

LES ATELIERS
DE LA FONDATION
UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL

VENDREDI 2 JUIN 2023

« L'adaptation de la ville aux
conséquences du changement
climatique » de 14h à 17h

à l'auditorium du Musée de la Chasse
et de la Nature

62 rue des Archives - 75003 Paris



GT 1 :

Les stratégies et les techniques de rafraichissement des quartiers en ville

Enjeux et théorie, pistes de réponses et de recherches

Porteurs du GT1:

Martin Hendel - martin.hendel@esiee.fr

Patrice Chatelier - patrice.chatelier@univ-eiffel.fr



L'équipe Climat Energie Milieu Urbain

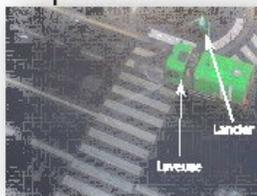
Rafrâichissement urbain : du laboratoire à la ville



Facette urbaine *in situ*
(mur, toiture, revêtement)



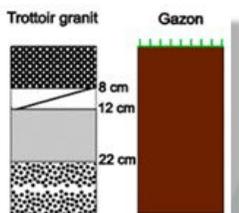
Bâtiment, rue,
quartier



Ville,
agglomération



Matériaux
urbains



Thèses ICU récentes :

- S. Parison (2017-2020) : Arrosage urbain
- G. Karam (2019-2023) : Cours OASIS
- M. Chaumont (2019-2023) : Toitures et façades
- M. Chaniel (2020-2023) : Revêtements urbains
- M. Frere (2020-2023) : Combinaison de techn.
- C. Abboud (2023-2026) : Rev. et forêts urbains

Equipe :

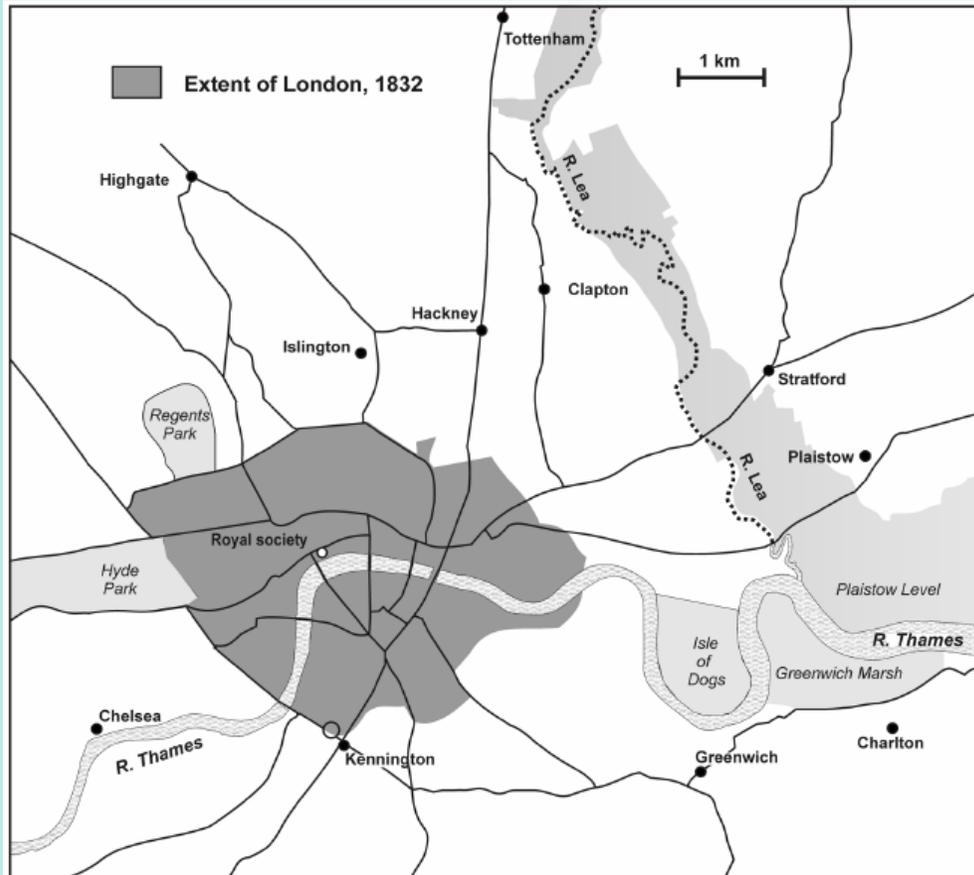
3 enseignants-chercheurs
permanents, 11 thèses en cours, 1
postdoc

So what is an Urban Heat Island Anyway?



