

SYMPOSIUM FINAL H2C

CHALEUR ET SANTÉ EN VILLE

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




HEAT & HEALTH IN CITIES

FINANCÉ PAR
ANR



CSTB
le futur en construction



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

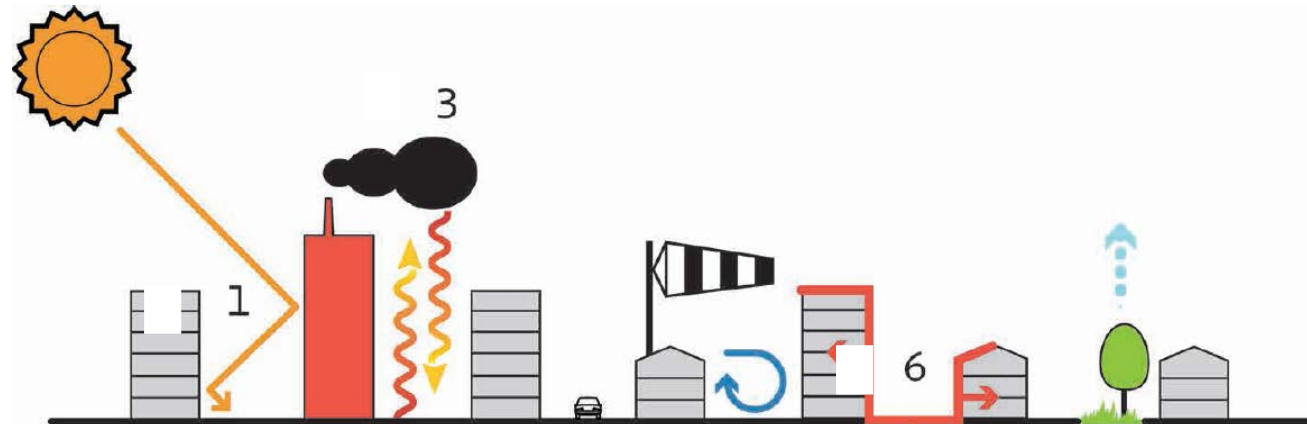
Enseignante-chercheuse à l'Université Paris Cité
Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographie (PRODIG)
Projet H2C



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**



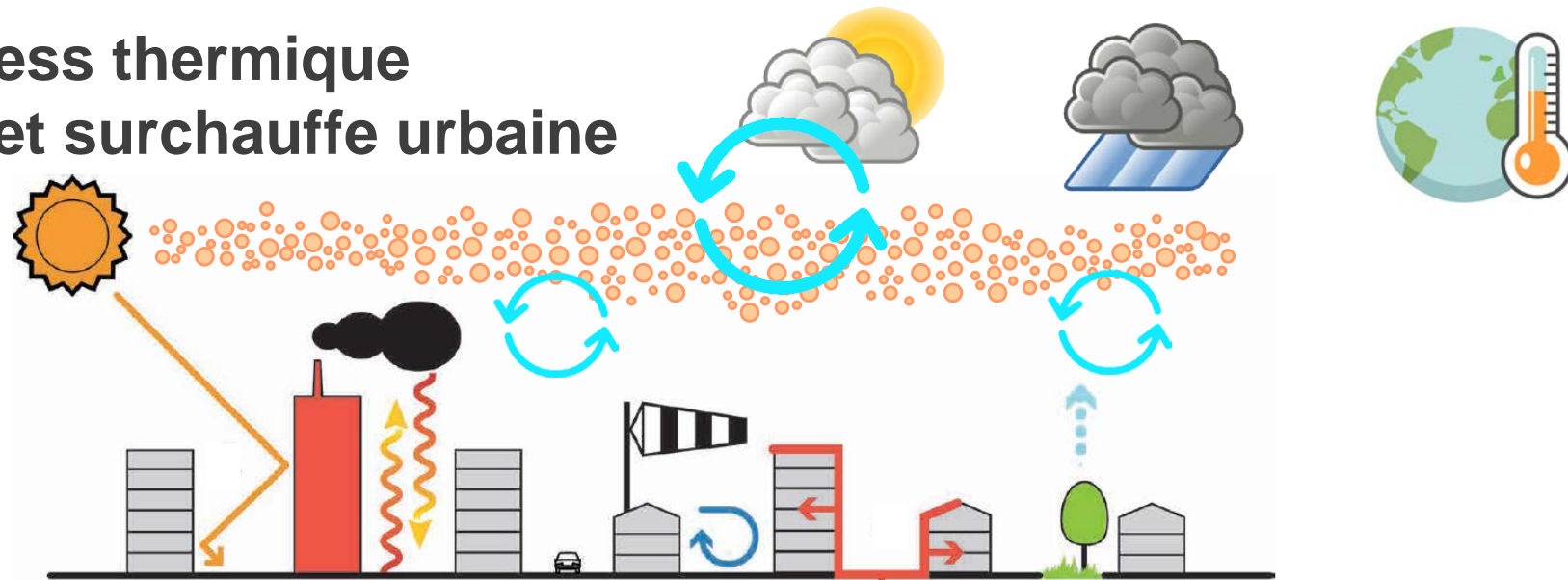
Source : Causes urban heat islands. Designing the Urban Microclimate, Phd thesis, M. Pijpers van Esch

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) :

