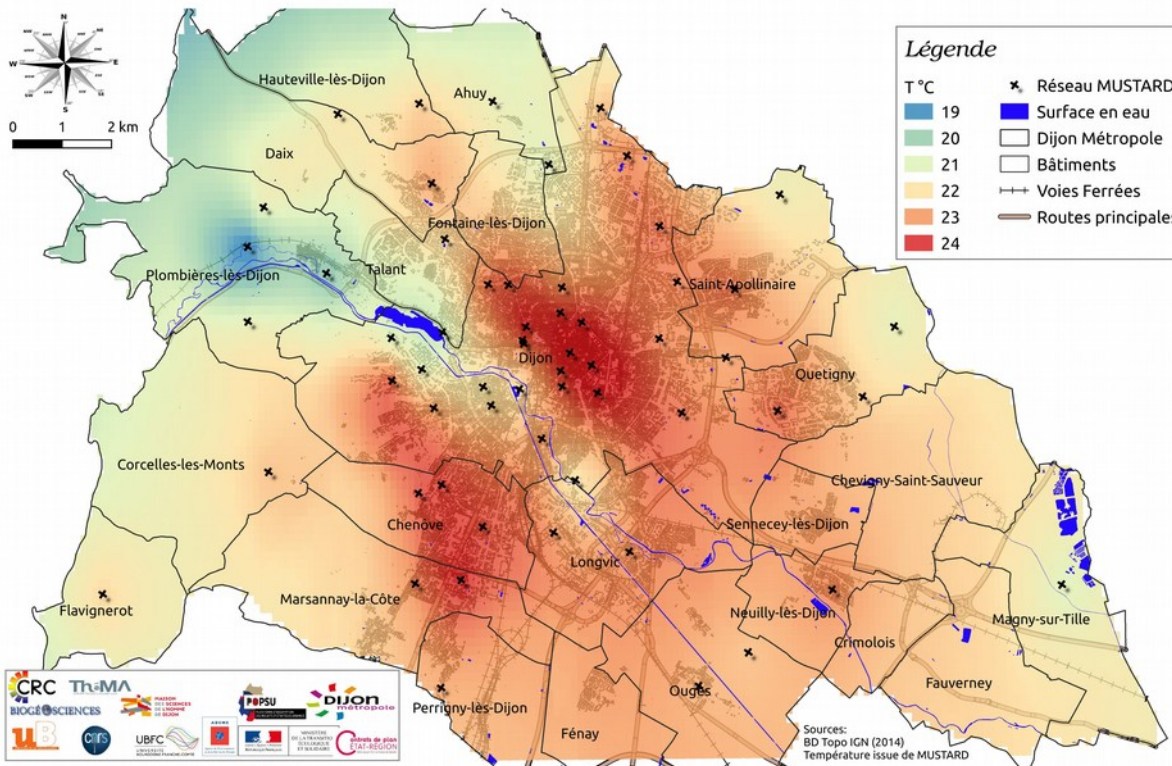


# Yves Richard

## Climat Urbain

### Îlots de Chaleur Urbains (ICU) Îlots de Fraîcheur Urbains (IFU)

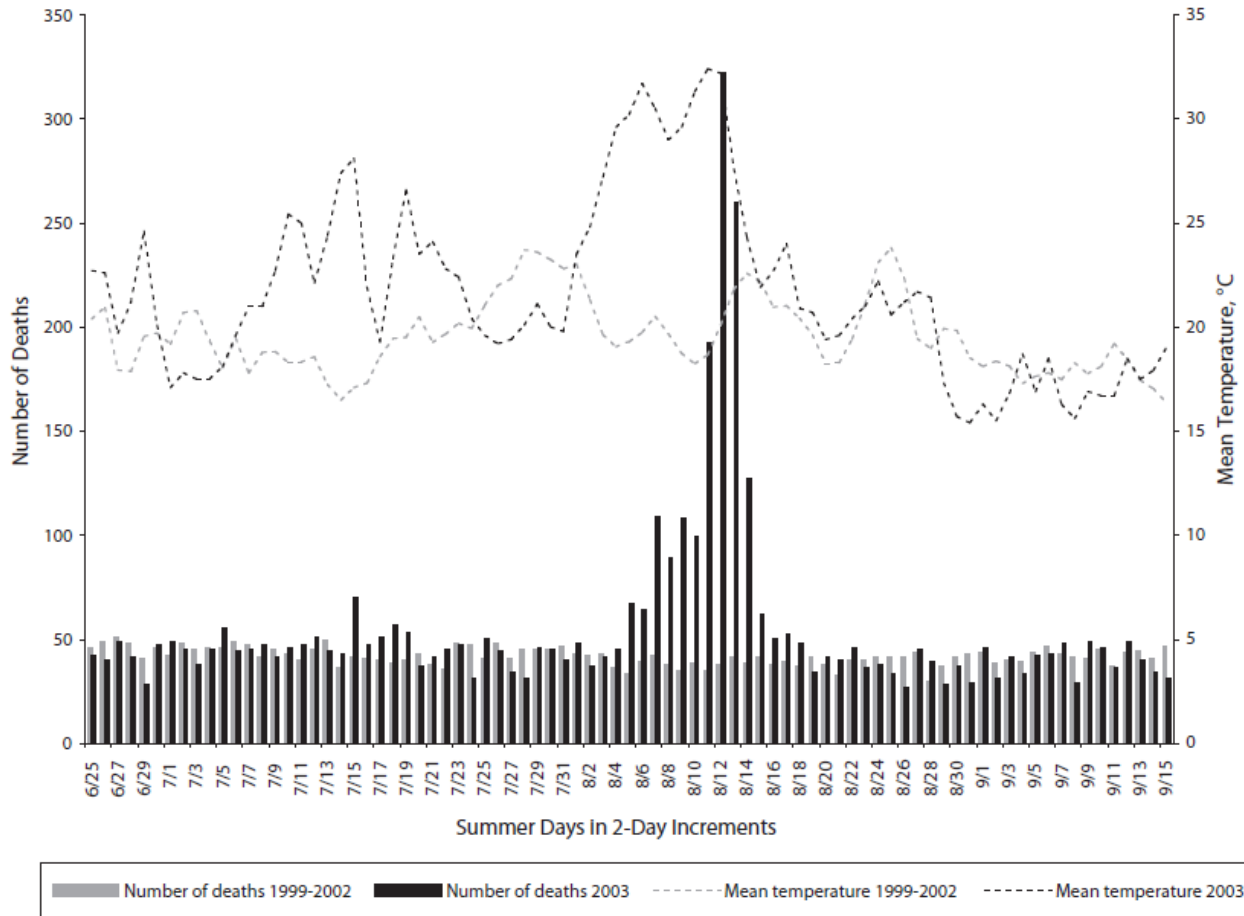
Moyenne des températures nocturnes lors  
de la canicule de l'été 2018



1. Pourquoi étudier le climat urbain (Diapos 2-4) ?
2. Qu'est-ce que le climat urbain (Diapos 7-11) ?
3. Comment étudier le climat urbain (Diapos 12-17) ?
4. Quelques résultats (Diapos 18-26)
5. Quels usages, que faire (Diapos 27-34) ?

# 1. Pourquoi étudier le climat urbain ?

**Mortalité et température quotidiennes à Paris**



**FIGURE 1—Comparison of daily mortality rate and mean temperature in Paris, France, for the years 2003 and 1999 through 2002.**

**Surmortalité dans 13 villes françaises du 1 au 19 août 2003**

**TABLE 1—Excess Mortality in 13 French Cities and in Hospitals Between August 1 and August 19, 2003, Compared With the Same Period in 1999–2002 for the City Deaths and in 2002 for the In-Hospital Deaths<sup>a</sup>**

City	2003 No. of City Deaths	Excess Mortality, %	2003 No. of In-Hospital Deaths	Excess Mortality, %
Bordeaux	318	43	228	53
Dijon	168	93	117	121
Grenoble	148	28	108	24
Le Mans	204	82	171	116
Lille	200	4	103	18
Lyon	447	80	300	95
Marseille	571	25	163	23
Nice	341	53	193	65
Paris	1854	142	1665	138
Poitiers	184	79	151	72
Rennes	156	36	95	38
Strasbourg	253	51	157	33
Toulouse	315	36	140	49

<sup>a</sup>City deaths do not include all the in-hospital deaths. Only patients who died in the university hospitals located in the city (not in the suburbs) were included in the 2 sources.

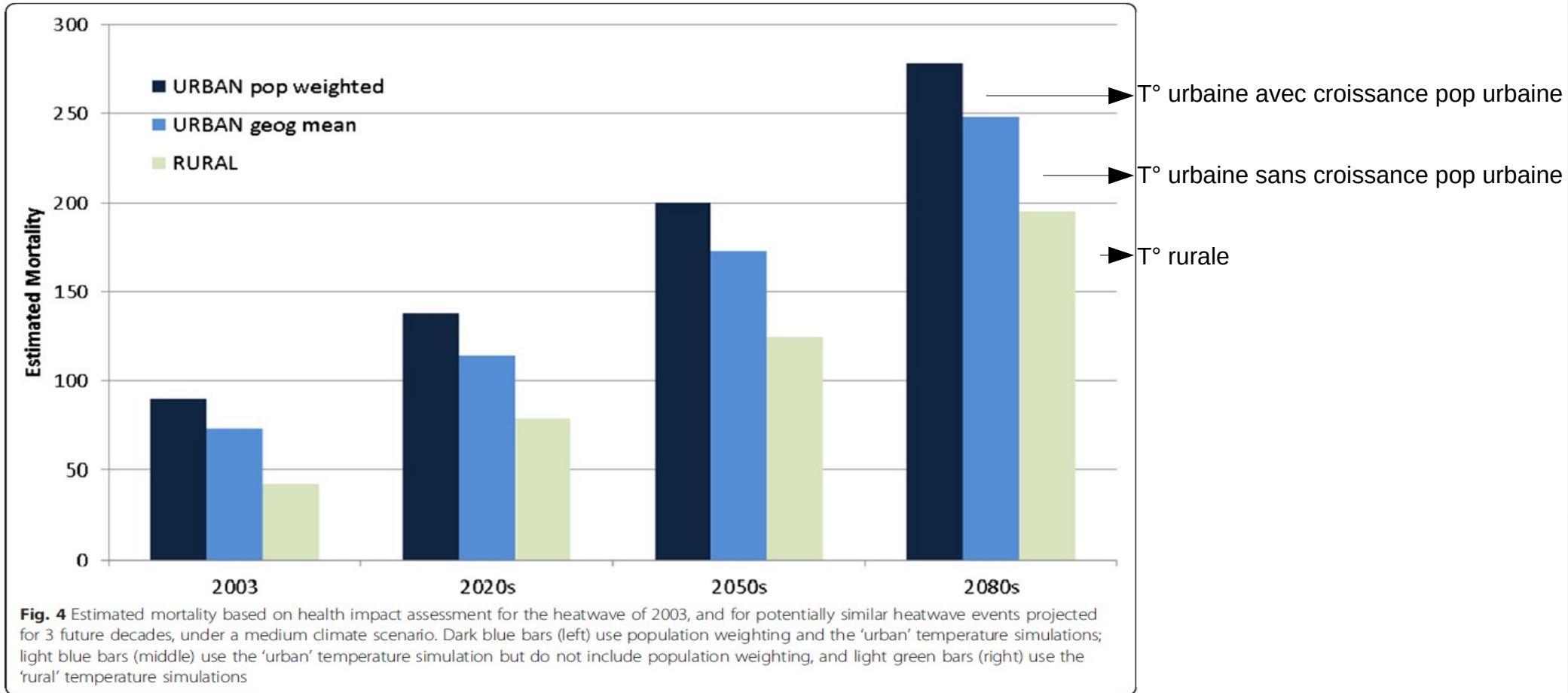


Une question de santé publique, ...

qui concerne aussi les villes moyennes

# 1. Pourquoi étudier le climat urbain ?

Estimation de la mortalité basée sur l'impact de la canicule de 2003 pour des événements similaires lors de 3 décennies futures selon une trajectoire climatique médiane

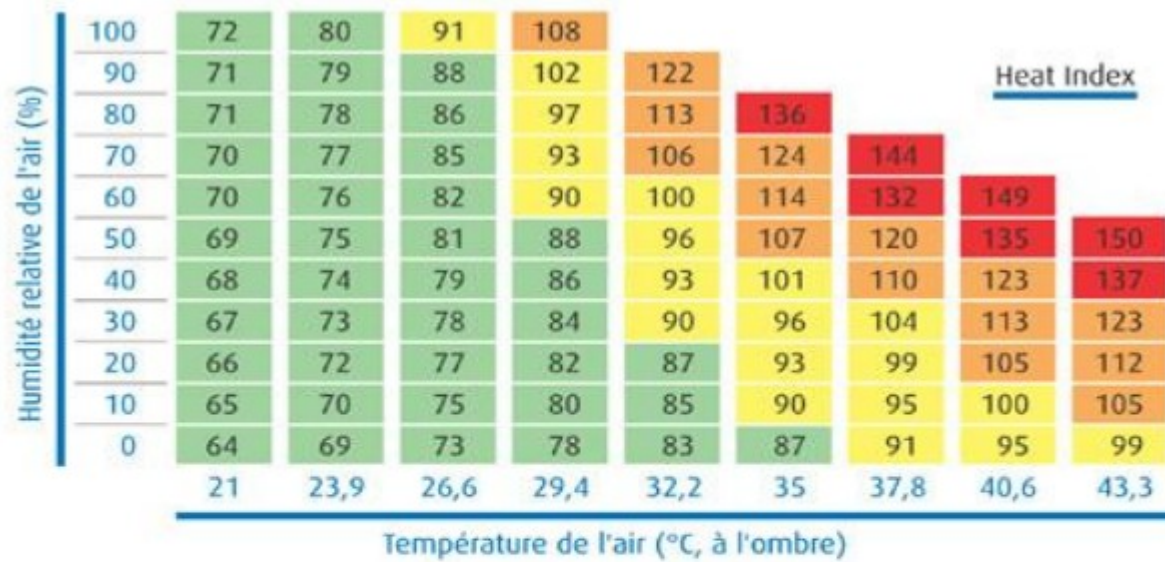


**Une question de santé publique :**

- qui concerne des villes non réputées comme très chaudes (ici ex de Birmingham) ;
- qui va s'amplifier du fait du changement climatique et de la croissance urbaine.

