

L'îlot de Chaleur Urbain de l'agglomération dijonnaise : campagne instrumentale in situ & modélisation climatique régionale haute résolution

Benjamin Pohl, Yves Richard, Manon Kohler, Justin Emery, Thierry Castel, Benjamin De Lapparent,
Justine Roux, Sophie Bientz, Oanez Codet-Hache, Franck Dumaitre, Hélène Toussaint,
Anne-Cerise Tissot, Denis Thévenin, Thomas Thévenin

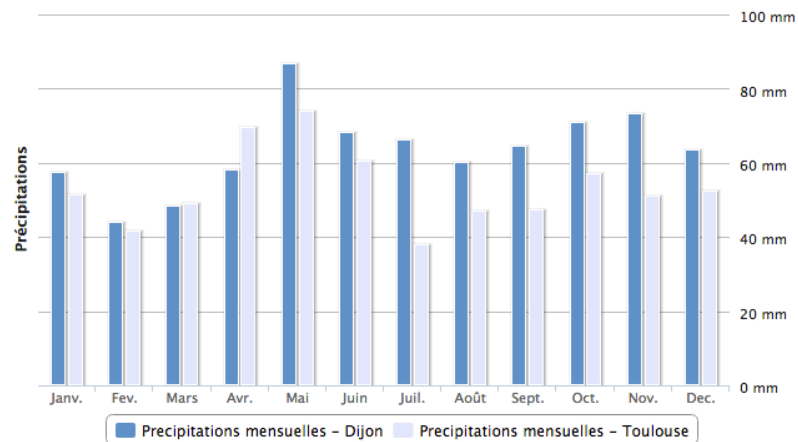
[benjamin.pohl@u-bourgogne.fr]

Le climat de la Bourgogne

Dijon (21000) Toulouse (31000) [Comparer](#)

Hauteur moy. des précipitations en ... ▼

+ arrosé que Toulouse, surtout en été

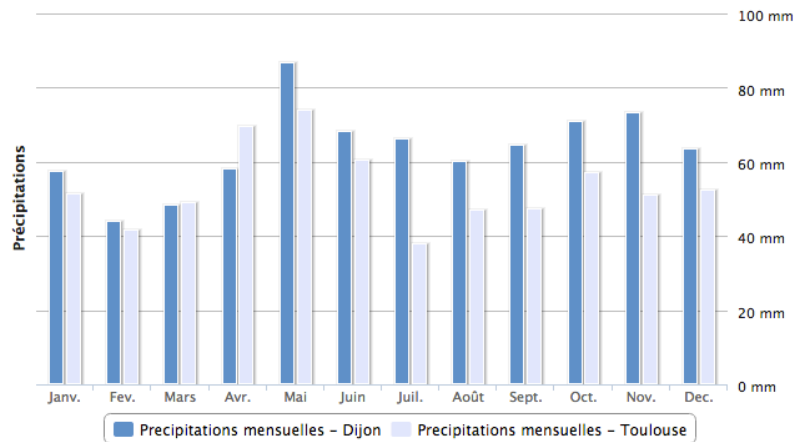


Le climat de la Bourgogne

Dijon (21000) Toulouse (31000) [Comparer](#)

Hauteur moy. des précipitations en ... ▼

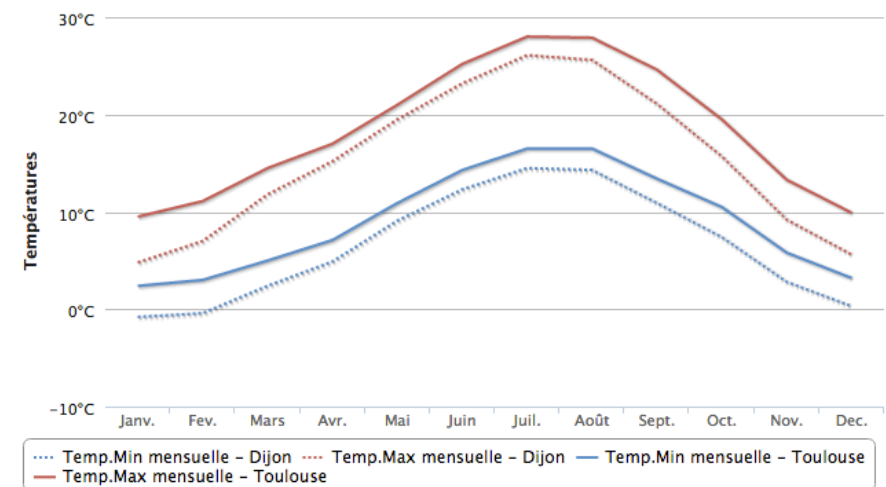
+ arrosé que Toulouse, surtout en été



Dijon (21000) Toulouse (31000) [Comparer](#)

Temp Moy - Min / Max en °c ▼

+ frais toute l'année

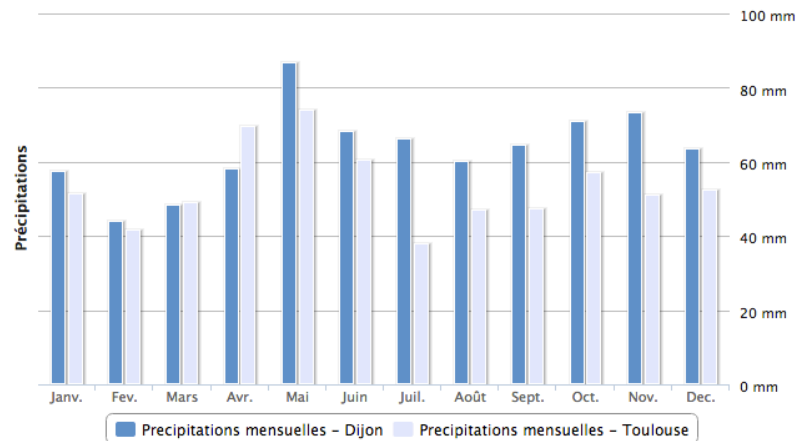


Le climat de la Bourgogne

Dijon (21000) Toulouse (31000)

Hauteur moy. des précipitations en ...

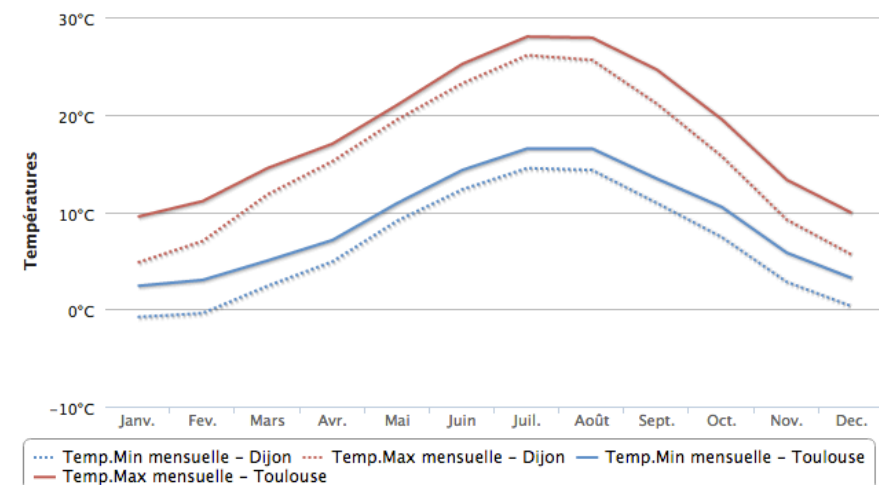
+ arrosé que Toulouse, surtout en été



Dijon (21000) Toulouse (31000)

Temp Moy - Min / Max en °C

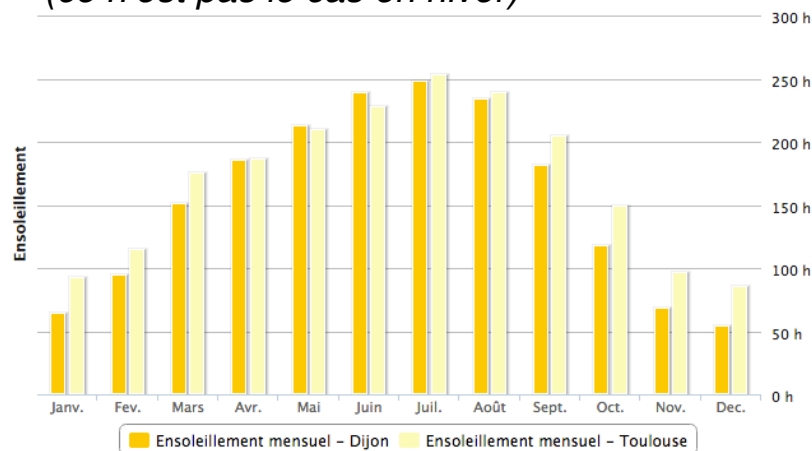
+ frais toute l'année



Dijon (21000) Toulouse (31000)

Ensoleillement en heures

mais un ensoleillement estival proche
(ce n'est pas le cas en hiver)



... pourtant déficit de connaissance relatif sur les îlots de chaleur urbains (ICU) estivaux des villes (moyennes) du nord-est

Dans ce travail (encore préliminaire) :
caractérisation de l'ICU dijonnais observé et simulé

Pourquoi l'ICU dijonnais ?

- demande explicite de la communauté urbaine du Grand Dijon (PCET IlliCO₂)
- intérêt de recherche académique : caractérisation, compréhension, simulation puis expériences de sensibilité
- insertion dans les thématiques de recherche du CRC (identification des facteurs entraînant une anisotropie dans la distribution spatiale des variables géophysiques : ici, la température de surface)
- agglomération dijonnaise : ~ 260 000 habitants
- ... avec du radiatif en été ...
- ... et une volonté politique de bâtir une « ville durable »

Dans un premier temps, **focus sur ICU estival** uniquement (facteur aggravant de la chaleur en cas de canicule, appelé à s'amplifier sur les décennies à venir)

Comment caractériser l'ICU ?

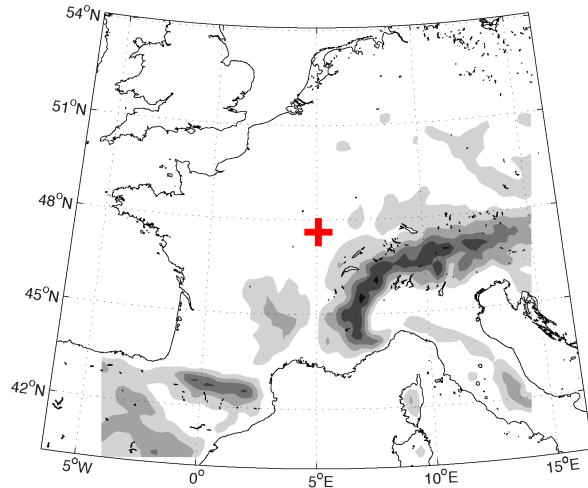
Deux voies complémentaires dans ce travail :

- une campagne de mesures instrumentales (50 sondes thermo-hygrométriques)
- des simulations numériques haute résolution

Comment caractériser l'ICU ?