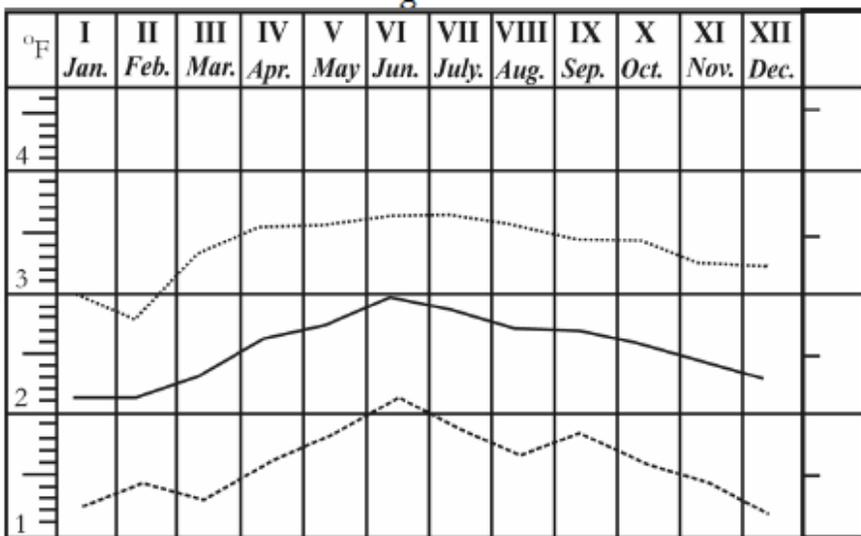
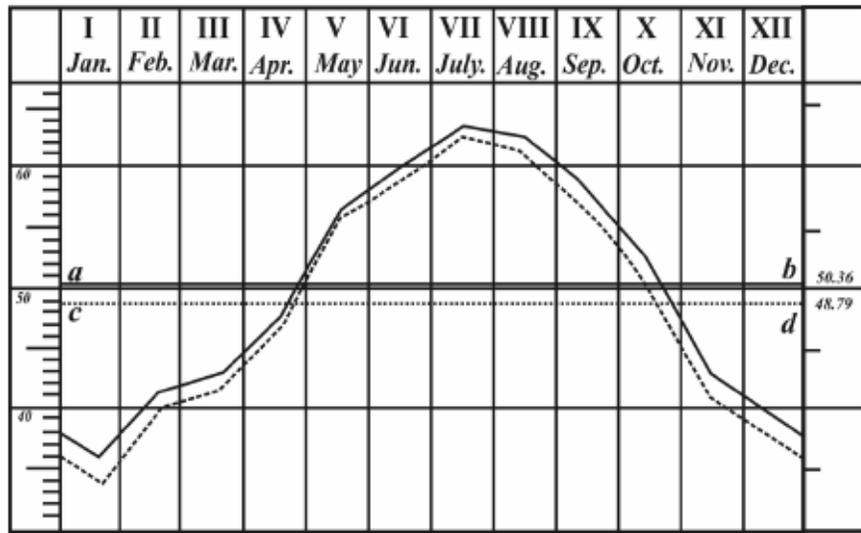
Source : www.coolcommunitiesflorida.com

ICU : Londres, XIXe siècle



Luke Howard (1772-1864)
“Namer of Clouds”

ICU : Londres, XIXe siècle



Température minimale (Tn)

Température moyenne

Température maximale (Tx)



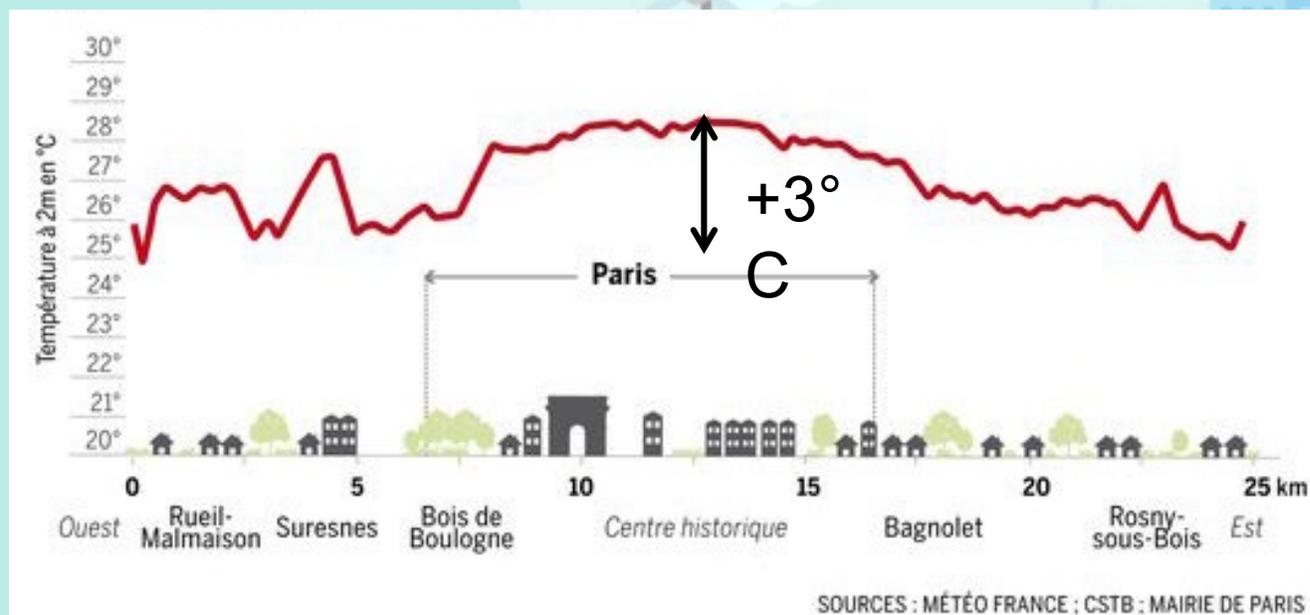
Luke Howard (1772-1864)
“Namer of Clouds”