# 1. Pourquoi étudier le climat urbain ?

## Risques pour la santé d'une exposition à la chaleur : symptômes et niveaux de gravité



Heat Index	Troubles physiologiques possibles en cas d'exposition prolongée à la chaleur et/ou avec une activité physique
80 à 90	Fatigue
90 à 104	Coup de soleil*, crampes musculaires et épuisement physique
105 à 129	Épuisement, coup de chaleur possible
130 et plus	Risque élevé de coup de chaleur / coup de soleil*

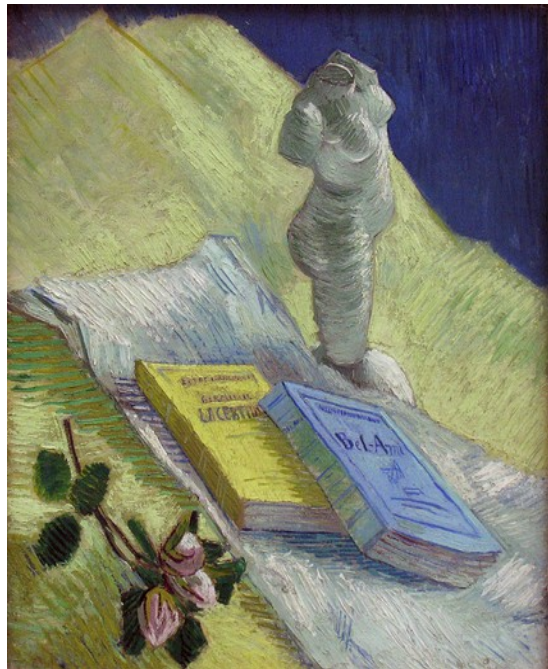
Combiner température, humidité relative et ... ?

## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

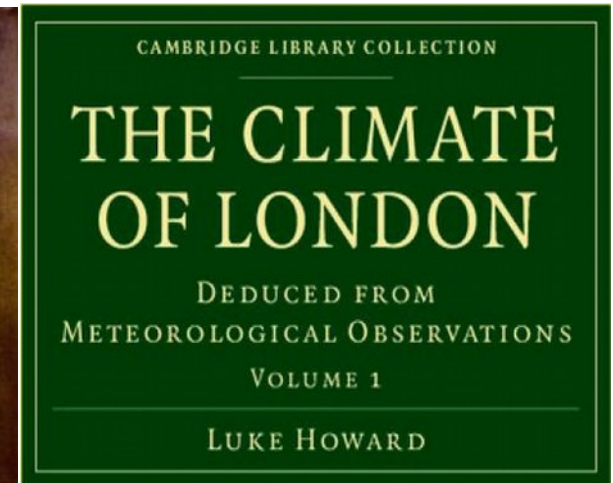
### Le climat urbain : une perception ancienne

« Ils prirent un fiacre découvert, gagnèrent les Champs-Élysées, puis l'avenue du Bois de Boulogne. C'était une nuit sans vent, une de ces nuits d'étuve où l'air de Paris surchauffé entre dans la poitrine comme une vapeur de four. »

Bel-Ami, Maupassant, 1855



### Une première publication scientifique en 1833

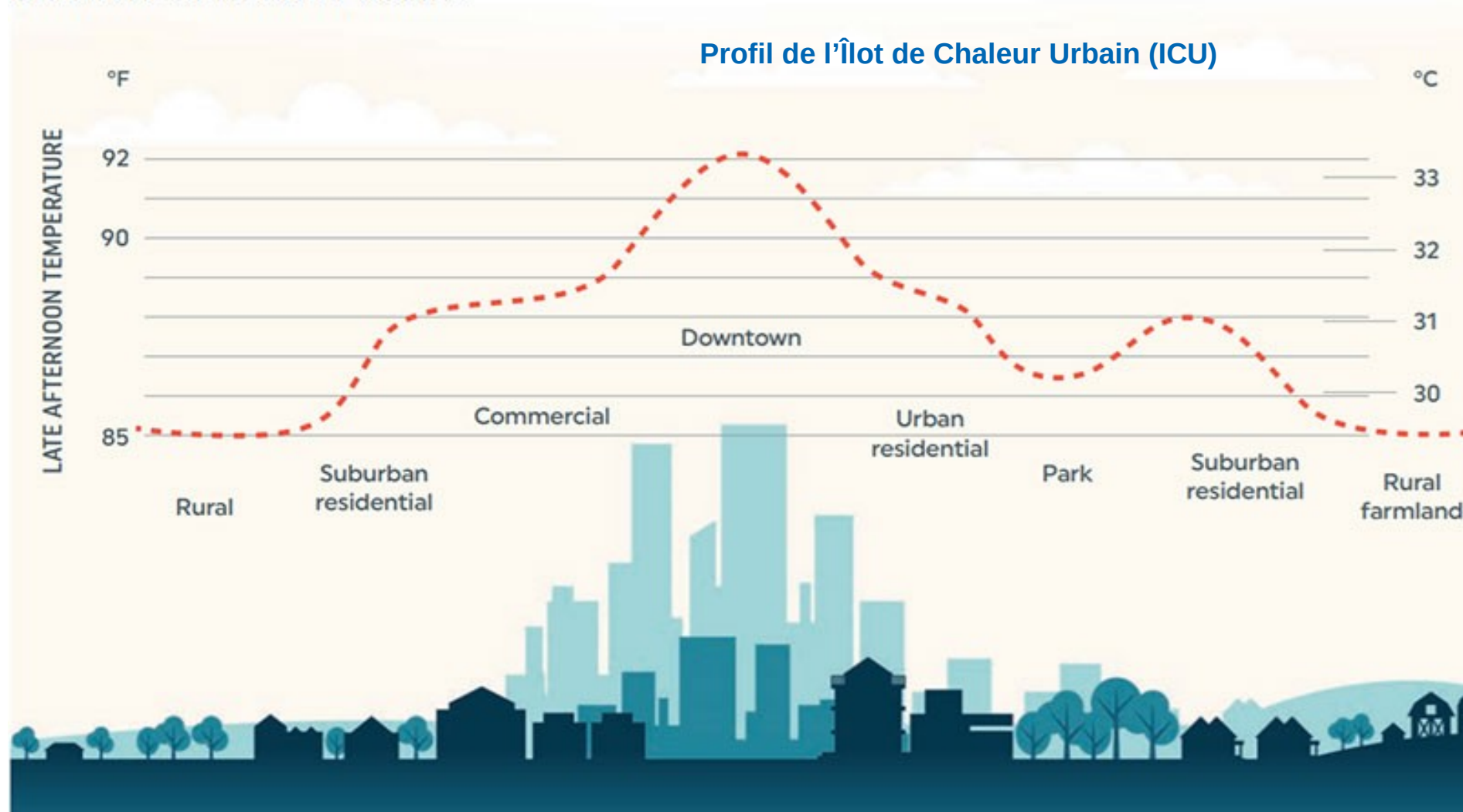


Howard, 1833. The climate of London

Quand les savoirs profanes précèdent, accompagnent les savoirs savants...

## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

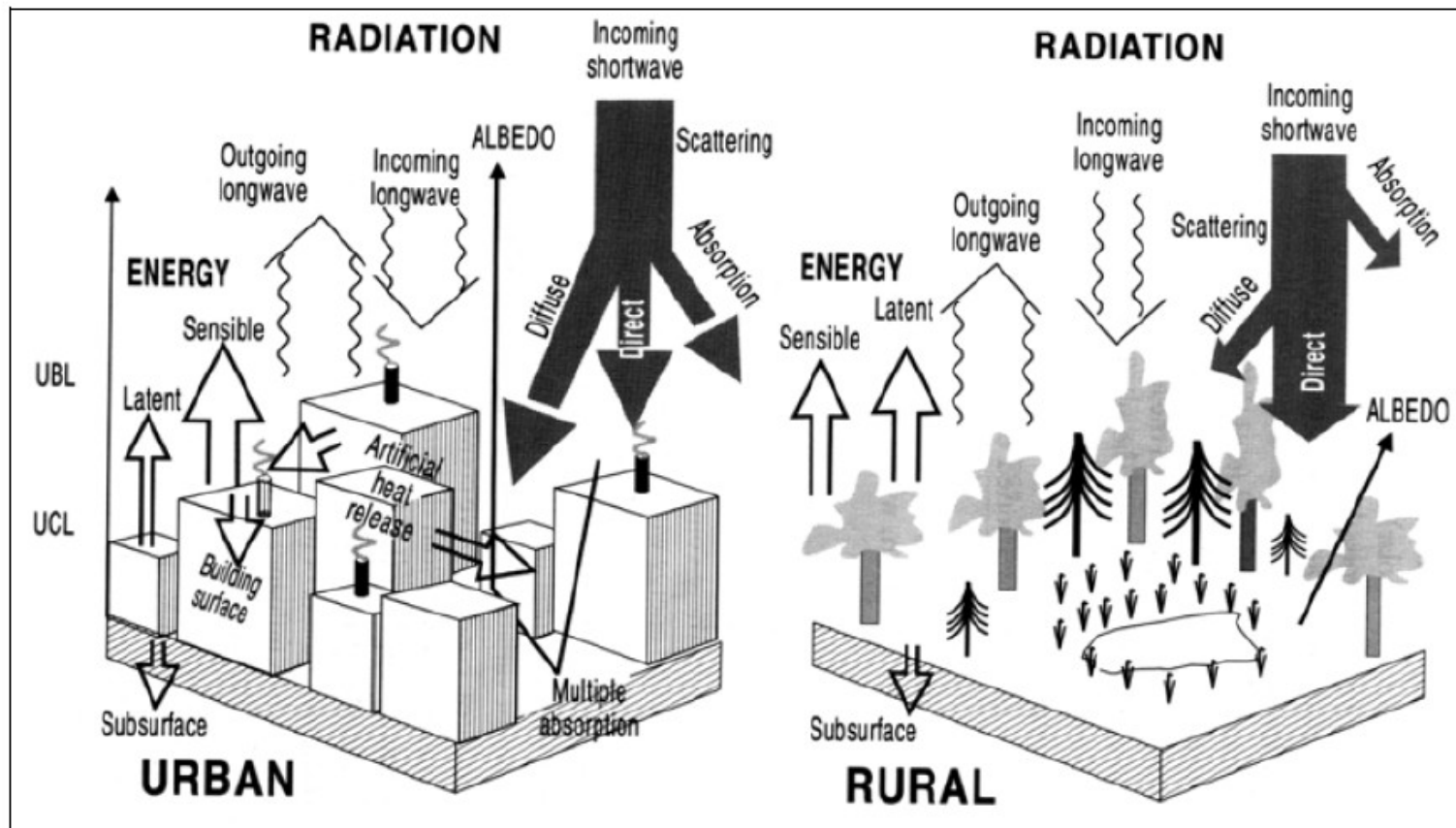
### URBAN HEAT ISLAND PROFILE



En première lecture, le climat urbain est un ICU, différence de T° entre la ville et la campagne

## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

Comment expliquer le phénomène « climat urbain » ?