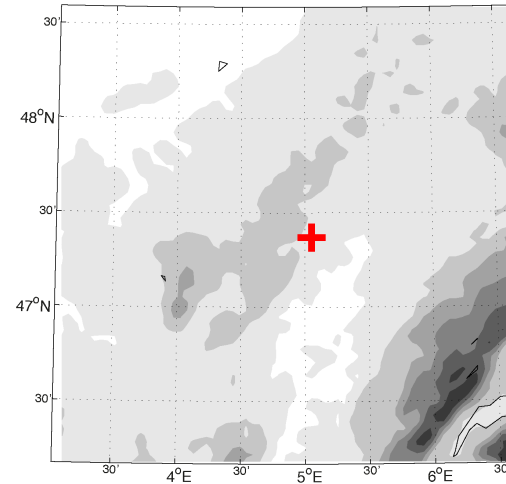
Deux voies complémentaires dans ce travail :

- une campagne de mesures instrumentales (50 sondes thermo-hygrométriques)
- des **simulations numériques haute résolution [WRF v3 + BEP-BEM]**

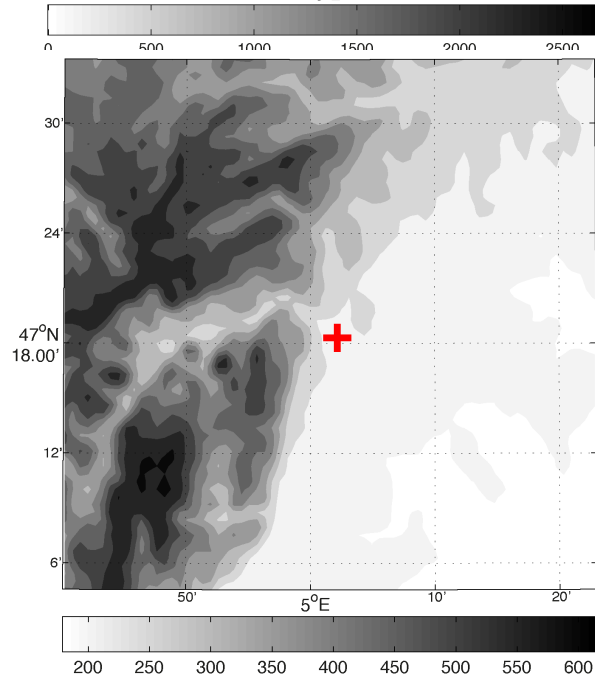


domaine #1
 $\Delta x = 18750\text{m}$
 $\sigma = 57$ niv.
80 x 80 pts de grille
364 800 voxels

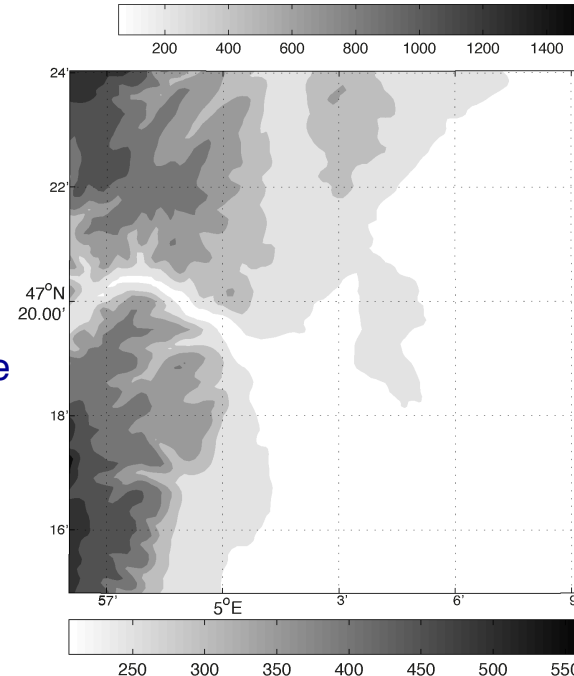
Guidé vers le modèle forceur (ERA-Interim)



domaine #2
 $\Delta x = 3750\text{m}$
 $\sigma = 57$ niv.
71 x 71 pts de grille
287 337 voxels



domaine #3
 $\Delta x = 750\text{m}$
 $\sigma = 57$ niv.
71 x 71 pts de grille
287 337 voxels



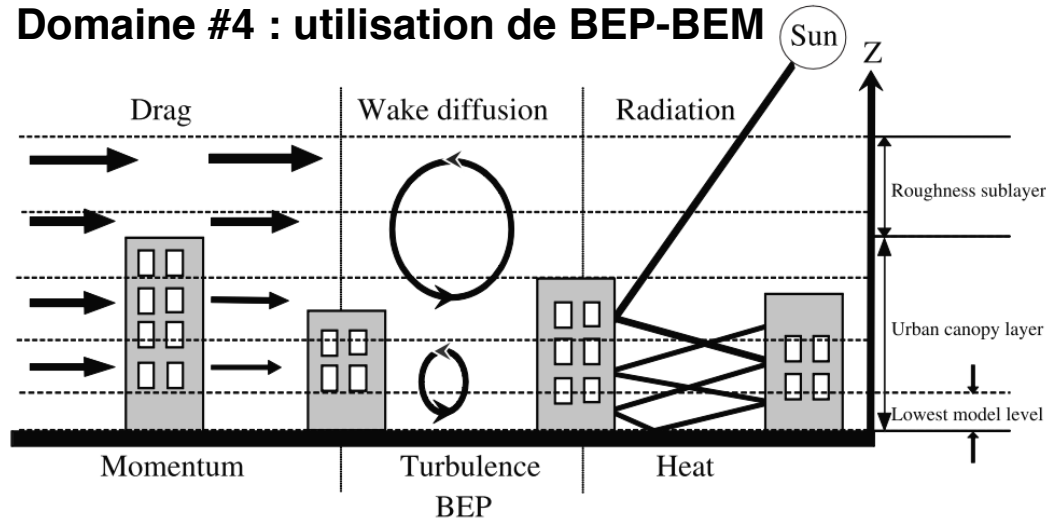
domaine #4
 $\Delta x = 150\text{m}$
 $\sigma = 57$ niv.
111 x 111 pts de grille
702 297 voxels

Avec modèle de canopée urbaine

$\Sigma : 1\ 641\ 771$ voxels

Les conditions aux limites

Domaine #4 : utilisation de BEP-BEM

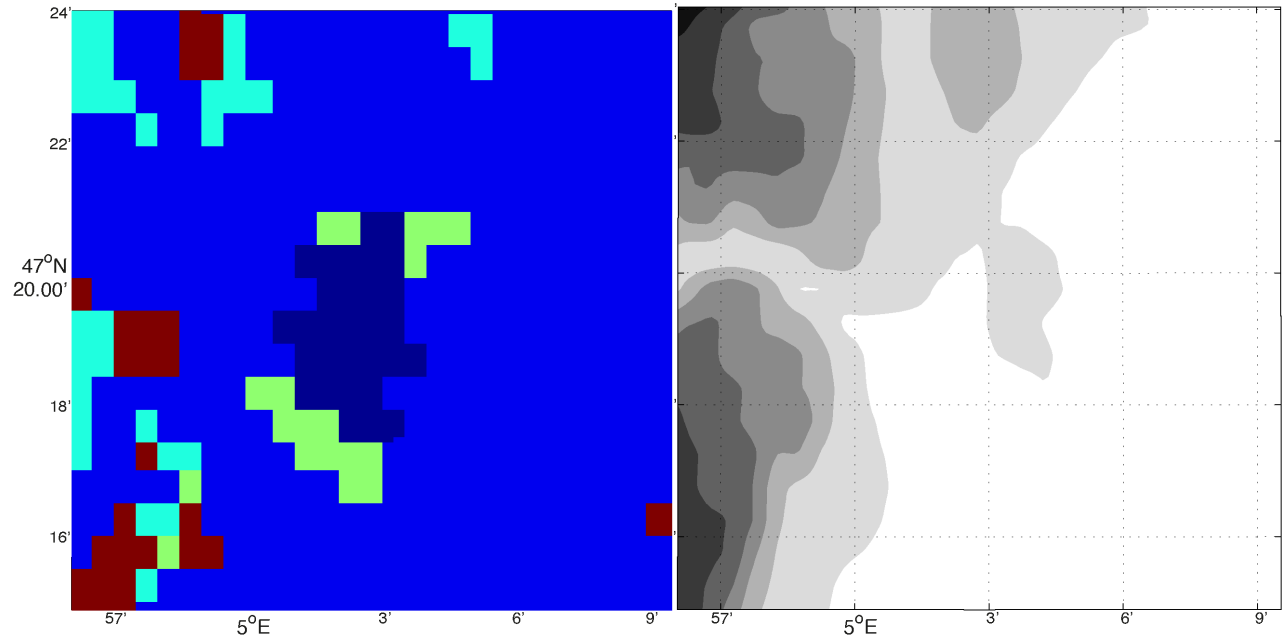


Résout la turbulence + les échanges de chaleur au-dessus de la ville (incluant diffusivité, ombres portées, ...) + les déperditions de chaleur hivernales

3 catégories de bâti uniquement :

- bâti dense (centre-ville)
- bâti peu dense (banlieues)
- zones commerciales / industrielles

↓ Dijon vu par SRTM & land-use USGS

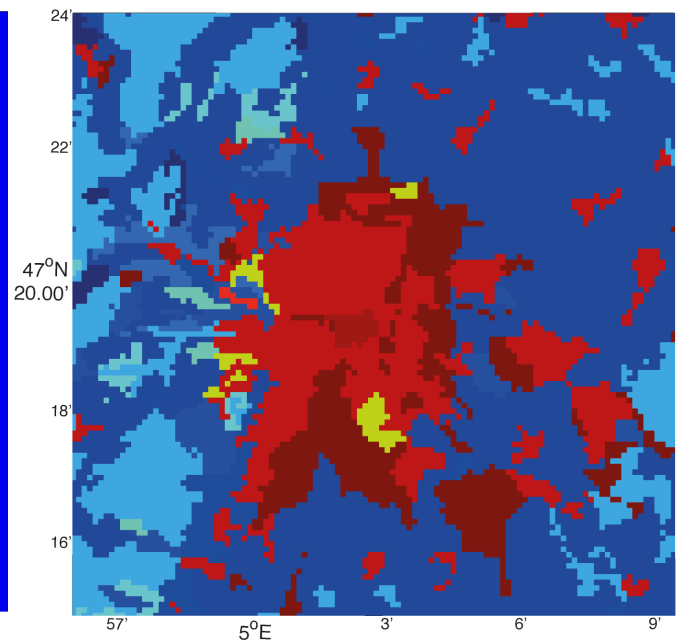
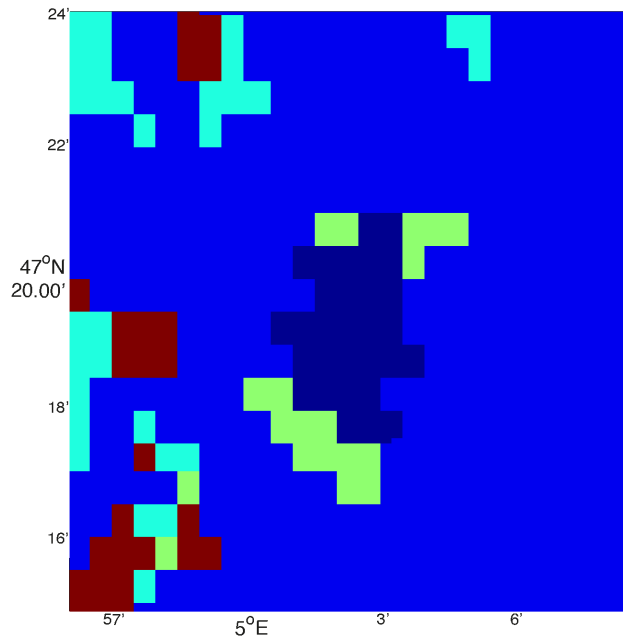
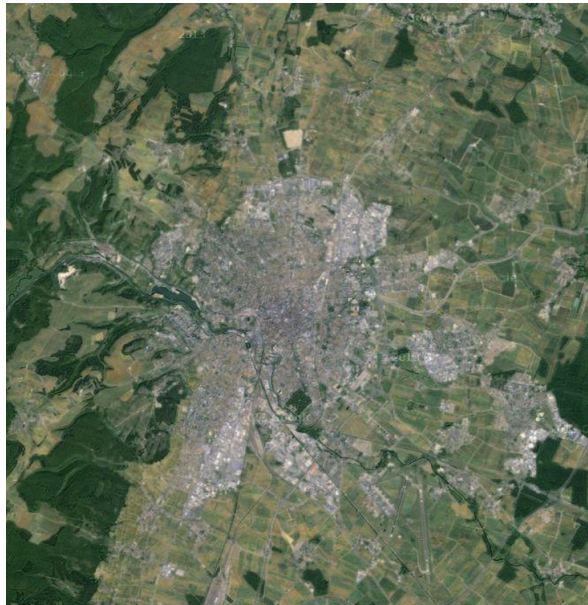
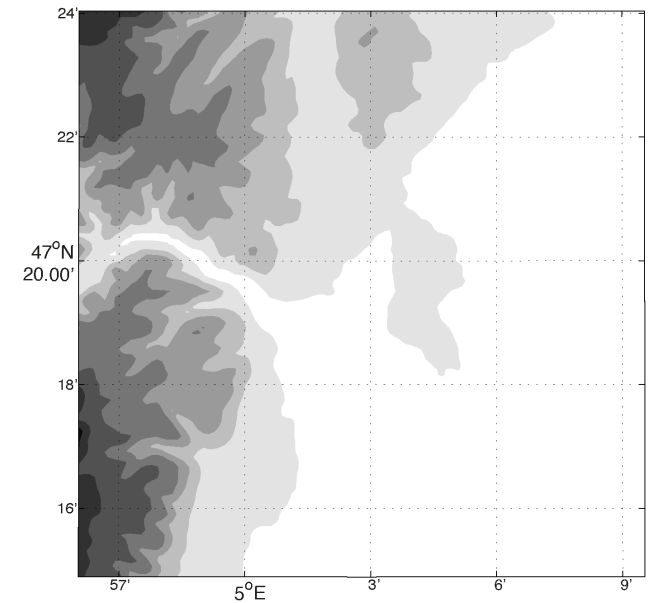
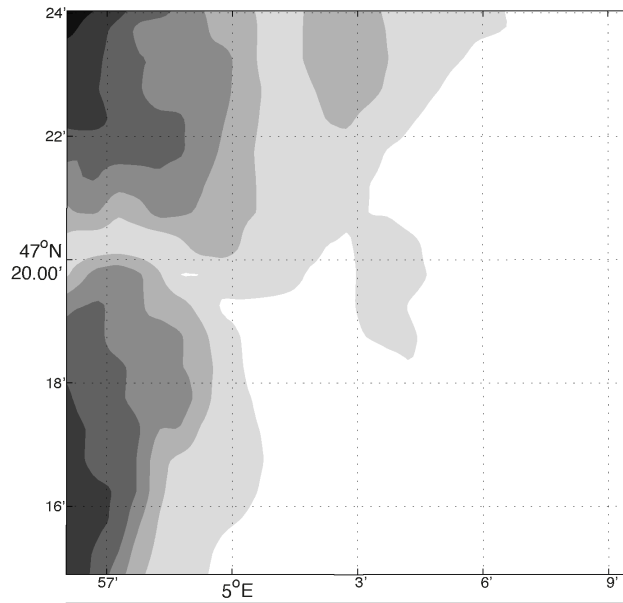


