

# SYMPOSIUM FINAL H2C

CHALEUR ET SANTÉ EN VILLE

Lundi 6 octobre 2025 – *Projet financé par l'ANR (ANR-20-CE22-0013)*



FINANCIÉ PAR  
**ANR**



**CSTB**  
le futur en construction

**Santé publique France**

**AIR PARIF**

**L'INSTITUT PARIS REGION**

# SÉQUENCE A

---

## Le défi de l'observation et de la restitution des températures en ville

---

*Animation : Thomas HEMMERDINGER, Directeur de l'AREC, IPR*

## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), CNRM Météo France, projet H2C
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, SOLIDEO
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

## Aude LEMONSU

Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C)  
Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) Météo France  
*Projet H2C*

## Malika MADELIN

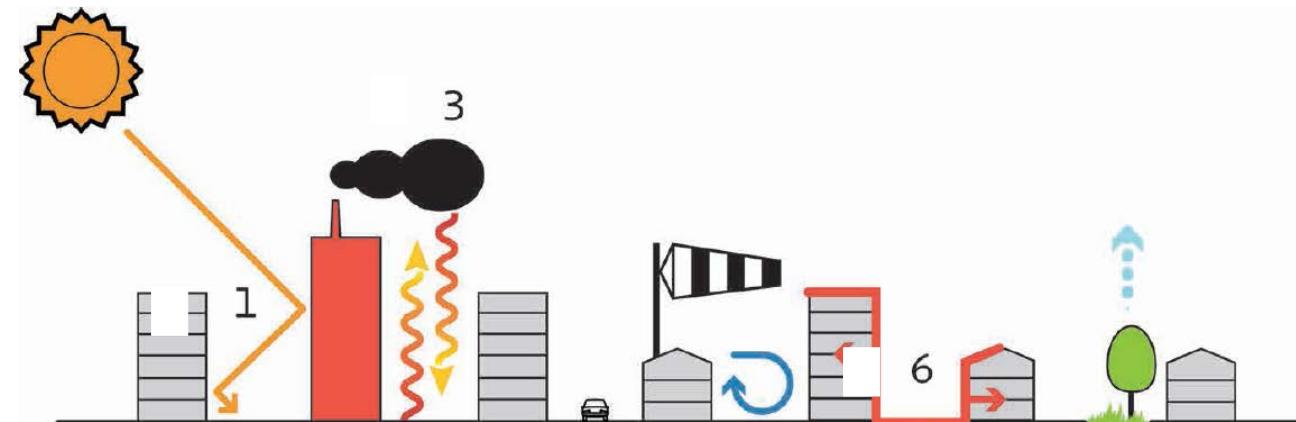
Enseignante-chercheuse à l'Université Paris Cité  
Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographie (PRODIG)  
*Projet H2C*



# SPÉCIFICITÉ DES ENVIRONNEMENTS URBAINS

Environnements urbains > Modification du milieu naturel  
> Climat local spécifique = **climat urbain**

- **Matériaux artificiels et imperméables**
- **Morphologie tridimensionnelle complexe**
- **Activités humaines sources de chaleur/humidité**



Source : Causes urban heat islands. Designing the Urban Microclimate, Phd thesis, M. Pijpers van Esch

# SPÉCIFICITÉ DES ENVIRONNEMENTS URBAINS

## Environnements urbains > Modification du milieu naturel

- > Climat local spécifique = **climat urbain**
- > Interactions avec la **météo** et le **climat**
- > Enjeux **environnementaux** et de **santé publique**



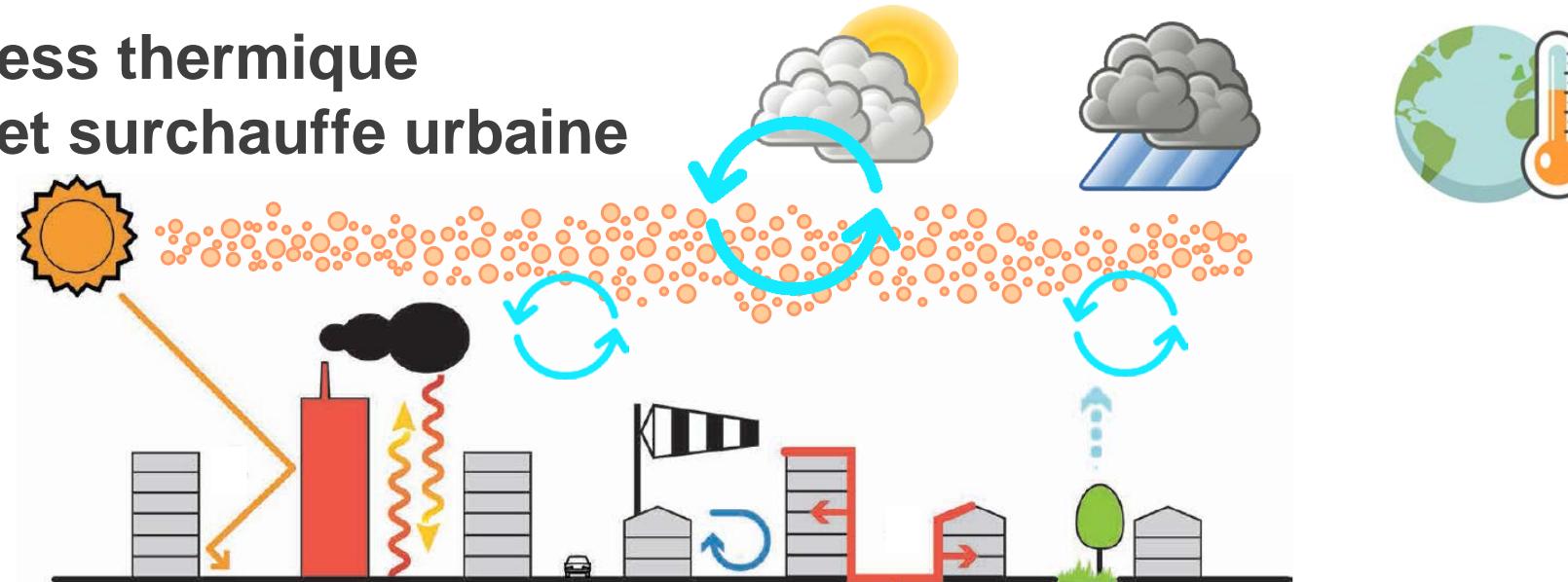
Source : Causes urban heat islands. Designing the Urban Microclimate, Phd thesis, M. Pijpers van Esch

# SPÉCIFICITÉ DES ENVIRONNEMENTS URBAINS

Environnements urbains > Modification du milieu naturel

- > Climat local spécifique = **climat urbain**
- > Interactions avec la **météo** et le **climat**
- > Enjeux **environnementaux** et de **santé publique**

## Îlot de chaleur urbain Stress thermique et surchauffe urbaine



Source : Causes urban heat islands. Designing the Urban Microclimate, Phd thesis, M. Pijpers van Esch

# TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

**Îlot de chaleur urbain (ou ICU) :** Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

- Métrique souvent exprimée à l'échelle de la ville (par rapport à son environnement) :