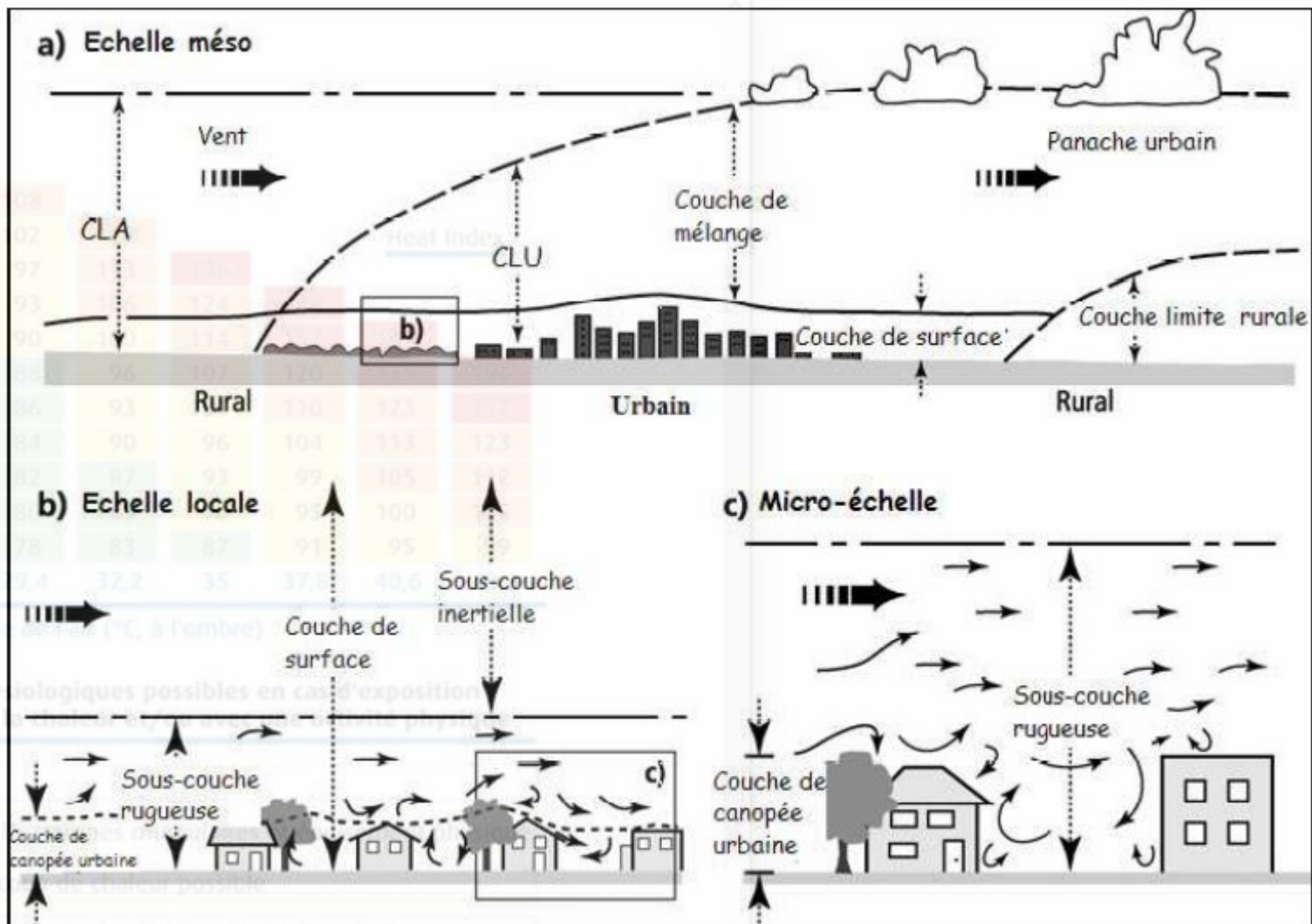


Plusieurs causes :

- rugosité ;
- albédo ;
- imperméabilisation ;
- faible présence du végétal ;
- chaleur anthropogénique.

## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

### Les échelles en climatologie urbaine

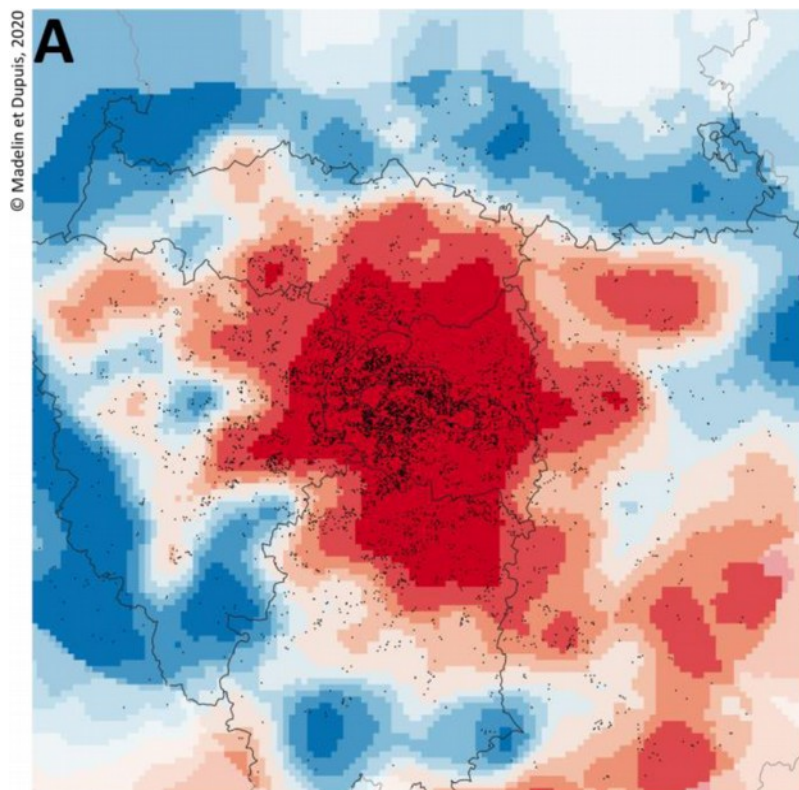


**Point de vigilance 1 : échelles de l'architecte, de l'urbaniste du climatologue...**



## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

### Température de l'air / Température de surface (exemple de l'île-de-France)



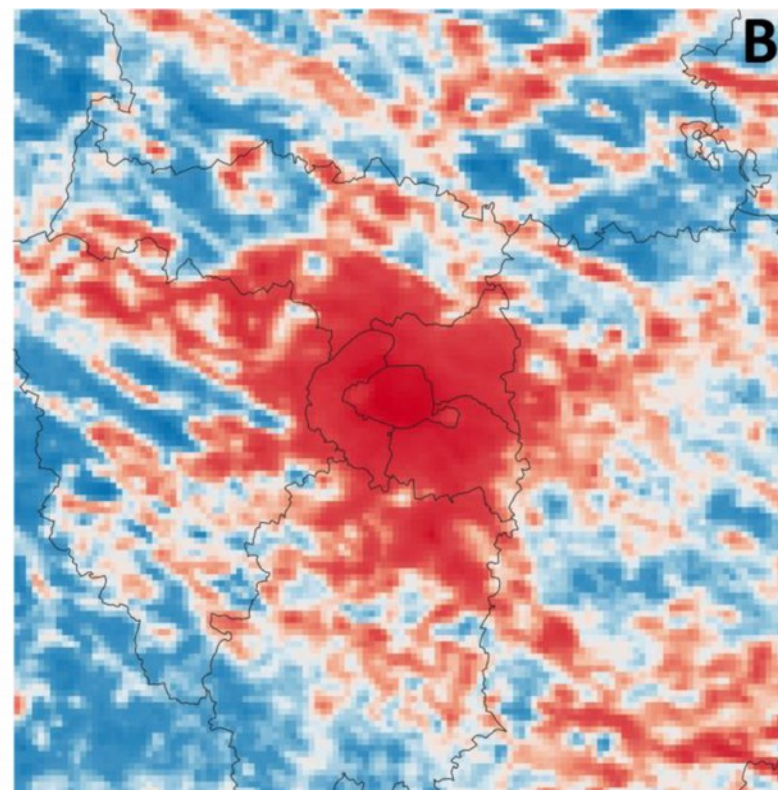
Ajout des stations Netatmo utilisées (points noirs), des limites départementales et d'un masque blanc pour une erreur standard > 1,5°C.

Médiane des interpolations réalisées à partir des anomalies des températures de l'air des stations Netatmo (en °C), ~2hUTC, pour 34 dates\* de ciel clair et de vent calme



Discretisations selon les déciles

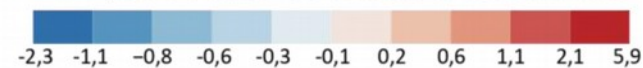
\* 11 dates pour MAM, 10 pour JJA, 7 pour SON et 6 pour DJF



0 20 km

Ajout des limites départementales.

Médiane des anomalies des températures de surface de MODIS AQUA (en °C), ~2hUTC, pour 34 dates\* de ciel clair et de vent calme



