



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



METEO  
FRANCE

# Des services climatiques en milieu urbain

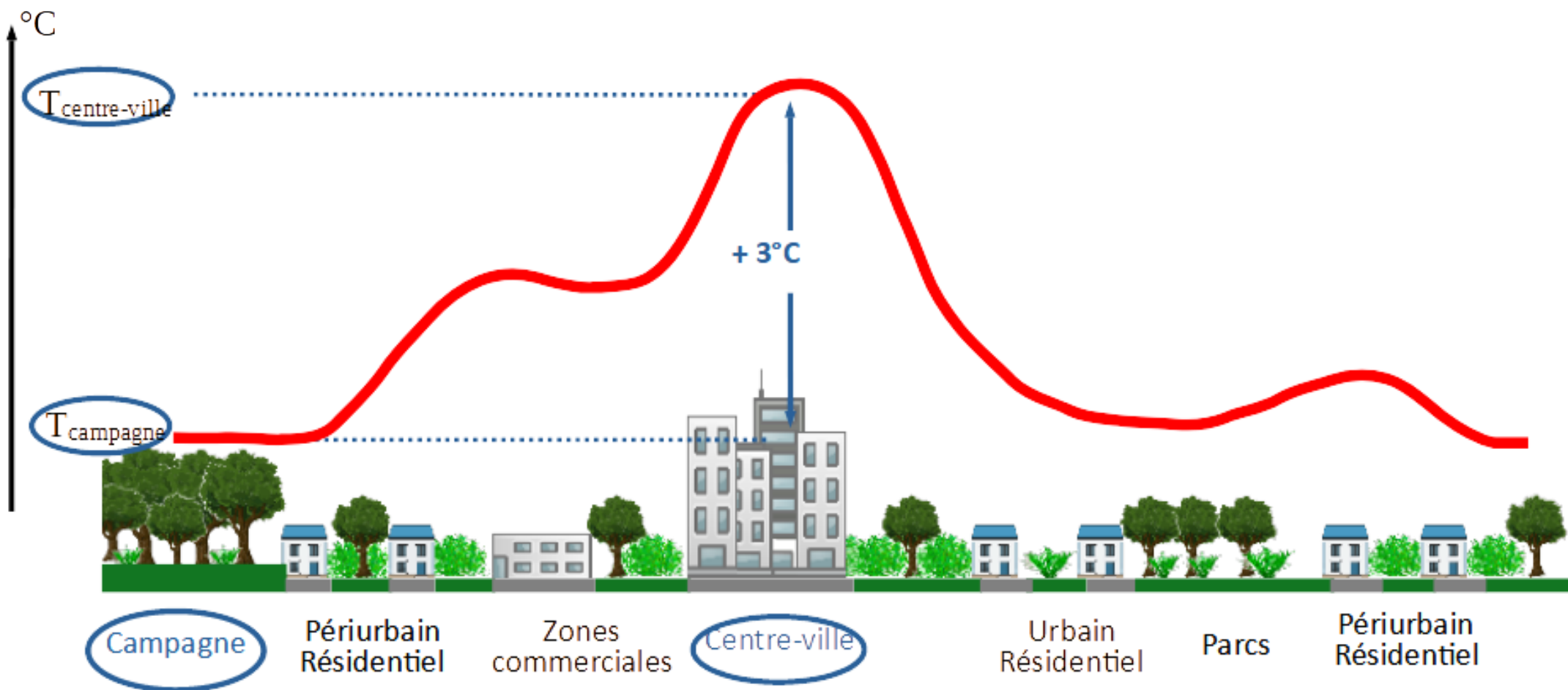
*Comprendre pour s'adapter*

Nous suivre et nous contacter :

<https://services.meteofrance.com/changement-climatique/ilot-de-chaaleur-urbain>

Raphaël Legrand (Direction des Services Météorologiques, Météo-France)

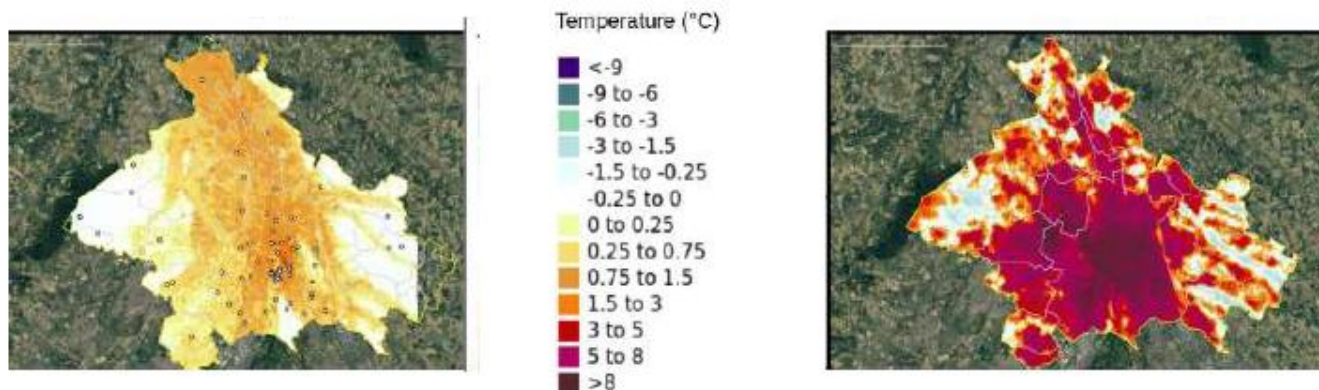
# Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU)



- Phénomène **nocturne**
- Plus chaud au centre-ville qu'en périphérie
- Cause : stockage de la chaleur par les matériaux urbains
- Conditions propices : **vent faible** et **beau temps**

# Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU)