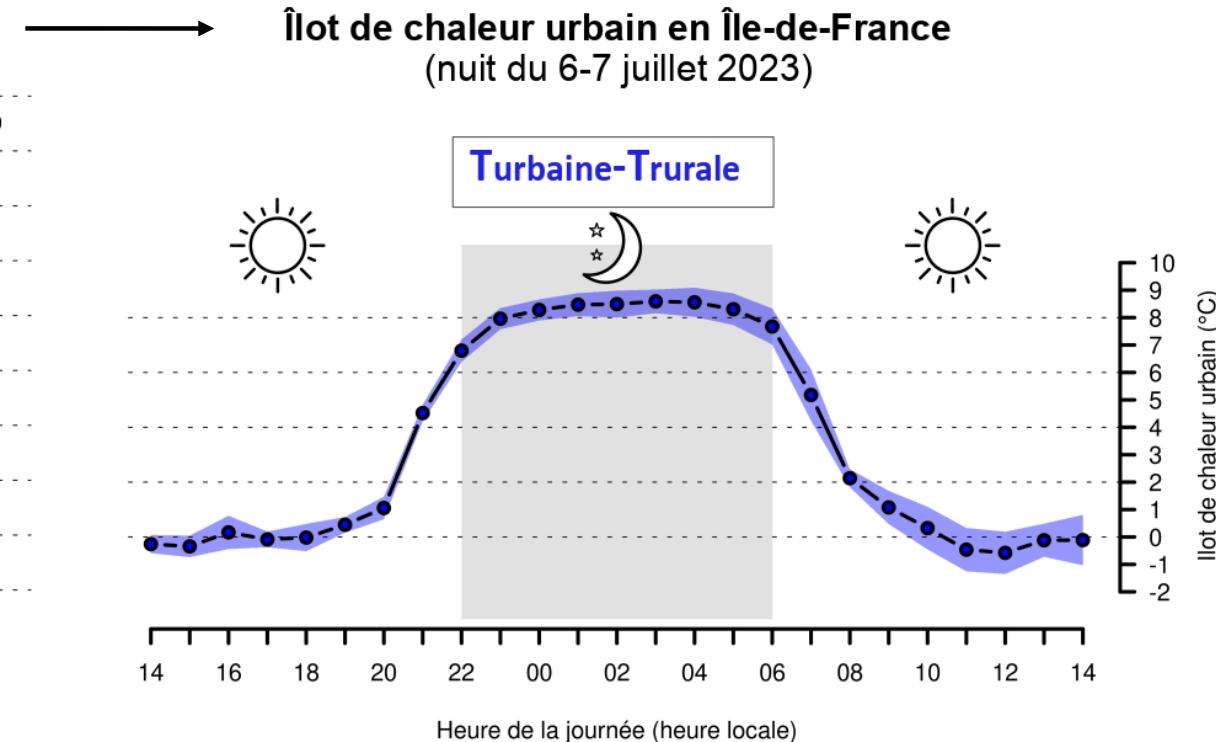
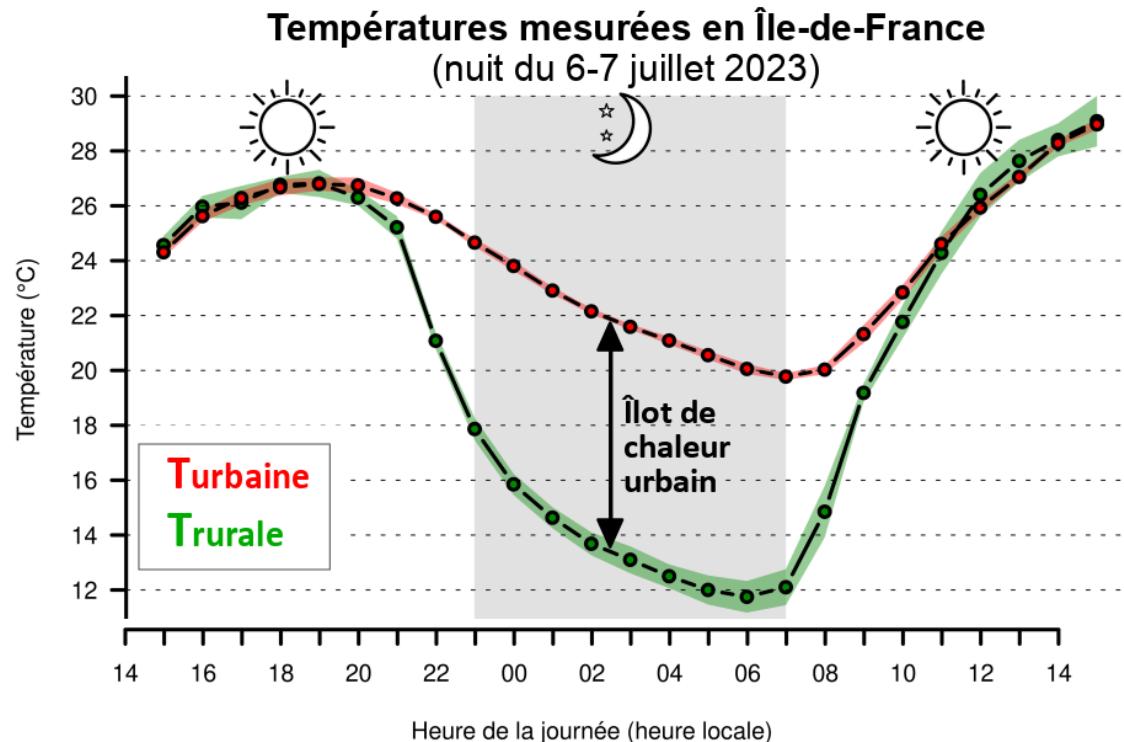
$$\text{ICU} = T_{\text{Turbaine}} - T_{\text{rural}} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

# TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

**Îlot de chaleur urbain (ou ICU) :** Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

- Métrique souvent exprimée à l'échelle de la ville (par rapport à son environnement) :

$$\text{ICU} = \text{Turbaine} - \text{Trurale} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$



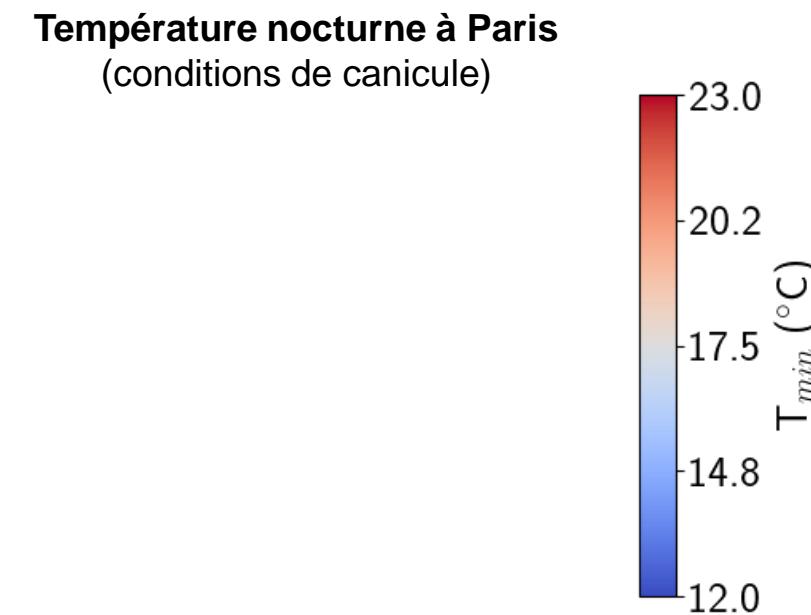
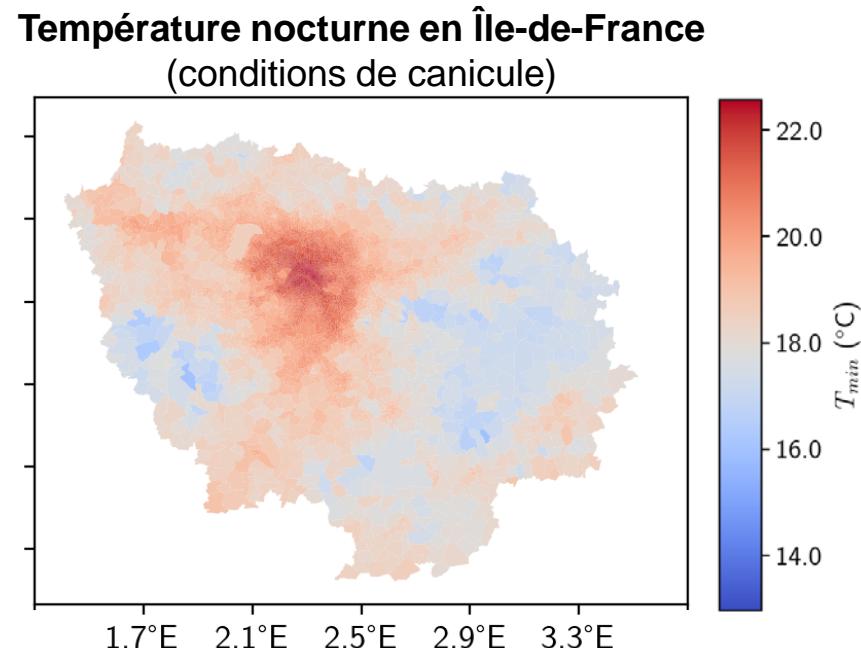
# TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

**Îlot de chaleur urbain (ou ICU) :** Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

- Métrique souvent exprimée à l'échelle de la ville (par rapport à son environnement) :

$$\text{ICU} = T_{\text{urbaine}} - T_{\text{rurale}} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

- Déclinaison à différentes échelles spatiales : région – ville – quartiers



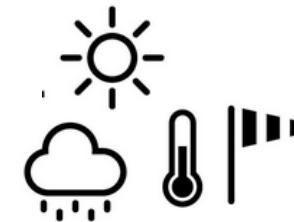
# TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

**Îlot de chaleur urbain (ou ICU) :** Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

- Métrique souvent exprimée à l'échelle de la ville (par rapport à son environnement) :

$$\text{ICU} = T_{\text{Turbaine}} - T_{\text{rural}} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

- Déclinaison à différentes échelles spatiales : région – ville – quartiers
- Phénomène variable dans le temps et dans l'espace :
  - Selon le contexte **géographique**, l'**occupation du sol** autour de la ville
  - Selon la **taille de la ville**, les **typologies urbaines**
  - Selon les **conditions météorologiques**



# TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

**Îlot de chaleur urbain** (ou **ICU**) : Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

- Métrique souvent exprimée à l'échelle de la ville (par rapport à son environnement) :

$$\text{ICU} = \text{Turbaine} - \text{Trural} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

- Déclinaison à différentes échelles spatiales : région – ville – quartiers
- Phénomène variable dans le temps et dans l'espace

- Basé sur la mesure de la **température de l'air près de la surface**
- Besoin d'une **mesure « continue »** dans le temps (pour évaluer les variations)
- Besoin de couvrir **différentes localisations** (pour caractériser les contrastes)

# MESURE ET SUIVI DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

- **Stations météo conventionnelles** (réseau Météo-France)

- Couvrent tout le territoire français
- Pas représentatives des environnements urbains



- **Stations urbaines dédiées**

- Peu de villes équipées (équipes de recherche ou coll. métropoles)
- Déploiement dans Paris dans le cadre de PANAME (centre et 13e)