Nécessite des conditions aux limites « propres »

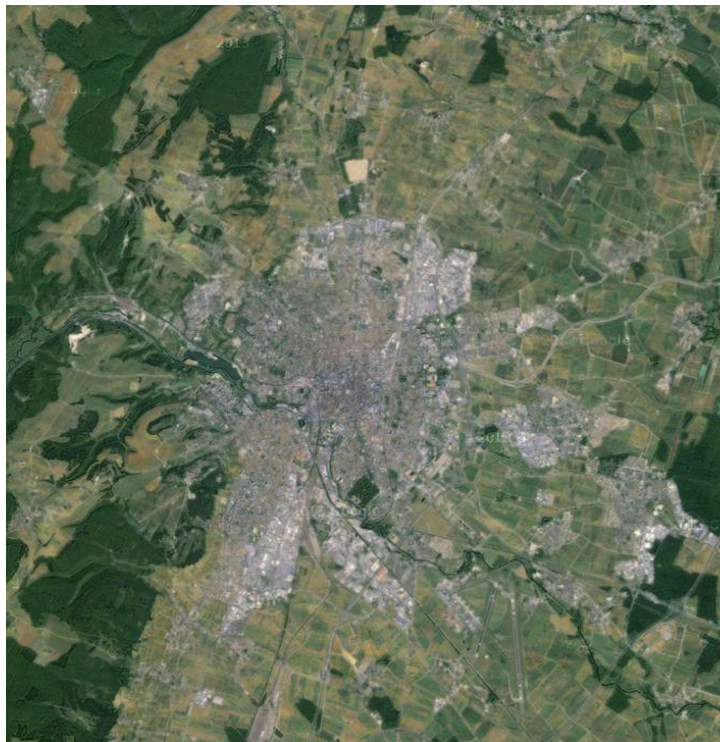
Les conditions aux limites

étape #1

- utilisation du MNT IGN 25m
- utilisation de CORINE land cover 2006



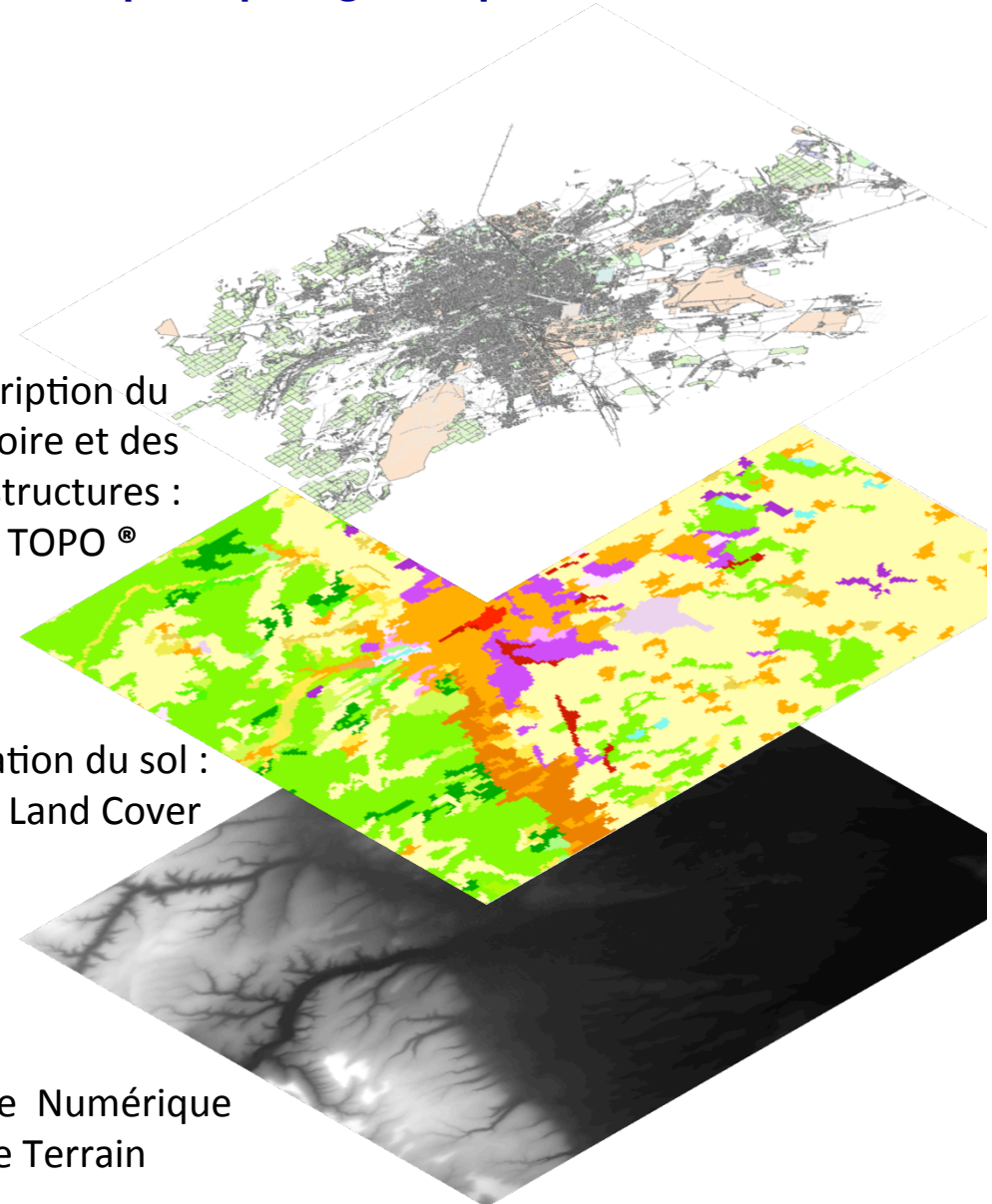
Caractérisation de la morphologie urbaine :
utilisation de bases de **données publiques génériques**



Description du territoire et des infrastructures :
BD TOPO®

Occupation du sol :
Corine Land Cover

Modèle Numérique
de Terrain



La BD TOPO® de l'IGN :

- Référentiel pour les **problématiques d'aménagement, d'environnement et d'urbanisme**
- Echelle allant du 1 : 5 000 à 1 : 50 000
- Précision **métrique**
- Description **géométrique** de l'espace : **Vectorisation** des informations
- Modélisation **3D du territoire et de ses infrastructures** par photogrammétrie

Thématiques de la BD TOPO® :

- ✓ Structure administrative
- ✓ Les points d'intérêt
- ✓ La toponymie
- ✓ **Réseau routier**
- ✓ **Réseau ferroviaire**
- ✓ Réseau de transport d'énergie
- ✓ Réseau hydrologique
- ✓ **Les bâtiments**
- ✓ **La végétation arborée**
- ✓ L'orographie

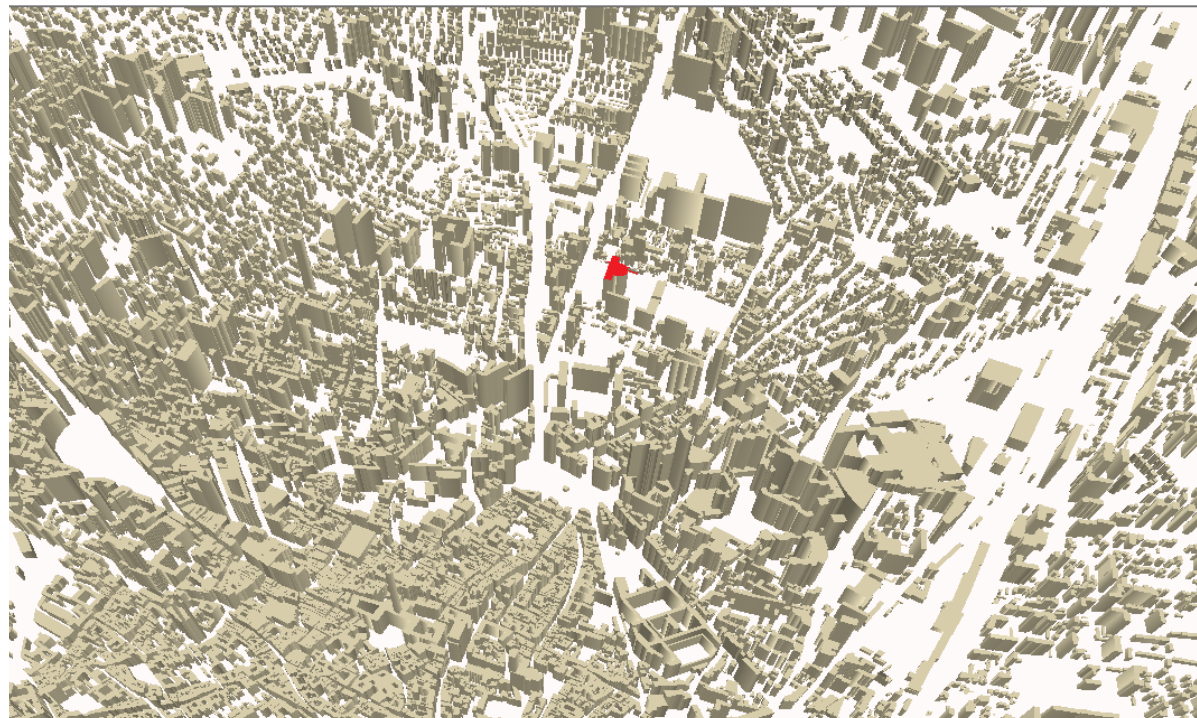


La BD TOPO® de l'IGN :

- Référentiel pour les **problématiques d'aménagement, d'environnement et d'urbanisme**
- Echelle allant du 1 : 5 000 à 1 : 50 000
- Précision **métrique**
- Description **géométrique** de l'espace : **Vectorisation** des informations
- Modélisation **3D du territoire et de ses infrastructures** par photogrammétrie

Thématiques de la BD TOPO® :

- ✓ Structure administrative
- ✓ Les points d'intérêt
- ✓ La toponymie
- ✓ **Réseau routier**
- ✓ **Réseau ferroviaire**
- ✓ Réseau de transport d'énergie
- ✓ Réseau hydrologique
- ✓ **Les bâtiments**
- ✓ **La végétation arborée**
- ✓ L'orographie



La hauteur des bâtiments issue de la
BD TOPO®

Haute résolution

Les conditions aux limites

- orientation et largeur des rues
 - taille des bâtiments (largeur / profondeur / hauteur)
- pour calcul rugosité + ombres portées
- indicateurs moyens de végétalisation et de surface bâtie par catégorie urbaine

	Végétation	Bâti	Activités	Artificialisation
"Centre-Ville"	4,26%	46,24%	8,22%	87,47%
"Résidentielle"	8,91%	15,45%	9,91%	49,95%
"Activités"	5,04%	12,46%	65,48%	93,14%

82.476 bâtiments (11km²)
 3.224 zones vertes
 19.123 arc routiers (15km²)
 2 milliards de cellules

5 Go de données urbaines



Les limites à l'approche générique...