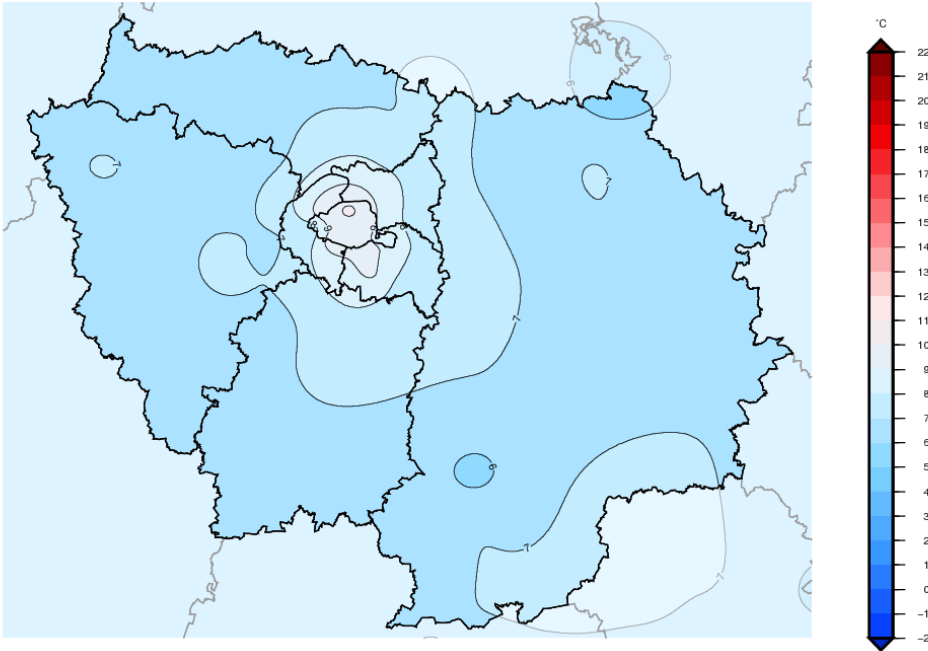
Îlot de chaleur urbain de l'air ≠ Îlot de chaleur urbain de surface



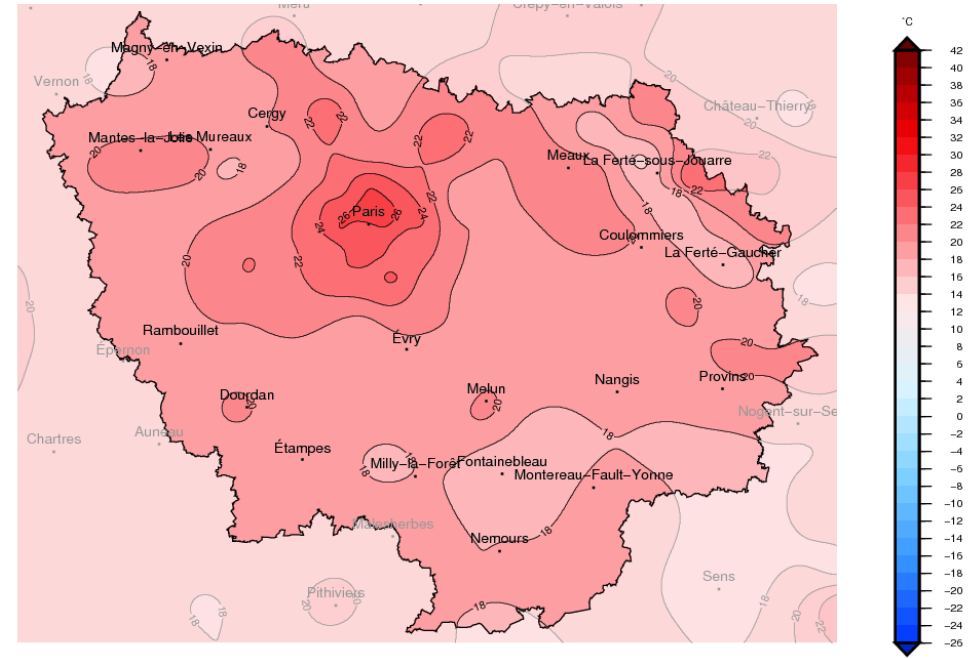
Comparaison ICU air / surface de nuit à Toulouse – Projet Thermocity © SCO 2022

|  | Ilot de chaleur urbain de l'air   | Ilot de chaleur urbain de surface   |
|--|---|---|
| <b>Mesure</b>  | Stations météo  | Imagerie satellite infra-rouge  |
| <b>Paramètre quantifié</b>   | Température de l'air<br>=> confort et stress thermique  | Température au niveau du <u>matériau</u>  |
| <b>Caractéristiques</b>  | Phénomène nocturne<br>Jour : faible intensité (~ 1 °C)<br>Nuit : intensité plus forte<br>(jusqu'à 10°C sur Paris) | Forte intensité et variabilité spatiale en particulier en journée<br><i>Ex : écart de 20°C entre parking et zone végétalisée en été</i> |
| <b>=&gt; Les études de Météo-France concernent principalement l'îlot de chaleur urbain <u>de l'air</u></b> |   |   |

# Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU)