- **Stations personnelles connectées Netatmo**

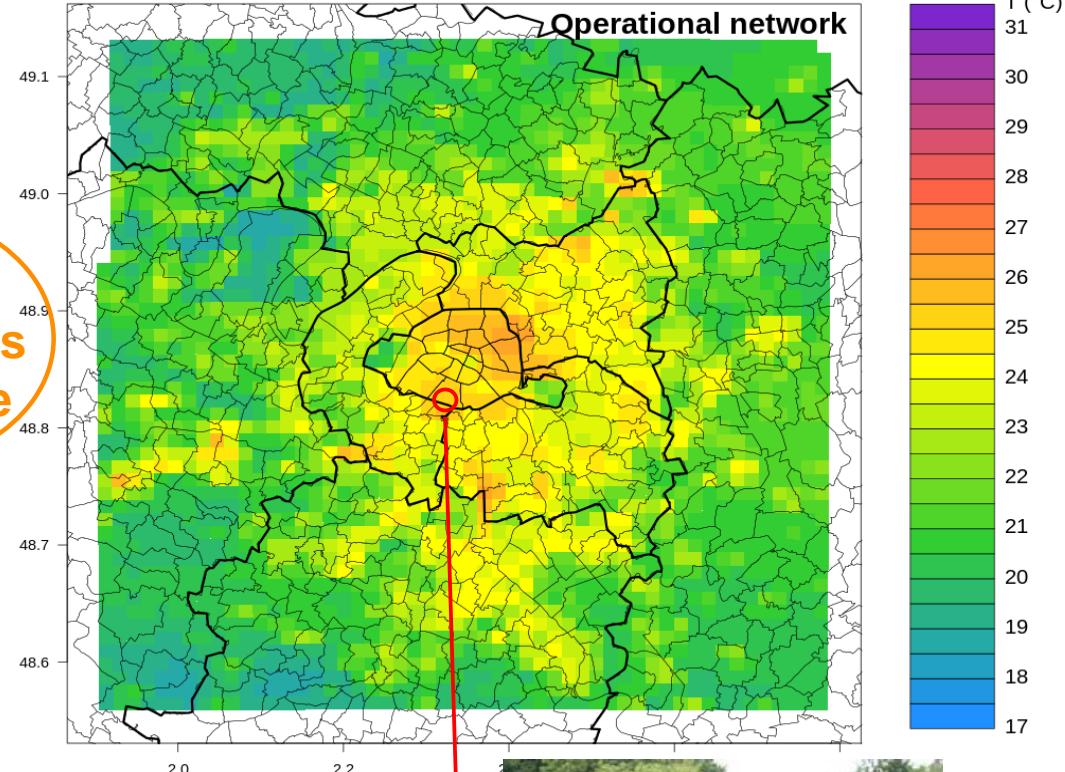
- Réseau très dense en France dans les zones urbaines
- Entachées d'incertitudes (liées aux standards d'installation)



# MESURE ET SUIVI DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Températures nocturnes au cours de la nuit du 24-25 juillet 2019

Différence  
de ~3°C dans  
Paris centre



Réseau Netatmo  
interpolée à 1 km de  
résolution

Source : M. Claeys, projet H2C

Réseau Météo-France  
interpolée à 1.25 km de  
resolution

Parc Montsouris :  
Station historique urbaine



# MESURE ET SUIVI DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

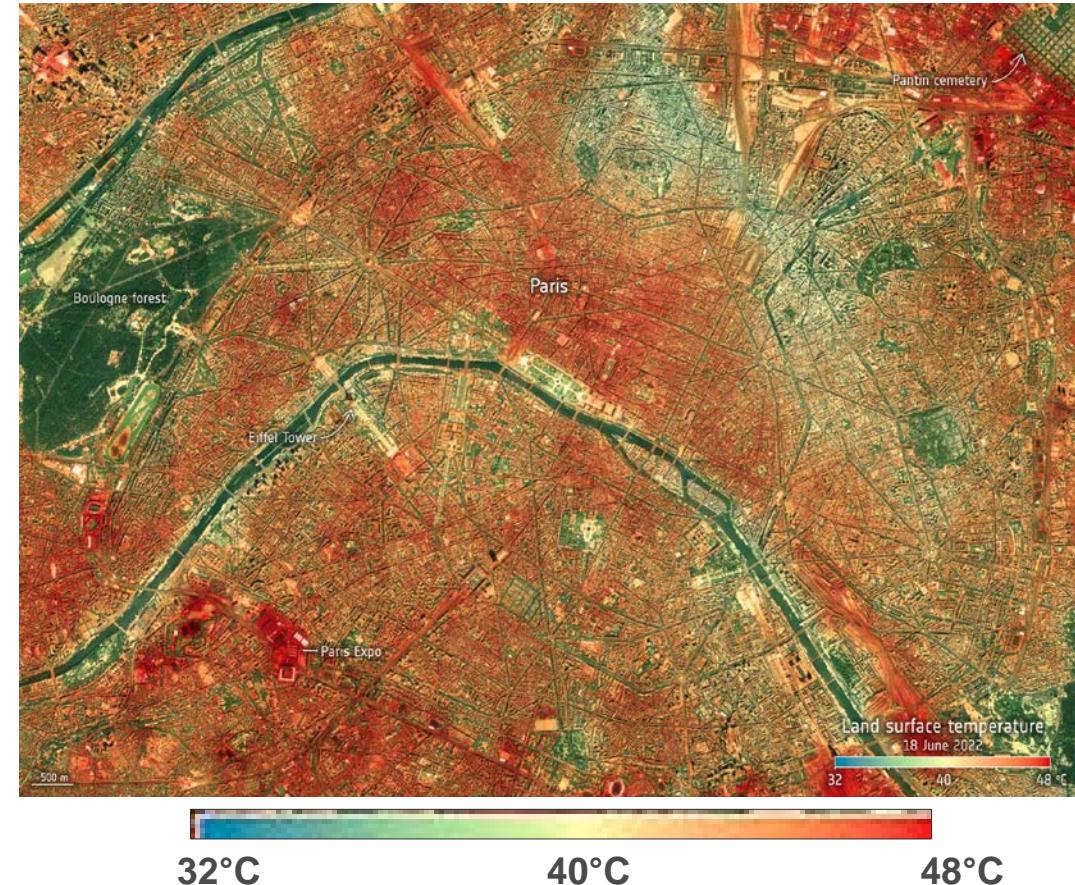
## Mesures satellitaires

- Accès à des produits de température des surfaces (LST)
- Mesure indirecte à partir du rayonnement infrarouge thermique (IRT) mesuré au sommet de l'atmosphère par le satellite

## Interprétation/Usage des données

- Différente de la température de l'air mesurée par un thermomètre
- Cartographie différente des ICU (surtout en journée)
- > **Îlot de chaleur urbain de surface**

Image satellitaire de température des surfaces  
(Paris, 18 juin 2022 11h50)



Source : NASA/JPL-Caltech

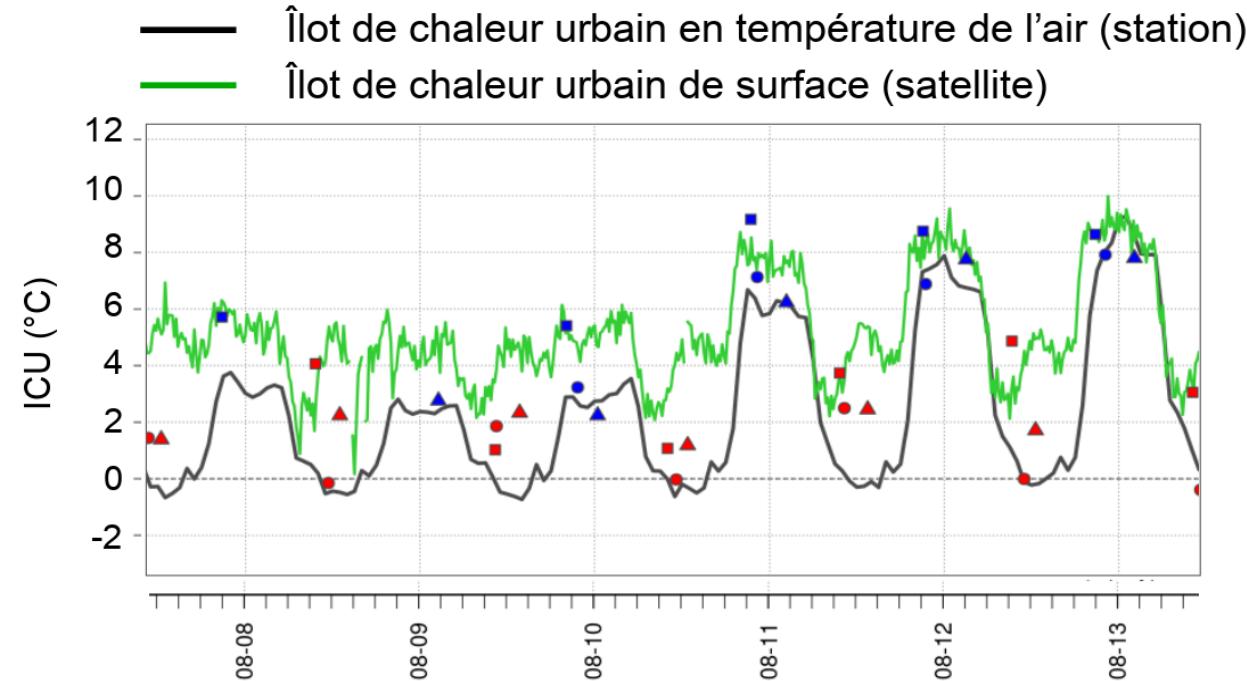
# MESURE ET SUIVI DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