ICU Parisien

Phénomène de
réchauffement localisé
des villes

Ordre de grandeur :

$$T_{\text{urbain}} - T_{\text{rural}} = +3^{\circ}\text{C}$$



ICU Parisien

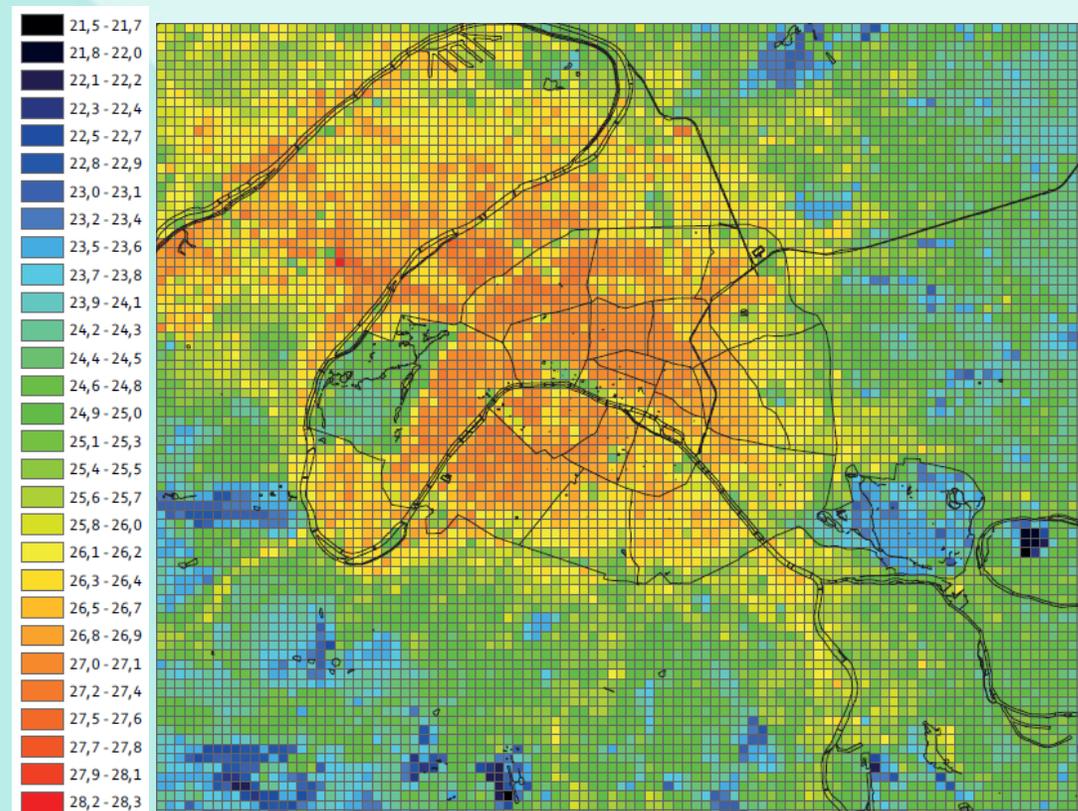
Phénomène de réchauffement
localisé des villes

Ordre de grandeur :