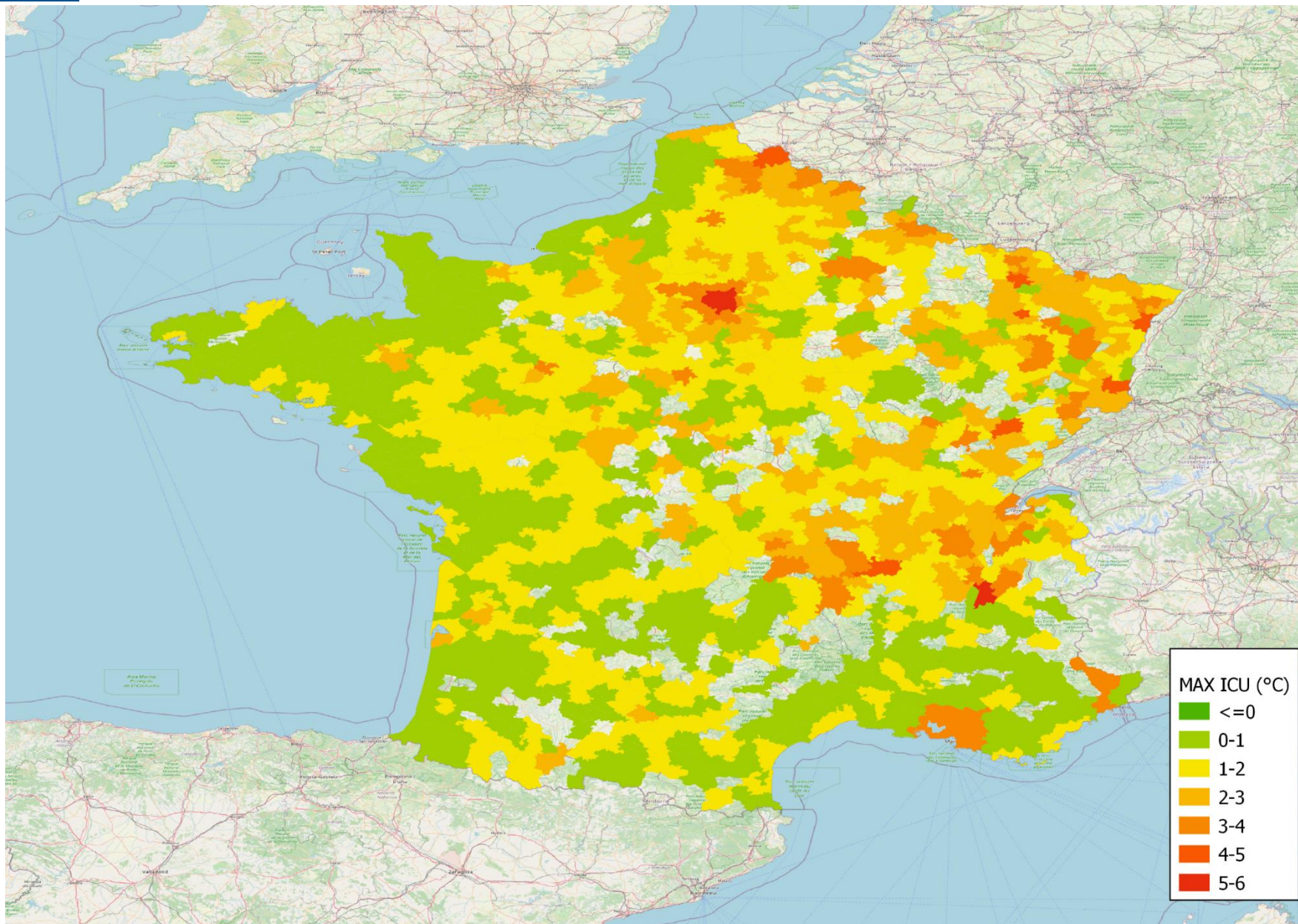


+2 à 3° en moyenne toute l'année sur Paris



+8-9°C sur situations propices: 12 Aout 2003

# Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU)



Valeur maximum de l'ICU pour toutes les communes de +10000habitants pour situation d'été « classique »  
[estimation faite par approche statistique]

# Qu'est ce qui favorise l'ICU?

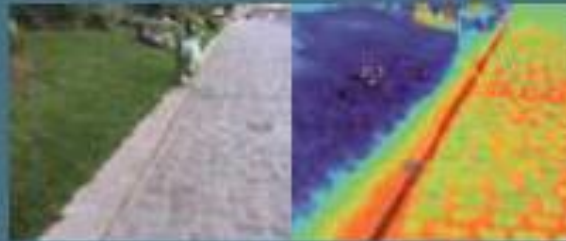
- Variation spatiale et temporelle du phénomène en fonction de la situation météo  
*[Lien par exemple avec les types/régimes de temps]*
- L'apparition de l'îlot de chaleur urbain est déterminée par :

## LA MORPHOLOGIE DE LA VILLE

(taille des bâtiments, orientation  
et exposition au rayonnement  
solaire et au vent)



## LES PROPRIÉTÉS RADIATIVES ET THERMIQUES DES MATÉRIAUX



## LE MODE D'OCCUPATION DES SOLS

(répartition des surfaces  
minéralisées et végétalisées)



Et à un degré moindre par :

- La chaleur liée aux activités humaines
- L'environnement régional

# Estimation de l'ICU? Observation ou Modélisation

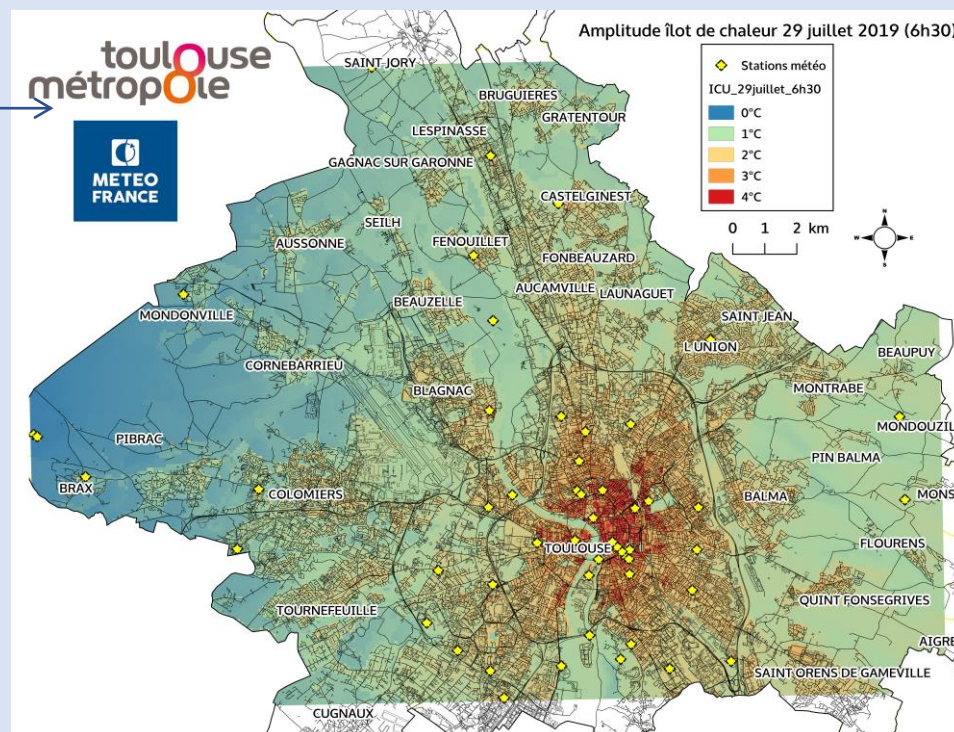
- OBSERVATION: Très peu de réseaux de mesures en ville mais campagne de mesure recherche