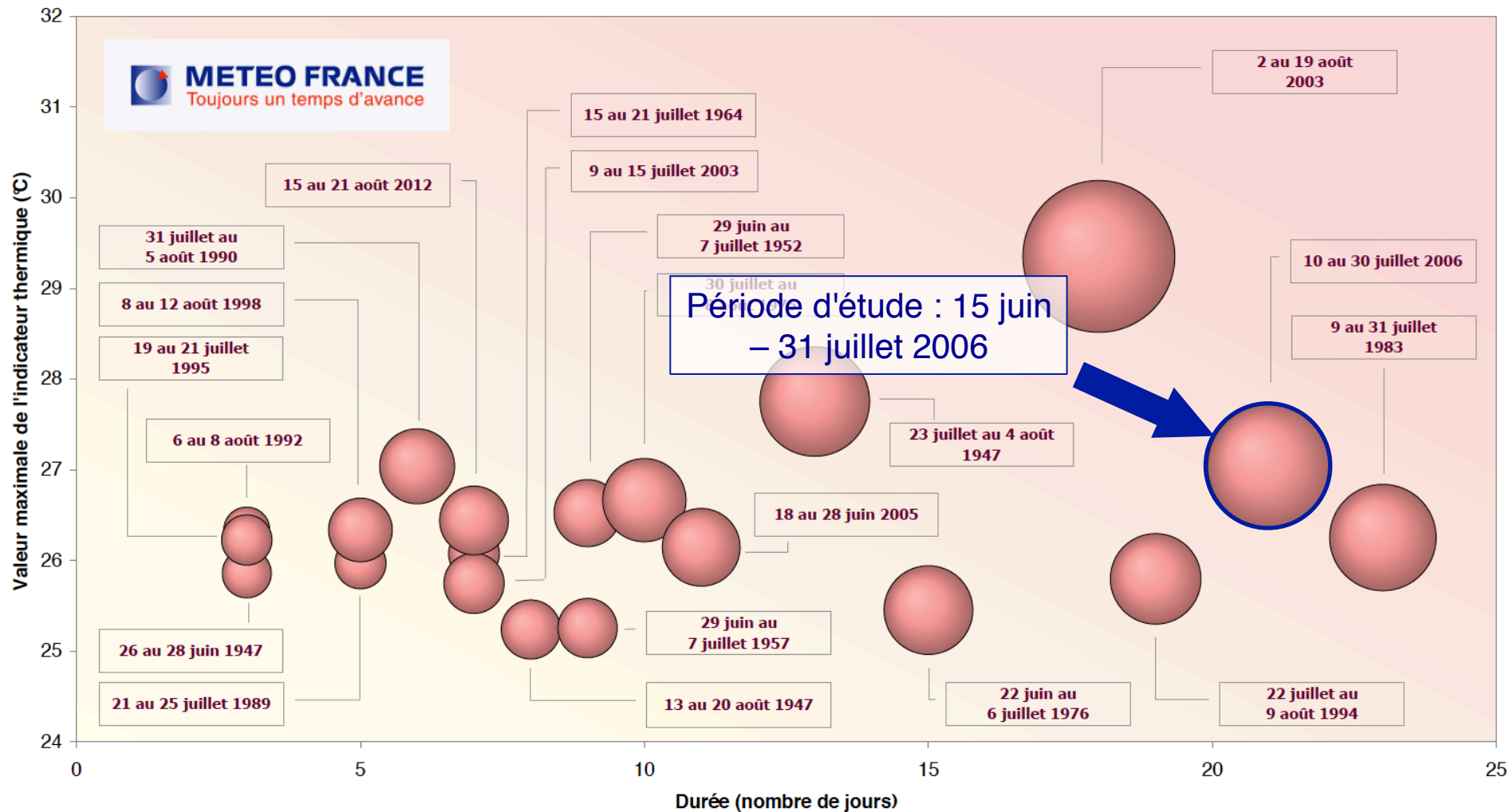
- ✓ Cimetière
- ✓ Piste Aérodrôme
- ✓ Terrain de sport
- ✓ Surface activité
- ✓ Parking

considérés comme 100% urbanisés

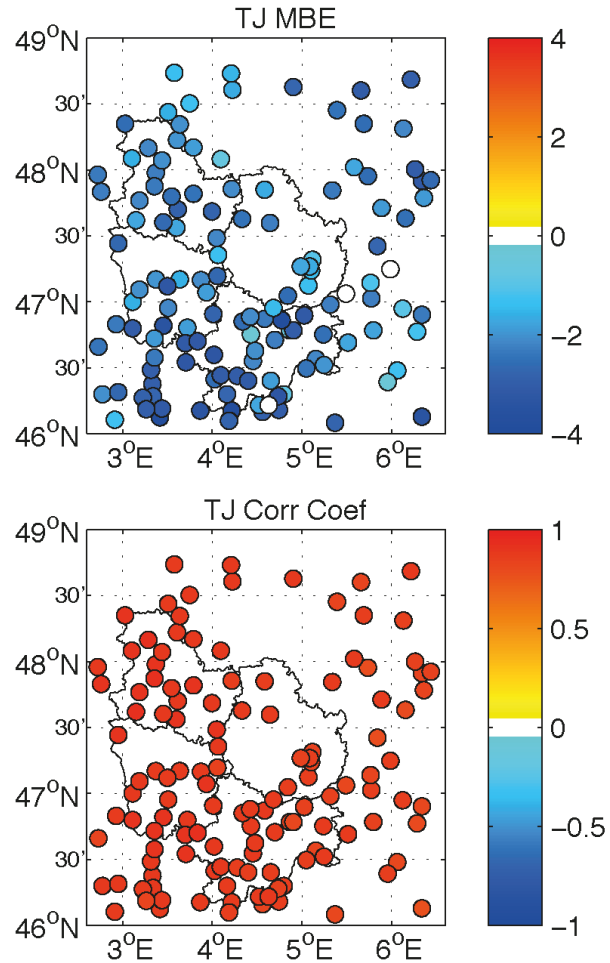


Vagues de chaleur en France

Période 1947-2012

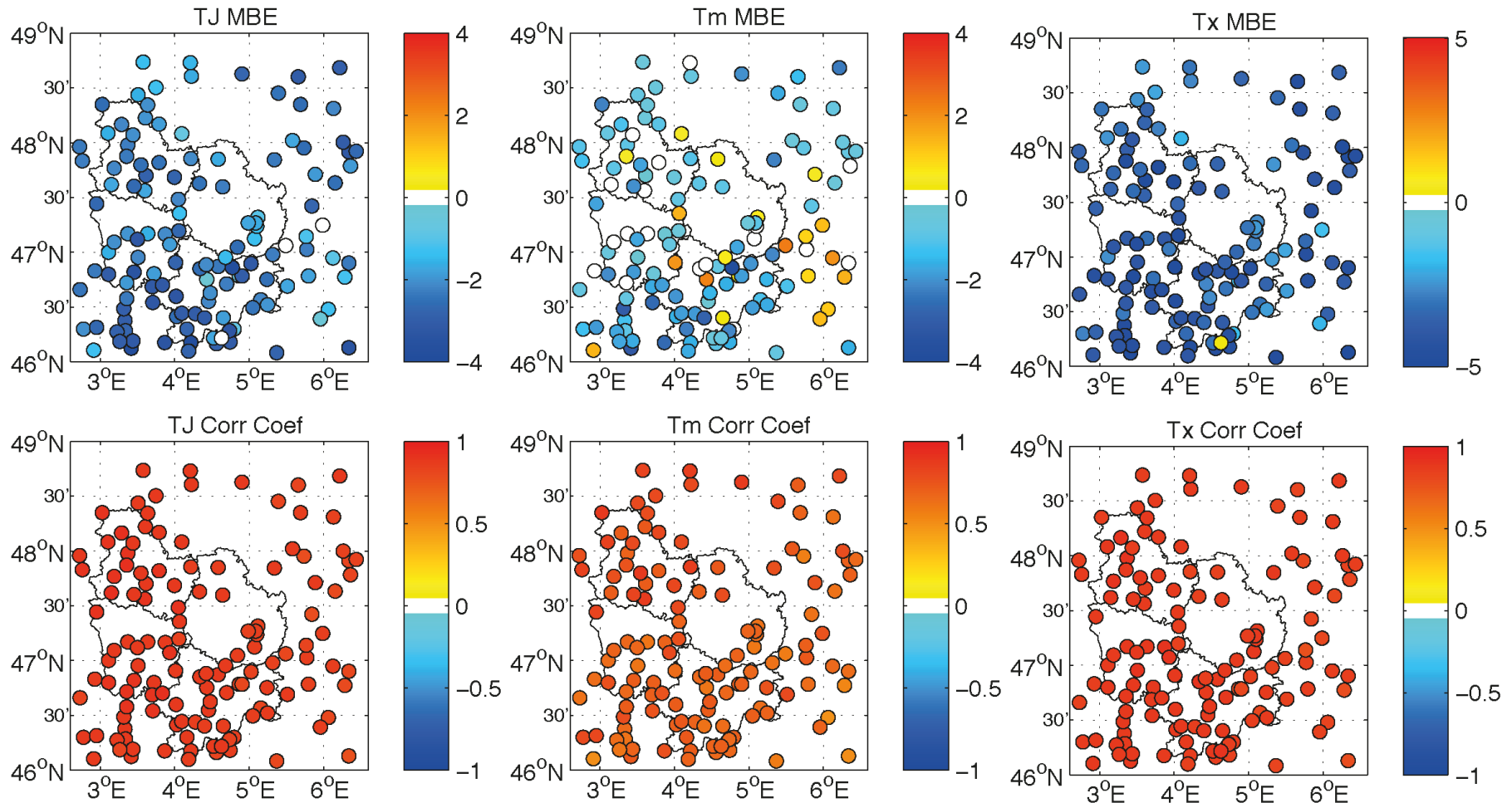


Domaine #2 (3750m résol.) : comparaison obs. Météo-France, Bourgogne et environs
131 stations météo : T2 journalière, Tm, Tx



WRF trop froid (3-4°C)
Variabilité temporelle OK

Domaine #2 (3750m résol.) : comparaison obs. Météo-France, Bourgogne et environs
 131 stations météo : T2 journalière, Tm, Tx