Données : Netatmo 2017-2020, MODIS AQUA 2017-2020

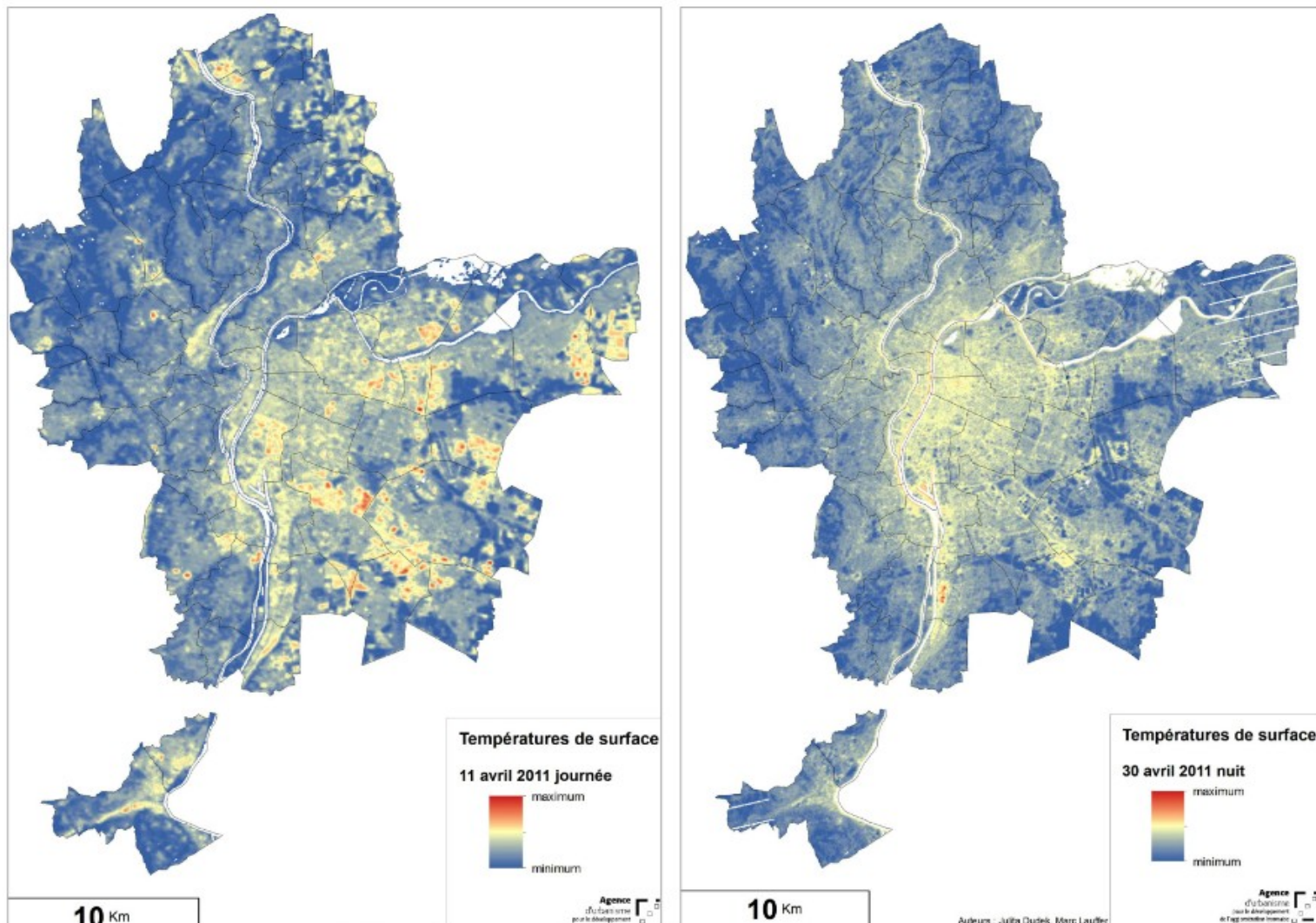


**Point de vigilance 2 : T° air / T° surface : deux éléments à distinguer !**

## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

### Température de jour / Température de nuit (exemple de la Température de surface à Lyon)

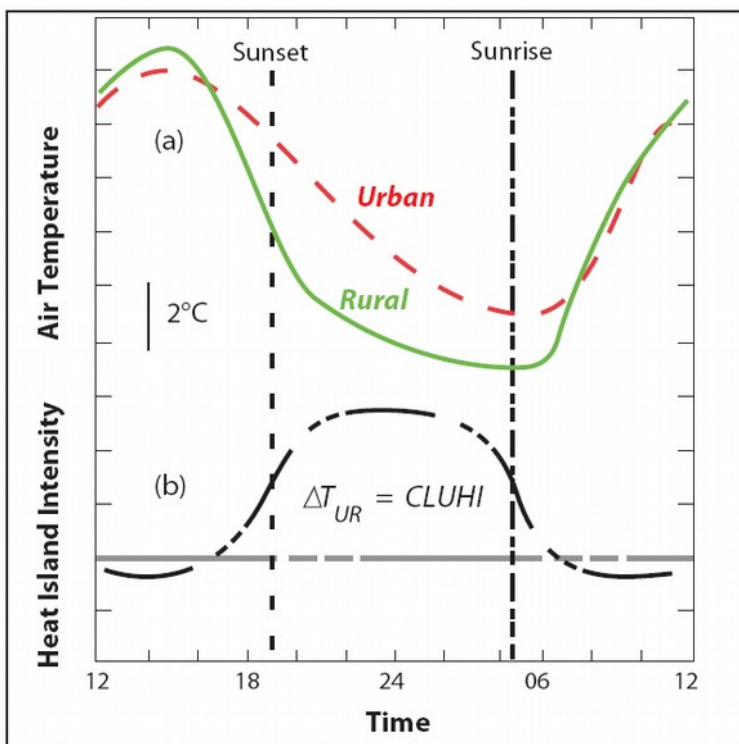
Températures de surface jour et nuit



## 2. Qu'est-ce que le climat urbain ?

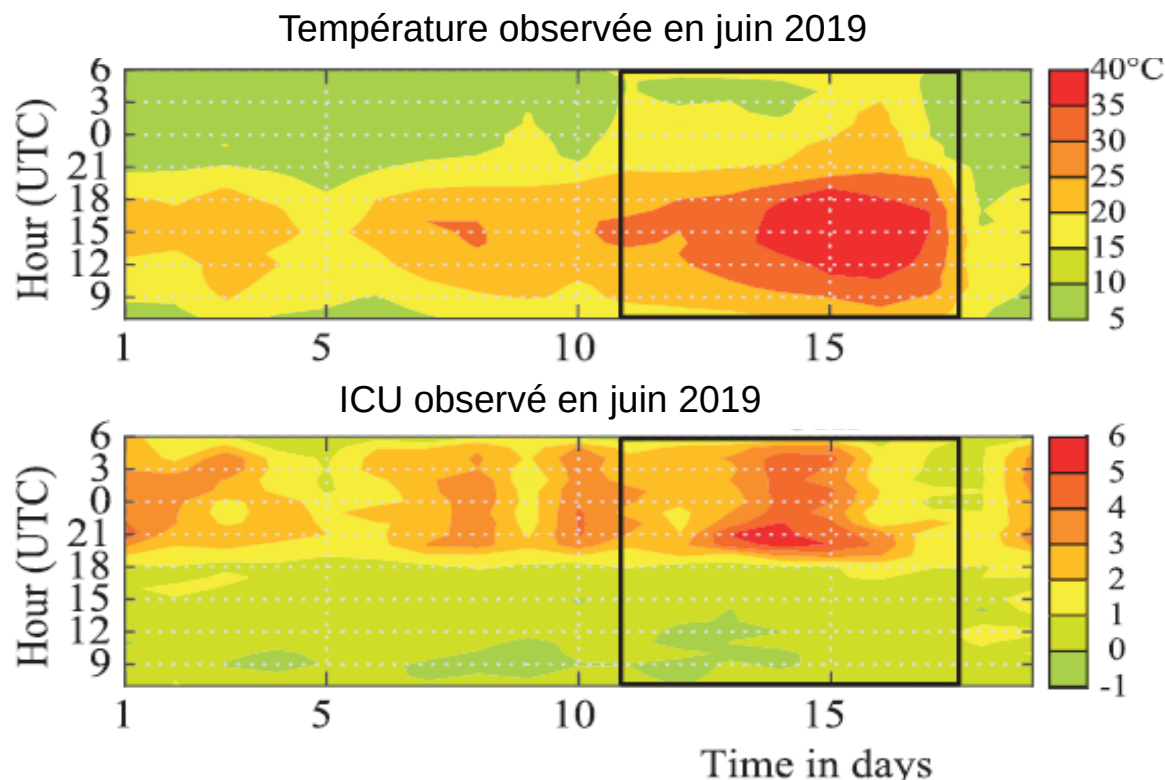
### Température de l'air : cycle diurne de l'ICU et variabilité quotidienne

#### Cycle diurne théorique de l'ICU



<http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/BasicCompendium.pdf>

#### Variabilité quotidienne et horaire observée à Dijon



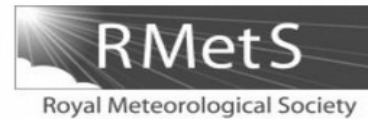
#### Point de vigilance 2 : l'ICU, un phénomène intermittent :

- essentiellement nocturne ;
- nuits calmes qui succèdent à des journées ensoleillées et peu ventées.

# 3. Comment étudier le climat urbain ?

## Mobiliser des méthodes transposables, généralisables

INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY  
*Int. J. Climatol.* **31**: 200–217 (2011)  
Published online 15 April 2010 in Wiley Online Library  
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.2141



### A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature

I. D. Stewart\*

*Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, BC Canada*

**ABSTRACT:** In the modern era of urban climatology, much emphasis has been placed on observing and documenting heat island magnitudes in cities around the world. Urban climate literature consequently boasts a remarkable accumulation of observational heat island studies. Through time, however, methodologists have raised concerns about the authenticity of these studies, especially regarding the measurement, definition and reporting of heat island magnitudes. This paper substantiates these concerns through a systematic review and scientific critique of heat island literature from the period 1950–2007. The review uses nine criteria of experimental design and communication to critically assess methodological quality in a sample of 190 heat island studies. Results of this assessment are discouraging: the mean quality score of the sample is just 50 percent, and nearly half of all urban heat island magnitudes reported in the sample are judged to be scientifically indefensible. Two areas of universal weakness in the literature sample are *controlled measurement* and *openness of method*: one-half of the sample studies fail to sufficiently control the confounding effects of weather, relief or time on reported 'urban' heat island magnitudes, and three-quarters fail to communicate basic metadata regarding instrumentation and field site characteristics. A large proportion of observational heat island literature is therefore compromised by poor scientific practice. This paper concludes with recommendations for improving method and communication in heat island studies through better scrutiny of findings and more rigorous reporting of primary research. Copyright © 2010 Royal Meteorological Society



2011 : constat  
Tout le monde travaille  
mais de manière  
désordonnée.

==>

les conclusions tirées  
sur une ville X  
ne sont pas transposables  
à toute ville...

# 3. Comment étudier le climat urbain ?

**Un chemin à co-construire avec différents acteurs**  
(collectivités, chercheurs, ADEME, agences d'urbanisme, citoyens, associations, architectes, ...)

Étape 1 : identifier les attentes, les enjeux, le budget et les compétences des équipes

Étape 2 : caractériser la ville objet de l'étude

Étape 3 : mettre en place des études généralisables

Étape 4 : du résultat des études à l'élaboration de préconisations

Étape 5 : inscription dans les documents d'urbanisme (PLUI, SCOT, ...)



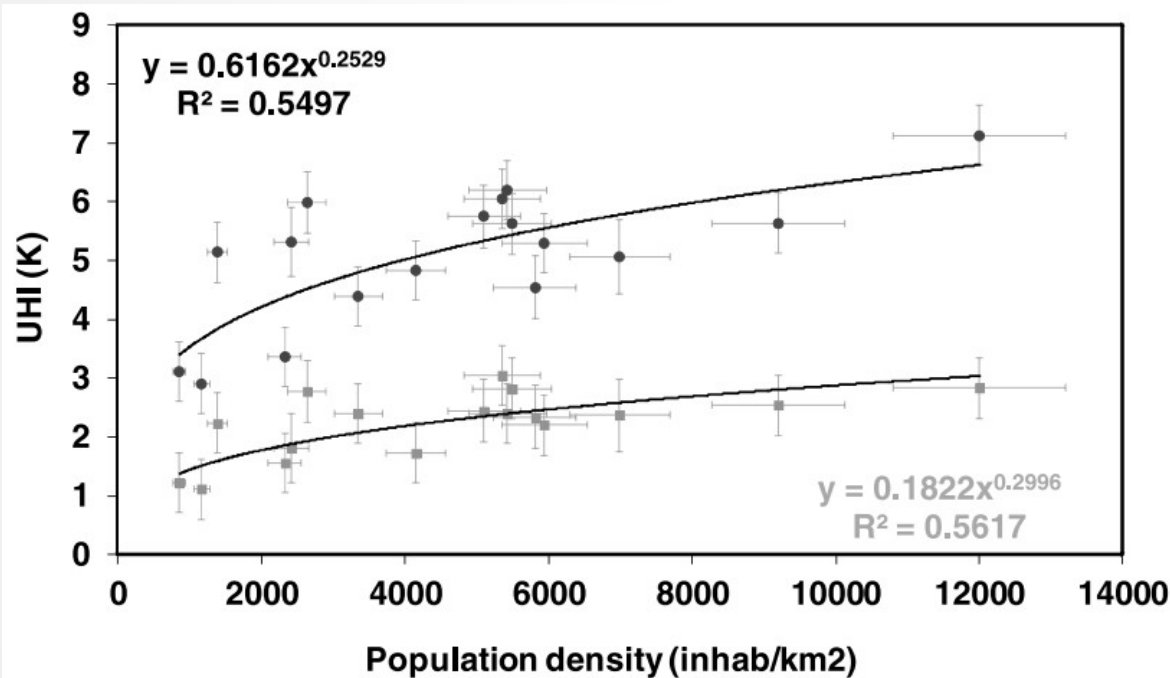
**Ne pas travailler seul**

# 3. Comment étudier le climat urbain ?

## Étape 1 : identifier les attentes, les enjeux, le budget et les compétences des équipes

Cette étape est très territoire-dépendante :

- ce sont des grandes villes qui ont été les premières à s'engager dans des démarches ;
- des villes moyennes commencent à s'engager ;
- tous les territoires ont vocation à s'approprier la question du climat urbain.



Observed median (gray) and 95 percentile (black) of the daily maximum UHI effect for Dutch cities versus population density at neighborhood scale.

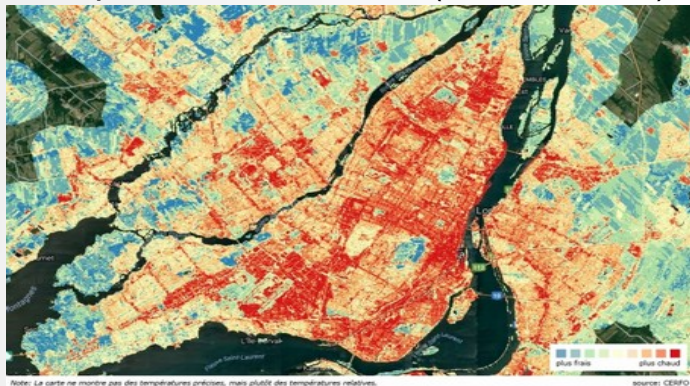
**L'intensité de l'ICU (UHI) dépend de la taille de la ville et de la densité de population.**

# 3. Comment étudier le climat urbain ?

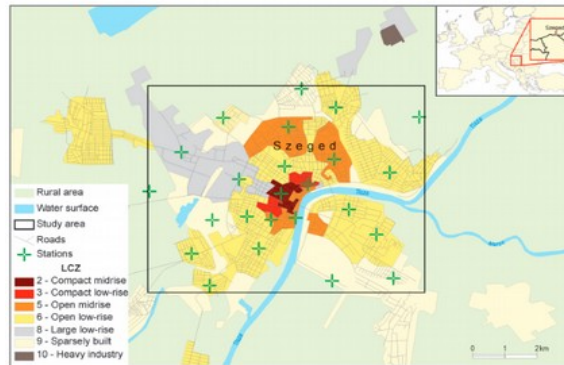
Étape 1 : identifier les attentes, les enjeux, le budget et les compétences des équipes

## 3 approches complémentaires

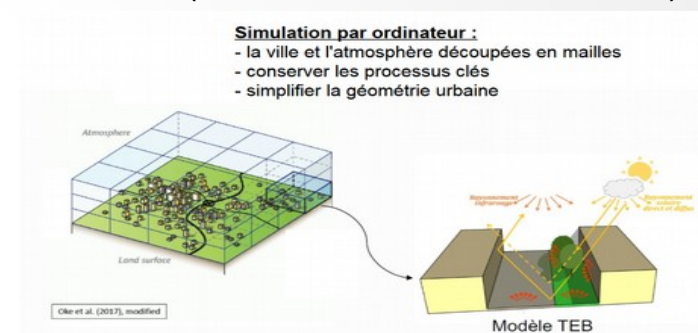
Température de surface (télédétection)



Température de l'air (mesures in situ)



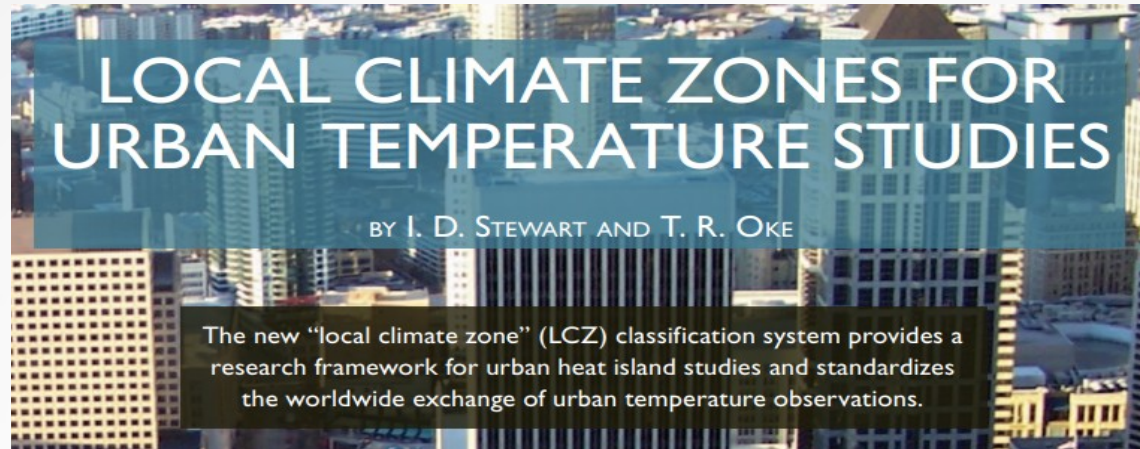
Climat (modèles de climat et de ville)



Les coûts instrumentaux et humains diffèrent énormément

# 3. Comment étudier le climat urbain ?

## Étape 2 : caractériser la ville objet de l'étude



LCZ :

- a comprehensive climate-based classification of urban and rural sites for temperature studies, in any city or region;
- a basic requirement in urban climate studies through standardized description of surface structure and cover, inter-disciplinary transfer of urban climate knowledge.