$$T_{\text{urbain}} - T_{\text{rural}} = +3^{\circ}\text{C}$$

**Fortement amplifiés lors de conditions
anticycloniques...**

$$T_{\text{urbain}} - T_{\text{rural}} \text{ jusqu'à } 12^{\circ}\text{C}$$

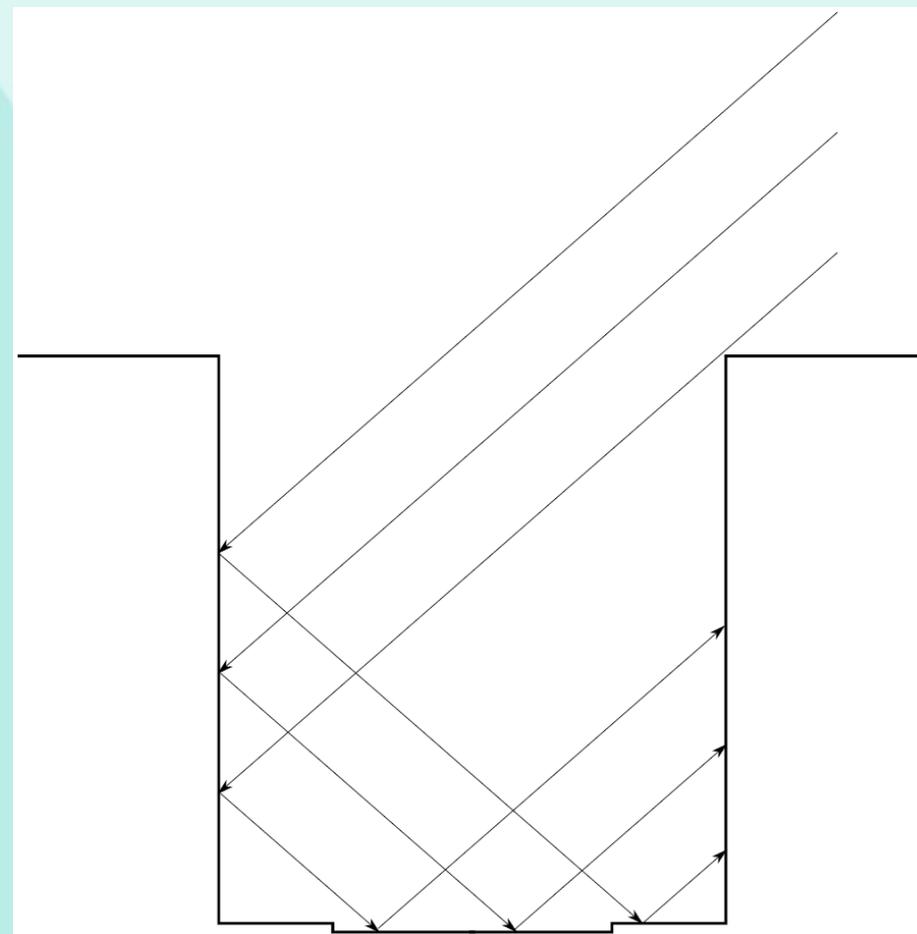


Simulation de la température d'air à 2m à 6h le 10 août 2003

Source: EPICEA, 2012

ICU : Mécanismes