## Mesures satellitaires

- Accès à des produits de température des surfaces (LST)
- Mesure indirecte à partir du rayonnement infrarouge thermique (IRT) mesuré au sommet de l'atmosphère par le satellite

## Interprétation/Usage des données

- Différente de la température de l'air mesurée par un thermomètre
- Cartographie différente des ICU (surtout en journée)
- > **Îlot de chaleur urbain de surface**



Source : A. Lemonsu, projet H2C

# STRESS THERMIQUE ET SURCHAUFFE URBAINE



**Surchauffe urbaine** : ensemble des phénomènes liés à la dégradation du ressenti thermique en ville en période de forte chaleur, de jour comme de nuit

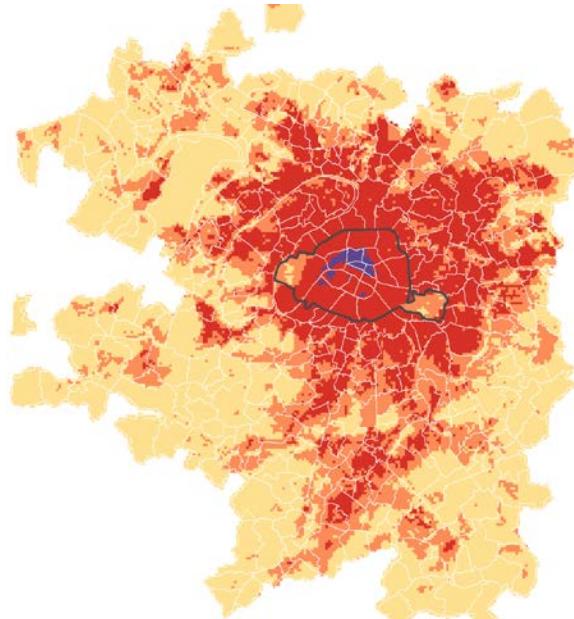
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales

# STRESS THERMIQUE ET SURCHAUFFE URBAINE

**Surchauffe urbaine** : ensemble des phénomènes liés à la dégradation du ressenti thermique en ville en période de forte chaleur, de jour comme de nuit

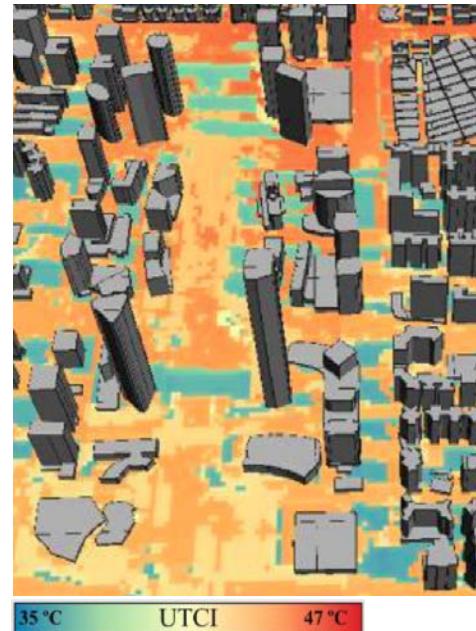
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales
- Déclinaison à différentes échelles spatiales : quartiers – espaces publics – logements

Classes d'intensité d'ICU à Paris



Source : projet ANR MApUCE

Carte d'indice UTCI



<https://doi.org.insu.bib.cnrs.fr/10.1016/j.scs.2024.105628>

Mesures de température le long d'un parcours



Source : projet ANR EUREQUA

# STRESS THERMIQUE ET SURCHAUFFE URBAINE

**Surchauffe urbaine** : ensemble des phénomènes liés à la dégradation du ressenti thermique en ville en période de forte chaleur, de jour comme de nuit

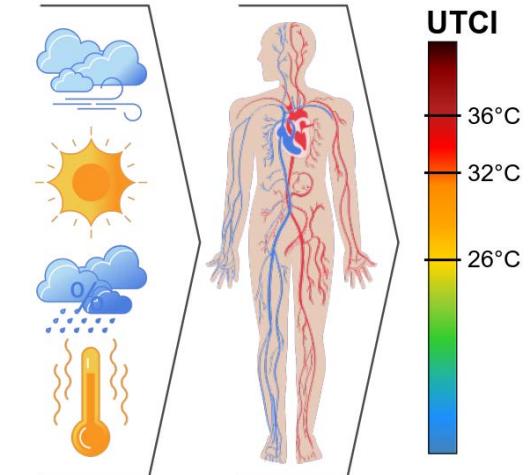
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales
- Déclinaison à différentes échelles spatiales : quartiers – espaces publics – logements

- Complémentaire à la mesure de température de l'air et d'ICU
  - Basé sur le calcul d'**indices de stress thermique** et de **seuils associés**
  - Besoin de **mesures dédiées** ou de **modélisation fine** pour un espace urbain

# MESURE ET SUIVI DU STRESS THERMIQUE

- **Diversité d'indices de stress thermiques**

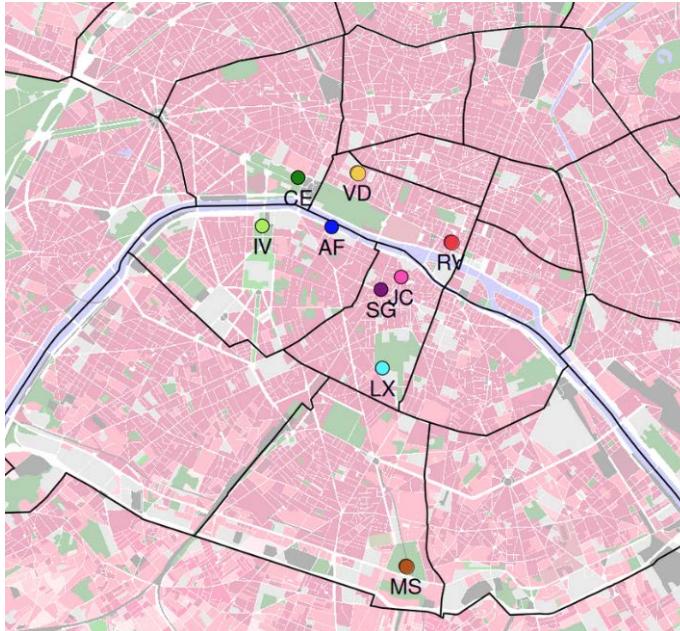
- Différents secteurs d'application
- Méthodes de mesure et de calcul plus ou moins sophistiquée
  - Variables : température, humidité, vent, rayonnement
  - Modèle physiologique et facteurs individuels



- **Complexité de la mesure**

- Mesures colocalisées des différentes variables
- Représentativité de la mesure, effets très locaux
- Besoin de modèle pour passer à la cartographie

# MESURE ET SUIVI DU STRESS THERMIQUE



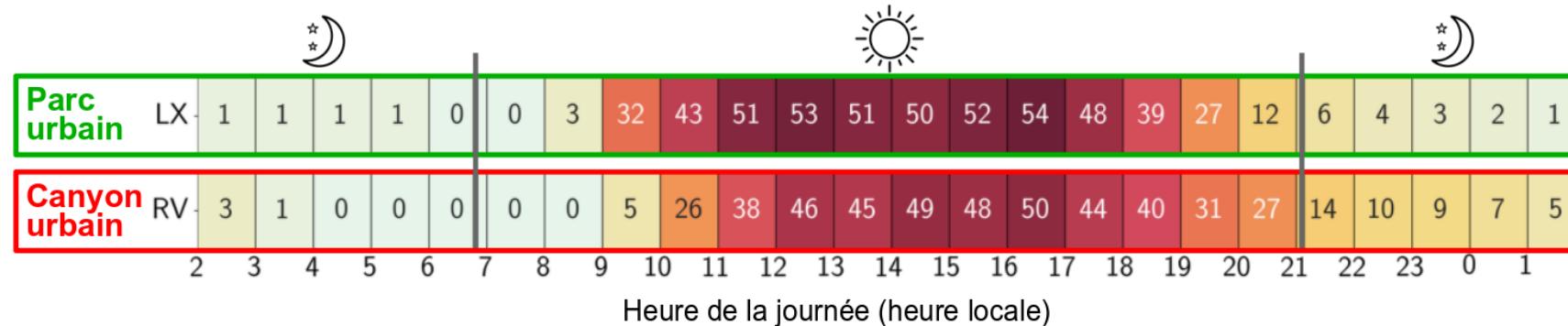
MS	Parc Montsouris
LX	Jardin du Luxembourg
CE	Jardin des Champs Elysées
IV	Place des Invalides
VD	Place Vendome
RV	Rue de Rivoli
SG	Boulevard Saint-Germain
JC	Rue Jacques Callot
AF	Quai Anatole France