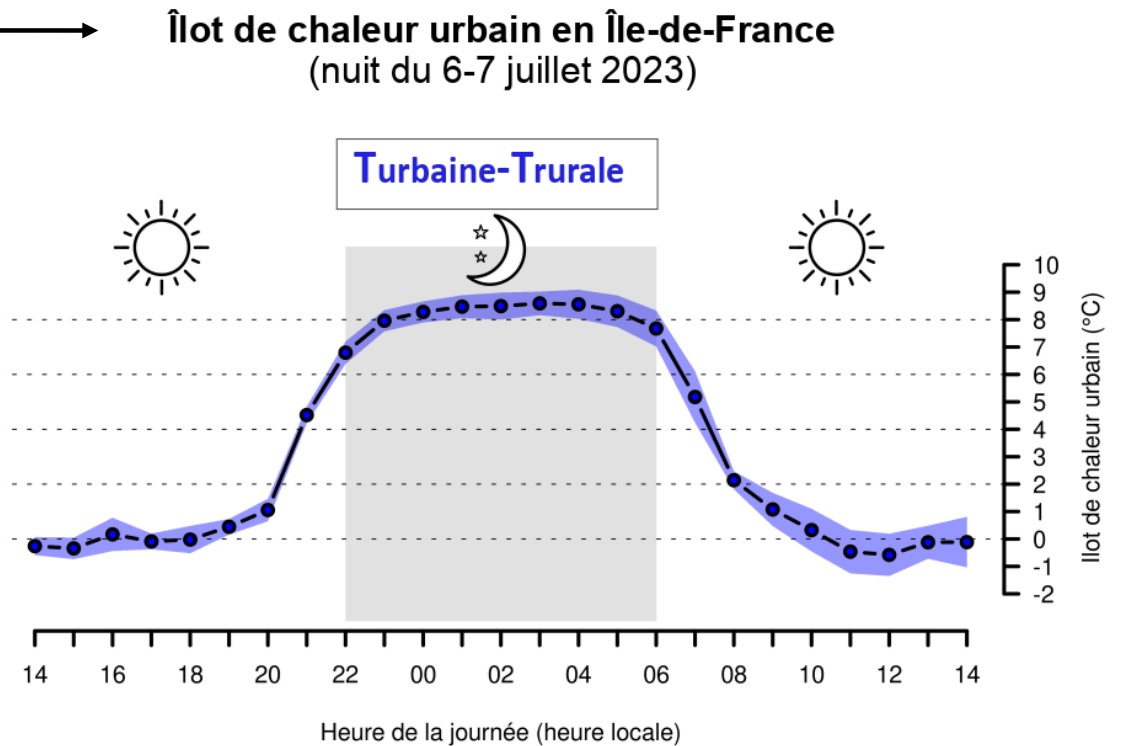
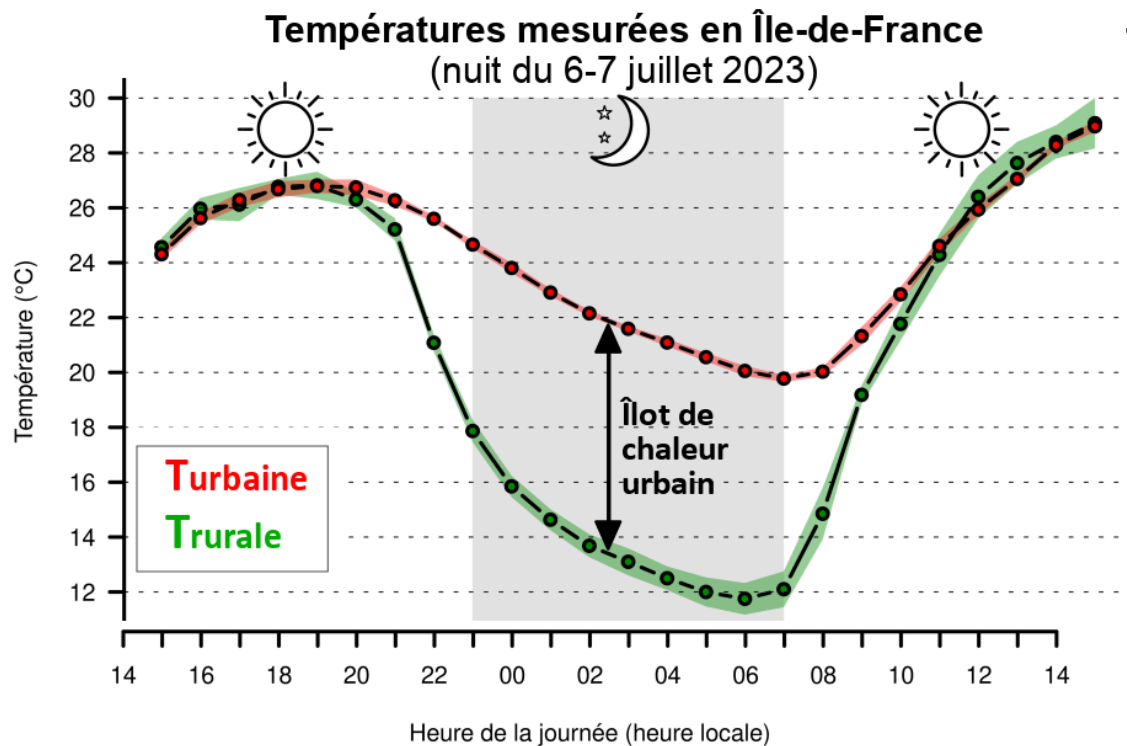
$$\text{ICU} = T_{\text{urbaine}} - T_{\text{rural}} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

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) :

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



TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

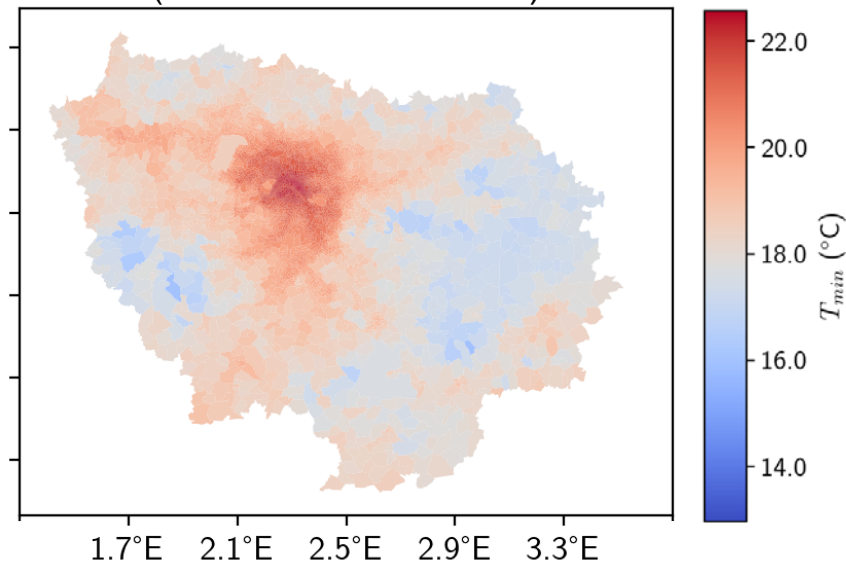
Îlot de chaleur urbain (ou ICU) : Température de l'air plus élevée en milieu urbain que dans les zones rurales environnantes, particulièrement durant la nuit

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

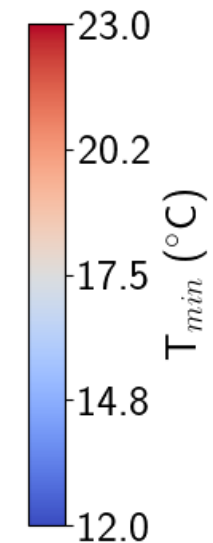
$$\text{ICU} = T_{\text{urbaine}} - T_{\text{rural}} \text{ (en } ^\circ\text{C)}$$

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

Température nocturne en Île-de-France
(conditions de canicule)



Température nocturne à Paris
(conditions de canicule)



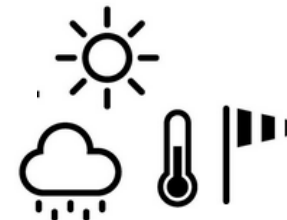
TEMPÉRATURE EN VILLE ET ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

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) :

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

- 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) :

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

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

- 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**

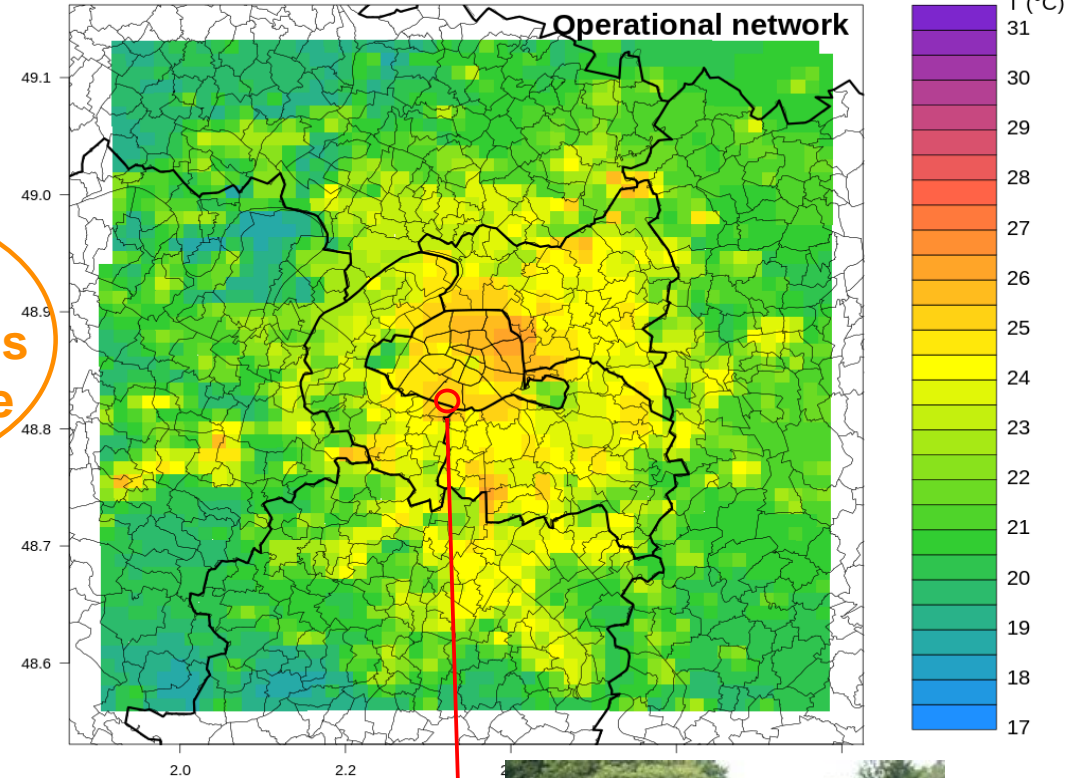
- Réseau très dense en France dans les zones urbaines
- Entachées d'incertitudes (liées aux standards d'installation)