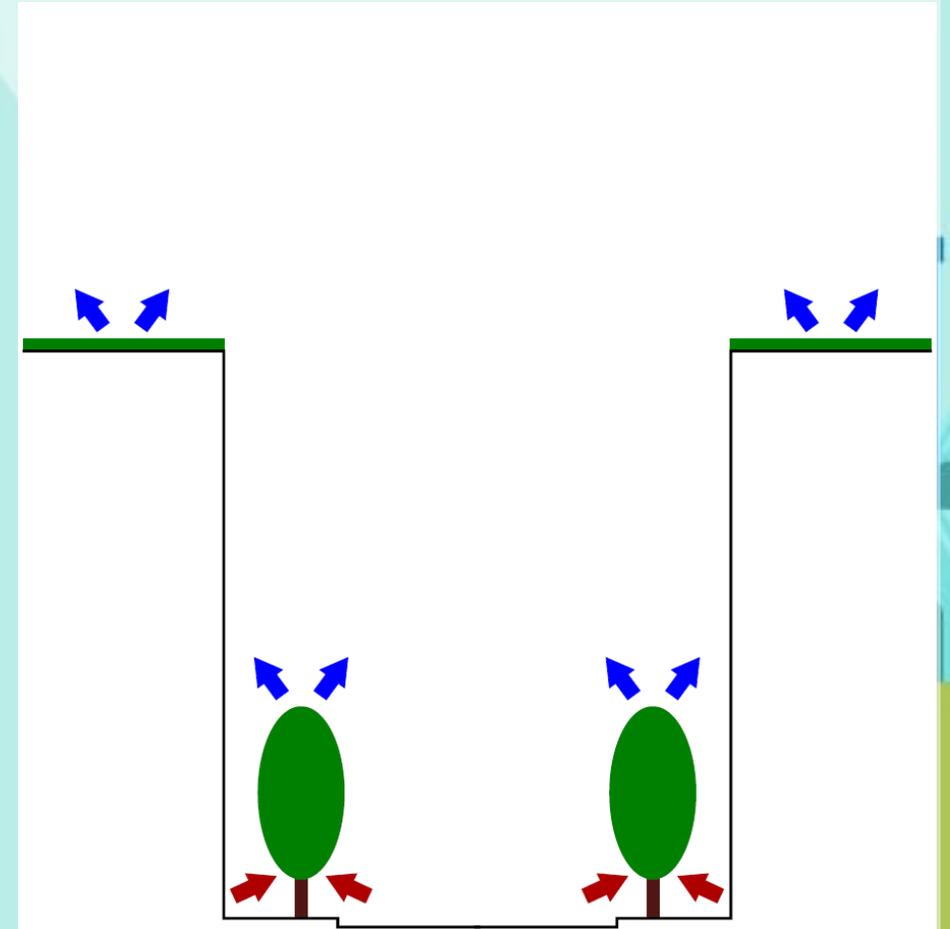
Piégeage radiatif



ICU : Mécanismes

Piégeage radiatif

Manque
d'évapotranspiration

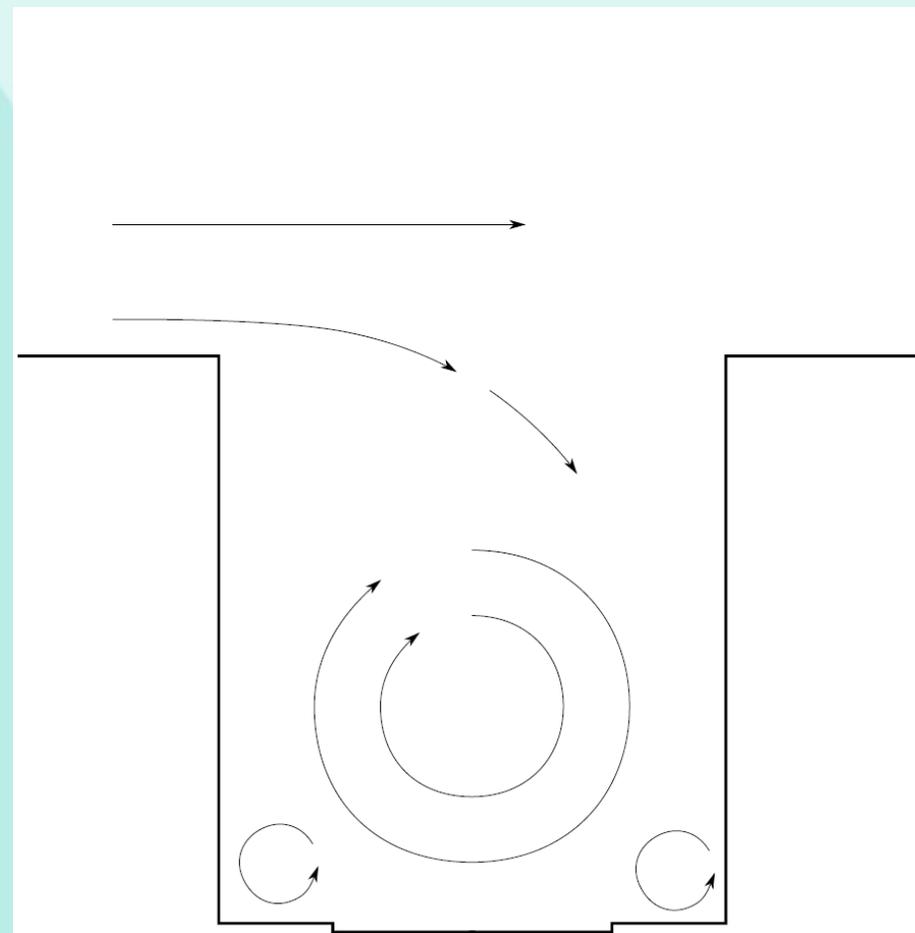


ICU : Mécanismes

Piégeage radiatif

Manque
d'évapotranspiration

Obstruction du vent



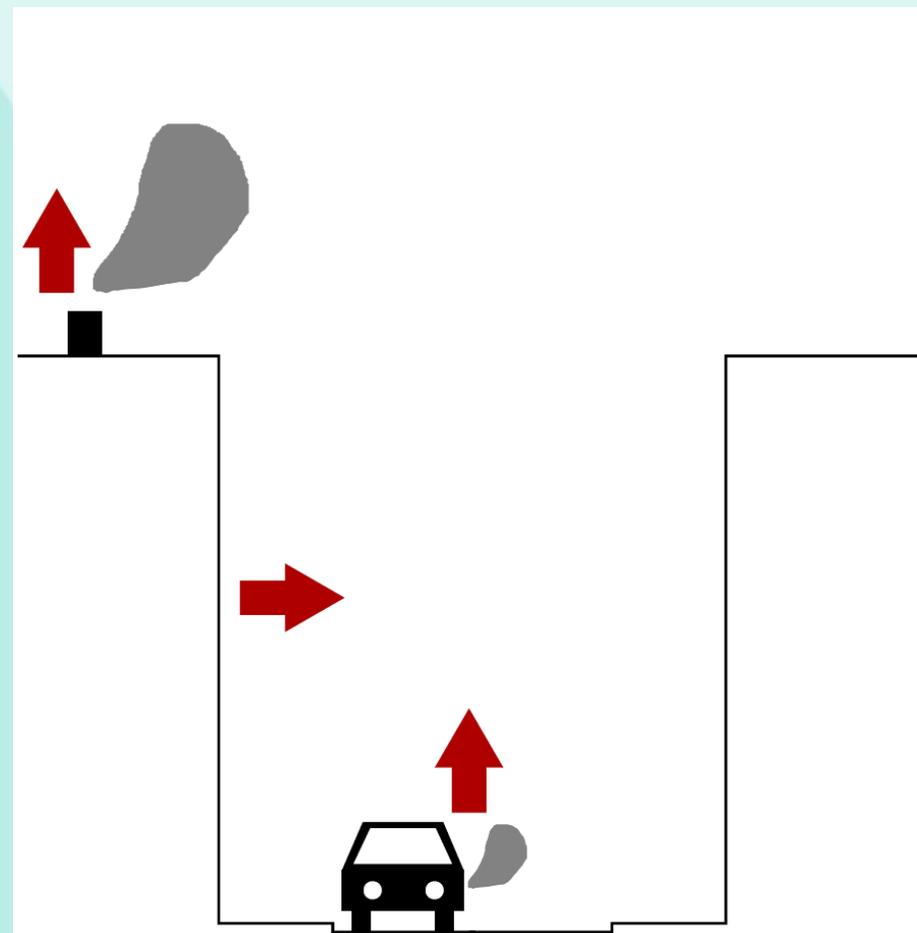
ICU : Mécanismes

Piégeage radiatif

Manque
d'évapotranspiration