LCZ :

- Une classification intégrée d'ambiances thermiques, urbaines et rurales, pour toute ville ou région ;
- une description standardisée de la structure et de la couverture de surface pour les études de climat urbain, et la possibilité d'un transfert interdisciplinaire de connaissances sur le climat urbain.


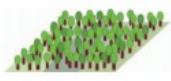










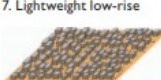




La proposition de Stewart et Oke s'est imposée dans la communauté des climatologues urbains



# 3. Comment étudier le climat urbain ?

## Étape 2 : caractériser la ville objet de l'étude

**TABLE 2. Abridged definitions for local climate zones (see electronic supplement for photographs, surface property values, and full definitions). LCZs 1–9 correspond to Oke's (2004) urban climate zones.**

Built types	Definition	Land cover types	Definition
	1. Compact high-rise Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
	2. Compact midrise Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
	3. Compact low-rise Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
	4. Open high-rise Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
	5. Open midrise Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
	6. Open low-rise Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
	7. Lightweight low-rise Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
	8. Large low-rise Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b> Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
	9. Sparsely built Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
	10. Heavy industry Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Cette proposition consiste en une grille universelle comportant :

- 10 LCZ urbanisées

Caractéristiques construites de l'occupation du sol

- continuité du bâti ;

- densité du bâti ;

- hauteur du bâti et géométrie du cañon urbain (SVF- ouverture sur le ciel) ;

- fraction de l'espace végétal (distinction végétation haute/basse).

- 7 LCZ non urbanisées

Caractéristiques et propriétés des sols non-construits

- type de végétation (LCZ A, B, C et D) ;

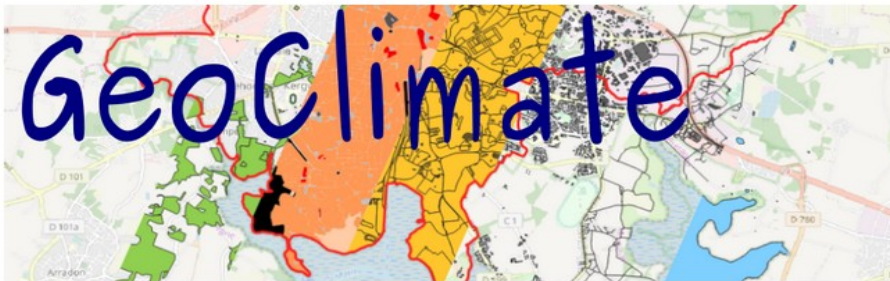
- nature des sols nus (LCZ E et F) ;

- présence de surfaces en eau (LCZ G).

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

## Application de la typologie LCZ à Dijon Métropole

### Geoclimate documentation ¶



This is the **official Geoclimate documentation**.

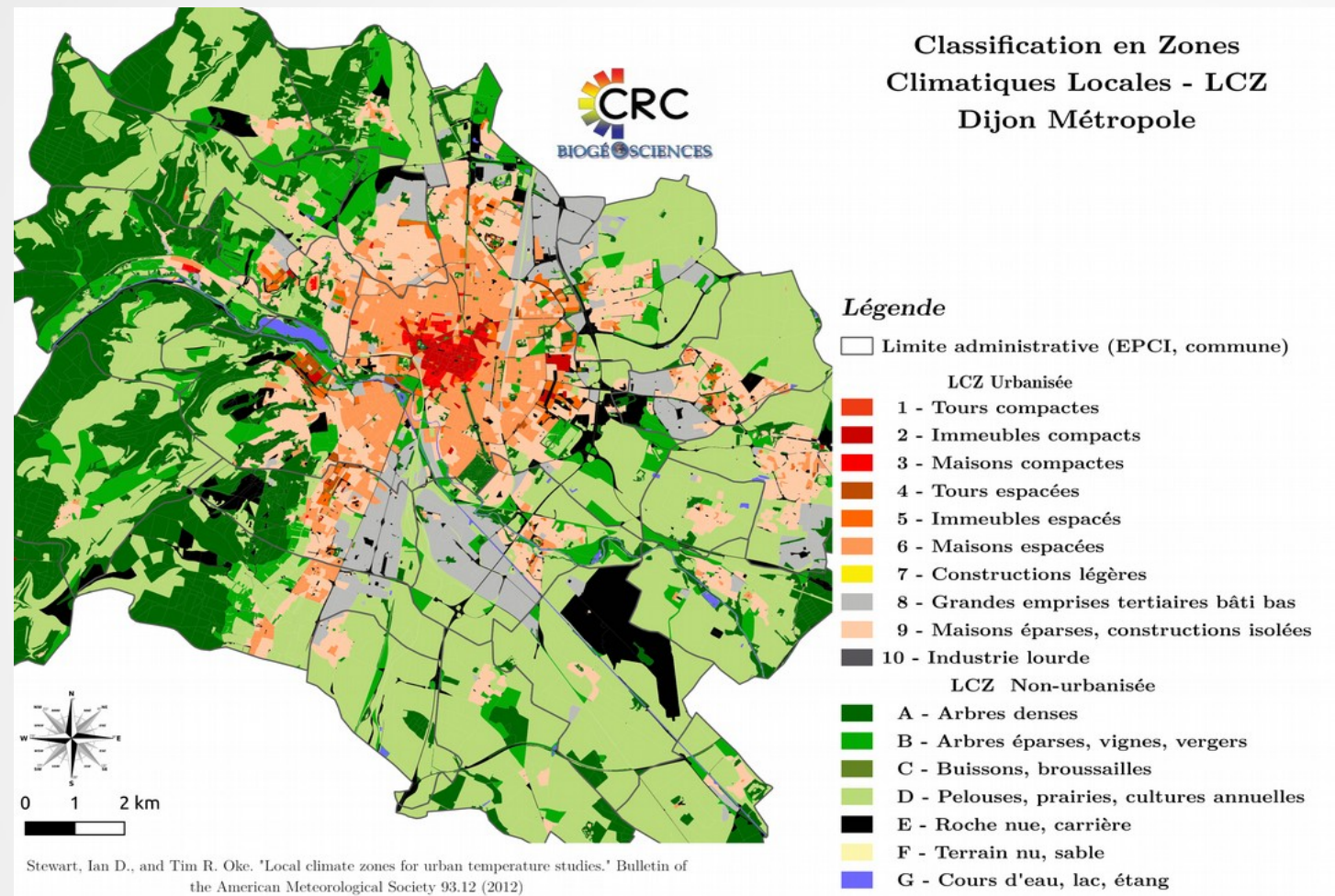
The climate modelling is based on the type, the use and the shape of the studied area. At the urban scale, the type of land surface (pervious, impervious), the shape and the distribution of the buildings and the streets as well as the building use are the determinant parameters affecting the urban climate. Thus it is necessary to describe accurately the urban fabric in order to apply the right energy balance.



- Pour améliorer la classification mobilisant la BD TOPO de l'IGN via l'outil GEOCLIMATE :**
- mieux décrire la végétation en analysant des images satellitaires (par exemple Pléiades) ;
  - croiser SIG et télédétection.

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

## Application de la typologie LCZ à Dijon Métropole

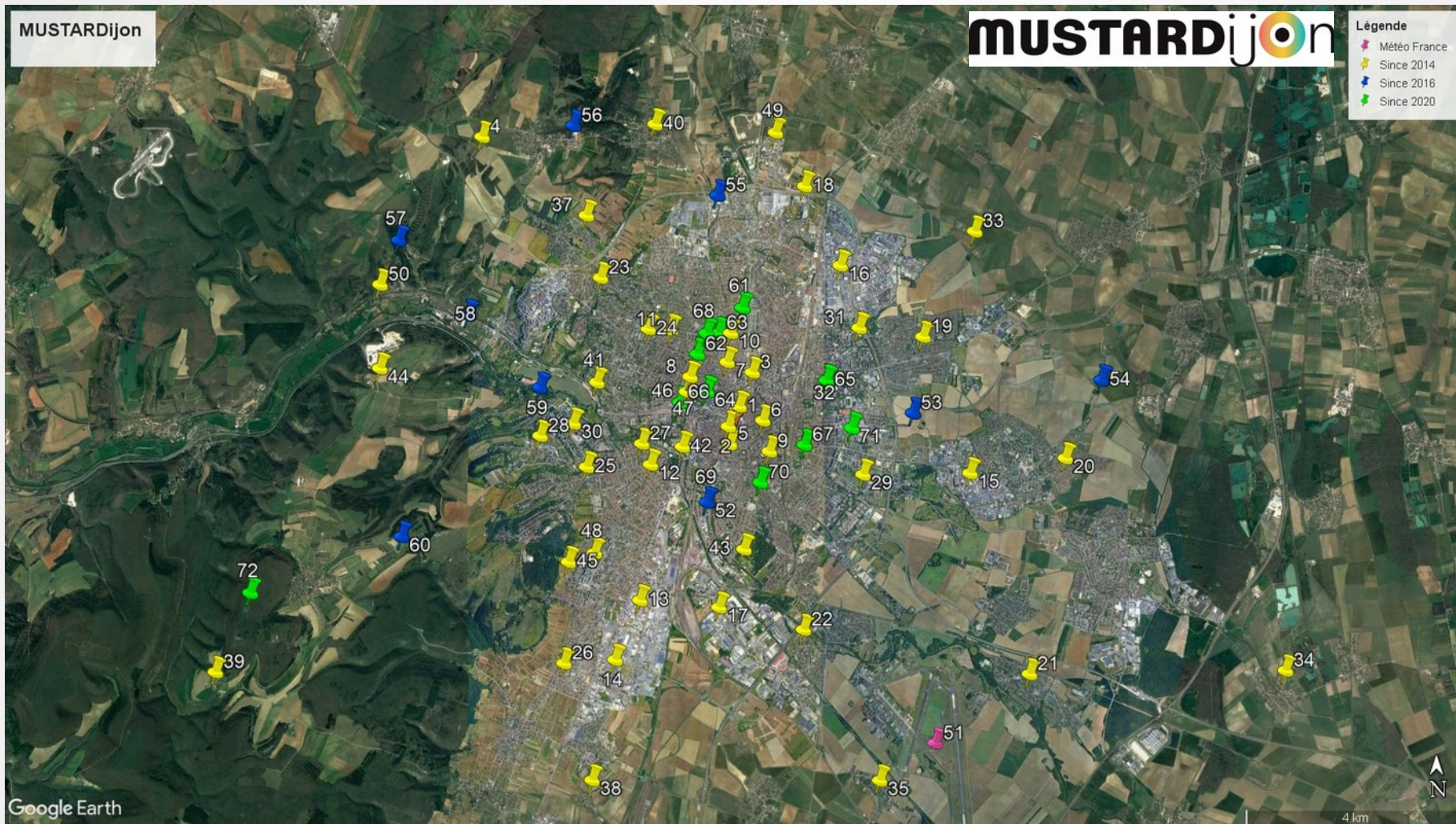


### Une méthodologie transposable à toute ville avec :

- une majorité de LCZ présentes à Dijon, et correspondant à des zones réalistes ;
- quelques LCZ absentes (LCZ 1, LCZ 7, LCZ F) ;
- quelques erreurs (LCZ C, LCZ E).