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



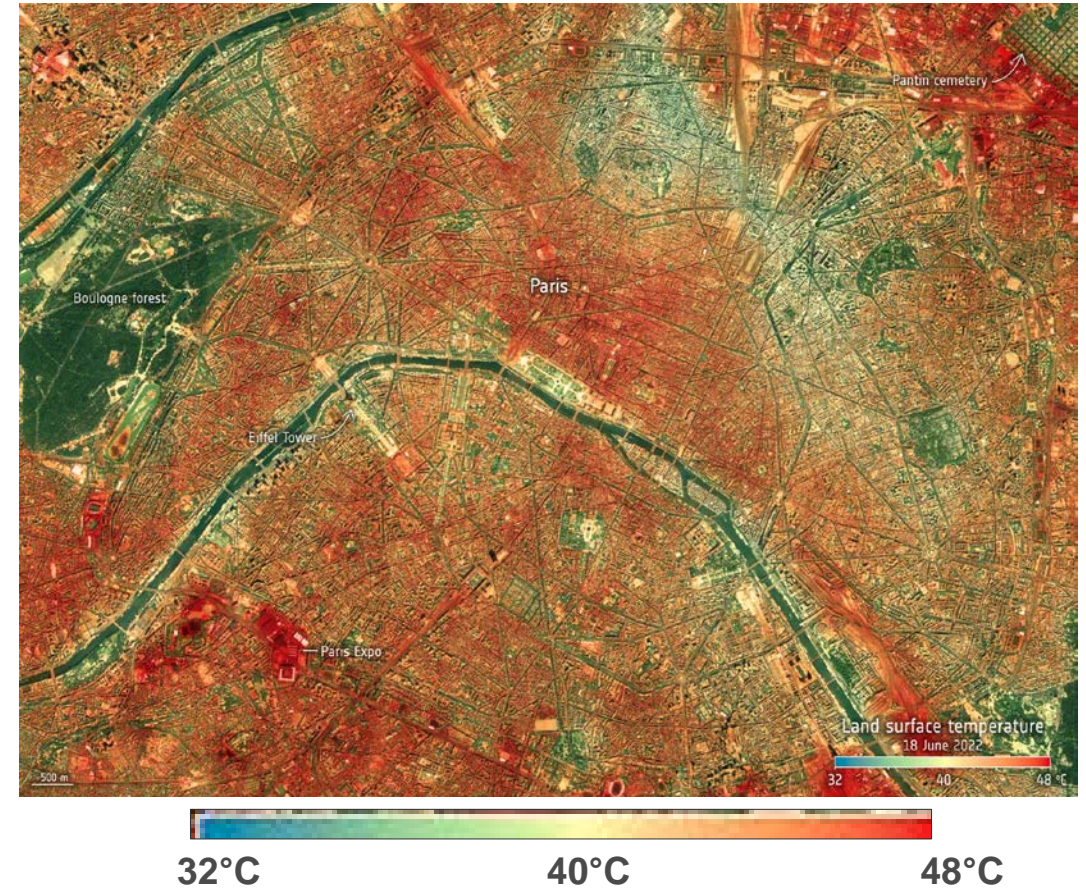
Mesures satellitaires

- 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)



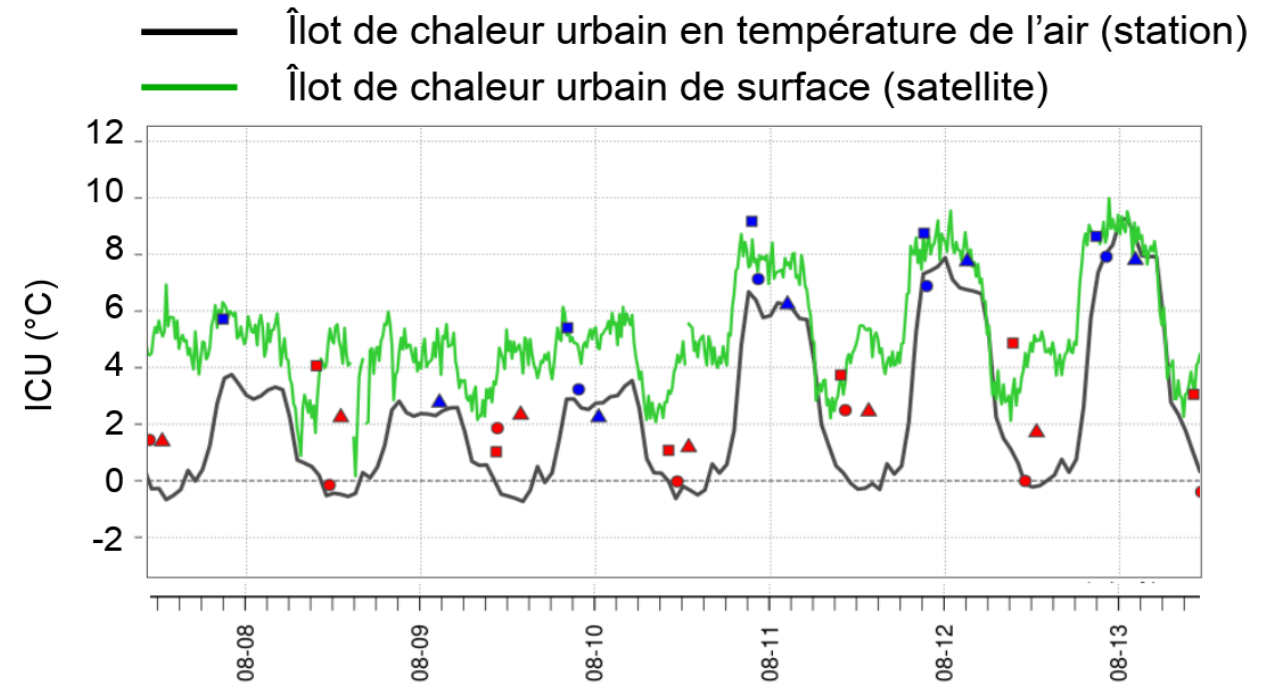
Source : NASA/JPL-Caltech

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

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

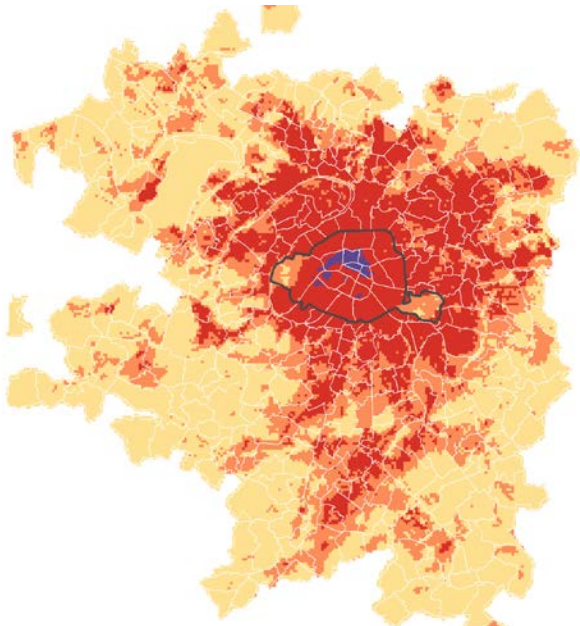
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales

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

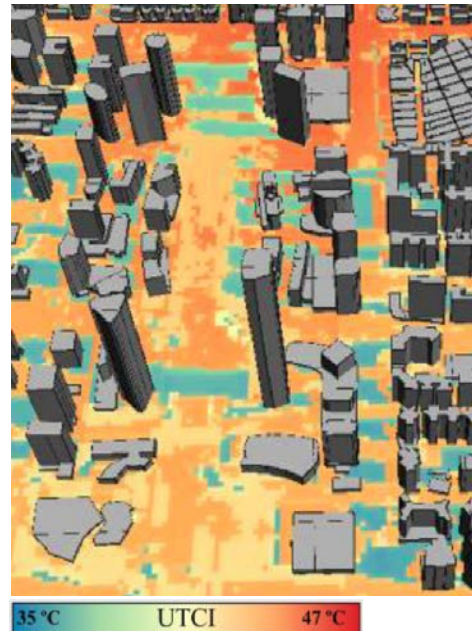
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales
- Déclinaison à différentes échelles spatiales : quartiers – espaces publics – logements

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

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

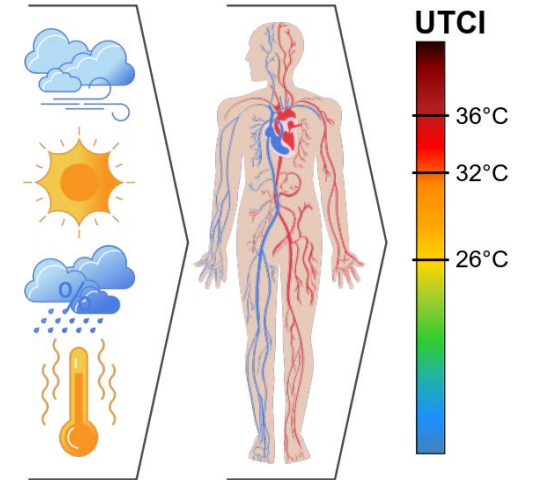
- Confort / Stress thermique en réponse à des conditions environnementales locales
- Déclinaison à différentes échelles spatiales : quartiers – espaces publics – logements

- 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**

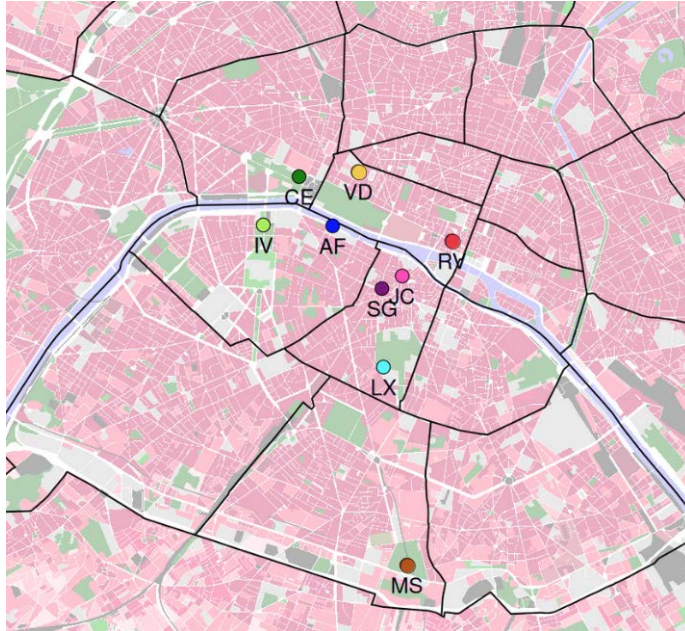
- Différents secteurs d'application
- Méthodes de mesure et de calcul plus ou moins sophistiquée
 - Variables : température, humidité, vent, rayonnement
 - Modèle physiologique et facteurs individuels



- **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

Parcs urbains

Esplanade végétalisée

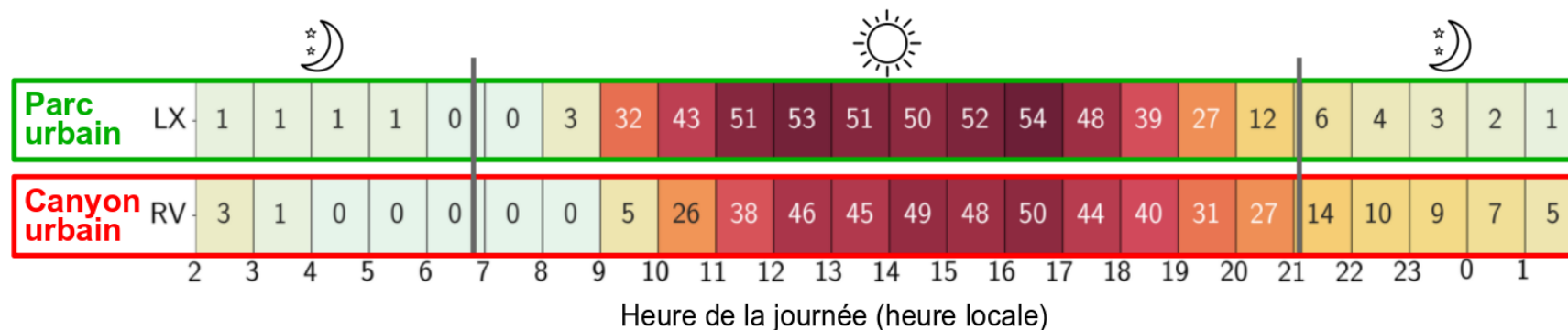
Place minéralisée

Rues “canyon”

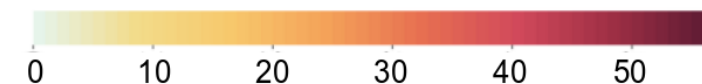
Bord de Seine



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

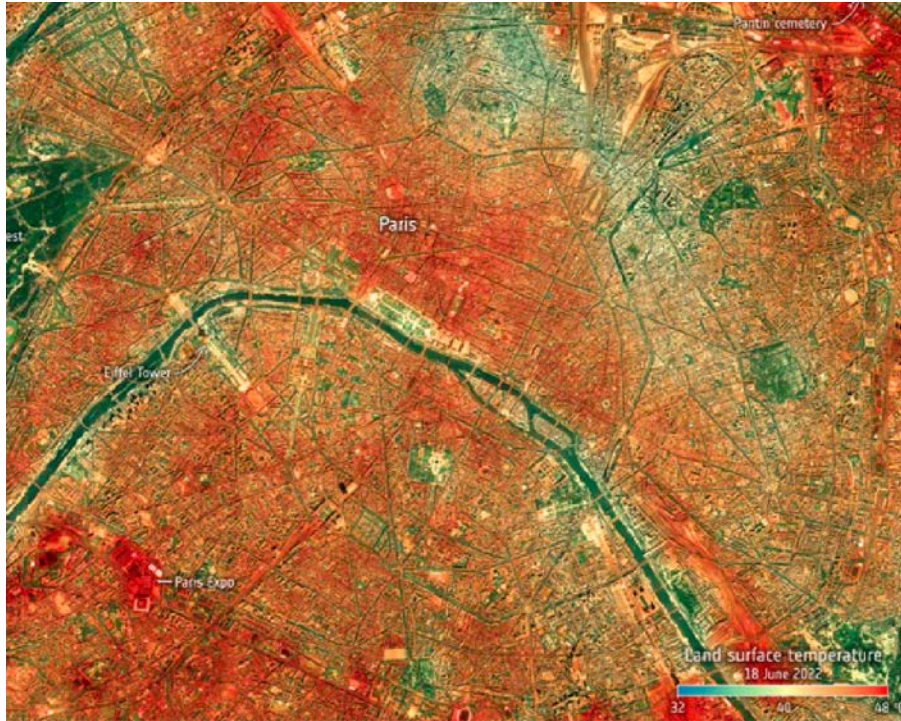


Image satellitaire de température des surfaces, le 18 juin 2022 (11 h 50) sur Paris