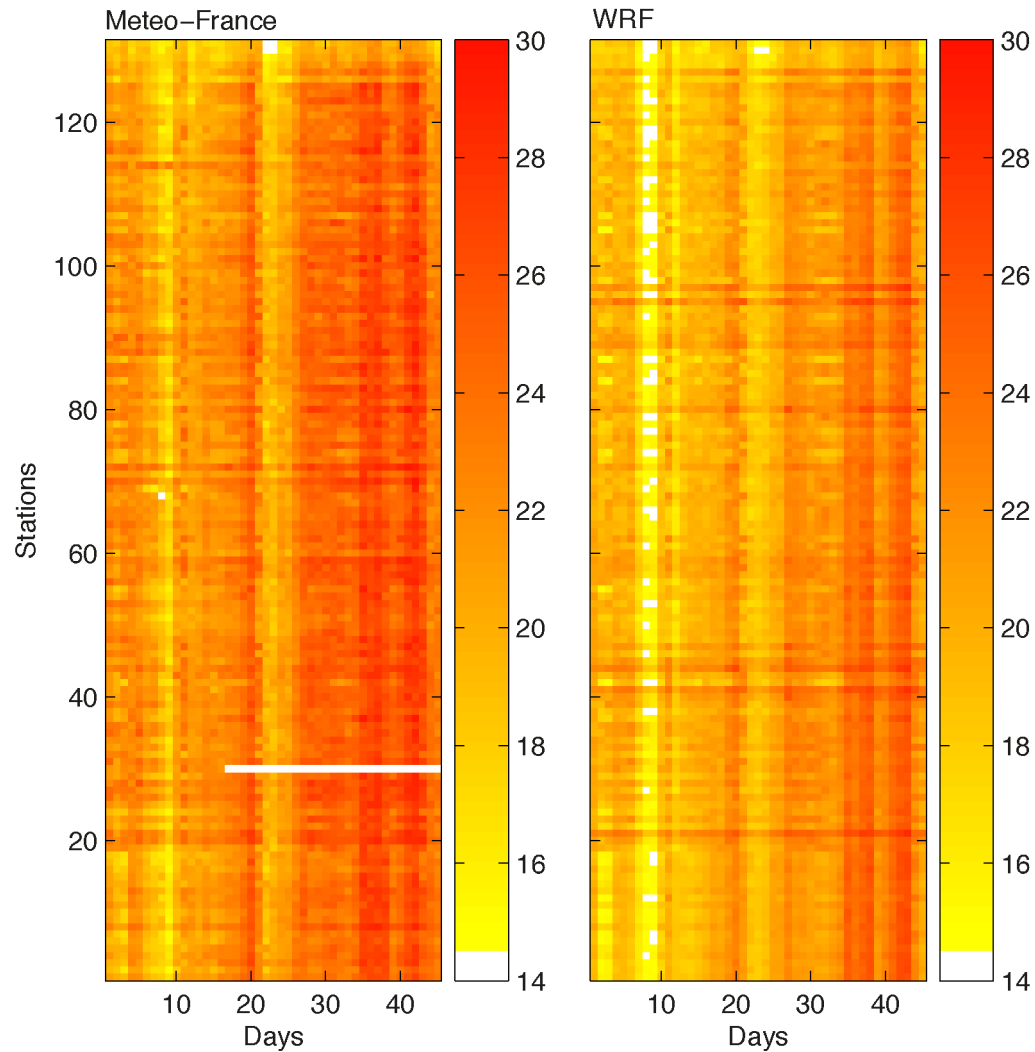
WRF trop froid (3-4°C)
Variabilité temporelle OK

Biais froid : surtout Tx
Tm : corrélations temporelle (un peu) moins bonne



ICI, biais moyens saisonniers uniquement (15 juin – 31 juillet)

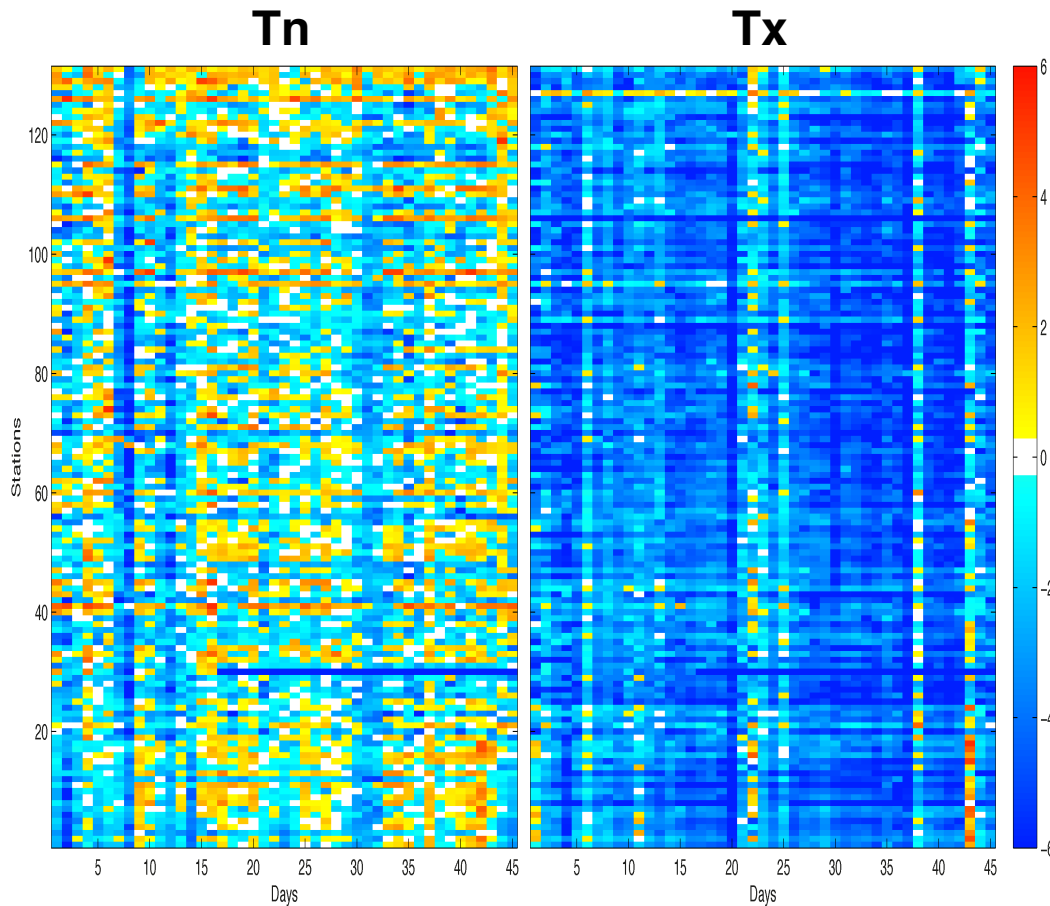
Domaine #2 (3750m résol.) : comparaison obs. Météo-France, Bourgogne et environs
 131 stations météo : T2 journalière, Tm, Tx



Temps vs. stations (alt croissante)

- une bonne partie du signal est "large échelle"
- assez faibles gradients alt.
- canicule : jours 25-45

Domaine #2 (3750m résol.) : comparaison obs. Météo-France, Bourgogne et environs
131 stations météo : T2 journalière, Tm, Tx



Temps vs. stations (alt croissante)

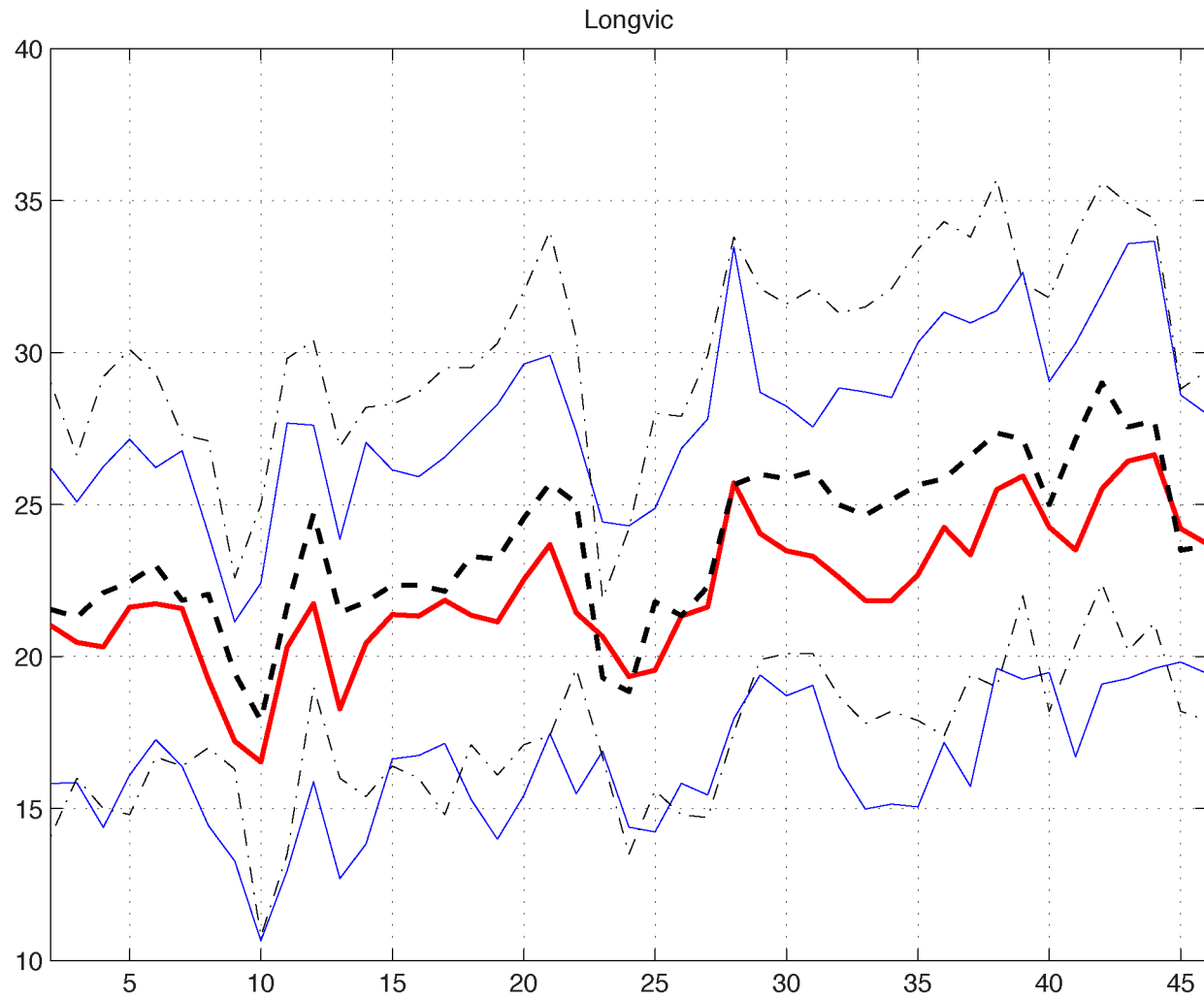
WRF trop froid surtout sur les Tx

- signe des biais inconstant dans le temps et dans l'espace pour Tm
- Tx sous-estimé presque dans toutes les stations, presque tous les jours
- biais froids les plus forts partout, pendant la canicule



**ICI, échelle Bourgogne :
quel réalisme sur Dijon ?**

Dijon : comparaison obs. Météo-France (4 stations météo sur l'agglomération)

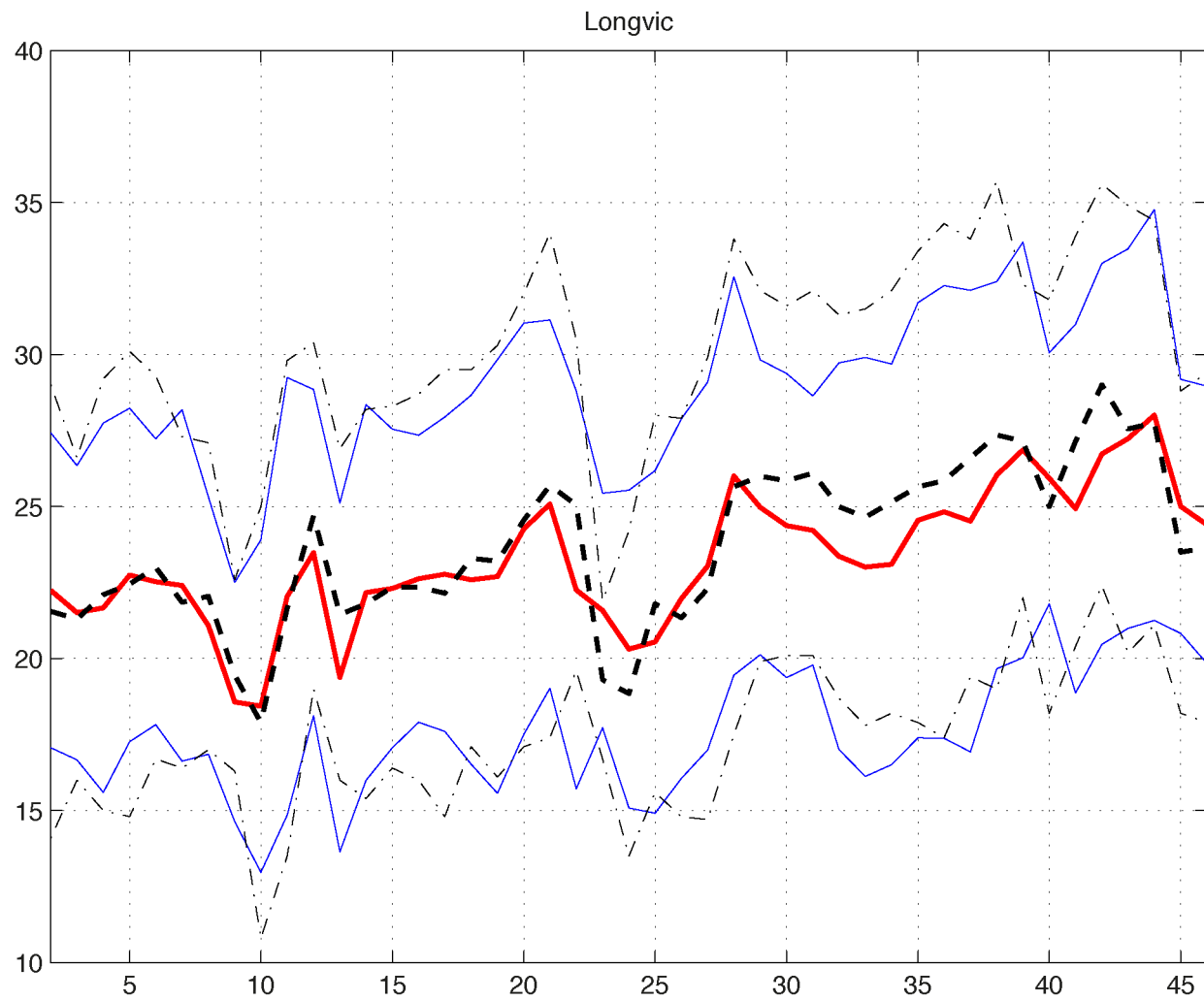


DOMAINE #2

Météo-France : pointillés
(Tm, TJ, Tx)