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

## Déployer un observatoire – un réseau de mesures *in situ*



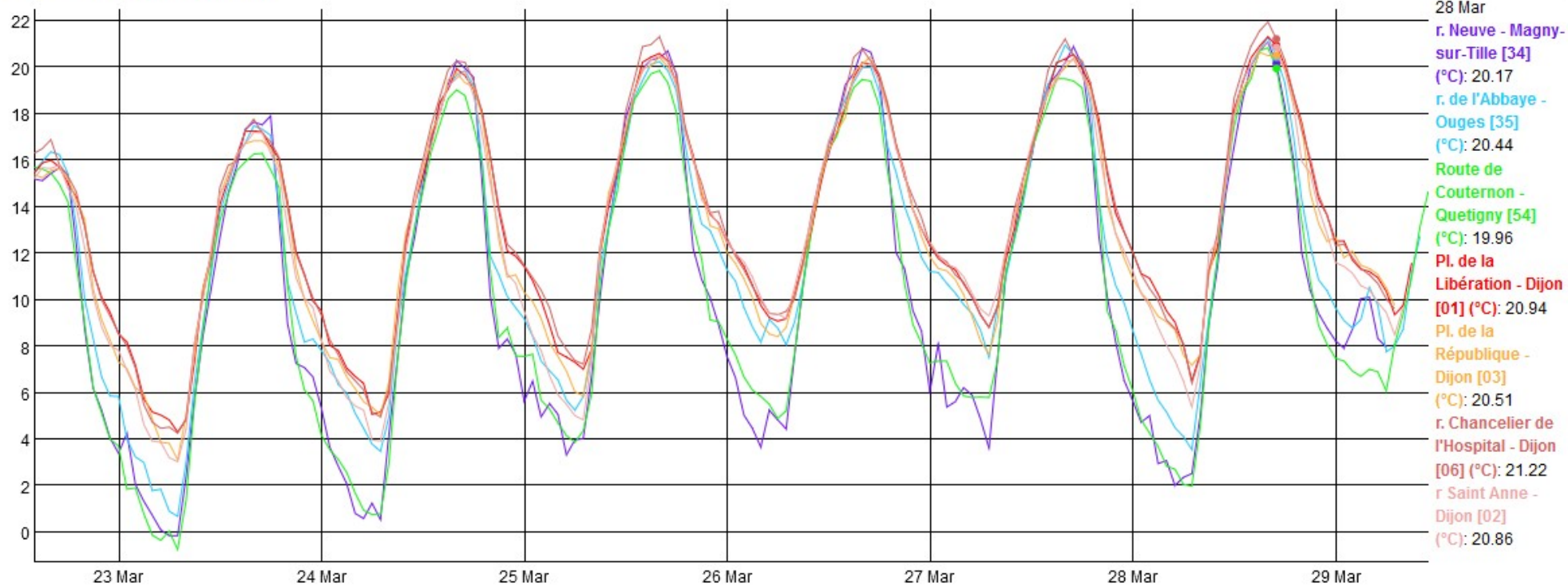
### Un observatoire :

- bénéficiant d'une densité de stations unique en France ;
- complémentaire de ceux déployés à Toulouse et à Rennes ;
- intégré dans le Service National d'Observation (SNO) Observil (labellisation INSU CNRS).

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

## Déployer un observatoire – un réseau de mesures *in situ*

Température: urbain (rouge) rural (blue)

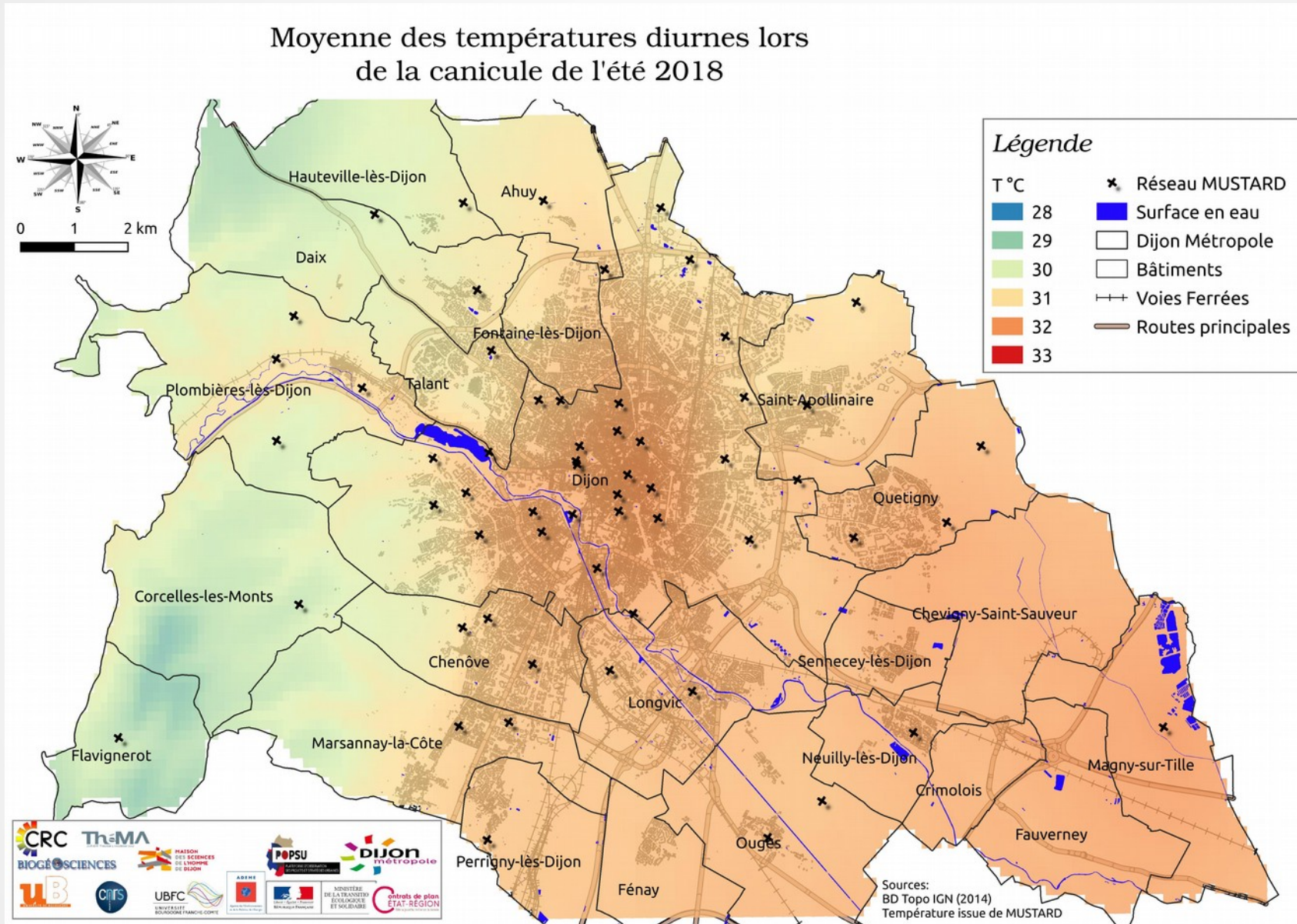


Un observatoire :

- doté de 10 stations situées dans des parcs urbains ;
- permettant d'identifier des Îlots de Fraîcheur Urbains (IFU) ;
- qui montre que tous les parcs sont des IFUs.

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

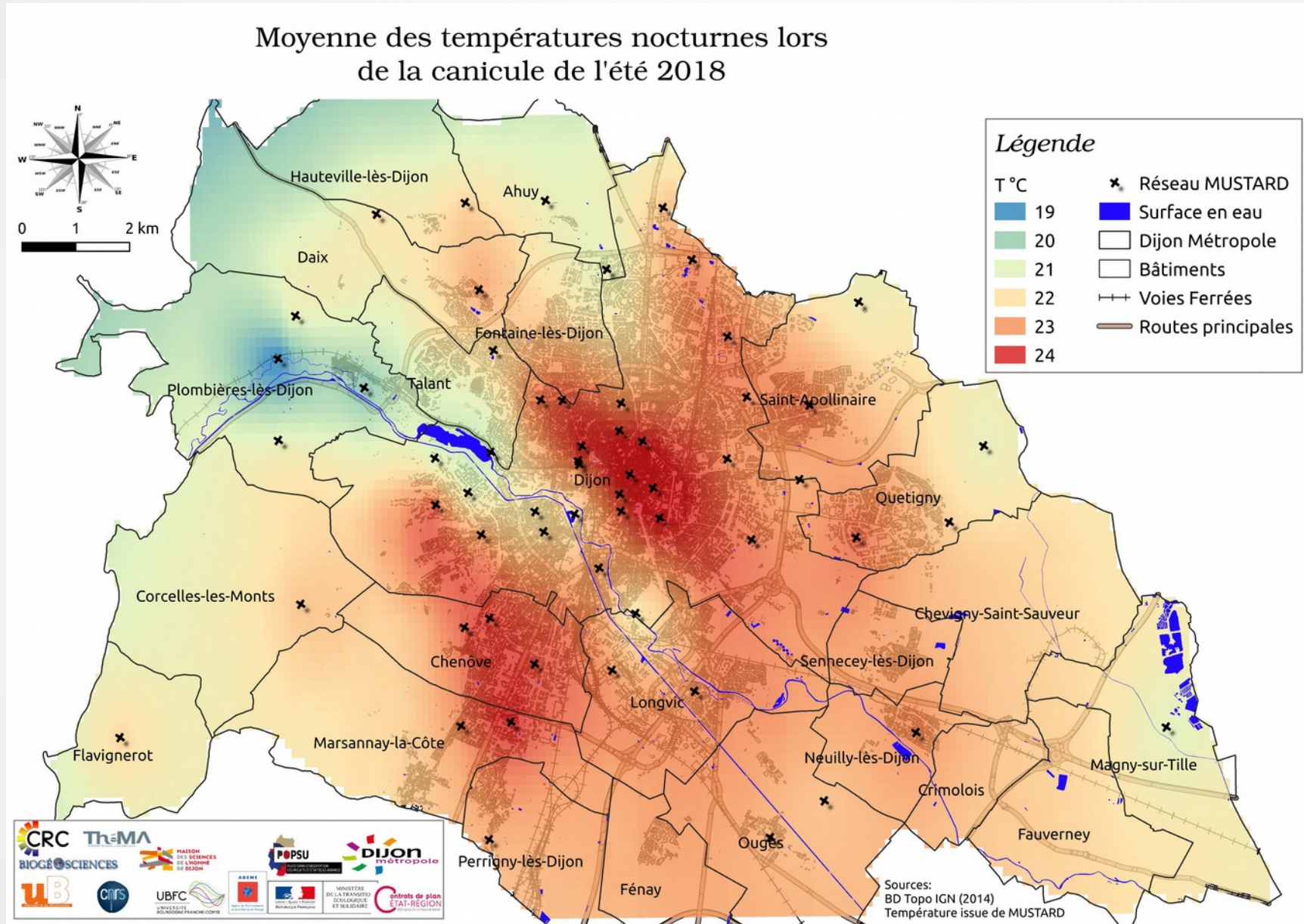
Interpoler les températures mesurées aux stations afin de produire une information sur tout le territoire



En journée un ICU vaste et modéré (+1 à +2°C)

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

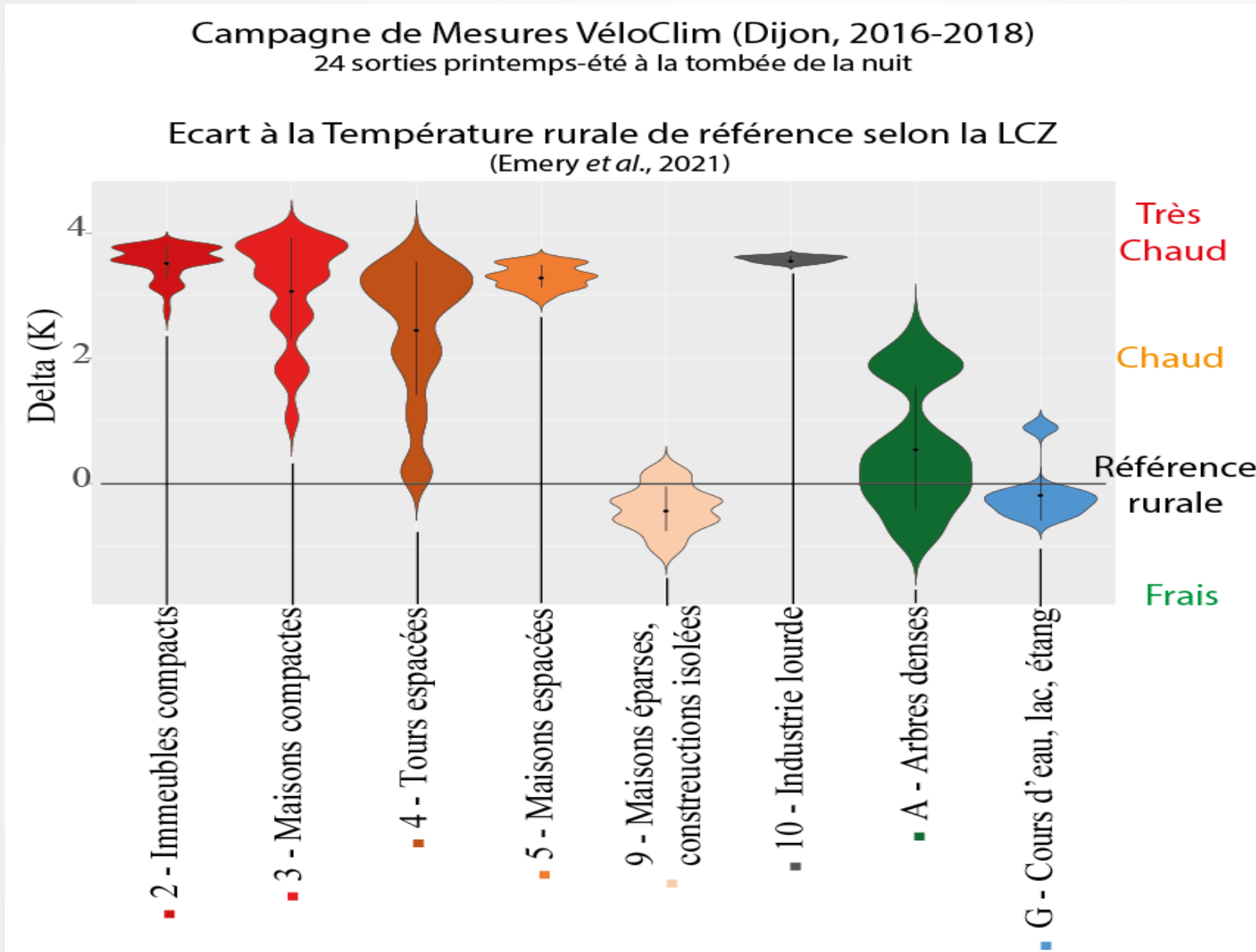
Interpoler les températures mesurées aux stations afin de produire une information sur tout le territoire