[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

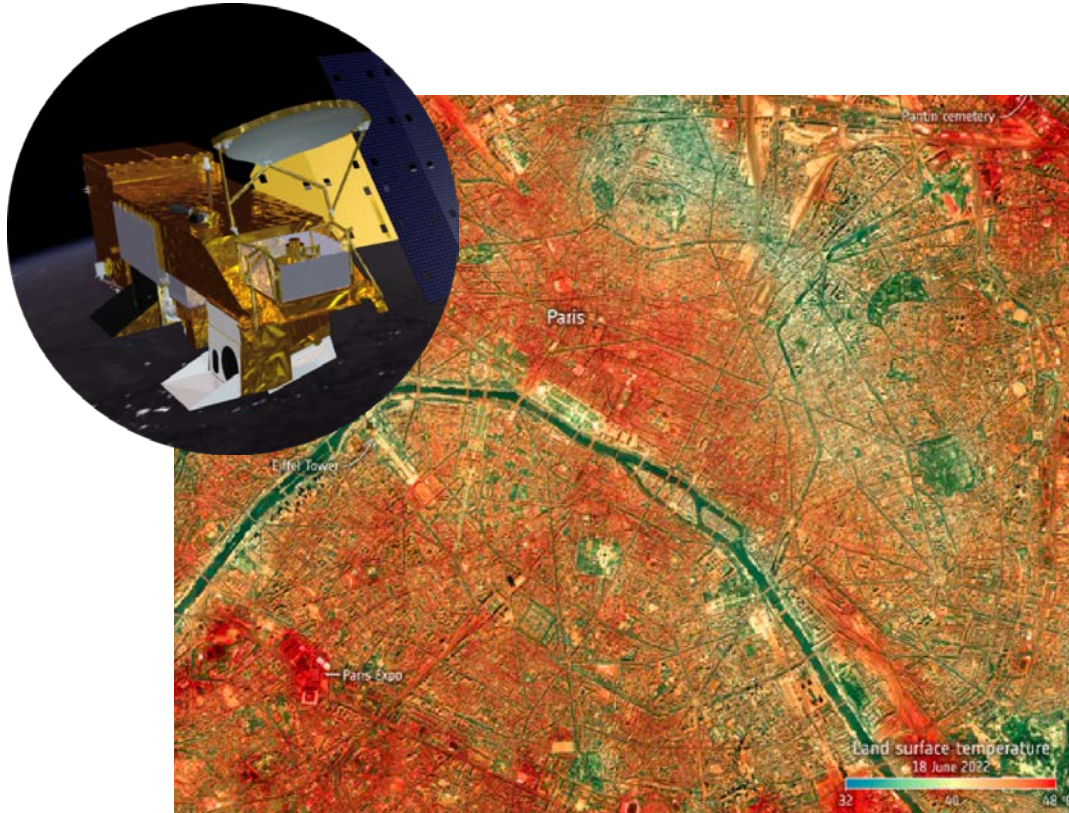
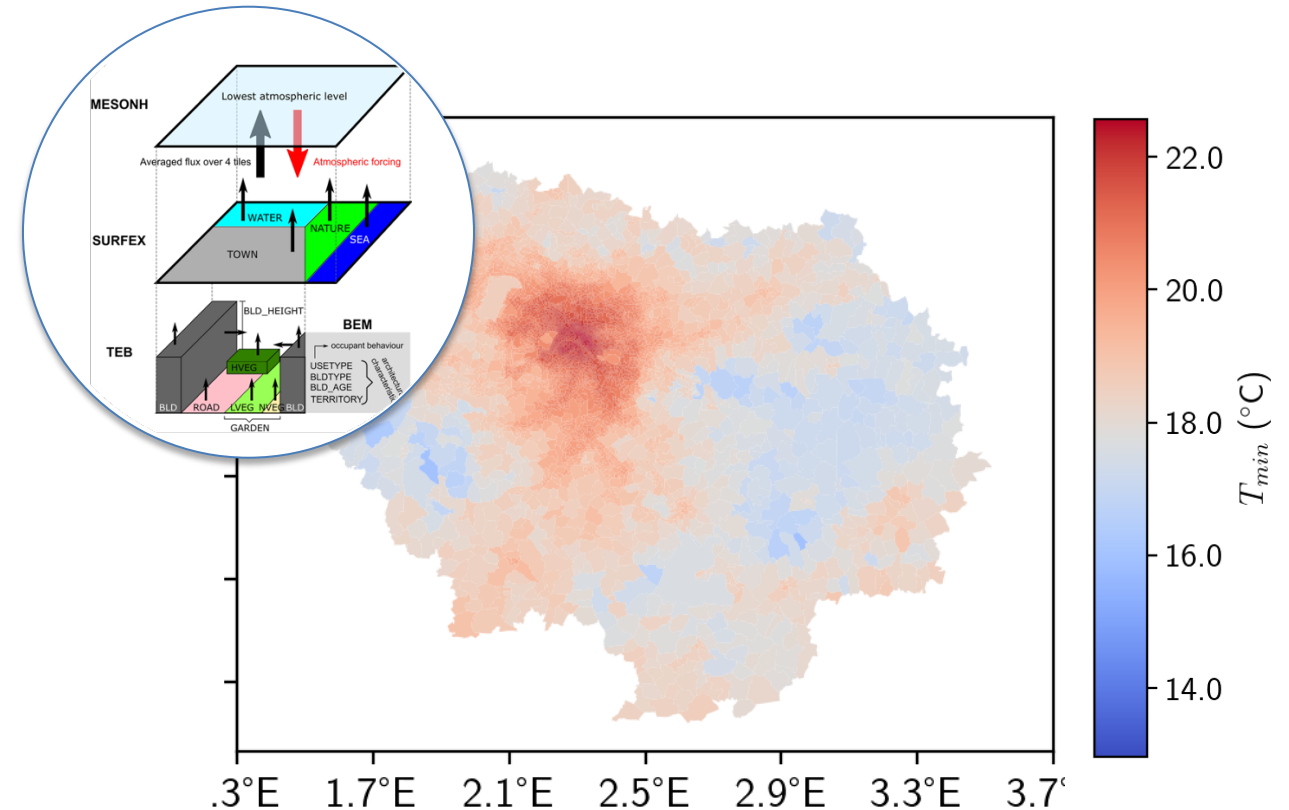


Image satellitaire de température des surfaces, le 18 juin 2022 (11 h 50) sur Paris

[Sources : NASA/JPL-Caltech]



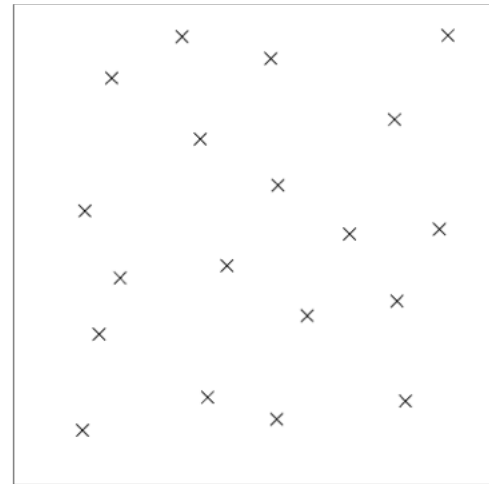
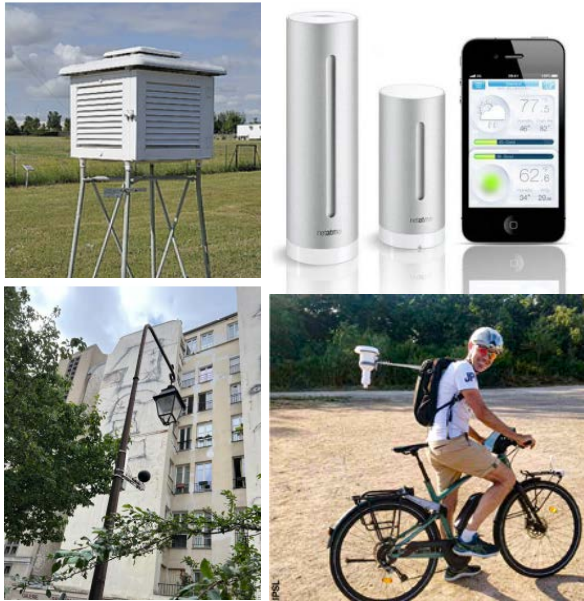
Température nocturne en Île-de-France (conditions de canicule, modélisation physique)

