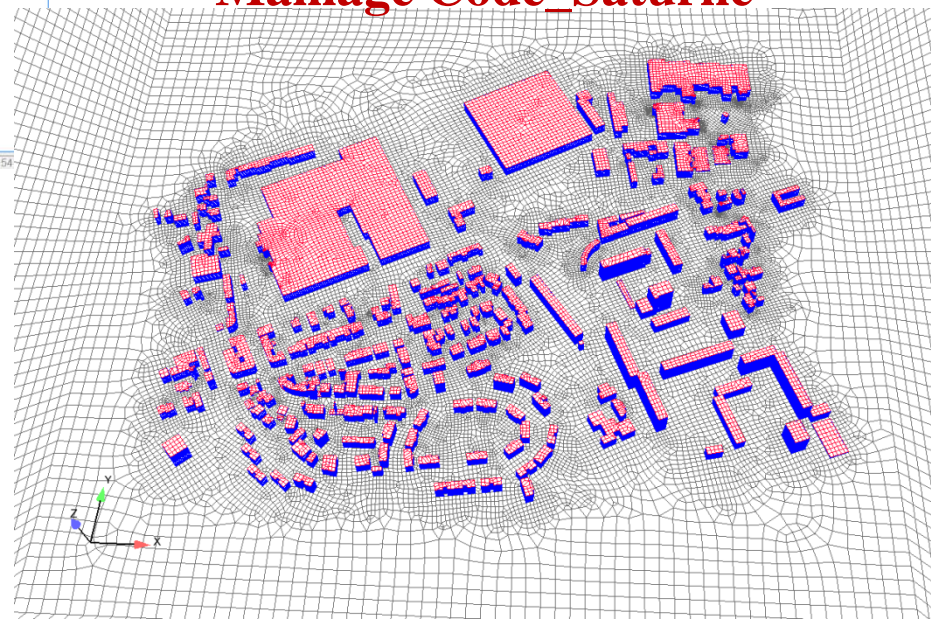
Modélisation Marseille



IGN
BD-TOPO

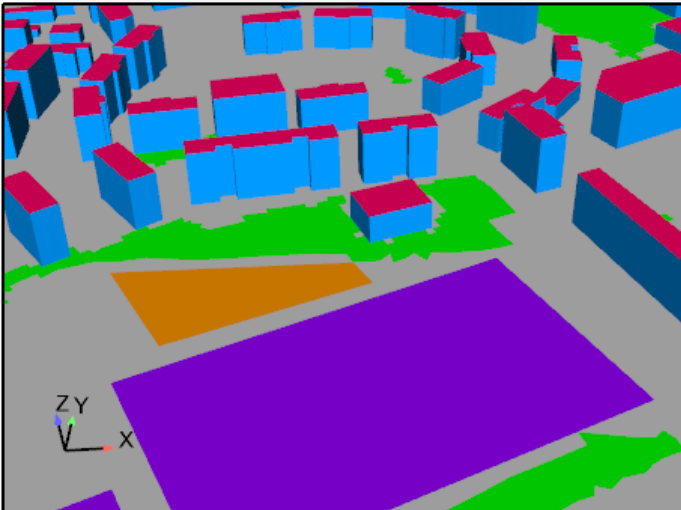
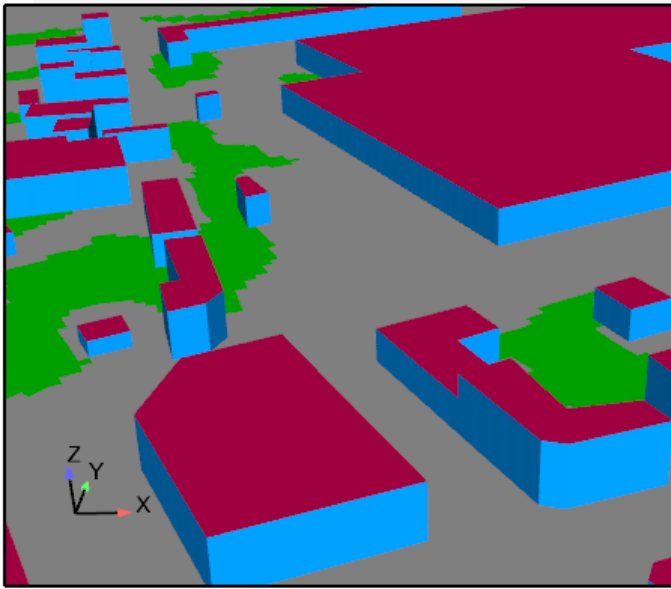