Obstruction du vent

Chaleur anthropique

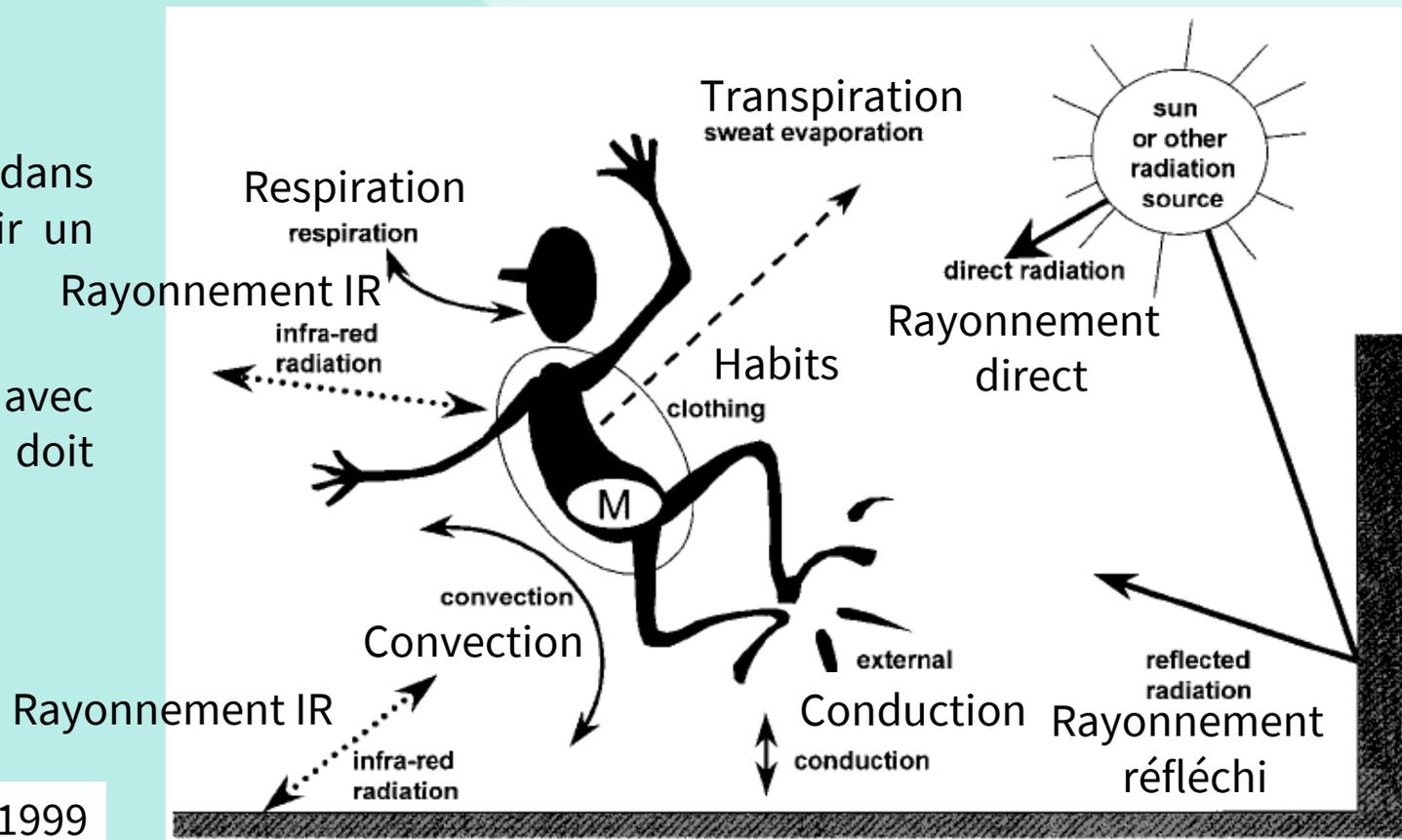


Stress thermique

→ Il s'agit d'un état physiologique dans lequel le corps humain doit fournir un effort pour réguler sa température.

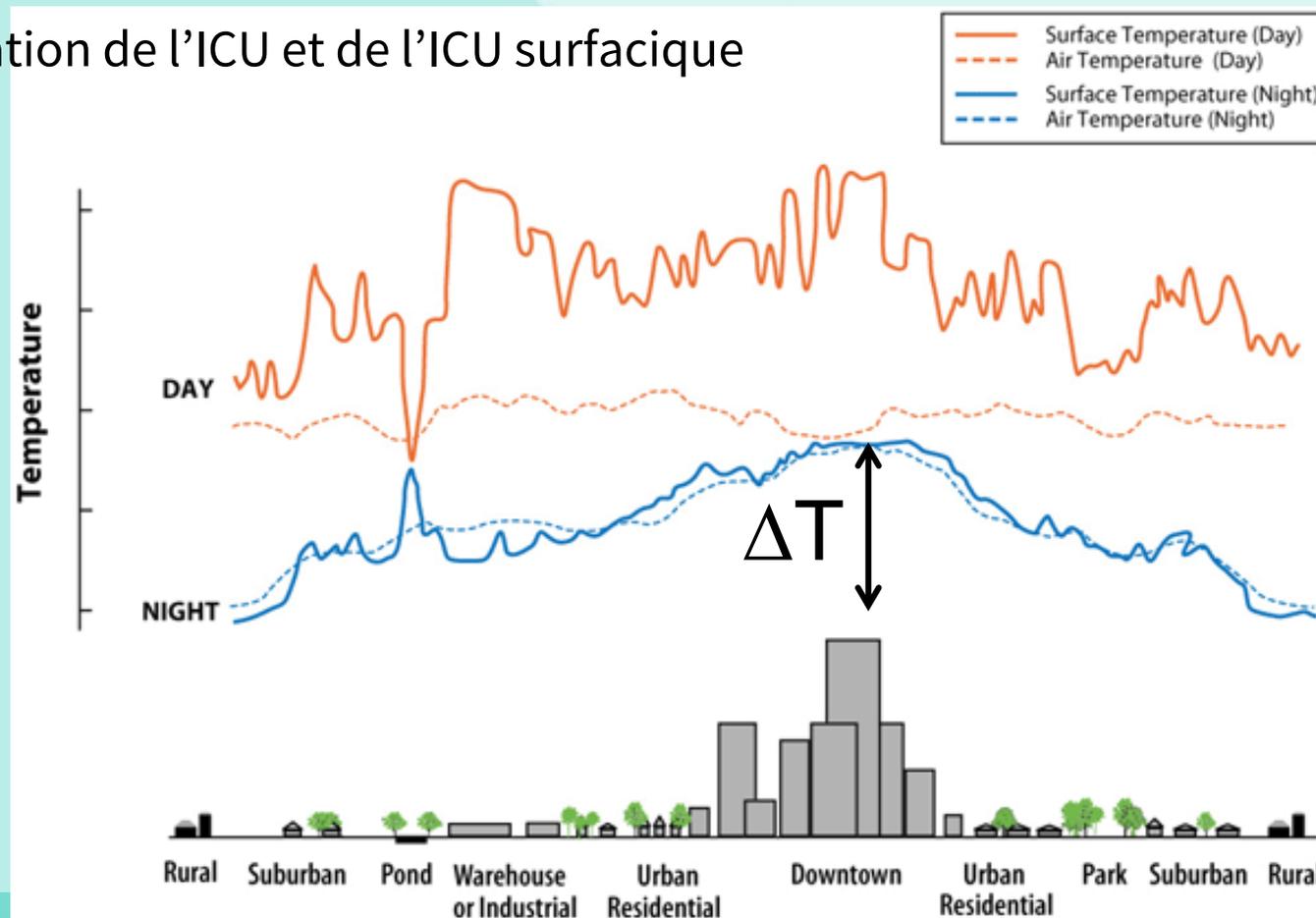
Il dépend des échanges de chaleur avec l'environnement que le corps doit compenser.