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

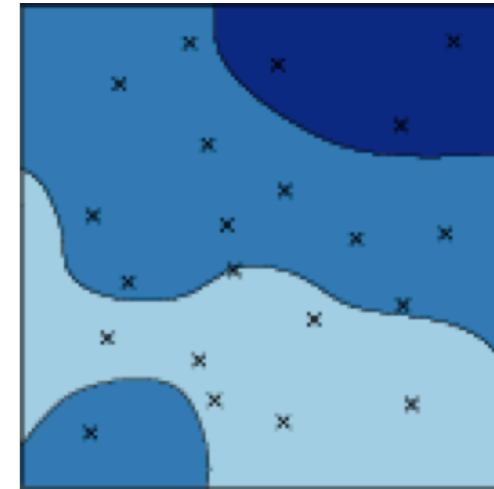
Ici, information en tout point de l'espace

DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

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



mesures discrètes

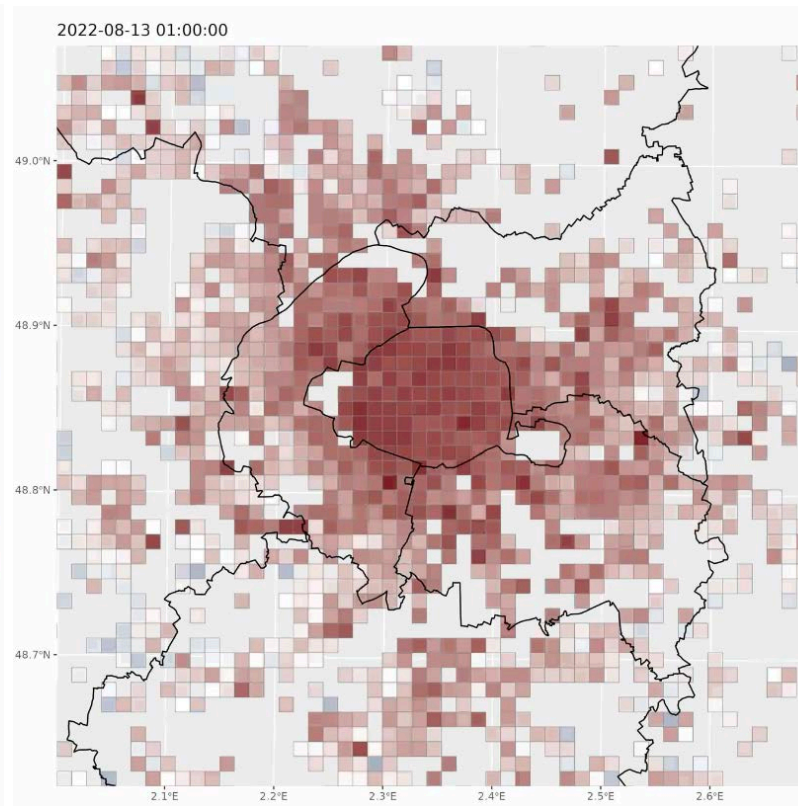
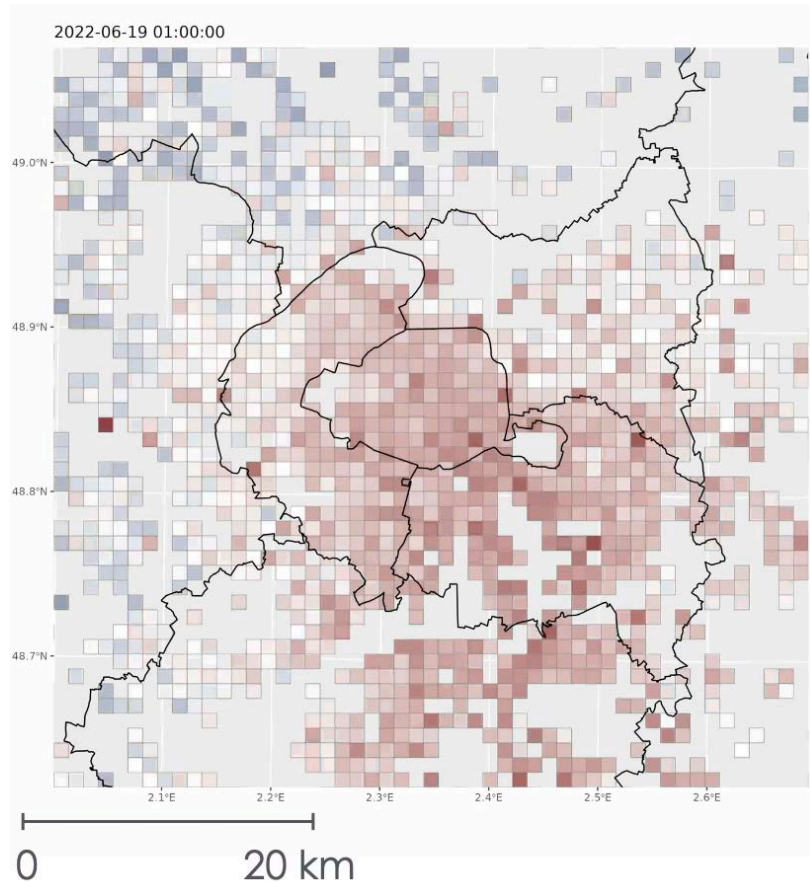


champ continu

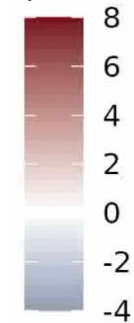
DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

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

- par agrégation



Températures
(en °C)



colour



Données : Netatmo

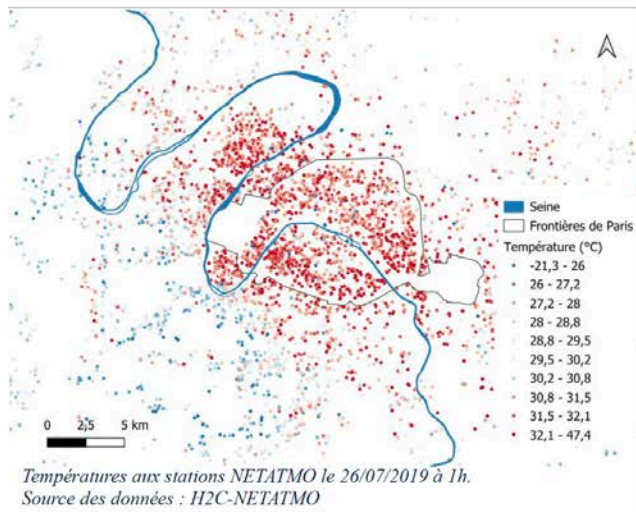
Source : M. Madelin, projet H2C

DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

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

- par modélisation statistique

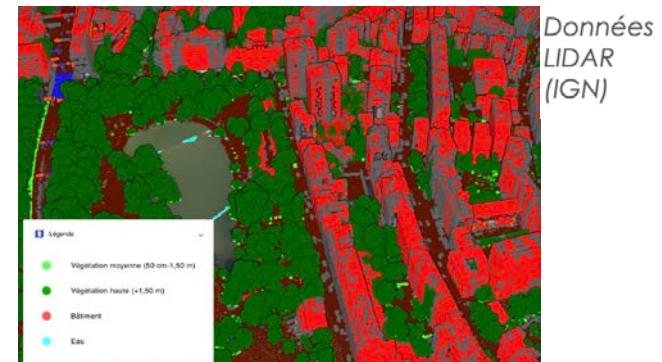
Température = fonction de plusieurs facteurs



Localisation
Bâti
Végétation
Topographie/hydrographie
...