Groupings on the right side of the table:

- Parcs urbains (Urban Parks): MS, LX, CE
- Esplanade végétalisée (Vegetated Esplanade): IV
- Place minéralisée (Mineralized Place): VD, RV
- Rues “canyon” (Canyon Streets): SG, JC
- Bord de Seine (Seine Bank): AF



# MESURE ET SUIVI DU STRESS THERMIQUE



**Nombre d'heures de stress thermique modéré (66 jours de ciel clair)**



Température de l'air  
UTCI au soleil  
UTCI à l'ombre

- **En journée :** Exposition au stress plus importante dans le parc si la mesure est au soleil
  - ⚠ Résultat différent si le capteur est à l'ombre
- **La nuit :** Exposition persistante dans la rue en raison de l'effet d'ICU

# REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE DES TEMPÉRATURES

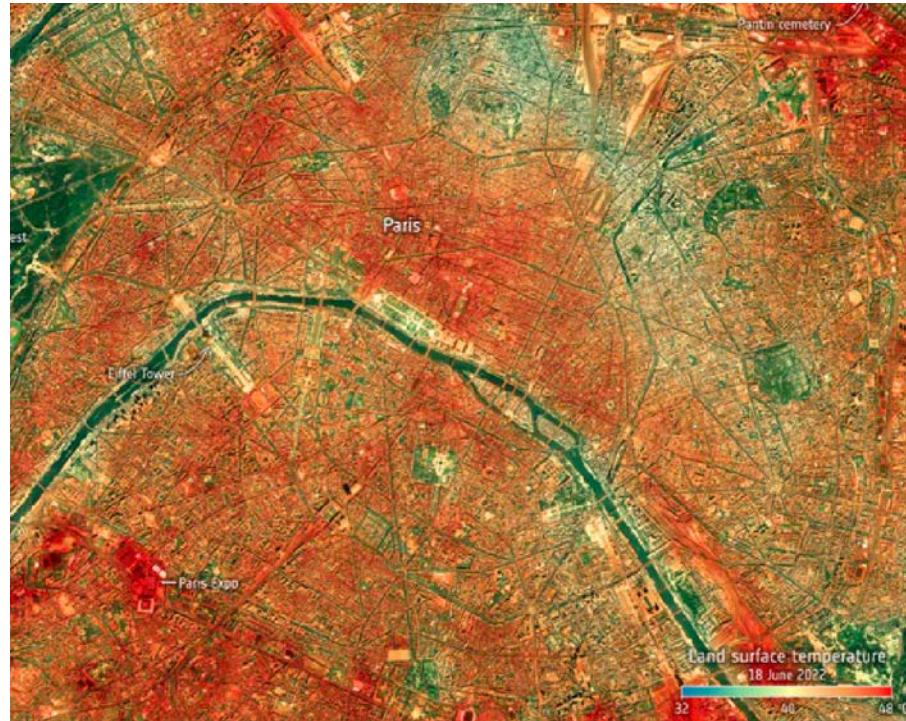


Image satellitaire de température des surfaces, le 18 juin 2022 (11 h 50) sur Paris

[Sources : NASA/JPL-Caltech]

## La carte est essentielle...

- pour révéler les structures spatiales, les contrastes thermiques, les gradients,
- pour comprendre et faire comprendre les processus sous-jacents,
- pour croiser plusieurs informations géographiques (température - population - santé...),
- comme outil de dialogue, support de communication, aide à la décision...

# REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE DES TEMPÉRATURES

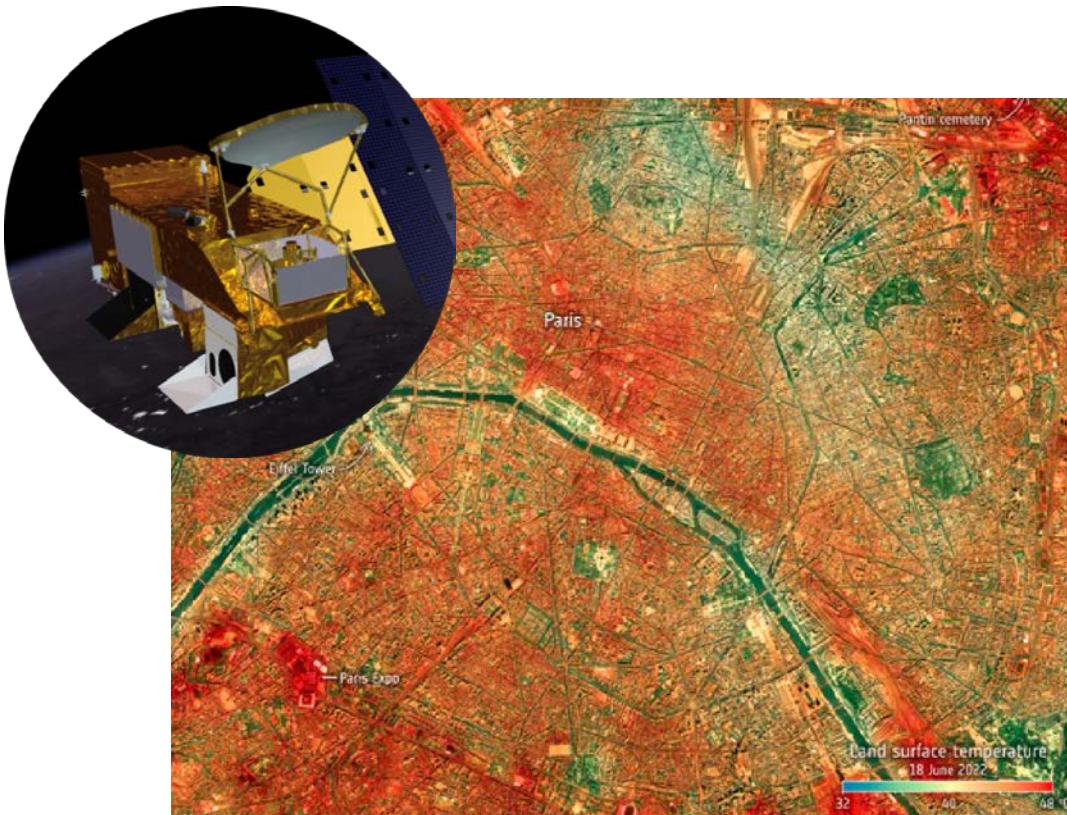
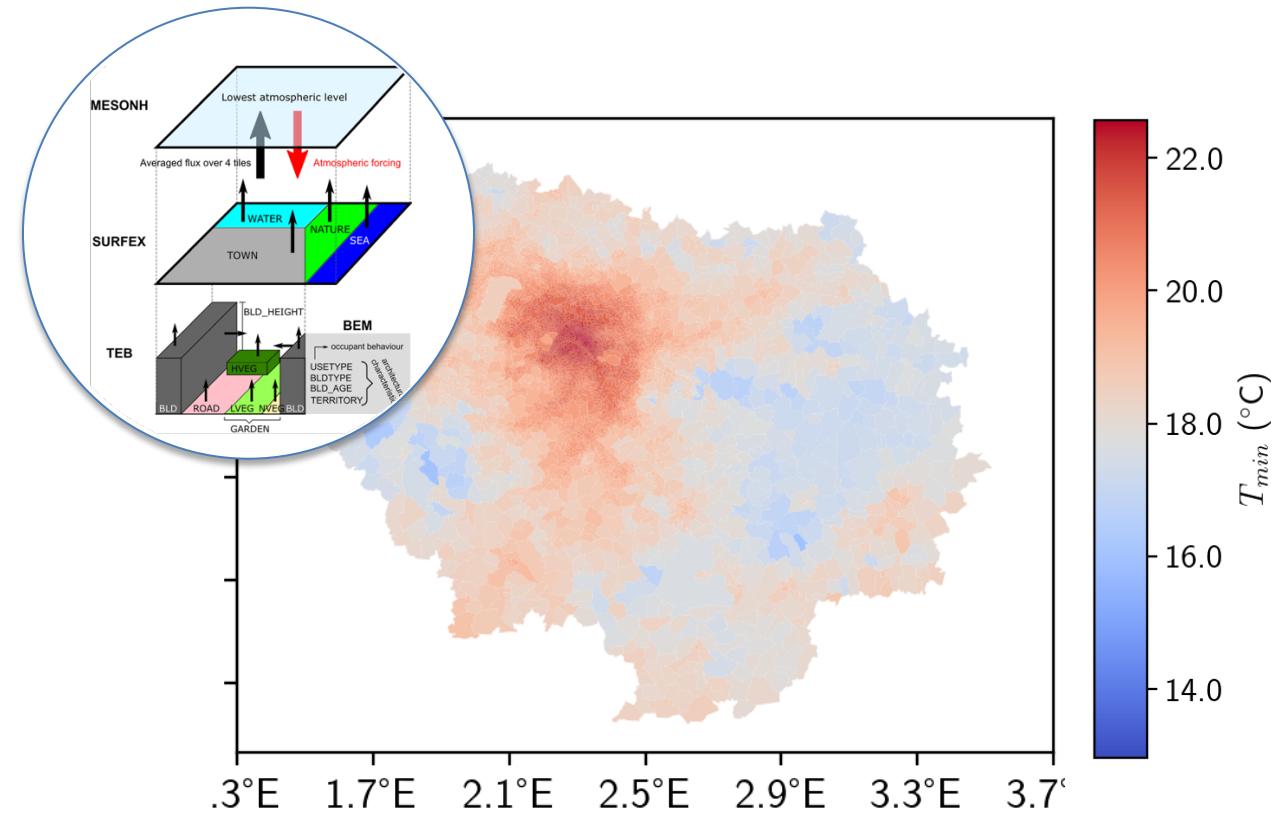