Havenith et al. 1999



Variabilité spatiale et temporelle

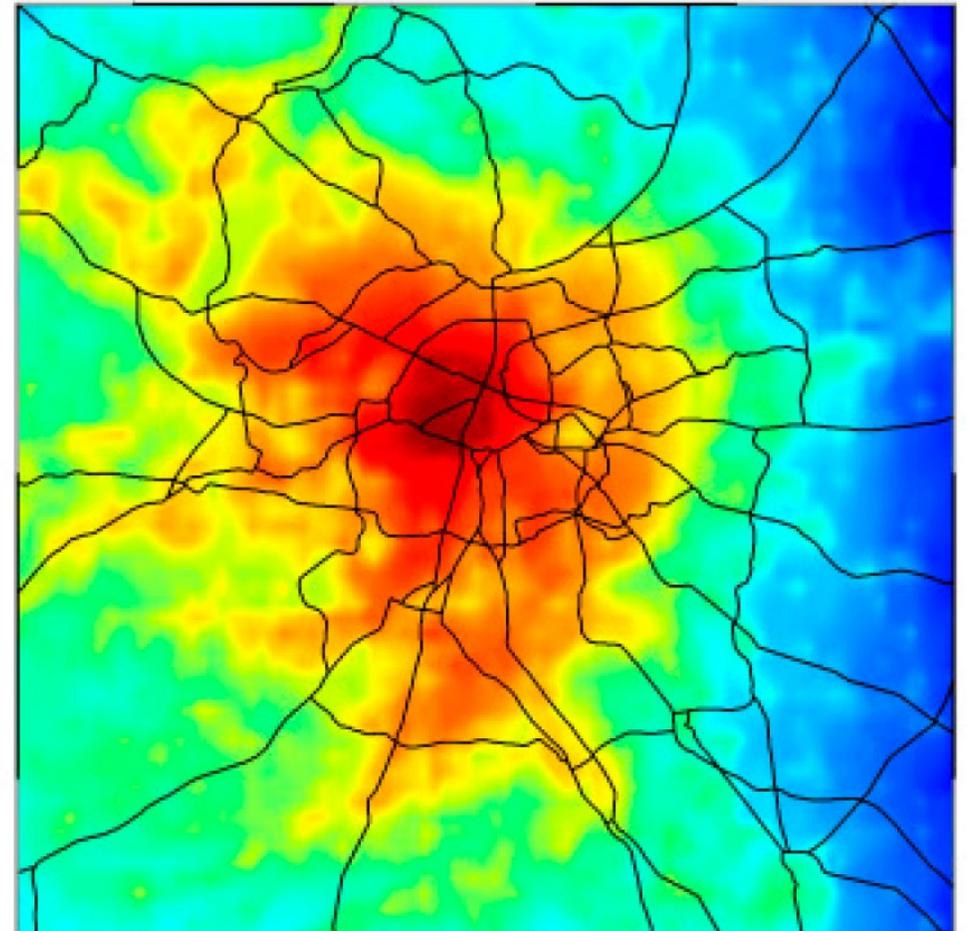
Schématisation de l'ICU et de l'ICU surfacique