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

Exemples de facteurs

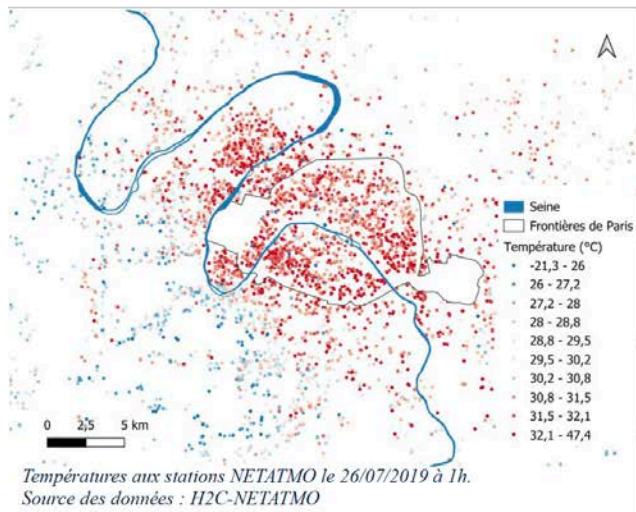


DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

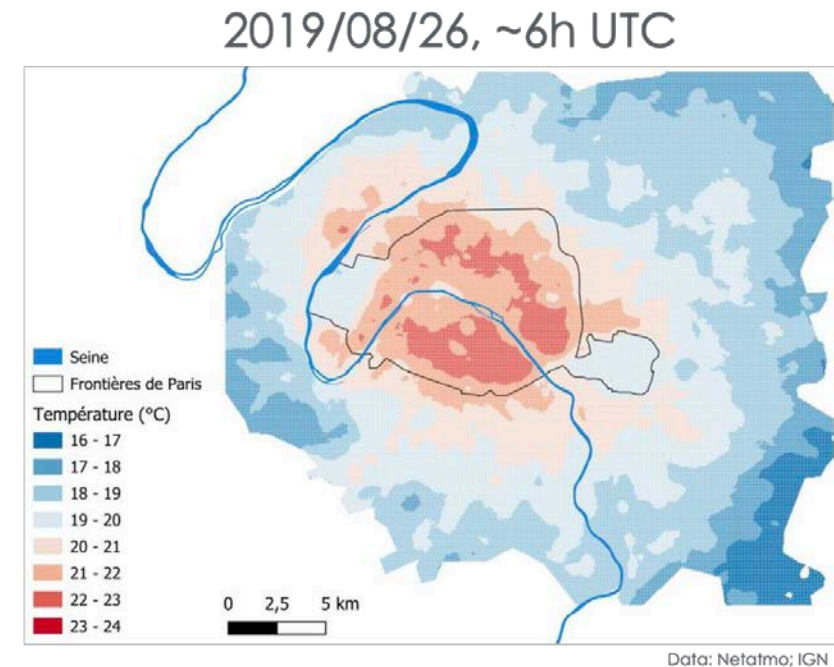
Comment passer de mesures discrètes à une information en tout point de l'espace ?

- par modélisation statistique

Température = fonction de plusieurs facteurs



Localisation
Bâti
Végétation
Topographie/hydrographie
...



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

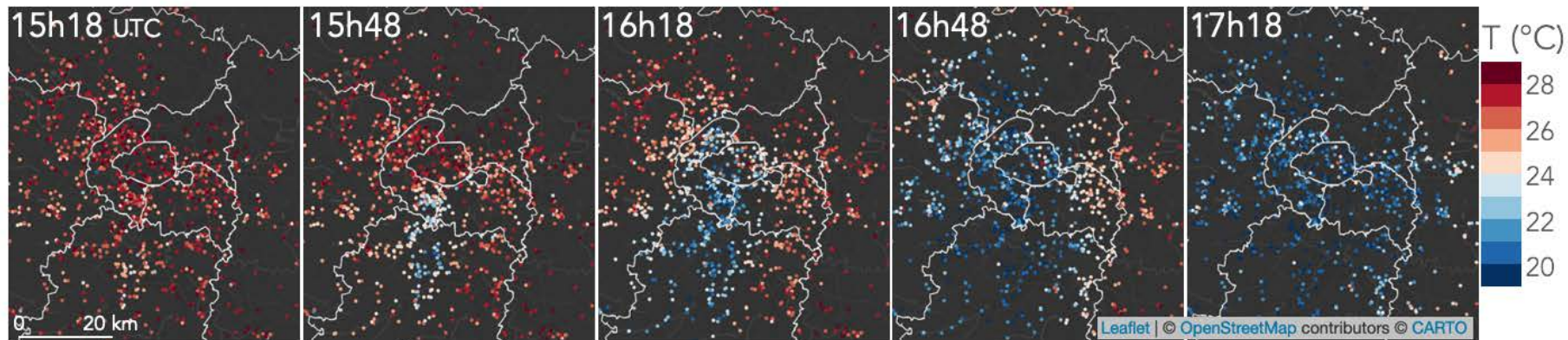
DES MESURES À UNE INFORMATION SPATIALISÉE

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)



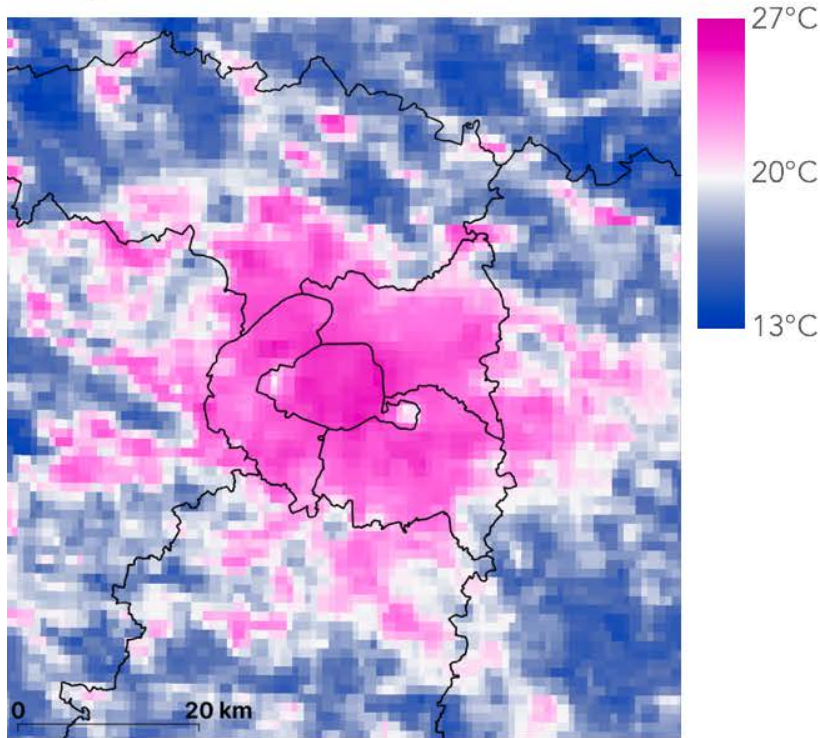
- Évolution des températures lors du passage d'un orage, le 16 août 2022