## Exemple: Réseau d'observation de Toulouse Métropole

- Réseau de 70 stations de mesures connectées (IoT) avec Toulouse Métropole
- Retour vers la recherche :
  - ce réseau a permis d'analyser la variabilité infra-urbaine de l'îlot de chaleur
  - ex: les zones industrielles ne sont pas particulièrement plus chaudes le jour

*Îlot de chaleur mesuré par le réseau de stations co-construit avec Toulouse Métropole le 29 juillet 2019, à 6h30.*

*Source : thèse de G. Dumas (2021).*



Données réutilisées en cartographie temps réel (mise en place par Info Climat):

[https://cartoport.com/icu\\_toulouse/](https://cartoport.com/icu_toulouse/)

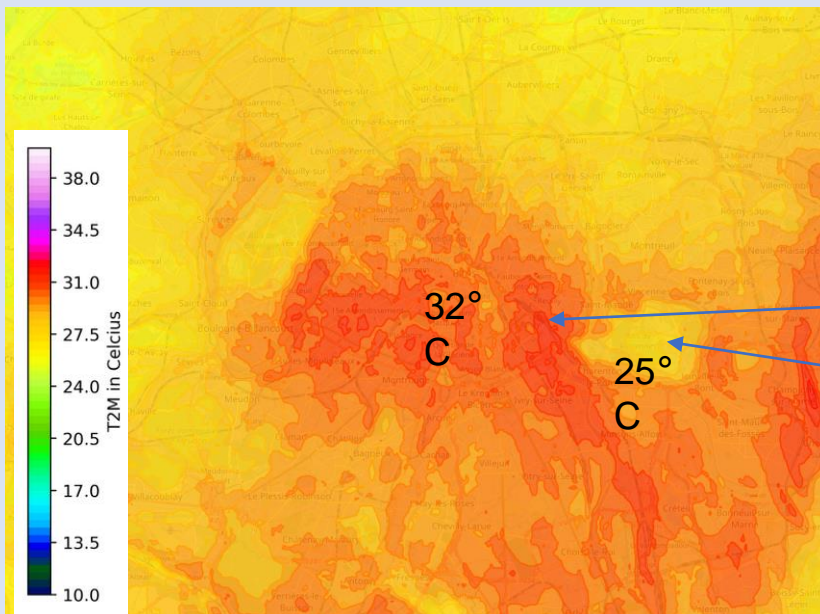
# Estimation de l'ICU? Observation ou Modélisation

- OBSERVATION: Très peu de réseaux de mesures en ville mais campagne de mesure recherche

## Exemple: campagne Paname



- Analyses croisées **observations - modèle** (à 100m de résolution spatiale)
- **Etude des processus** (*mieux comprendre pour mieux prévoir*)
  - Climat urbain à l'échelle hectométrique, effet des **parcs**
  - **Couplages** aérosols – rayonnement - atmosphère – surface
  - Potentiel des données connectées
- Etude des impacts sanitaires avec Santé Publique France



*Lancement de ballon  
météorologique depuis  
Paris*

site de lancer de ballons  
parc de Vincennes

Source:  
J. Wurtz (CNRM)



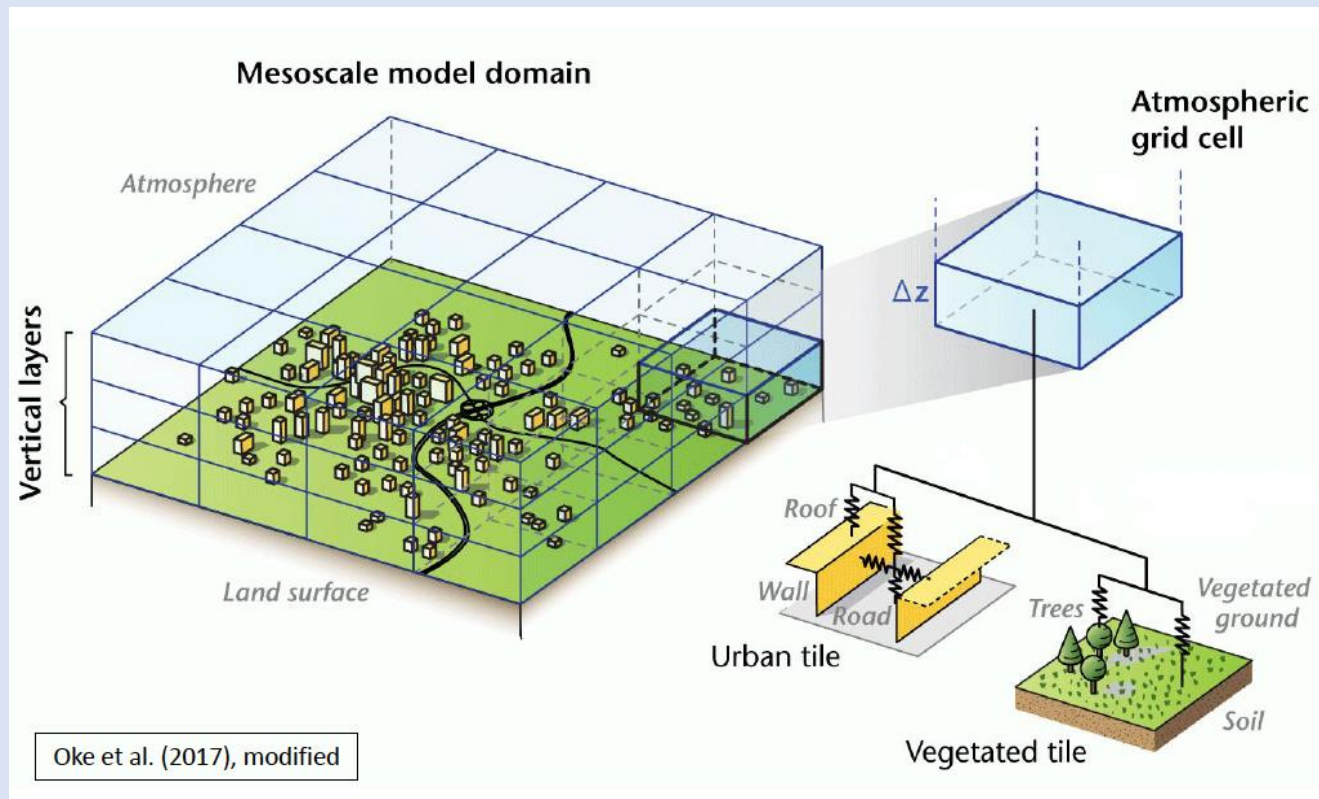


# Estimation de l'ICU? Observation ou Modélisation

- MODELISATION: prise en compte de la ville dans les modèle atmosphère+surface

## Modèle TEB

- Seul le **modèle de canopée urbaine TEB** est opérationnel (France, Canada, ACCORD)
  - Nouveau **groupe 'urbain'** dans ACCORD