Maillage Code_Saturne

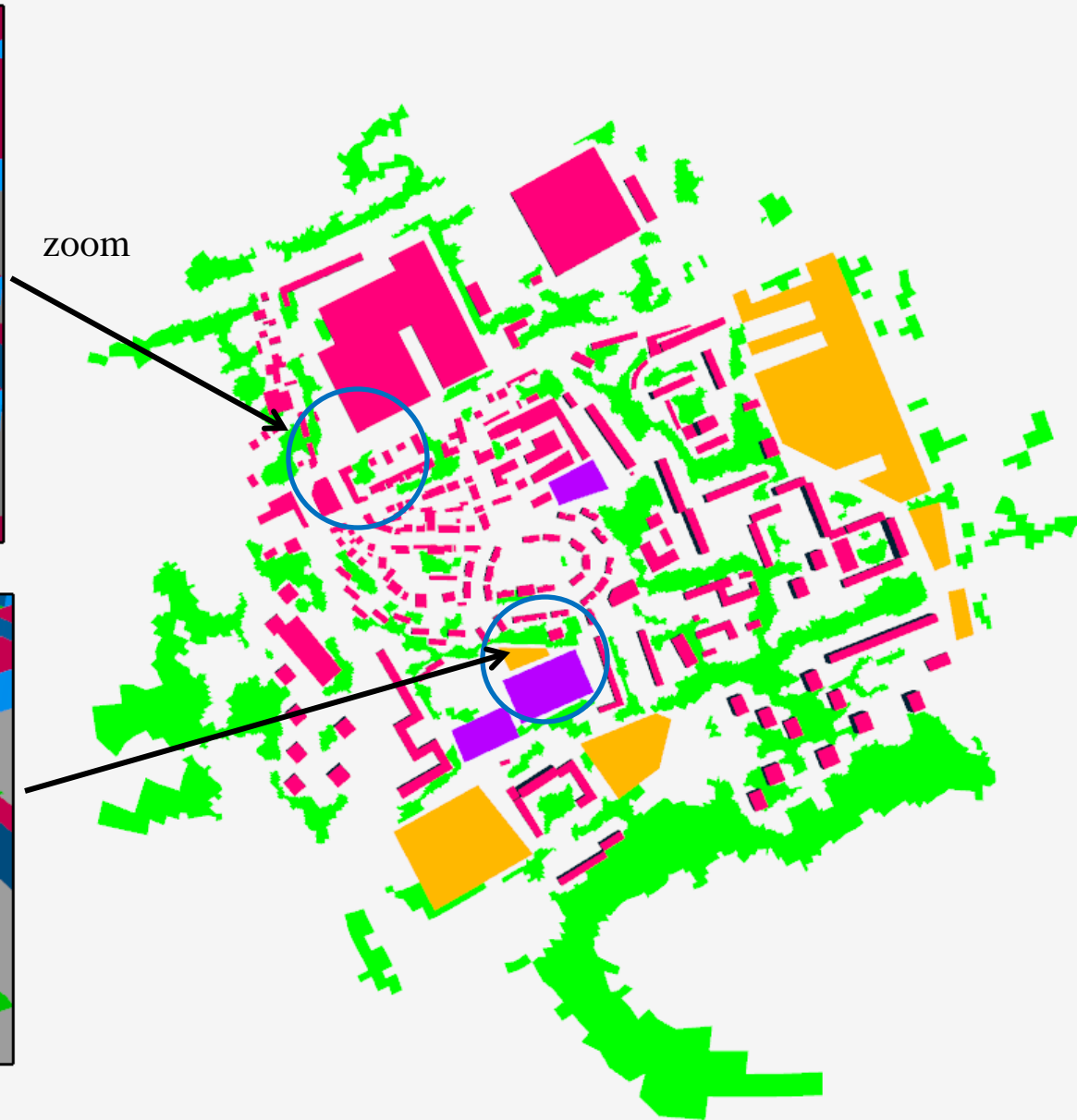


**Geométrie et maillage :
salome-platform.org**

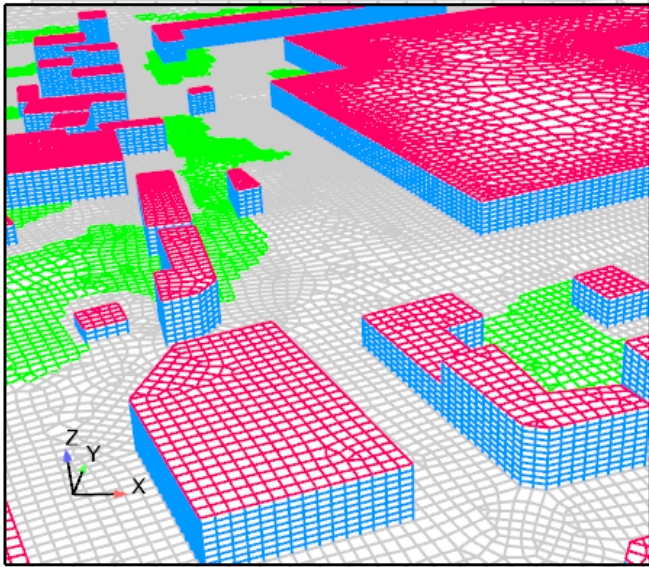