Image satellitaire de température des surfaces, le 18 juin 2022 (11 h 50) sur Paris

[Sources : NASA/JPL-Caltech]



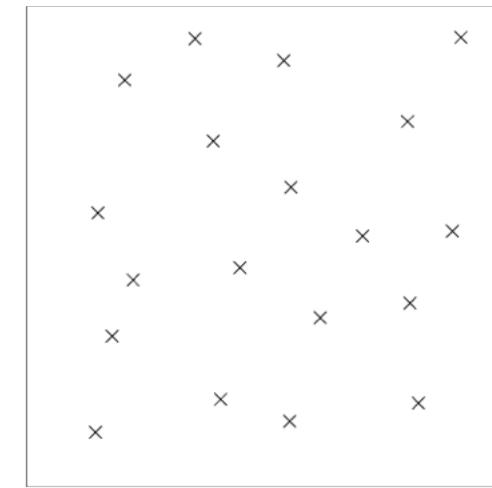
Température nocturne en Île-de-France  
(conditions de canicule, modélisation physique)

[Sources : M. Havu, projet H2C ; de Munck *et al.*, 2020]

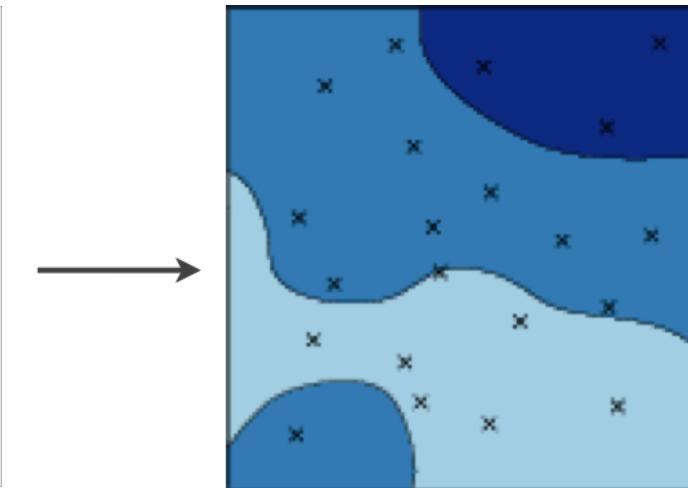
Ici, information en tout point de l'espace

# DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

**Comment passer de mesures discrètes à une information en tout point de l'espace ?**



mesures discrètes

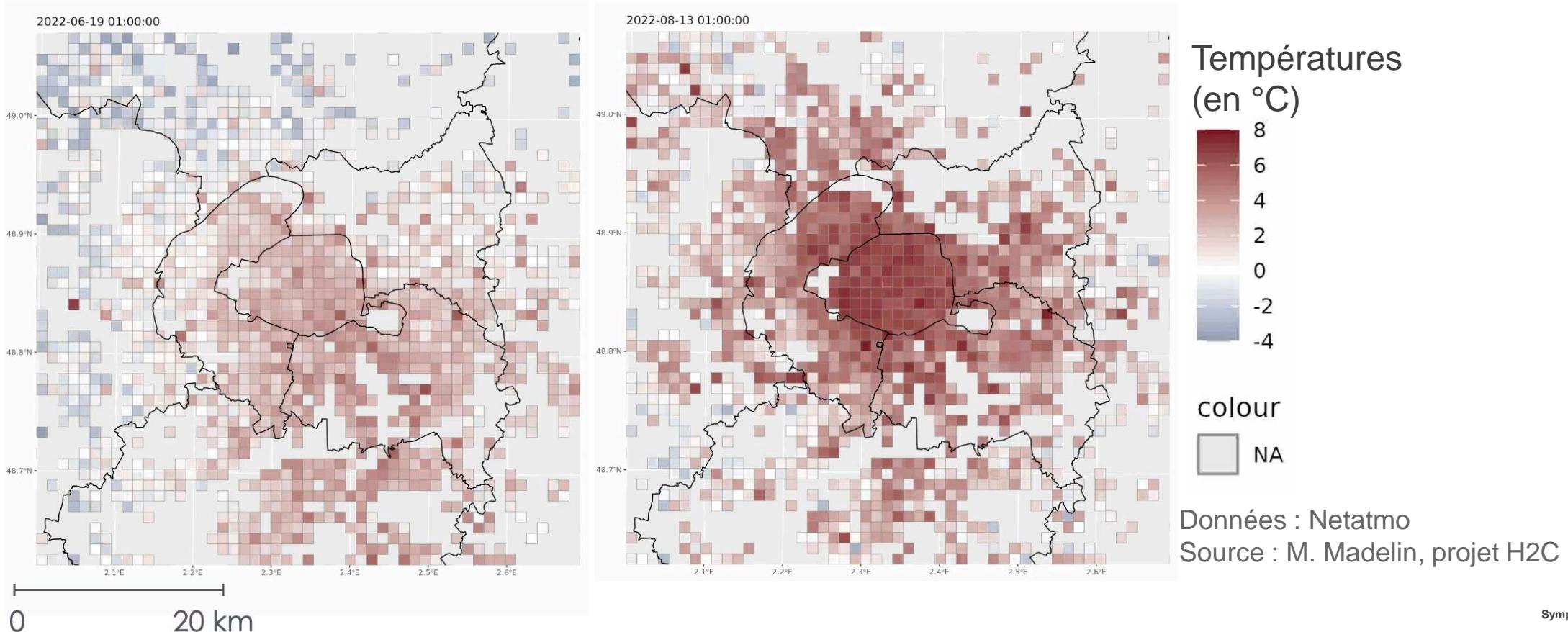


champ continu

# DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

**Comment passer de mesures discrètes à une information en tout point de l'espace ?**

- par agrégation

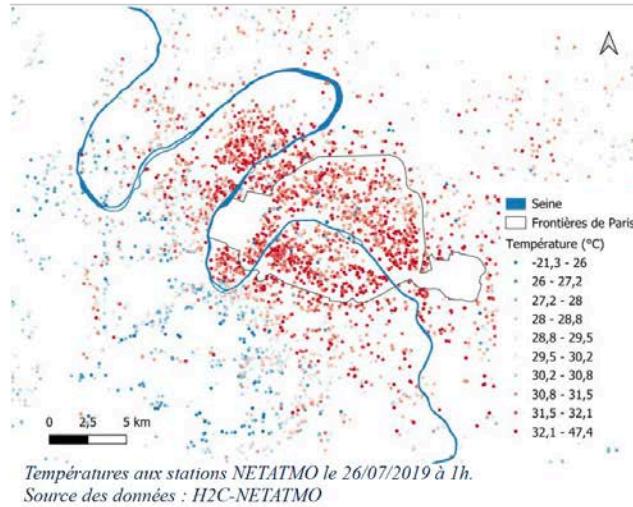


# DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

## Comment passer de mesures discrètes à une information en tout point de l'espace ?

- par modélisation statistique

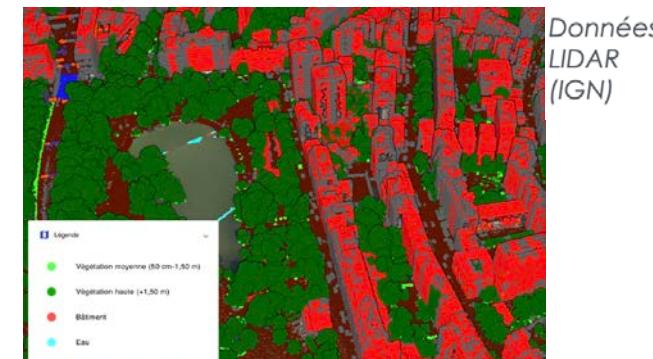
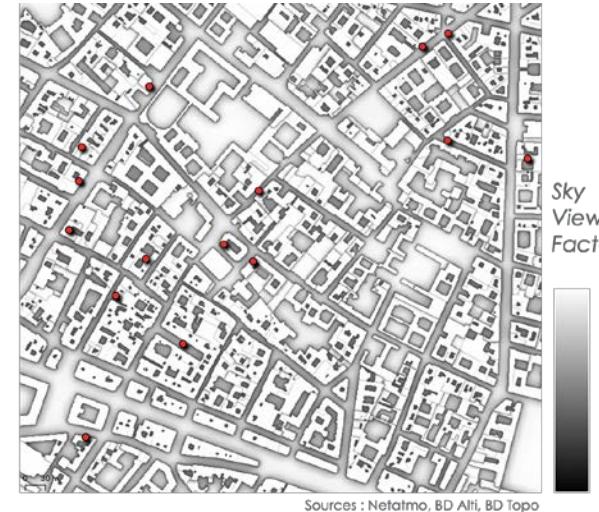
Température = fonction de plusieurs facteurs



Source : S. Benkimoun, L. Legrand, M. Madelin, projet H2C

Localisation  
Bâti  
Végétation  
Topographie/hydrographie  
...