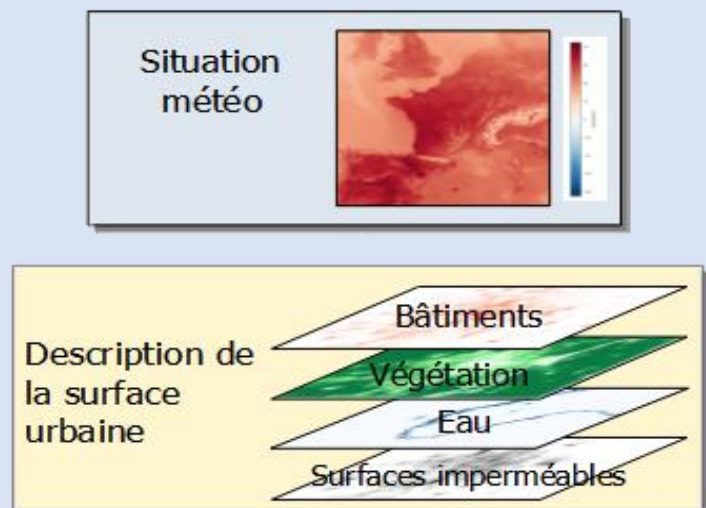
*Schématisation de la prise en compte des effets urbains dans un modèle météorologique grâce au schéma de ville **TEB** développé au CNRM*

# Estimation de l'ICU? Observation ou Modélisation

- **MODELISATION**: mise en place de service climat urbain pour accompagner les communes

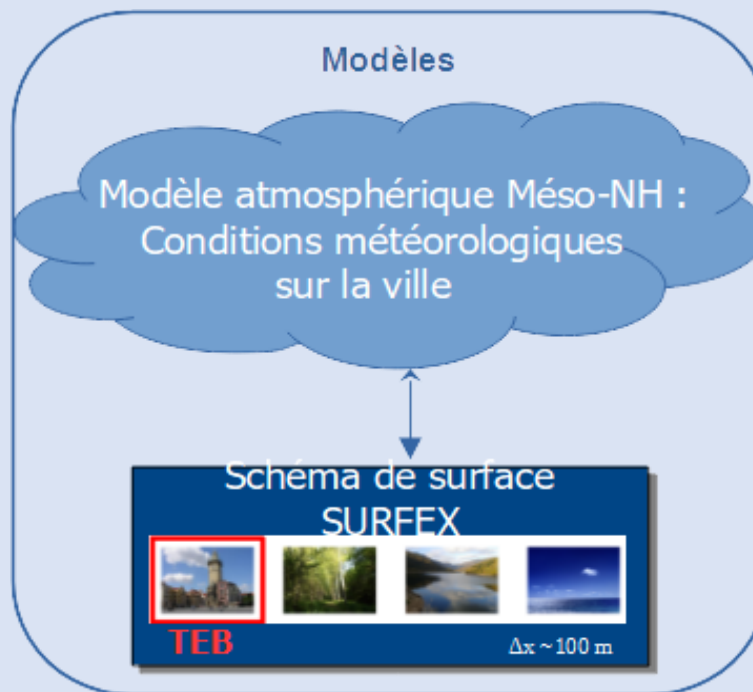
## Outil de modélisation CLUE

### Données d'entrée



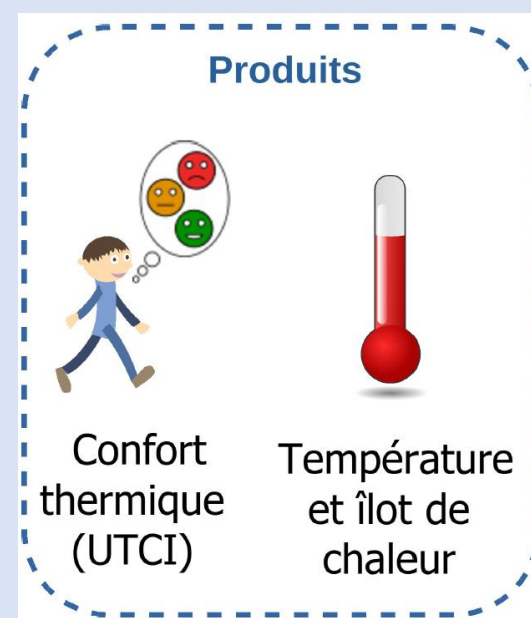
- **GeoClimate** : base de données issu d'un projet recherche pour la définition des surfaces urbaines.
- **EcoClimap** : base de données issu d'un projet recherche pour la définition des surfaces végétales (rurales).
- **Forçage AROME et AROME-Climat** : modèle du CNRM oper&recherche

### Modèles



- **MesoNH** : Modèle de recherche atmosphérique
- **Surfex** : Modèle de recherche (et opérationnel) de surface
- **ISBA** : Modèle de recherche des mailles « rurales »
- **TEB** : Modèle de recherche des mailles urbanisées

### Produits



- Projet de recherche et veille techno sur le lien météo et santé (UTCI, WBGT, vulnérabilité, ...)

# L'étude du Climat Urbain à Météo-France

## 2 équipes dédiées:

- Recherche amont (resp. Valéry Masson)
- Bureau d'étude (resp. Raphaël Legrand)

Découvrir

Diagnostiquer l'ICU « dans  
ses grandes lignes »

Modéliser

Rejeu de situation,  
résolution spatiale plus fine

Se projeter

Statistiques d'évolution des nuits « tropicales » et des  
journées très chaudes pour les niveaux de  
réchauffement de la TRACC par exemple...