Géométrie: Bâti + Block+ Végétation + Terrain de sport



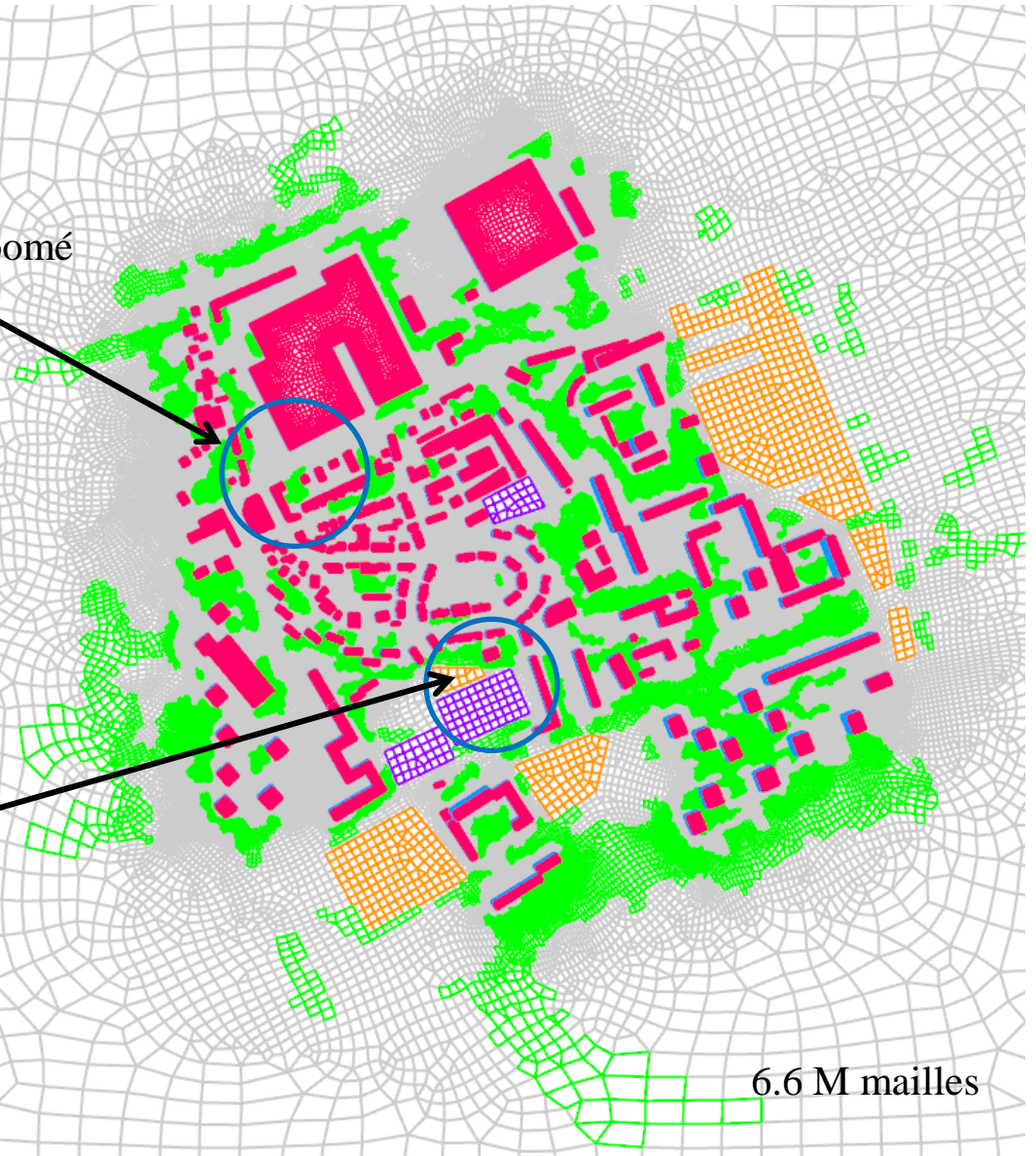
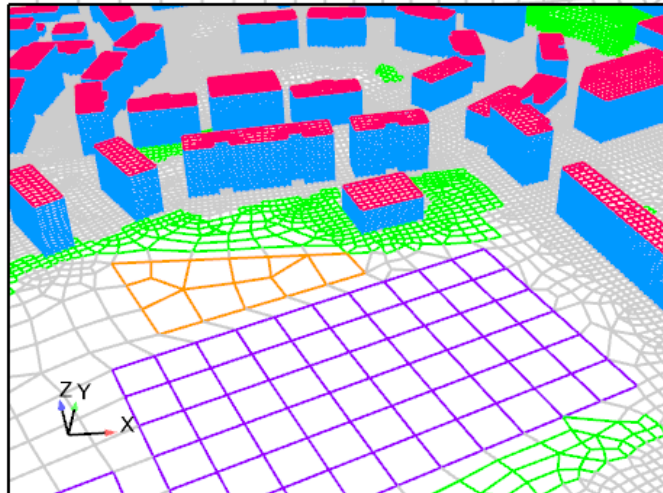
zoom