### Exemples de facteurs

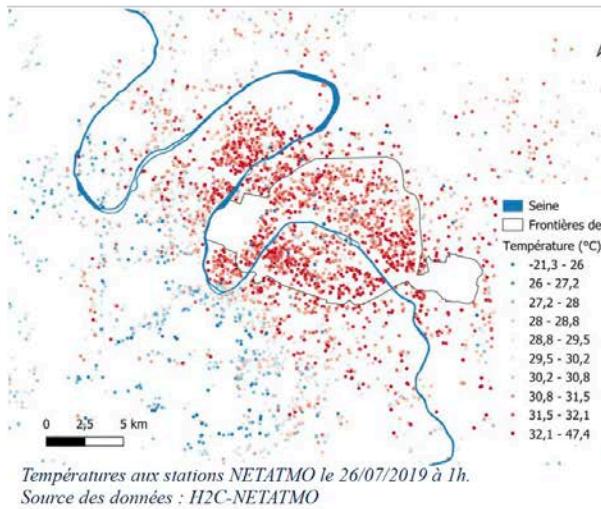


# DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

**Comment passer de mesures discrètes à une information en tout point de l'espace ?**

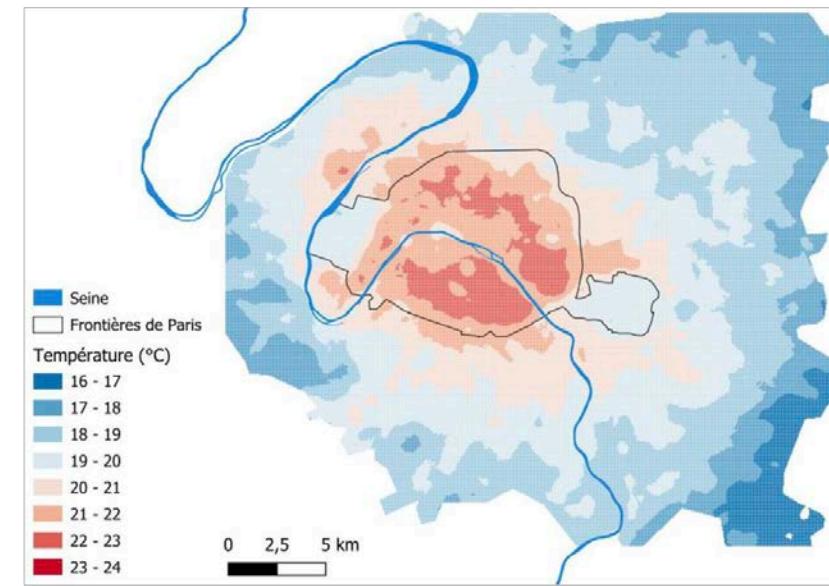
- par modélisation statistique

Température = fonction de plusieurs facteurs



Localisation  
Bâti  
Végétation  
Topographie/hydrographie  
...

2019/08/26, ~6h UTC

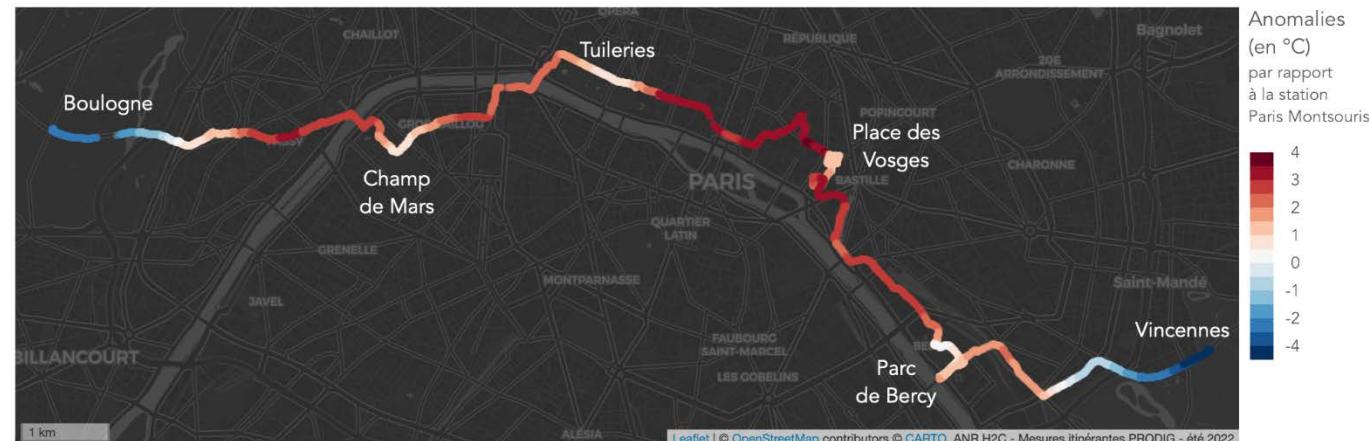


Source : S. Benkimoun, L. Legrand, M. Madelin, projet H2C

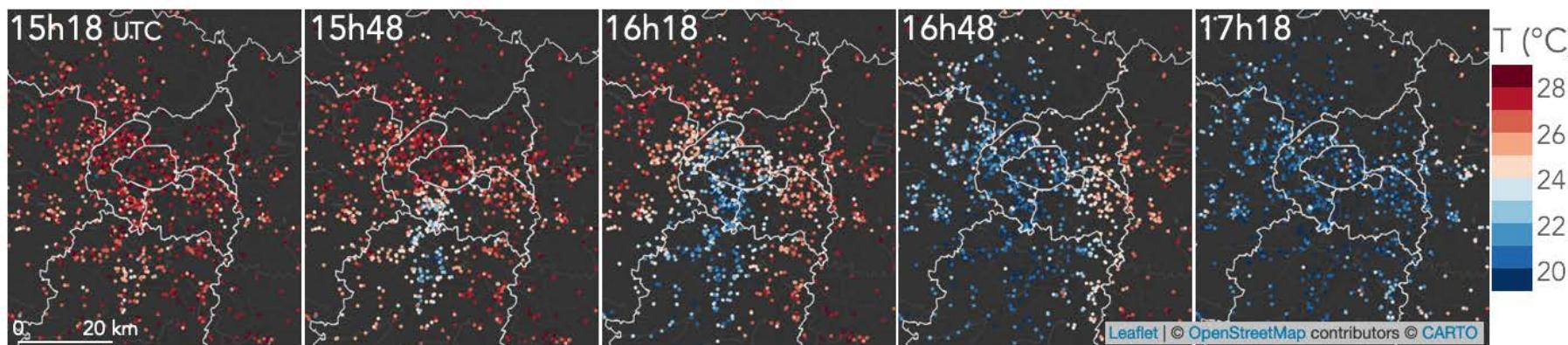
# DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

## Cartes en points pour appréhender des transects et/ou des échelles plus fines

- Transect ouest-est à Paris (mesures itinérantes, 18/7/2022, 0h40-1h55 locales)



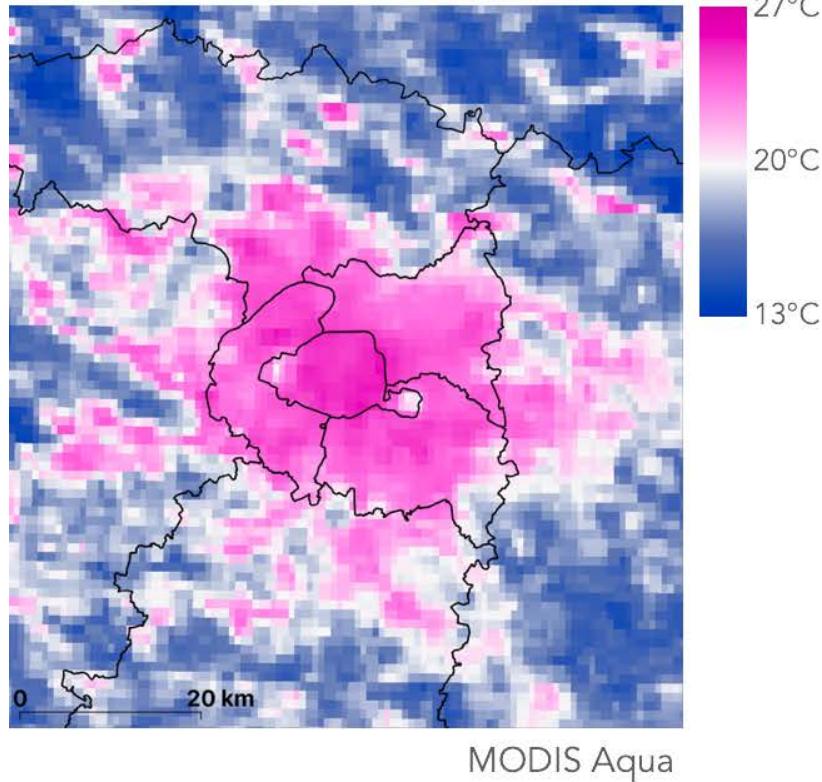
- Évolution des températures lors du passage d'un orage, le 16 août 2022