Données : Netatmo
Source : PRODIG,
projet H2C

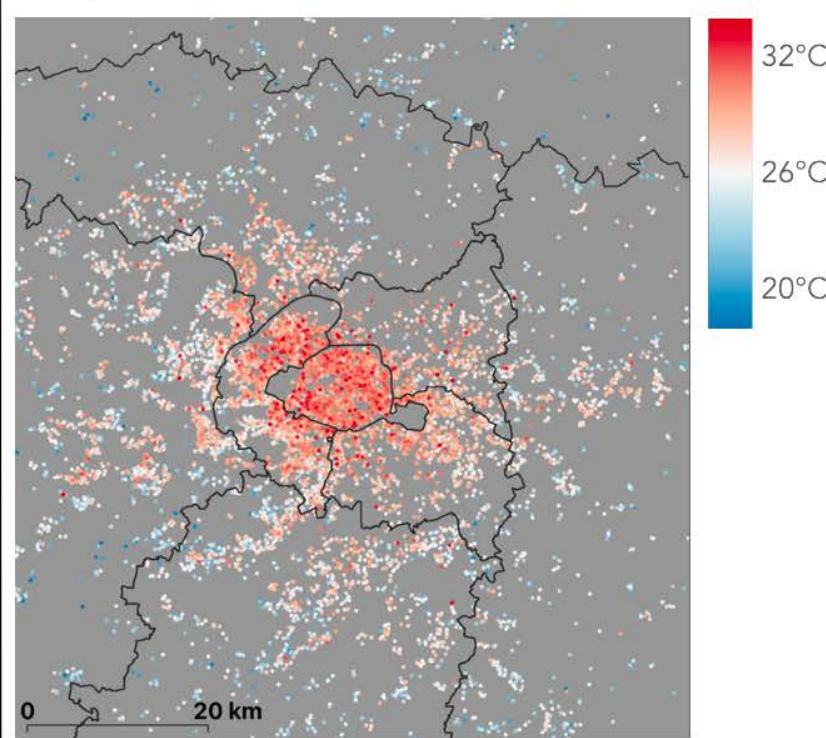
DIVERSITÉ DES CARTES ET DES CHOIX SÉMIOLOGIQUES

Températures de surface

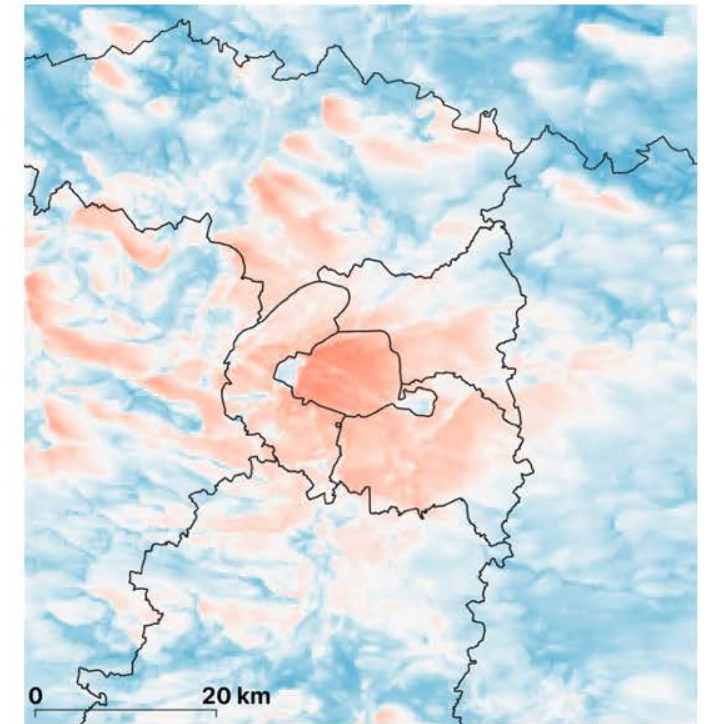


MODIS Aqua

Températures de l'air



NetAtmo



MesoNH-TEB

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, *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*

Solideo - Village des athlètes



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

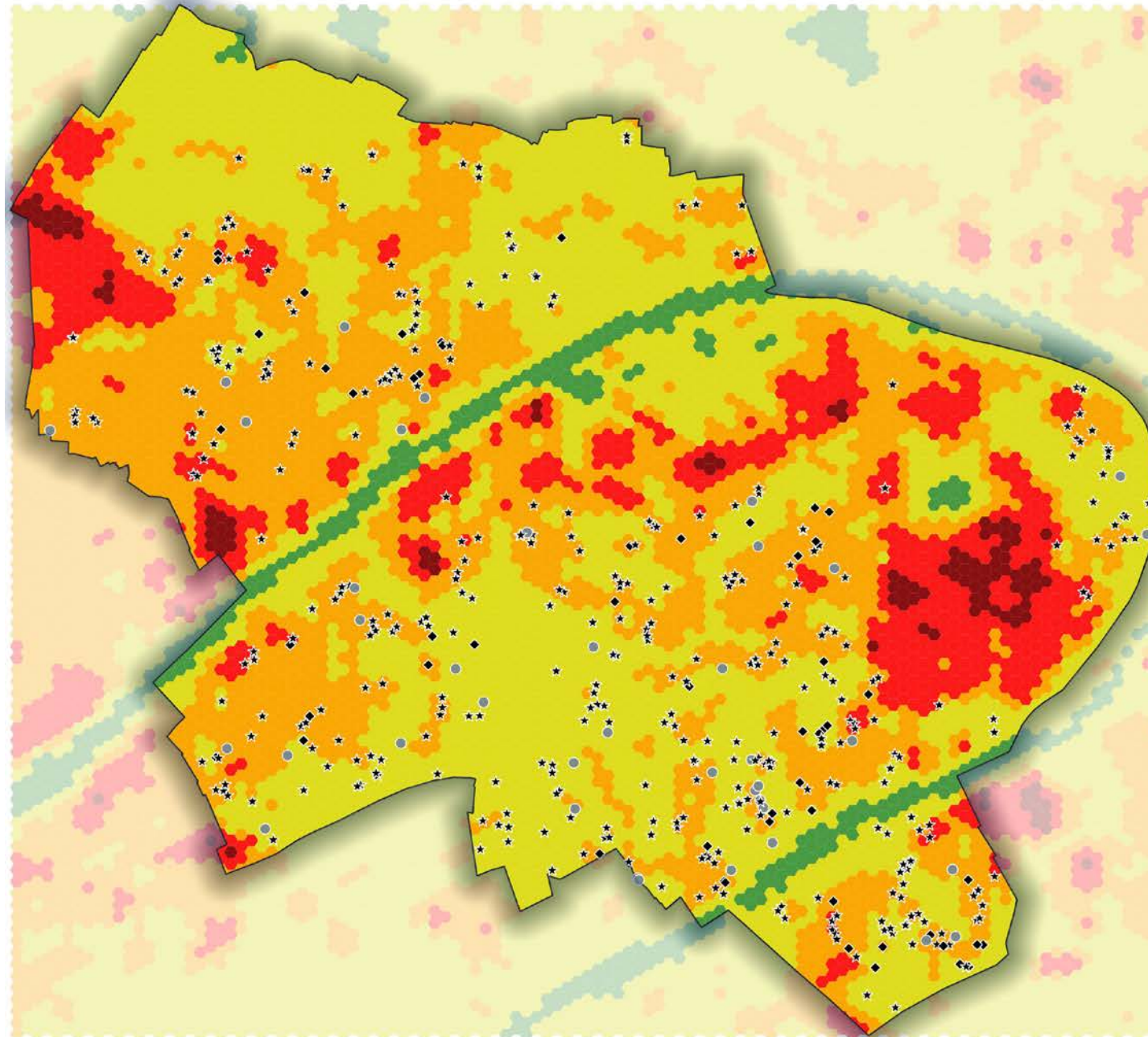
- **Aude LEMONSU**, Coordinatrice du projet Chaleur et santé en ville (H2C), *CNRM Météo France, projet H2C*
- **Malika MADELIN**, Enseignante-chercheuse, *PRODIG, projet H2C*
- **Kevin VASSEUR**, Directeur de la Valorisation et de l'Héritage, *SOLIDEO*
- **Sophie PELLIER**, Cheffe de projets Agriculture 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*

EPT Boucle Nord de Seine

Ilots de chaleur urbains et sites sensibles
de Boucle Nord de Seine :



□ Périmètre BNS

Intensité de l'ICU

■ Rafrachissement

■ ICU faible

■ ICU moyen

■ ICU fort

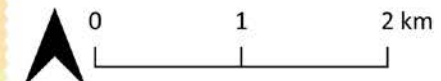
■ ICU très fort

Etablissements sensibles

◆ Santé

● EHPAD

★ Scolaire



Cartographie : URBAN-ECO^{SCOP}, 07/2024
Sources : USGS (Landsat 13/08/2022), INSEE

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*

Ville de POISSY



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*

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, *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*

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, *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*

Ville de POISSY



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*

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, *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*