WRF : couleurs traits pleins
(Tm, TJ, Tx)

Dijon : comparaison obs. Météo-France (4 stations météo sur l'agglomération)

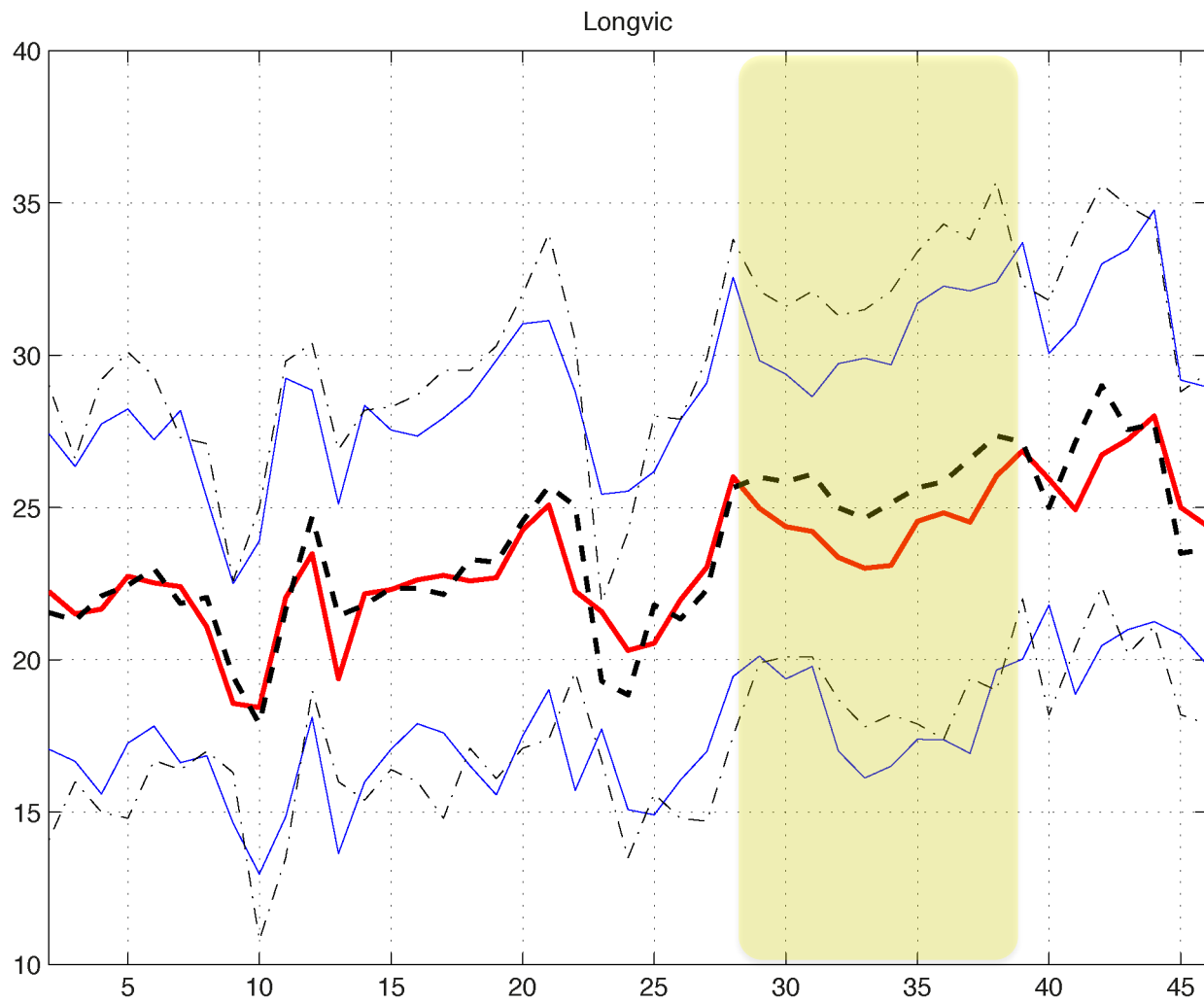


DOMAINE #4

Météo-France : pointillés
(Tm, TJ, Tx)

WRF : couleurs traits pleins
(Tm, TJ, Tx)

Dijon : comparaison obs. Météo-France (4 stations météo sur l'agglomération)



DOMAINE #4

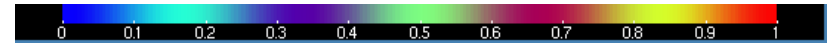
Météo-France : pointillés
(Tm, TJ, Tx)

WRF : couleurs traits pleins
(Tm, TJ, Tx)



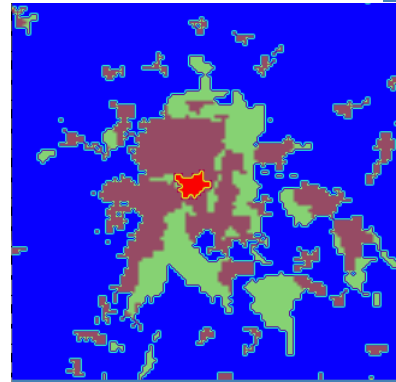
**Biais (froids) max.
pendant vague de
chaleur**

Dijon : cartes saisonnières de température ($\sigma = 0.998$)



Sans physique urbaine le **LSM** exagère l'**ICU**

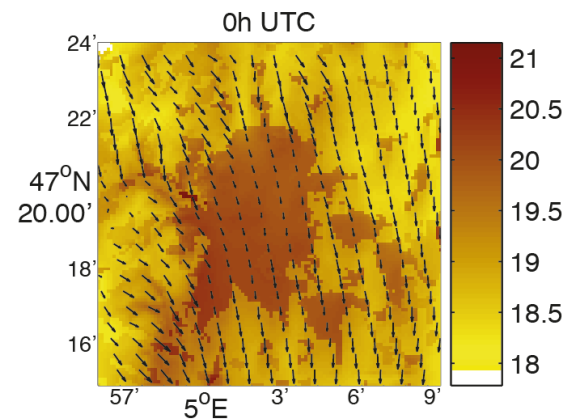
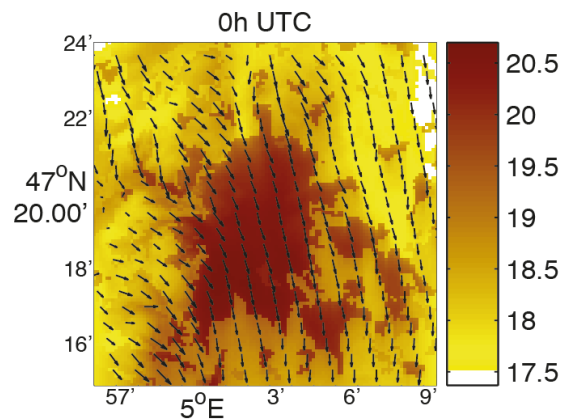
BEP simule un **ICU** spatialement uniforme (artificialisation du sol ?)



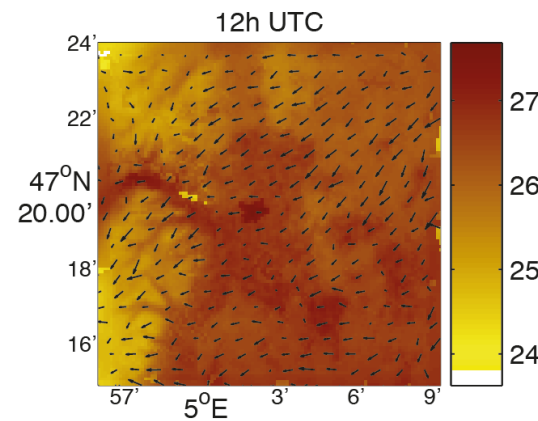
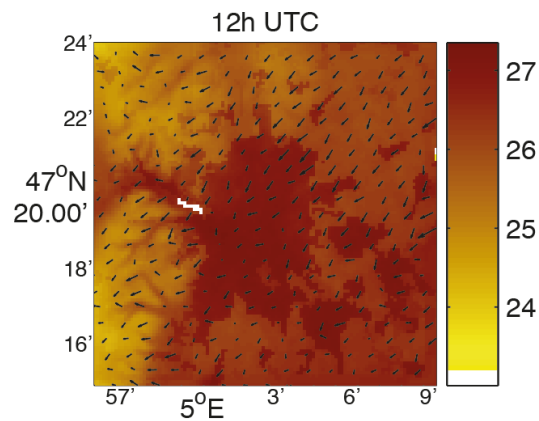
NOAH LSM (no BEP)

BEP « classique »

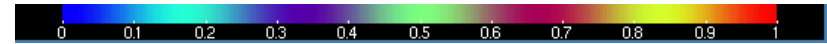
0 UTC



12 UTC

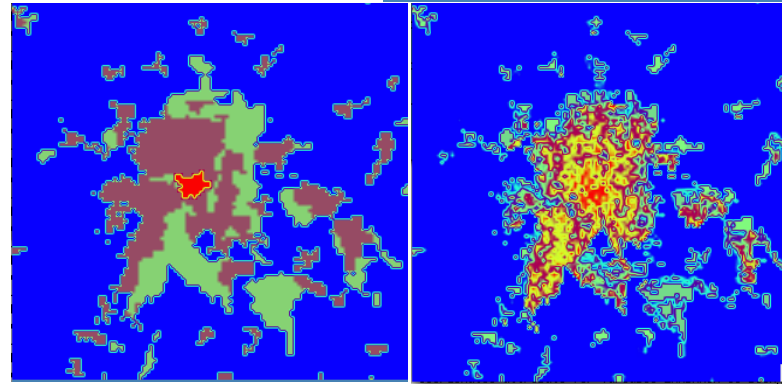


Dijon : cartes saisonnières de température ($\sigma = 0.998$)



Sans physique urbaine le **LSM** exagère l'ICU

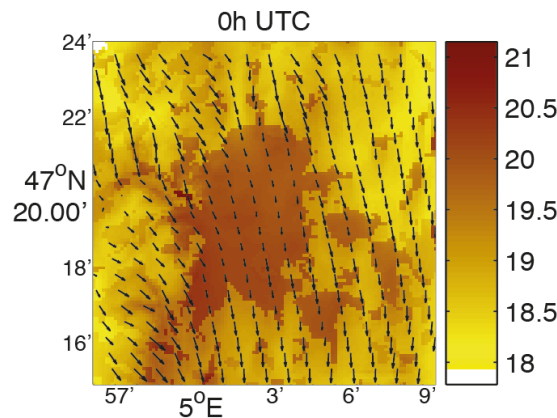
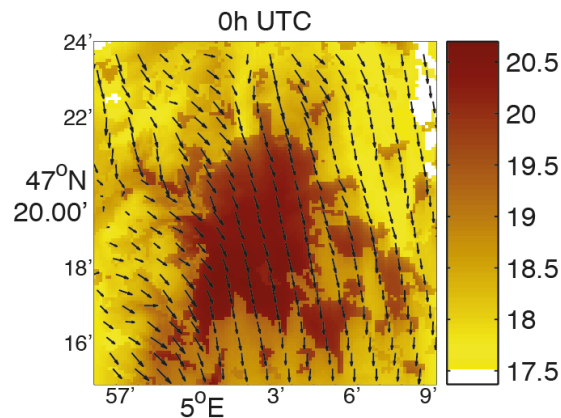
BEP simule un ICU spatialement uniforme (artificialisation du sol ?)