S'adapter

Evaluer l'impact thermique des aménagements  
urbains à l'échelle « du paté de maison ».

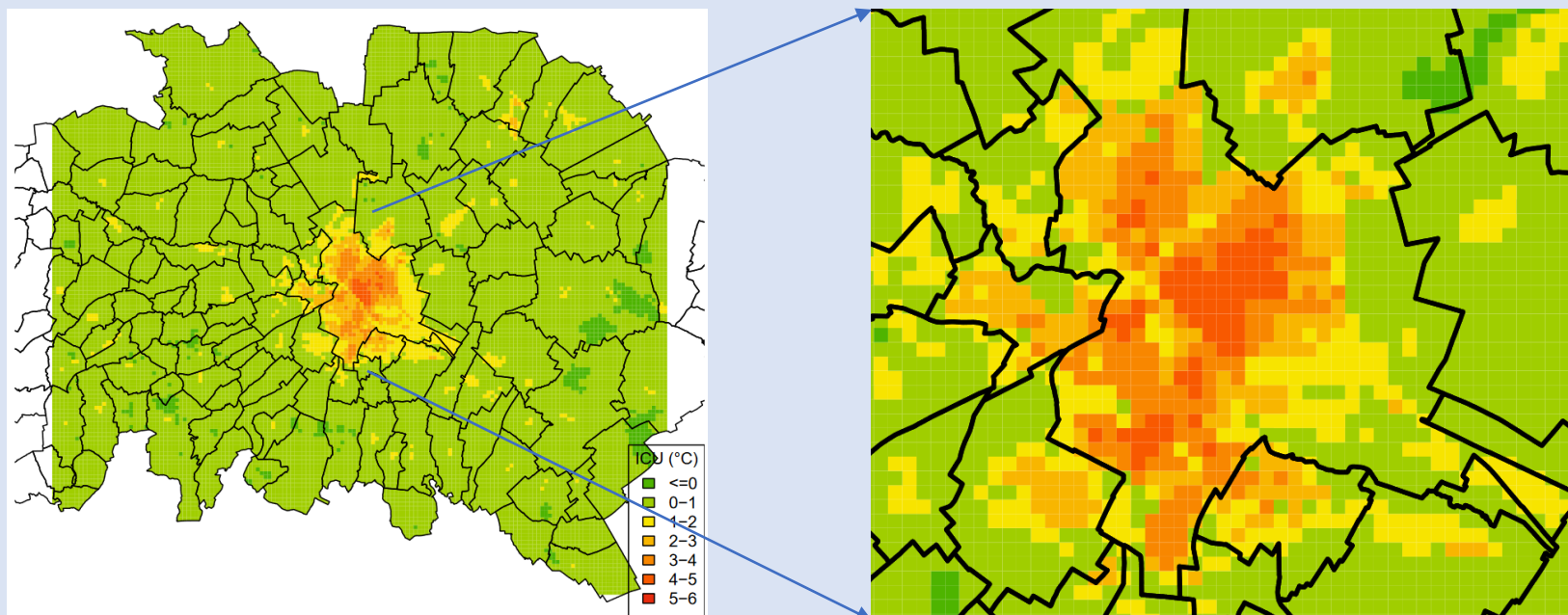
Les impacts

Indicateur pluri-disciplinaire pour  
prise en compte sur la santé,  
végétation, gestion de l'eau, etc...

## DECOUVRIR

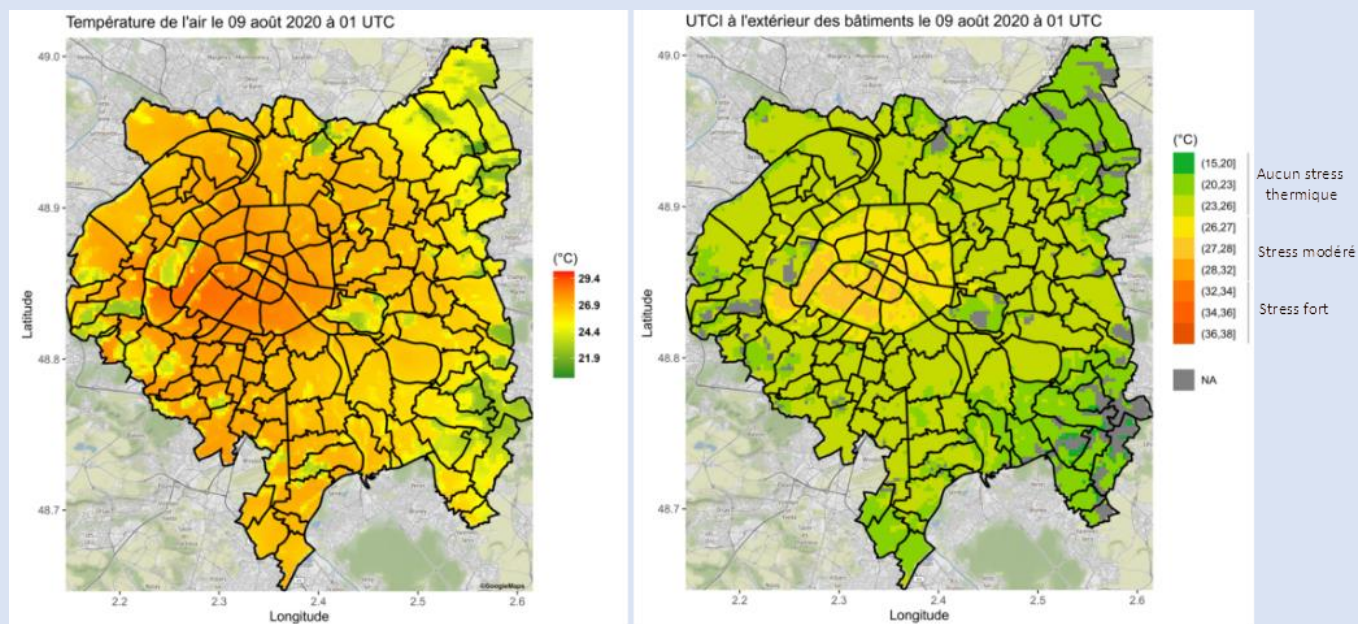
Comprendre le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) dans votre commune afin d'identifier les zones à risques:

- Cartes à résolution entre 100 et 250m de diagnostic de l'ICU: différence de température entre quartier et entre centre ville/Campagne
- Action de formation par les collègues de Météo-France au phénomène d'ICU ainsi qu'au changement climatique et ses impacts



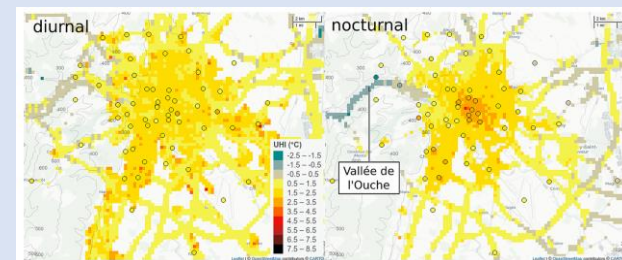
## MODELISER

Caractériser le phénomène d'ICU plus finement et sur des situations à enjeux



### Travaux en cours (Recherche)

- Potentiel des stations netatmo et des données de voitures connectées
- Raffinement des prévisions AROME par IA (utilisant des simulations à 100m MesoNH)
- Fusion de données observations / modèles
- Test de modélisation très haute résolution (quelques metres) + AROME 500m
- Raffinement de TEB (neige, hydrologie, échange radiatif, représentation de la végétation)



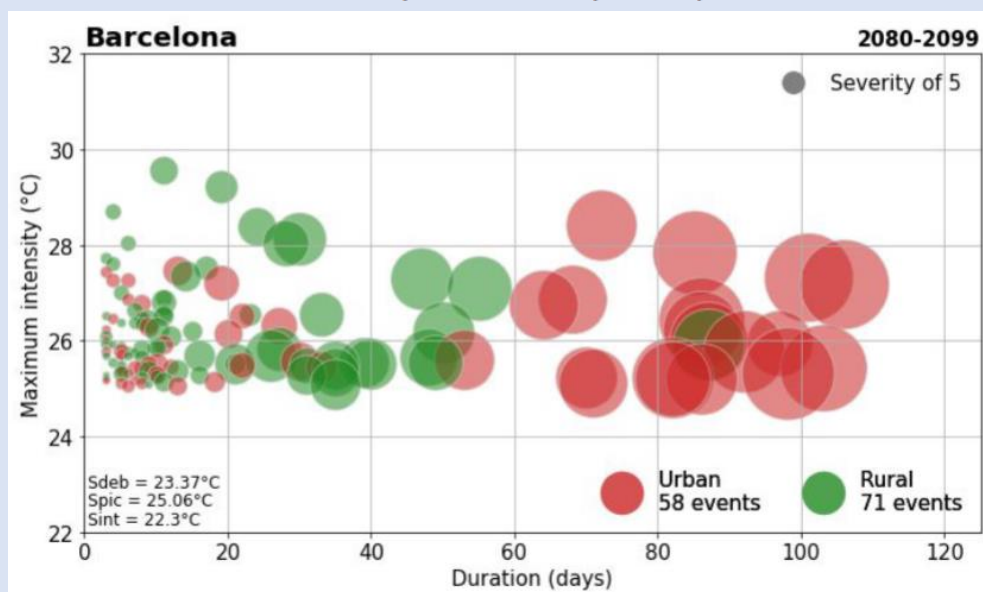
Îlot de chaleur observé par **véhicules personnels connectés** sur **Dijon** pendant l'été 2018.

Source : Marquès et al 2022, thèse de E. Marquès (CNRM)

## SE PROJETER

Caractériser les conditions urbaines en climat futur (ech/rcp ou TRACC +1, +1,5°, +2, +3°C) avec notamment la caractérisation de l'évolution de l'ICU et des statistiques de nuits chauds/très chaudes.