Maillage: Bâti + Block+ Végétation + Terrain de sport

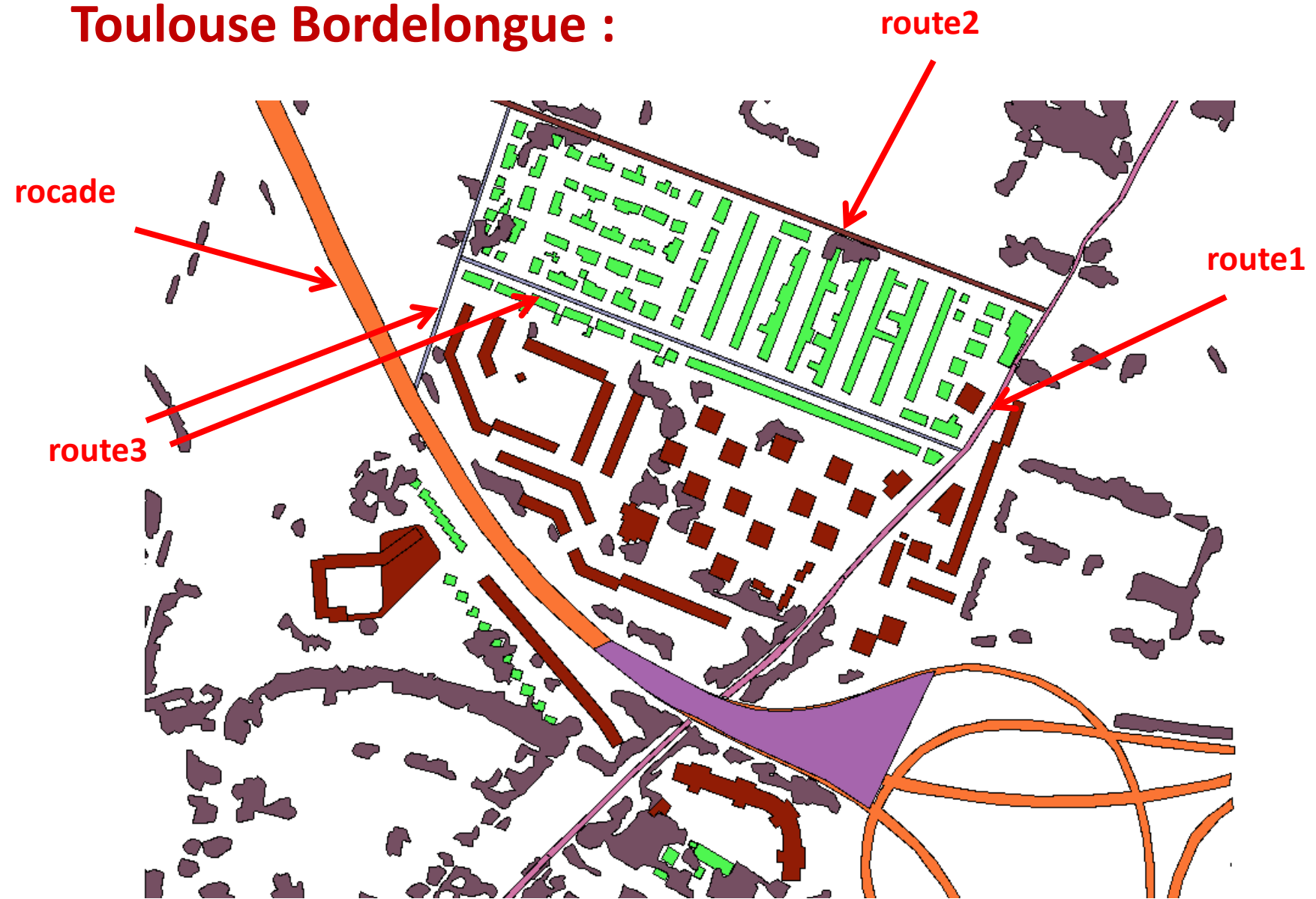


zoomé



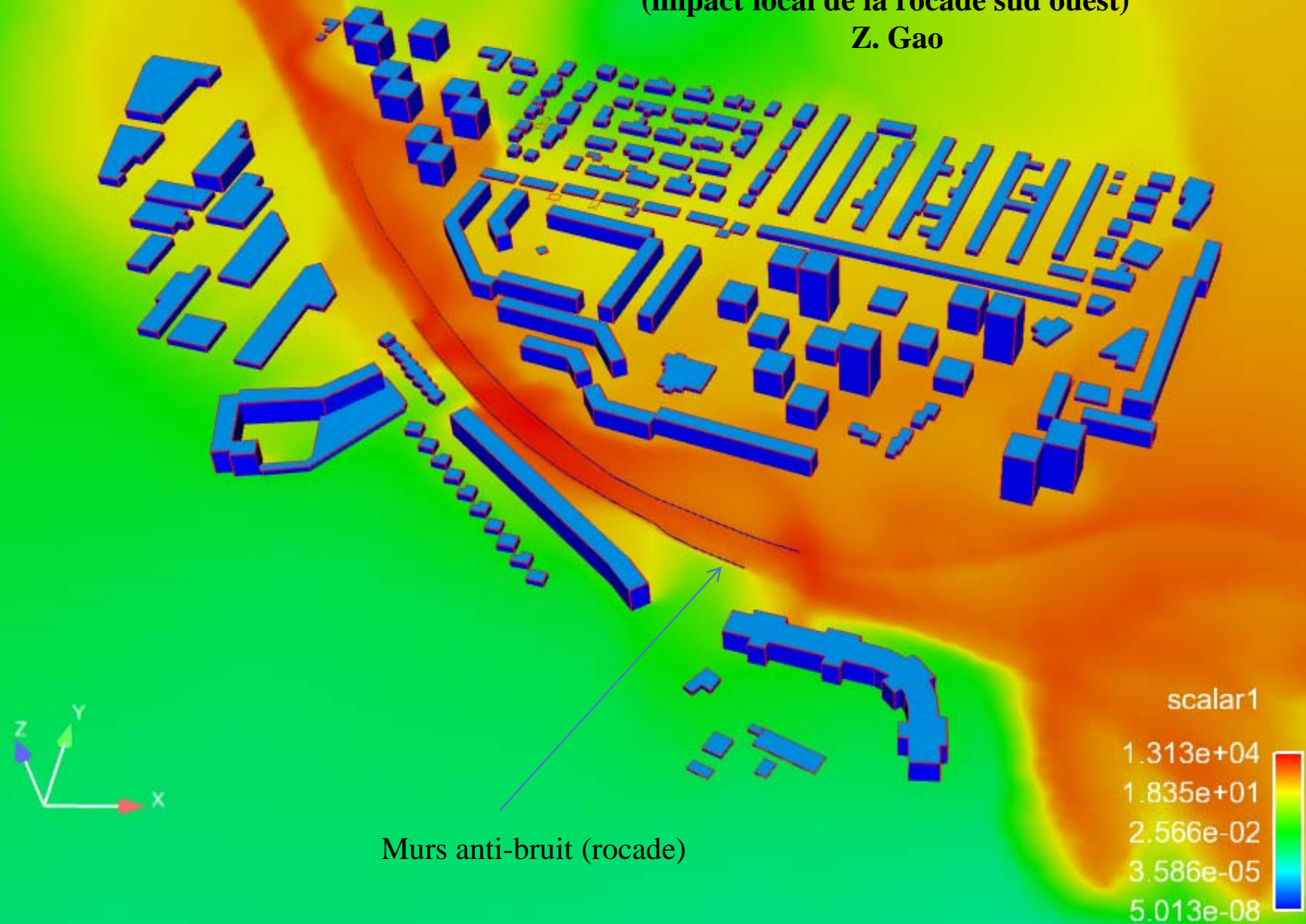
6.6 M mailles

Toulouse Bordelouge :



Prise en compte des sources locales de polluant dans le maillage

Simulation Code_Saturne couplé à Meso-NH
(impact local de la rocade sud ouest)
Z. Gao