NOAH LSM (no BEP)

BEP « classique »

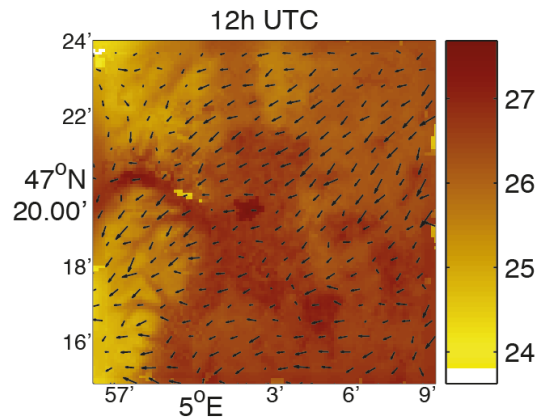
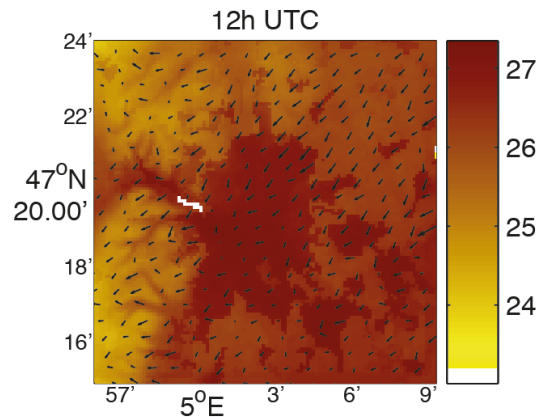
0 UTC



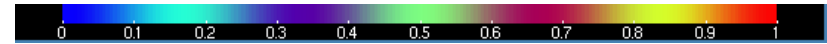
↑ Calcul de l'artificialisation du sol à l'échelle des points de grille (maille de 150m), et non à l'échelle des catégories urbaines (↙)

+ modification du code de BEP

12 UTC

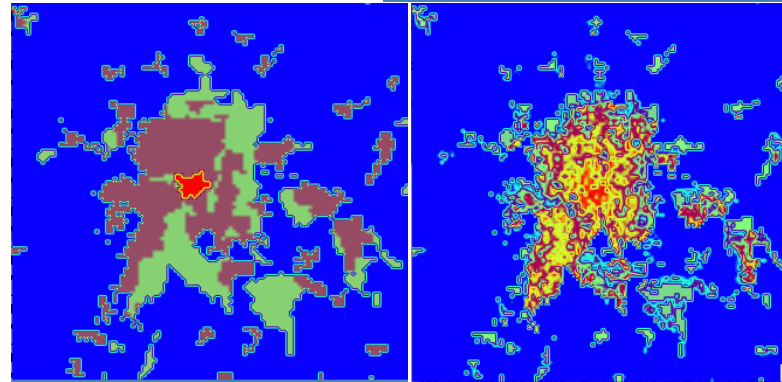


Dijon : cartes saisonnières de température ($\sigma = 0.998$)



Sans physique urbaine le **LSM** exagère l'ICU

BEP simule un ICU spatialement uniforme (artificialisation du sol)

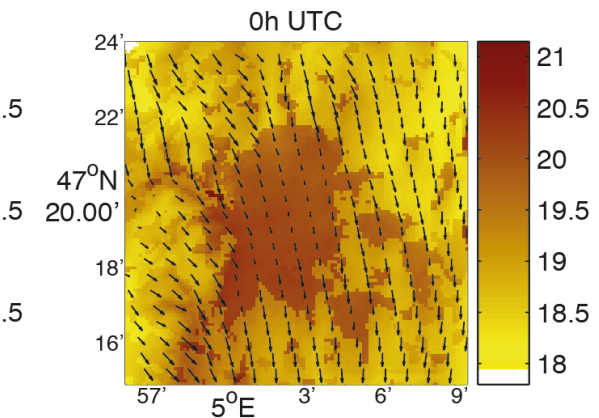
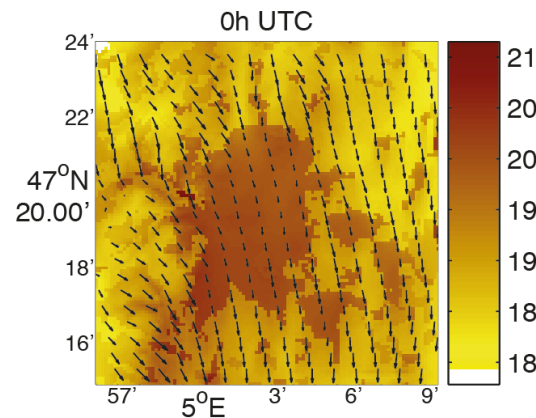
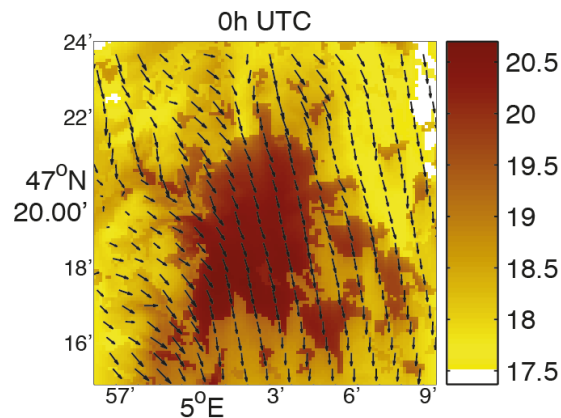


NOAH LSM (no BEP)

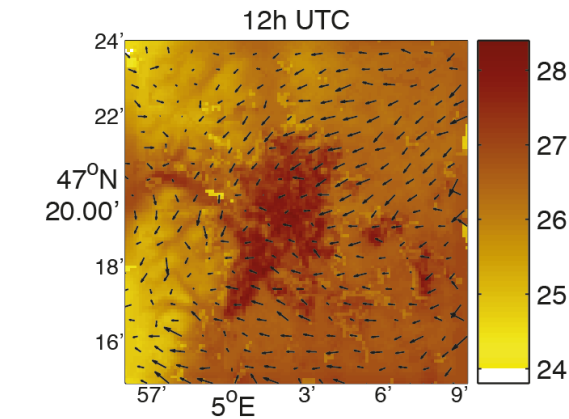
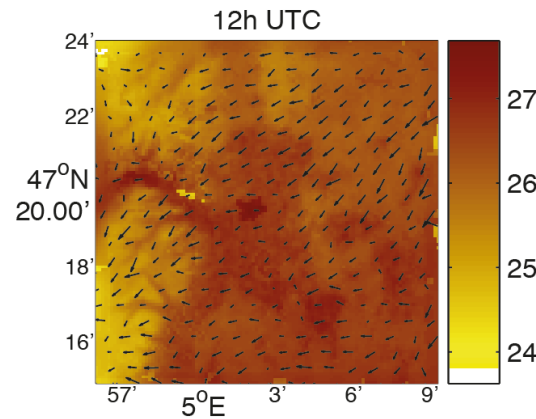
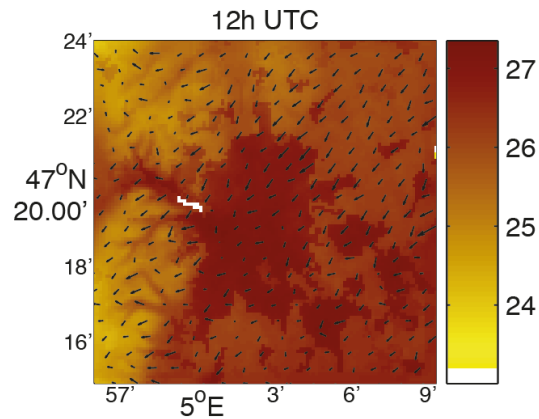
BEP « classique »

BEP « amélioré »

0 UTC



12 UTC



Résultats

land-use = forêt de plaine

Ce qui contrôle l'anisotropie de la température de surface dans WRF-BEP...

... mais quel réalisme ?

ZAC « denses »