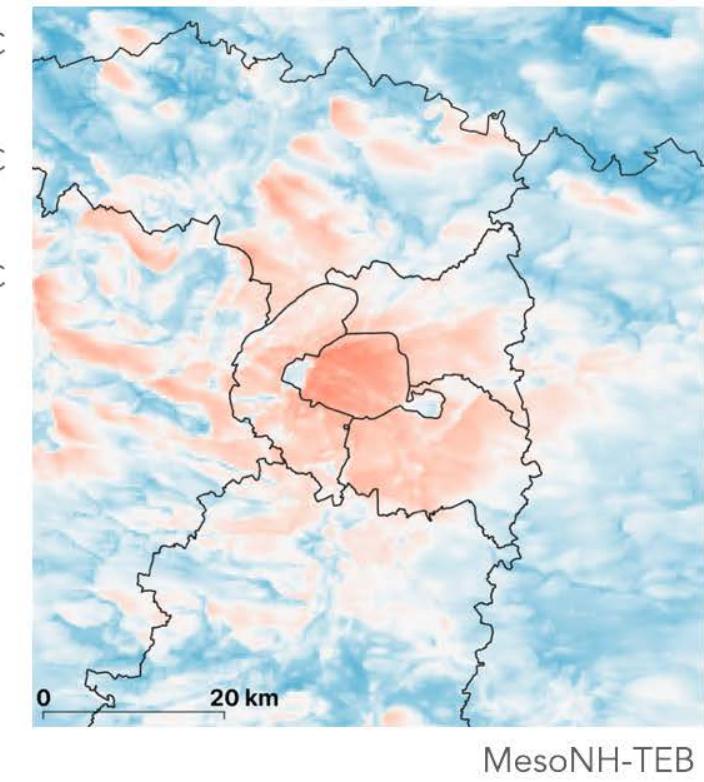
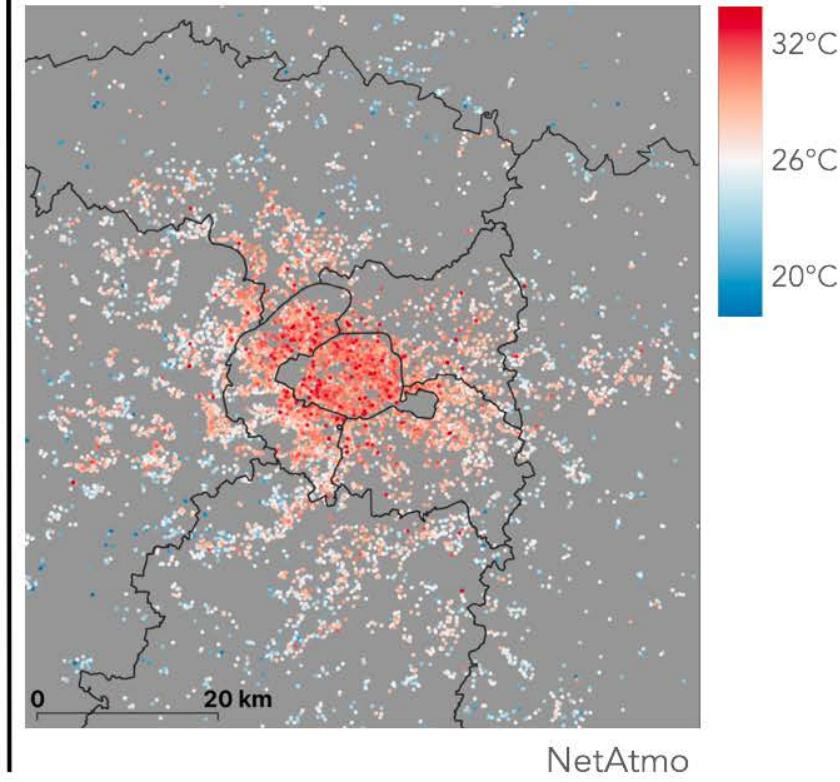
Données : Netatmo  
Source : PRODIG,  
projet H2C

# DIVERSITÉ DES CARTES ET DES CHOIX SÉMIOLOGIQUES

Températures de surface



Températures de l'air



## Cartographies de différentes températures nocturnes, le 19 juillet 2022, vers 4 h locales :

Températures de surface issues  
du satellite MODIS Aqua  
(raster de résolution 1 km environ)

Températures de l'air relevées  
par les stations du réseau  
Netatmo (données ponctuelles)

Températures de l'air à 2 m  
modélisées par le CNRM  
(MesoNH-TEB, raster 300 m)

## Parole au grand Témoin

*Retour d'expérience : Jeux Olympiques de Paris 2024*

*L'accès à des jeux de données relatives au climat urbain, à la prospective ou à la prévision des températures, a-t-il été un enjeu pour la préparation et le bon déroulement de l'événement des Jeux Olympiques d'été en Île-de-France en 2024 ?*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

# Solideo - Village des athlètes



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

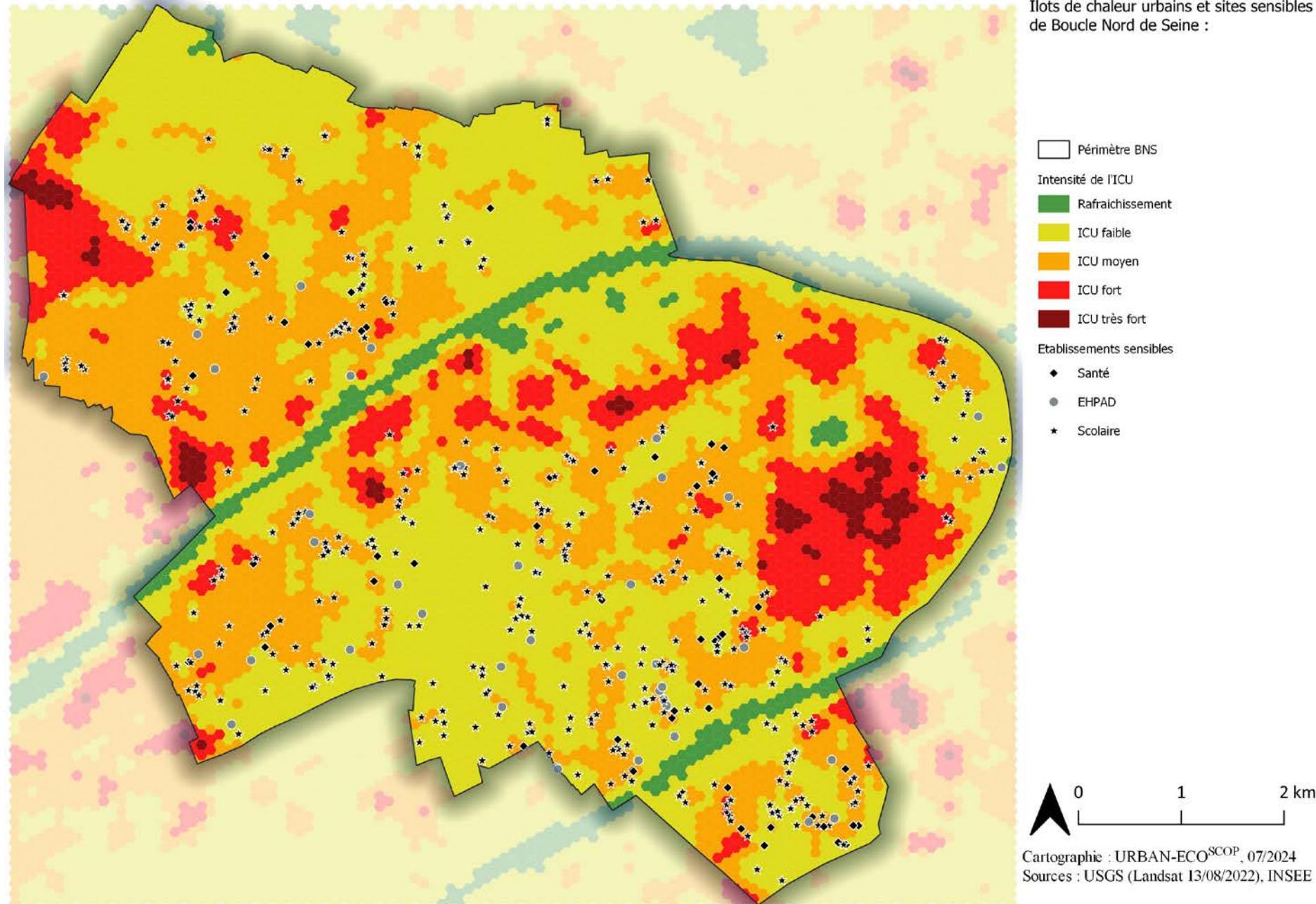
---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

# EPT Boucle Nord de Seine



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

# Solideo - Village des athlètes



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

# EPT Boucle Nord de Seine



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*



## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*

# SÉQUENCE A – Échange avec la salle

## Le défi de l'observation de la restitution des températures en ville

---

- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
  
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDÉO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture et écologie urbaine, *EPT Boucle Nord de Seine*
- **Dominique BULLE**, Responsable Energie, *Ville de Poissy*

### *Grand témoin*

- **Valéry MASSON**, Auteur principal pour le rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les villes, *CNRM Météo France*