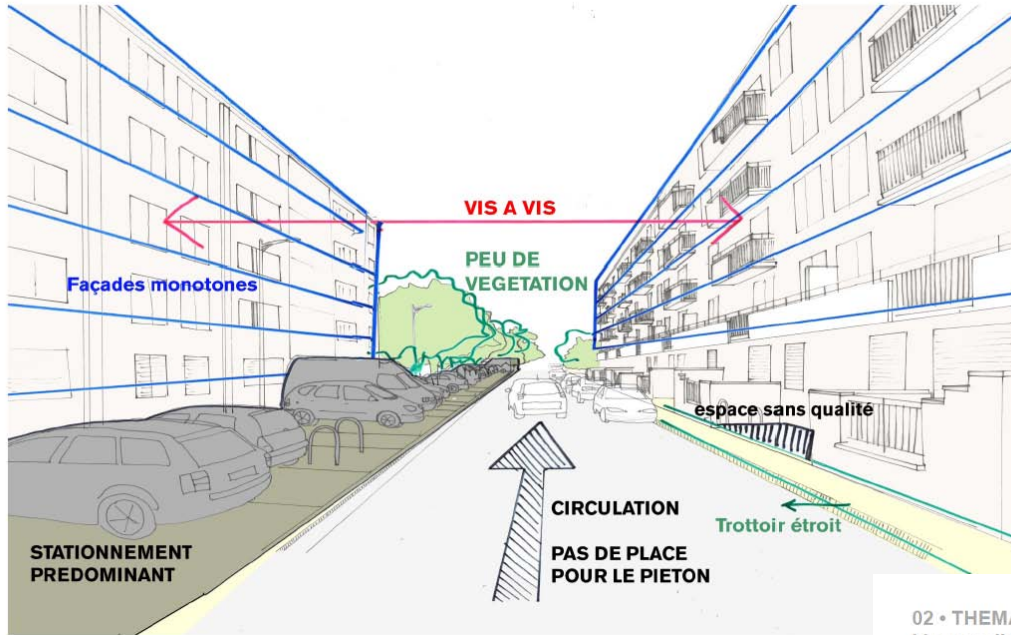


Perspectives

- Comparaison avec les mesures sur Marseille, Paris/Bagnolet et Toulouse
- Contribution locale à la qualité de l'air
- modèle de bâtiment complet, couplage avec Meso-NH (Météo-France)
- Simulation de modifications des quartiers à partir de scénario

02 • THEMATIQUES D'INTERVENTION

L'accessibilité et la place de la voiture – rue de la Sarthe, existant



20/05/2015

Ateliers Lion associés, Architectes Urbanistes Paysagistes

02 • THEMATIQUES D'INTERVENTION

L'accessibilité et la place de la voiture – rue de la Sarthe, proposition



20/05/2015

Ateliers Lion associés, Architectes Urbanistes Paysagistes

Merci pour votre attention !