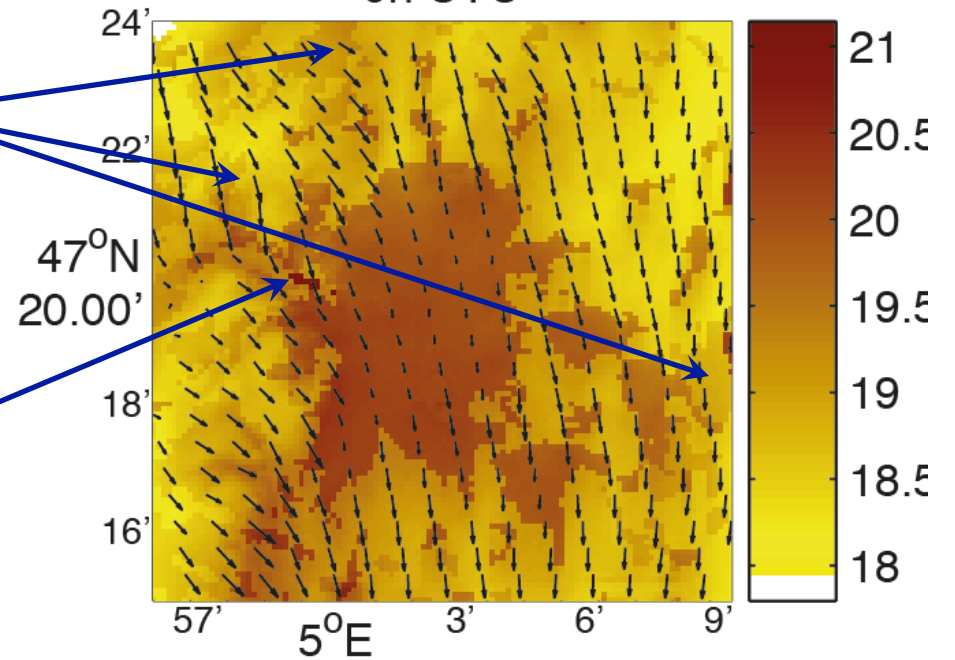
centre-ville

Lac Kir

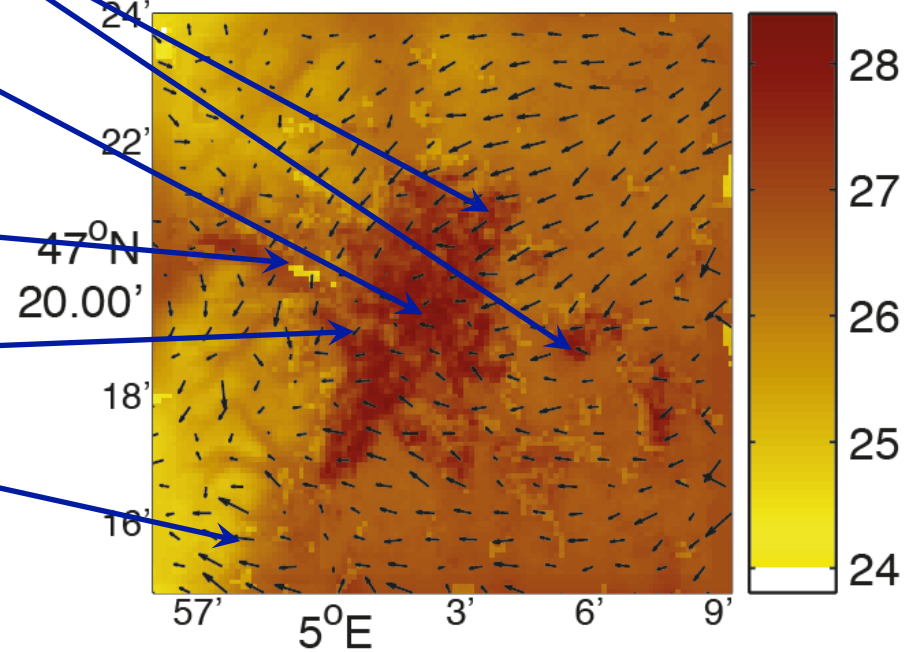
coulée verte

« Côte d'Or » : effet topographique classique

0h UTC



12h UTC

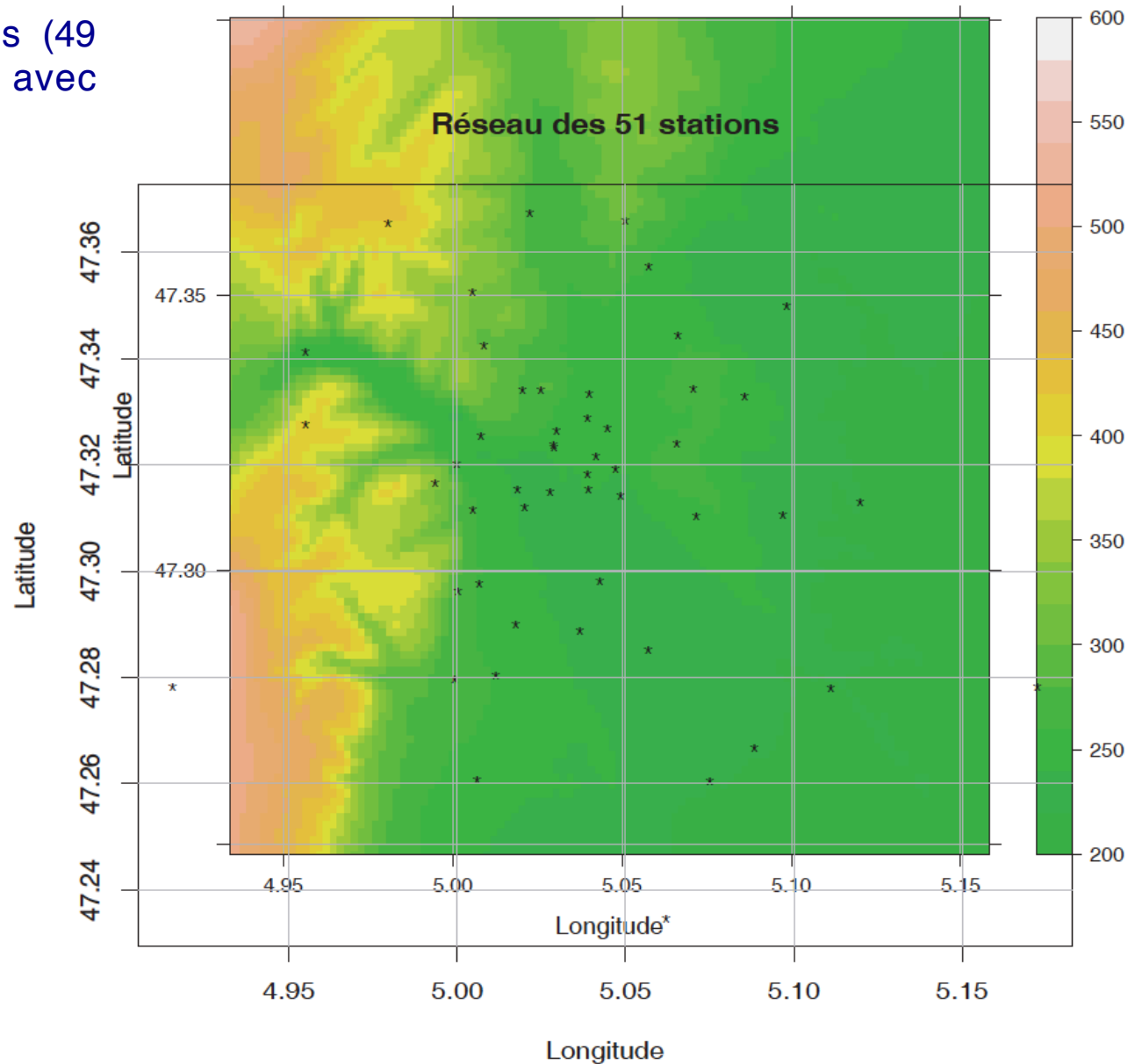


Depuis juin 2014, 51 stations (49 dédiées, 1 MF, 1 INRA) avec données T et Q toutes les 20'

- 3m du sol
- sur des candélabres publics
- avec des pattes de fixation rallongées

travail de géographie pour la localisation précise :

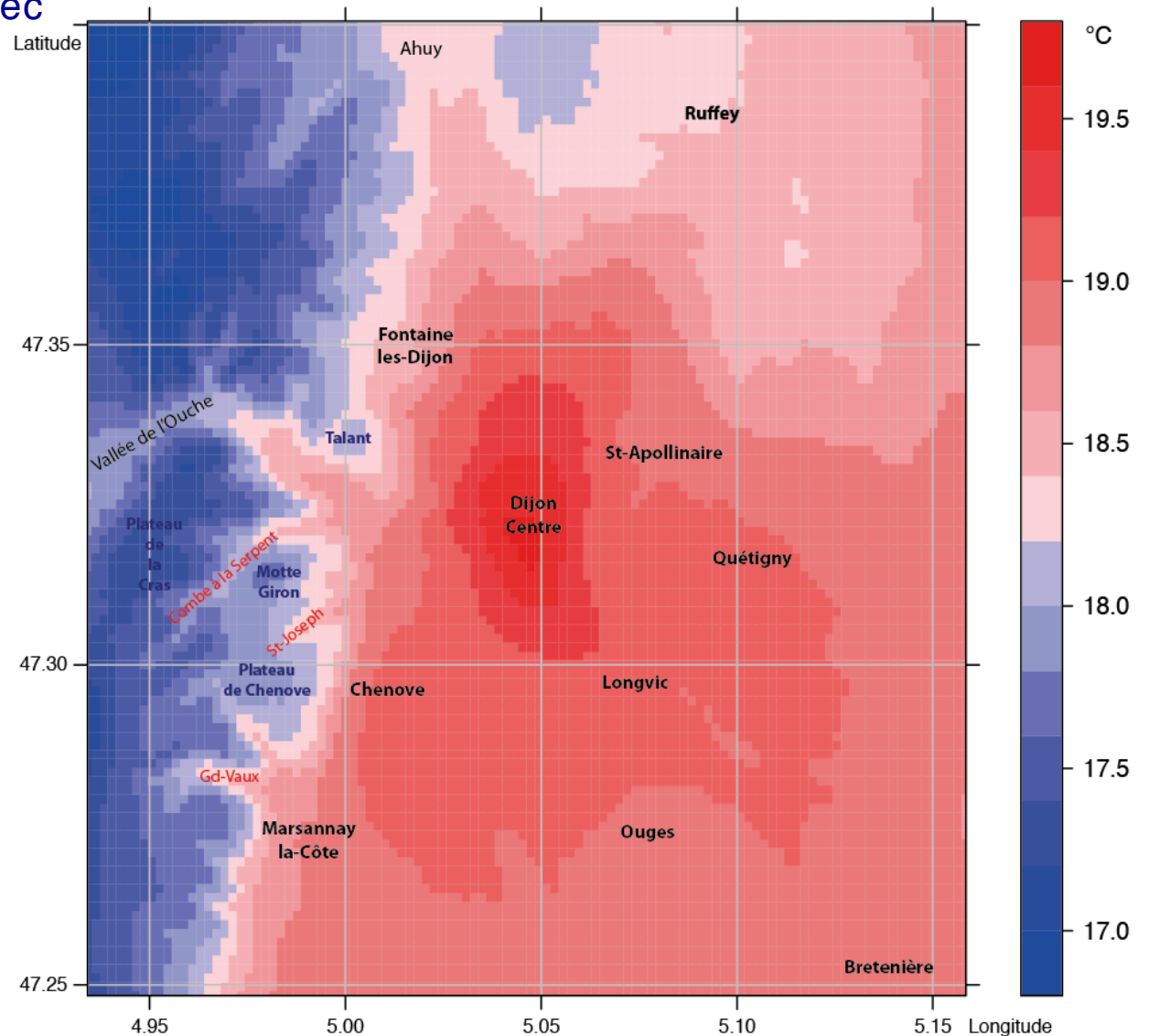
- calcul des ombres portées
- ouverture du sky factor avec calcul d'angle solide
- échantillonnage de toutes les classes urbaines (Oke 2006)



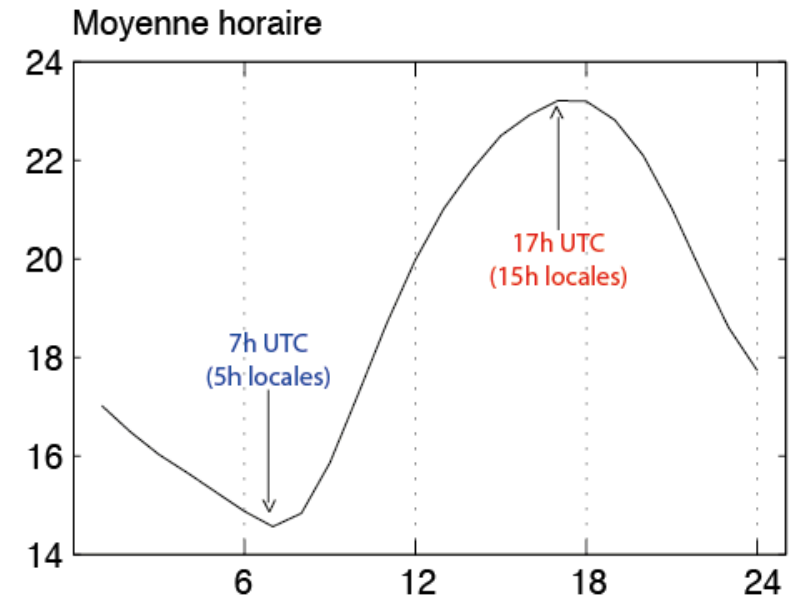
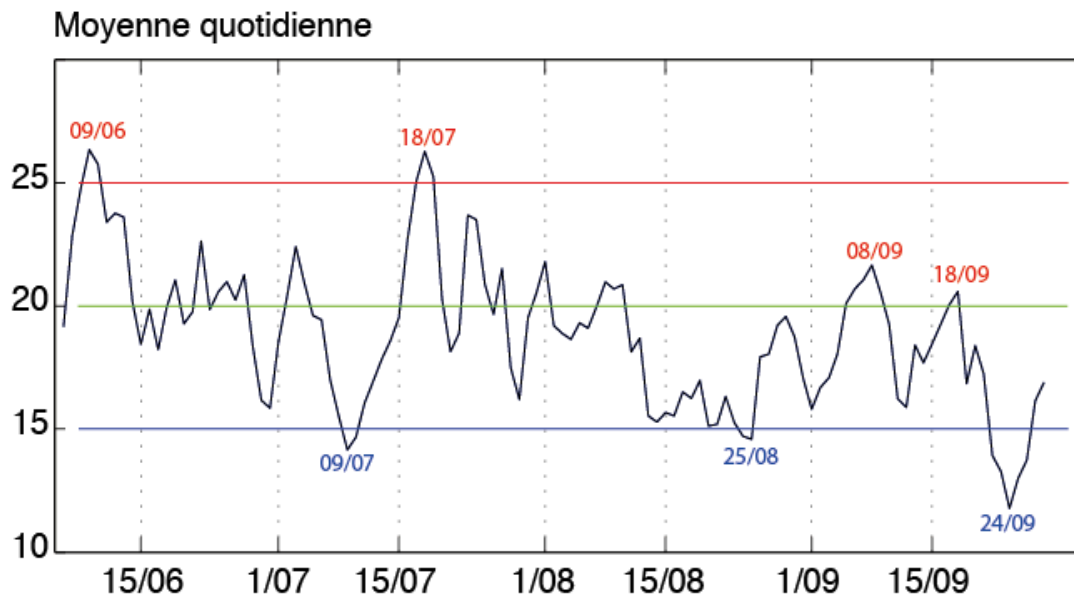
Perspectives : le meilleur reste à venir

Cycle annuel 2014-2015

Depuis juin 2014, 51 stations (49 dédiées, 1 MF, 1 INRA) avec données T et Q toutes les 20'



Depuis juin 2014, 51 stations (49 dédiées, 1 MF, 1 INRA) avec données T et Q toutes les 20'



Intérêt direct pour caractérisation de l'ICU (commande des partenaires)
Intérêt académique pour évaluation des simulations numériques

... Encore au moins un été de mesure car l'été 2014 a connu un déficit radiatif important ...