La nuit deux ICUs, un axe frais et a minima un grand IFU. Des contrastes forts (+3 à +6°C)

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

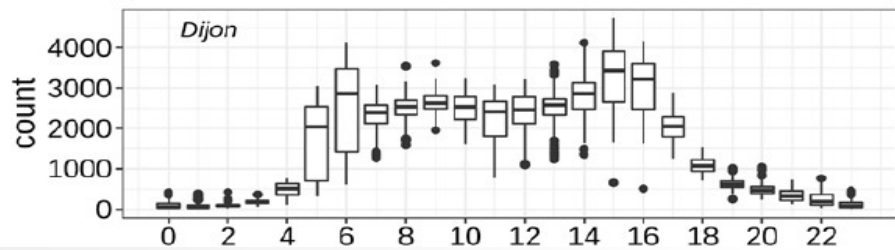
Compléter un réseau fixe par des mesures mobiles (participatives?) à vélo



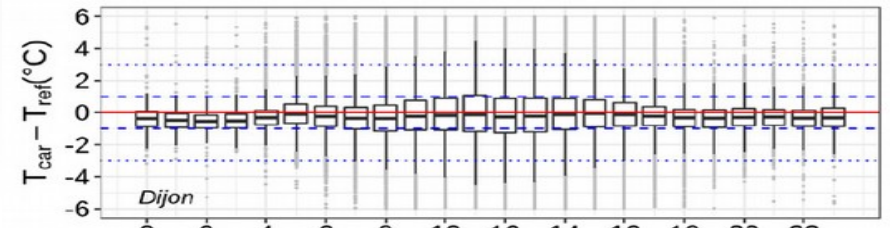


# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

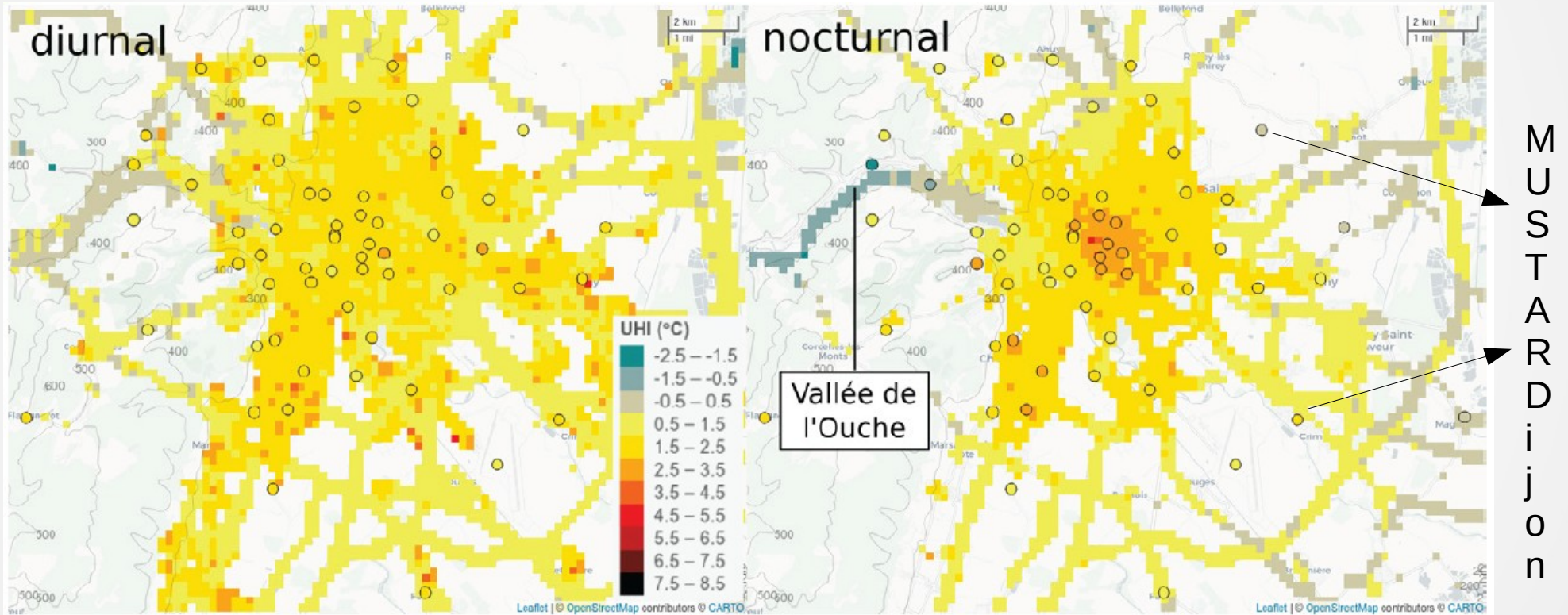
## Compléter un réseau fixe par des mesures mobiles (participatives?) en auto



Nb d'obs par h à Dijon par des voitures privées (été 2018)



T° voitures privées – T° MUSTARDijon la + proche (été 2018)



UCI médian diurne et nocturne selon les thermomètres des voitures privées été 2018 grille de 200x200m

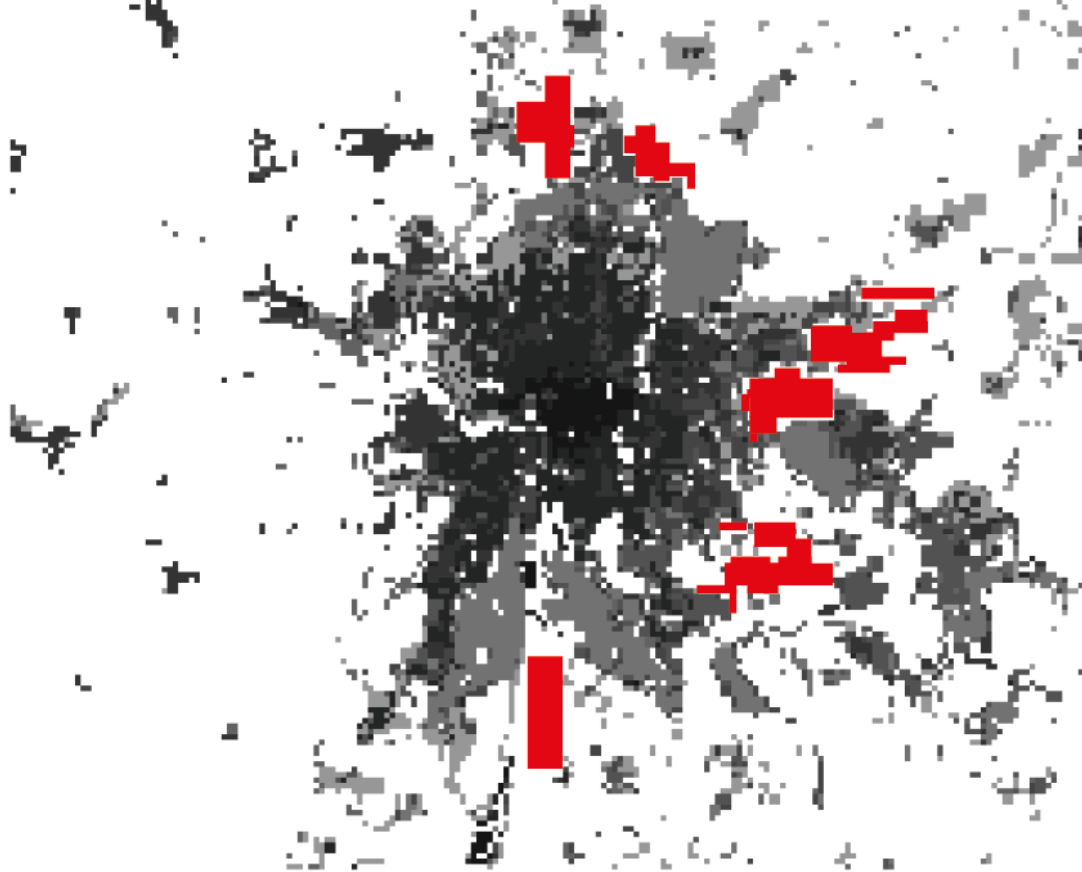
Les observations issues des véhicules lents (10 km/h) ont été supprimées.

Les gradients de T° liés à la topographie (0,6°C/100m) ont été pris en compte

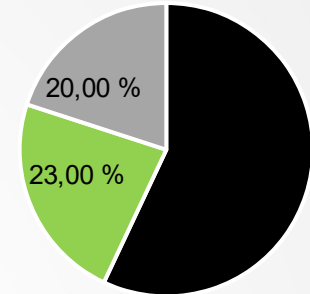
# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

Un exercice de géo-prospective : un Dijon possible en 2050 (4 autres possibles ont été élaborés)

Croissance urbaine  
Logements Collectifs / LCZ 2



Logements Collectifs



Surface totale  
imperméabilisée : **403 ha**

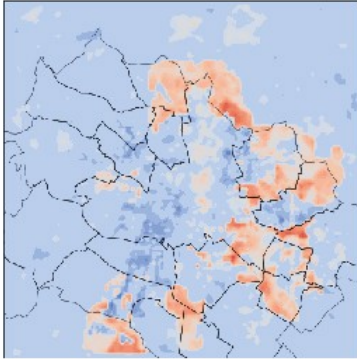
Se baser sur la croissance démographique, le nombre d'habitants par logement et les LCZ