Canicules simulées par AROME (2.5km) en RCP8.5

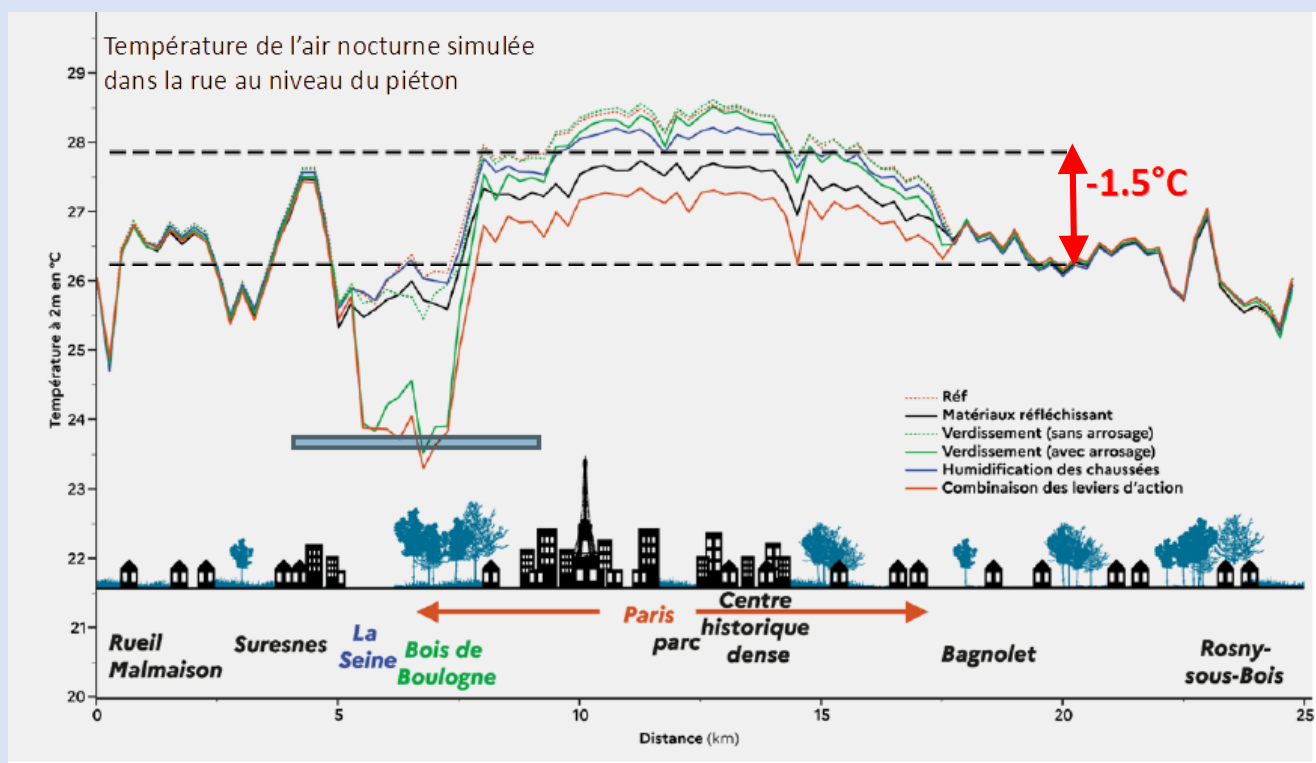


Travaux en cours (Recherche et Service)

- Thèse de Yohanna Michau: modélisation de l'évolution du climat urbain dans un contexte de changement global; soutenance 15 décembre 2023
- Développement d'une offre commerciale

## S'ADAPTER

Caractériser l'impact thermique de scénarios d'adaptation de la ville (végétalisation, désimperméabilisation, irrigation, modification de matériaux/d'albedo, utilisation de la climatisation)



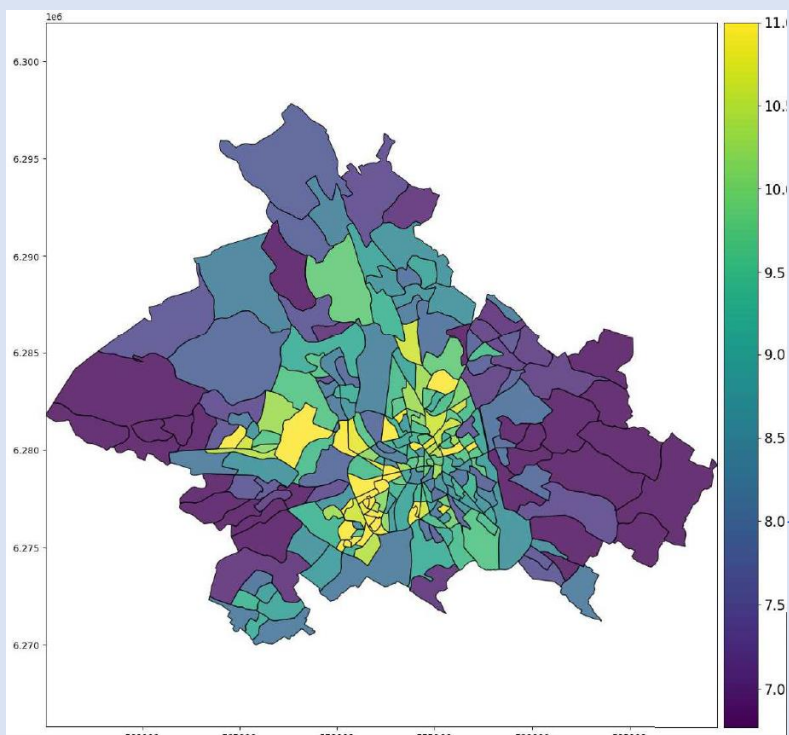
Combiner tous les leviers atténue l'ICU de 1.5°C la nuit  
Végétalisation : pas d'impact sans arrosage / si arbres  
Arrosage chaussées (jour) : impact très limité dans le temps

Travaux en cours (Recherche et Service)

- Raffinement de l'impact des scénarios d'urbanisation
- Prise en compte de l'extension de la ville
- Accompagnement sur l'effet des aménagements urbains « de petites tailles »

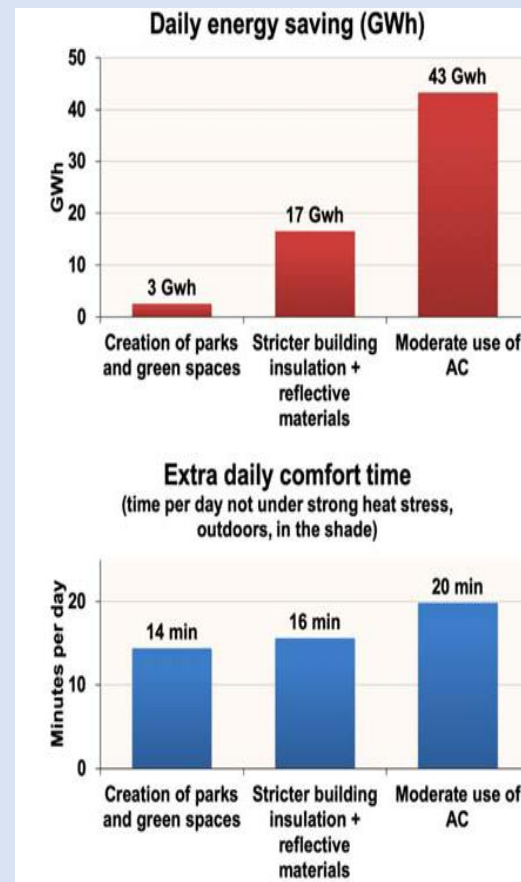
## IMPACTS

Prise en compte des impacts de l'exposition à l'ICU sur les habitants des villes (confort thermique, consommation d'énergie, impact sur la santé)



### Comparaison des stratégies


Gain en confort thermique  
Economie d'énergie (clim)  
Gestion de la ressource en eau



Travaux en cours (Recherche et Service)

- Suite projet H2S et développement d'indicateur de vulnérabilité
- Raffinement de scénario énergétique
- Utilisation des panneaux PV





## Des services climatiques en milieu urbain

*Comprendre pour s'adapter*

Nous suivre et nous contacter :

<https://services.meteofrance.com/changement-climatique/ilot-de-chaaleur-urbain>



Raphaël Legrand (Direction des Services Météorologiques, Météo-France)

Merci à Valéry Masson, Aude Lemonsu et Aurélie Poyet pour la plupart des supports.