# 4. Quelques résultats pour caractériser le climat urbain

## Réaliser des simulations climatiques : Impact thermique potentiel de 5 formes urbaines possibles

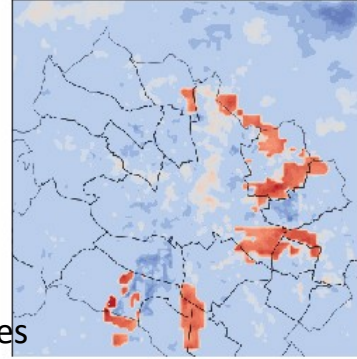
Logements Individuels Groupés

**LCZ 9**



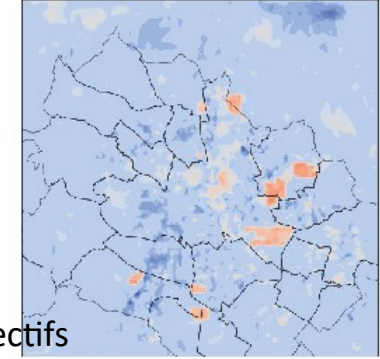
Logements Collectifs peu Denses

**LCZ 3**



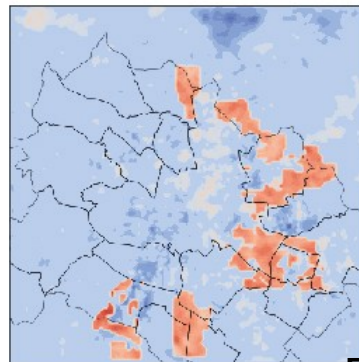
Logements Collectifs Denses

**LCZ 4**



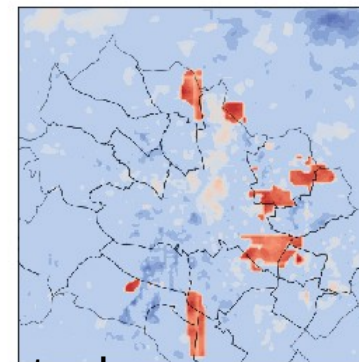
Logements Individuels en Bandes

**LCZ 6**

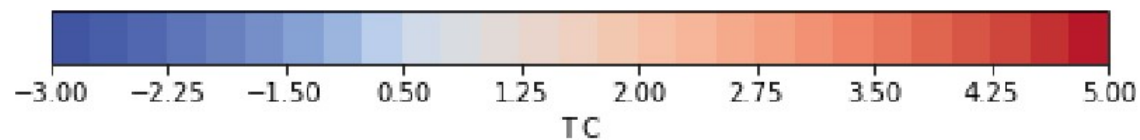


Logements Collectifs

**LCZ 2**



Différence de T° / à l'actuel



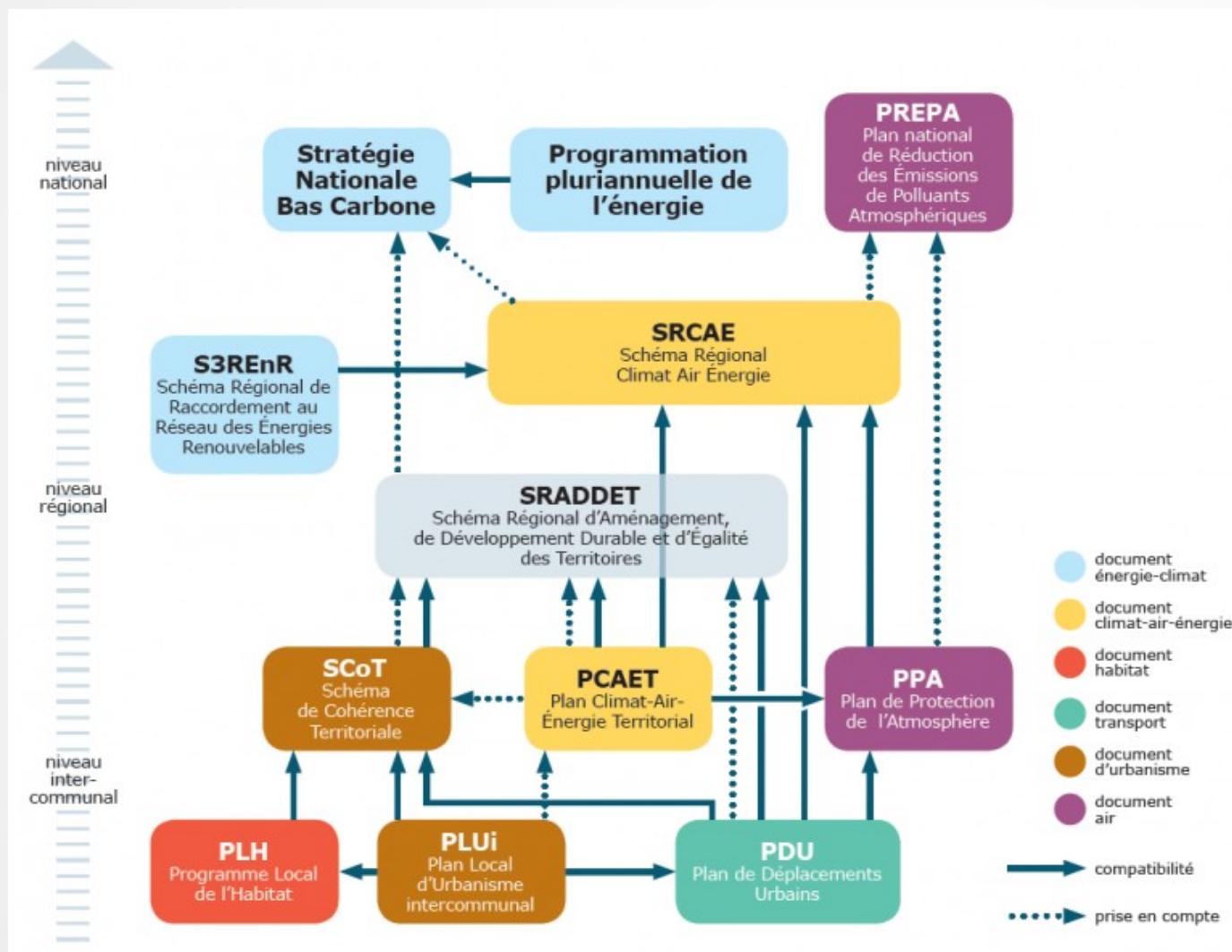
**Le jour : les nouveaux quartiers bâtis, quelle que soit la forme urbaine (LCZ), deviendraient plus chauds ;**

**La nuit : on a encore du boulot, nos simulations ne sont pas robustes !**

# 5. Quels usages, que faire ?

Étape 4 : du résultat des études à l'élaboration de préconisations

Étape 5 : inscription dans les documents d'urbanisme (PLUI, SCOT, ...)



# 5. Quels usages, que faire ?



**Agir ! Ne plus attendre ! Assez de temps perdu...**

**Mais agir avec éthique, justice et sans regret !**

## Adaptation « sans regret » au changement climatique

*« Pour ces actions d'adaptation, les mesures sans-regret sont à favoriser : c'est-à-dire les mesures bénéfiques au territoire même sans changement climatique, ajustables dans le temps et efficaces dans plusieurs scénarios. »*

<https://www.territoires-climat.ademe.fr/ressource/109-36>

## Changement climatique et justice climatique

*« Le caractère presque universel de l'Accord de Paris ne doit pas masquer le fossé qui persiste entre les contributions - significatives mais nettement insuffisantes - auxquelles les États se sont engagés et l'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui devrait être fait d'ici 2030 et au-delà pour garder la possibilité de limiter le réchauffement climatique à long terme nettement en-dessous de 2°C. Même limité à 2°C, le réchauffement aura des conséquences auxquelles notre société devra s'adapter avec, en l'absence de mesures, le risque que ne se creusent les inégalités entre celles et ceux qui disposent de moyens pour le faire et celles et ceux qui n'en disposent pas. L'objectif central de la justice climatique est de tout faire pour que le réchauffement n'accroisse pas les inégalités. Elle est apparue comme une thématique centrale au moment de l'ouverture de la COP 21. Il s'agit d'une revendication forte de la société civile à l'échelle internationale depuis 2003 ».*

Jouzel et Michelot, 2016. La justice climatique : enjeux et perspectives pour la France

## Adaptation et éthique

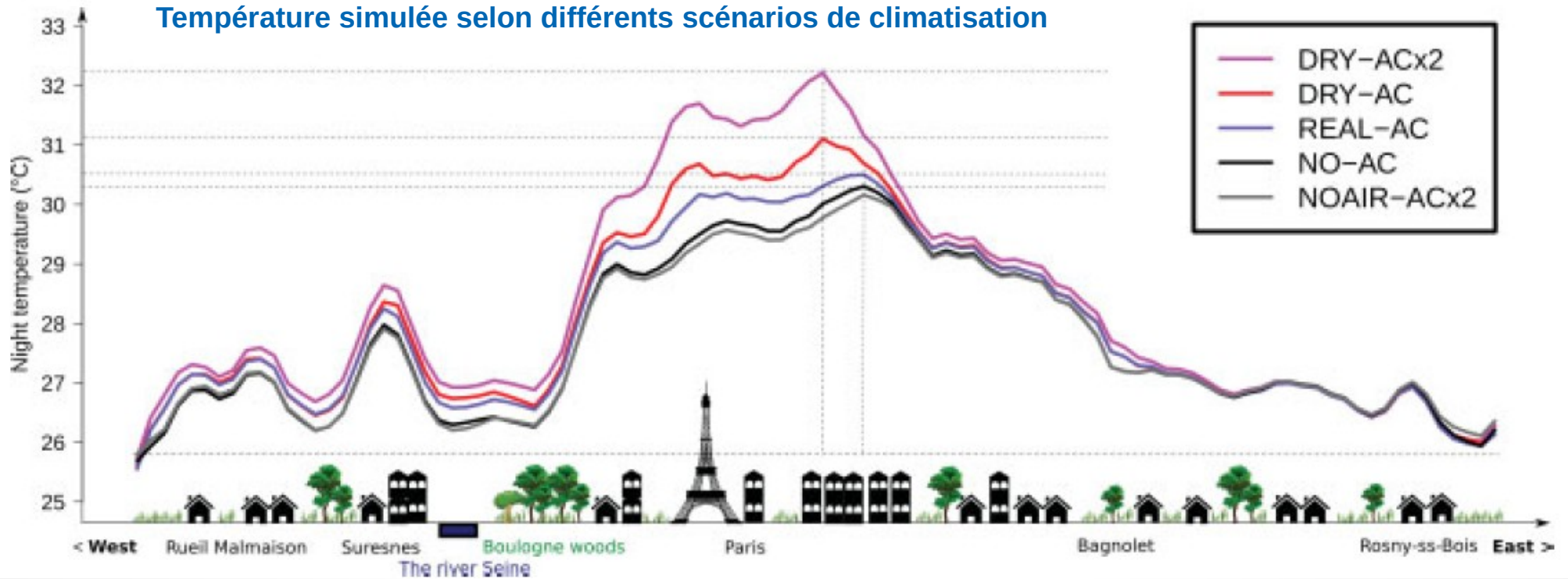
*« Plus la conscience de la gravité et de la complexité des problèmes sera développée et répandue, moins il sera possible de se réfugier dans des échappatoires ou de croire à des solutions fictives ».*

Létourneau, 2020. L'adaptation aux changements climatiques d'un point de vue éthique

# 5. Quels usages, que faire ?

## Recourir à la climatisation ?

Température simulée selon différents scénarios de climatisation



### La climatisation :

- consomme de l'énergie ;
- à des moments où les centrales nucléaires sont difficiles à refroidir ;
- réchauffe l'air extérieur.

La climatisation est l'archétype de la mal-adaptation...

## 5. Quels usages, que faire ?

**Jouer sur la forme urbaine et l'albédo ?**



**La ville grecque ou la médina arabe : rues étroites et couleur blanche**

**Comment, où appliquer ceci dans les villes françaises ?**

## 5. Quels usages, que faire ?

### Végétaliser murs ou/et toits ?



[https://www.cotemaison.fr/bois-nature/mur-vegetal-et-jardin-sur-le-toit\\_2814.html](https://www.cotemaison.fr/bois-nature/mur-vegetal-et-jardin-sur-le-toit_2814.html)



<http://merlet-paysagiste.com/nos-realizations/toitures-vegetalisees/>

### Magnifique, mais bien considérer :

- le coût initial ;
- le coût de la maintenance ;
- le service thermique rendu ;
- d'autres services écosystémiques.



## 5. Quels usages, que faire ?

Dés-imperméabiliser et planter en pleine terre ?



Oui mais où ? Dans des cours d'école ?

## 5. Quels usages, que faire ?

Arrêter de construire dans les IFU, « dents creuses », actuels et créer de nouveaux parcs urbains ?

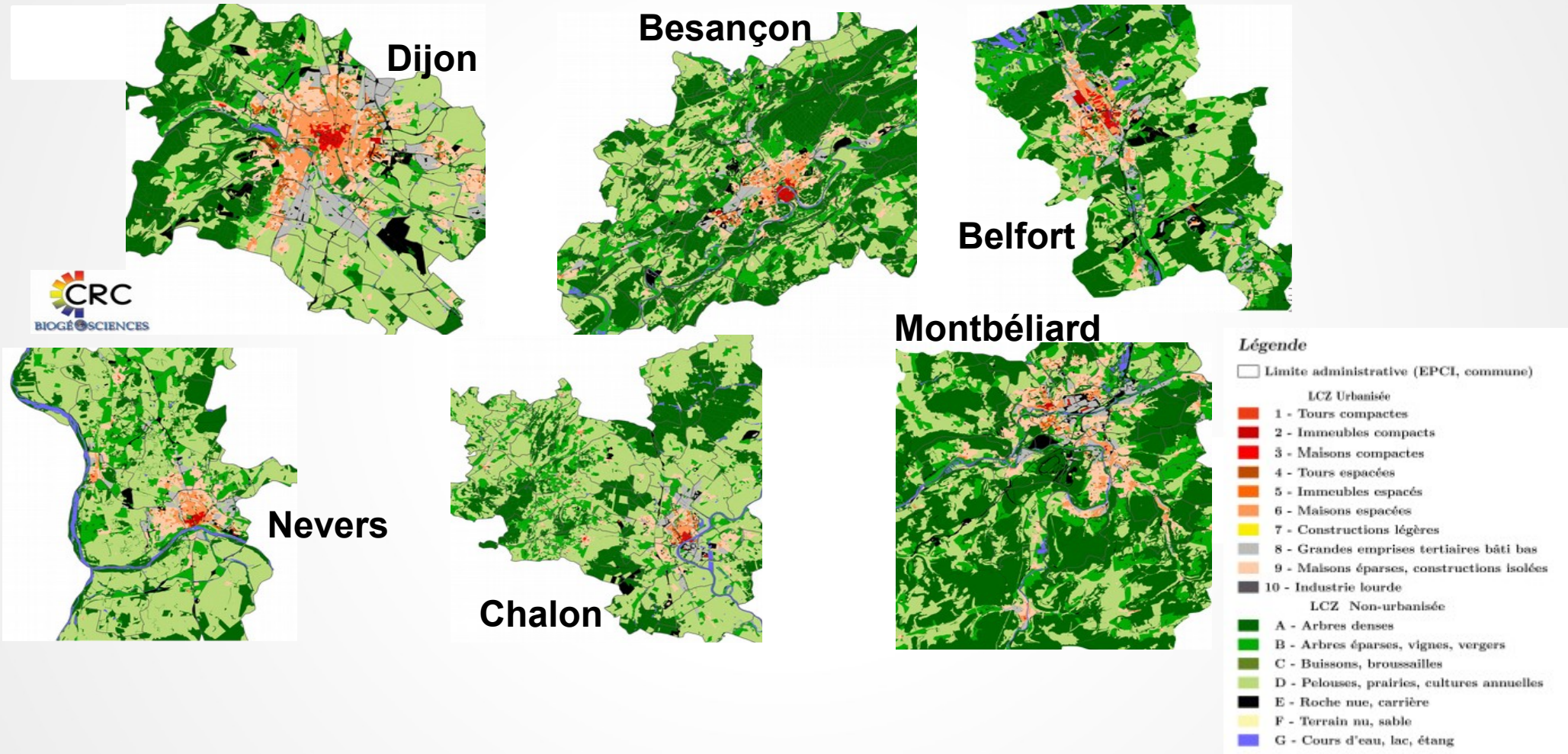


Oui mais où ? Dans quel quartier ? Quelle LCZ ?

# Conclusion

Il n'y a pas une seule solution, applicable partout, d'où la nécessité de :

- diagnostics préalables ;
- prendre en compte les différentes ambiances thermiques (LCZ).



Une ville, des acteurs, des citoyens, une palette de préconisations à co-construire et à décliner par LCZ