→ Variabilité spatiale et temporelle

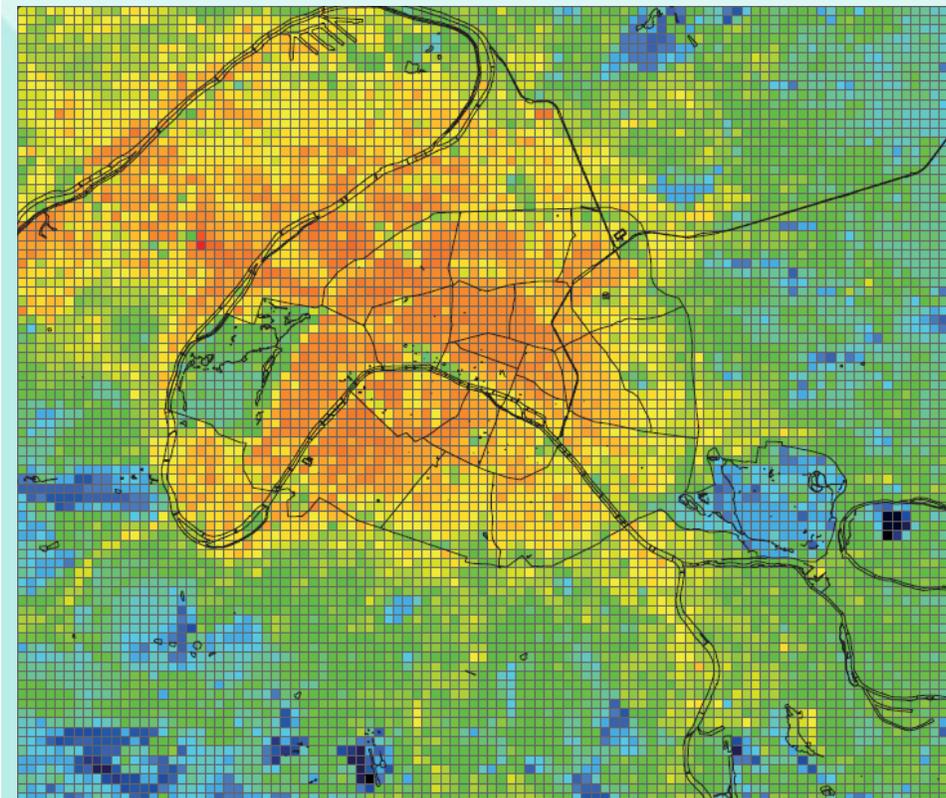
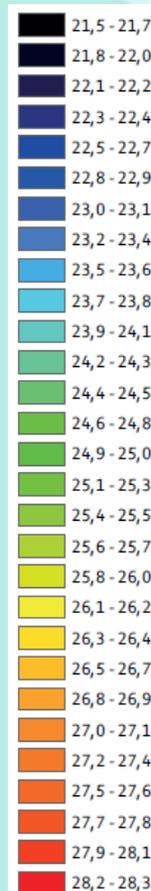
Variabilité spatiale : ICU

➔ Variabilité spatiale importante
Echelle ville



Variabilité spatiale : ICU

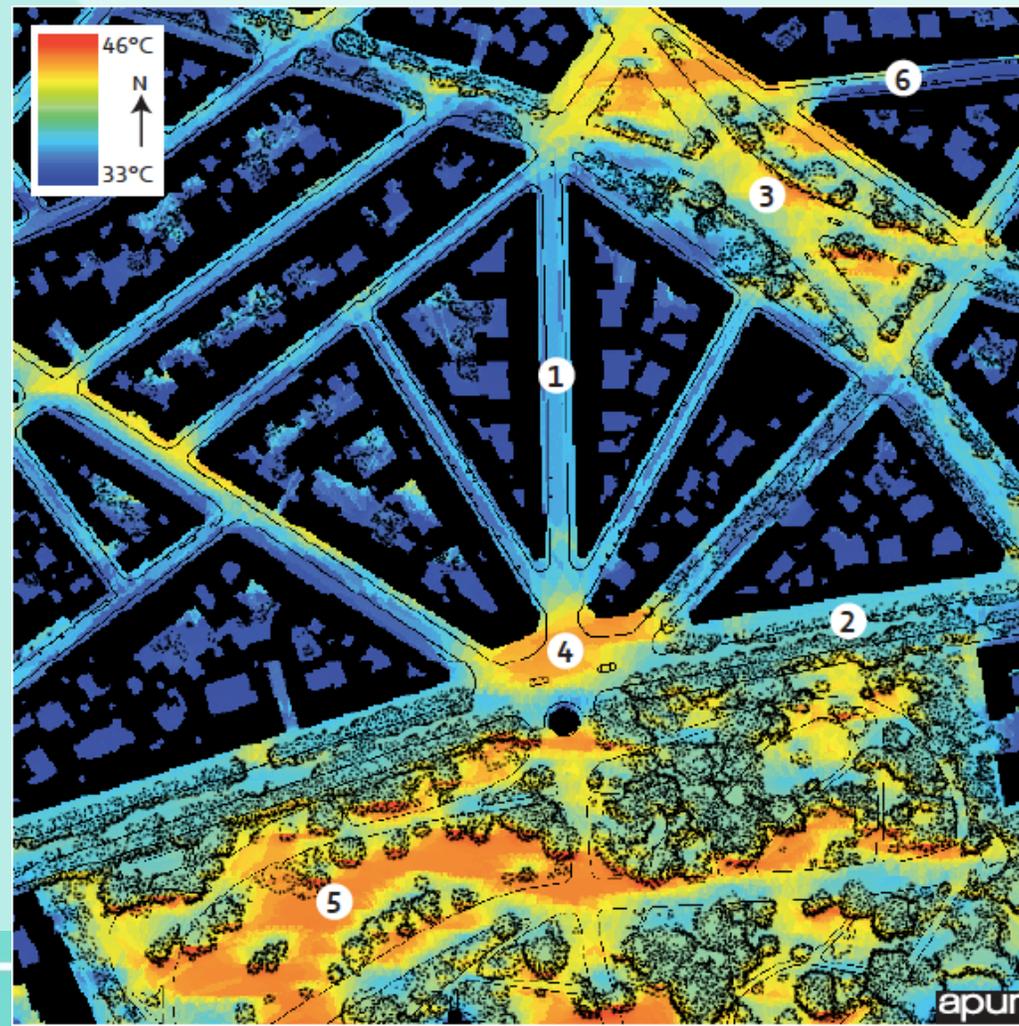
➔ Variabilité spatiale importante
Echelle quartier



Simulation de la température de l'air à 2 m à 6h le 10 août 2003
Source: EPICEA 2012

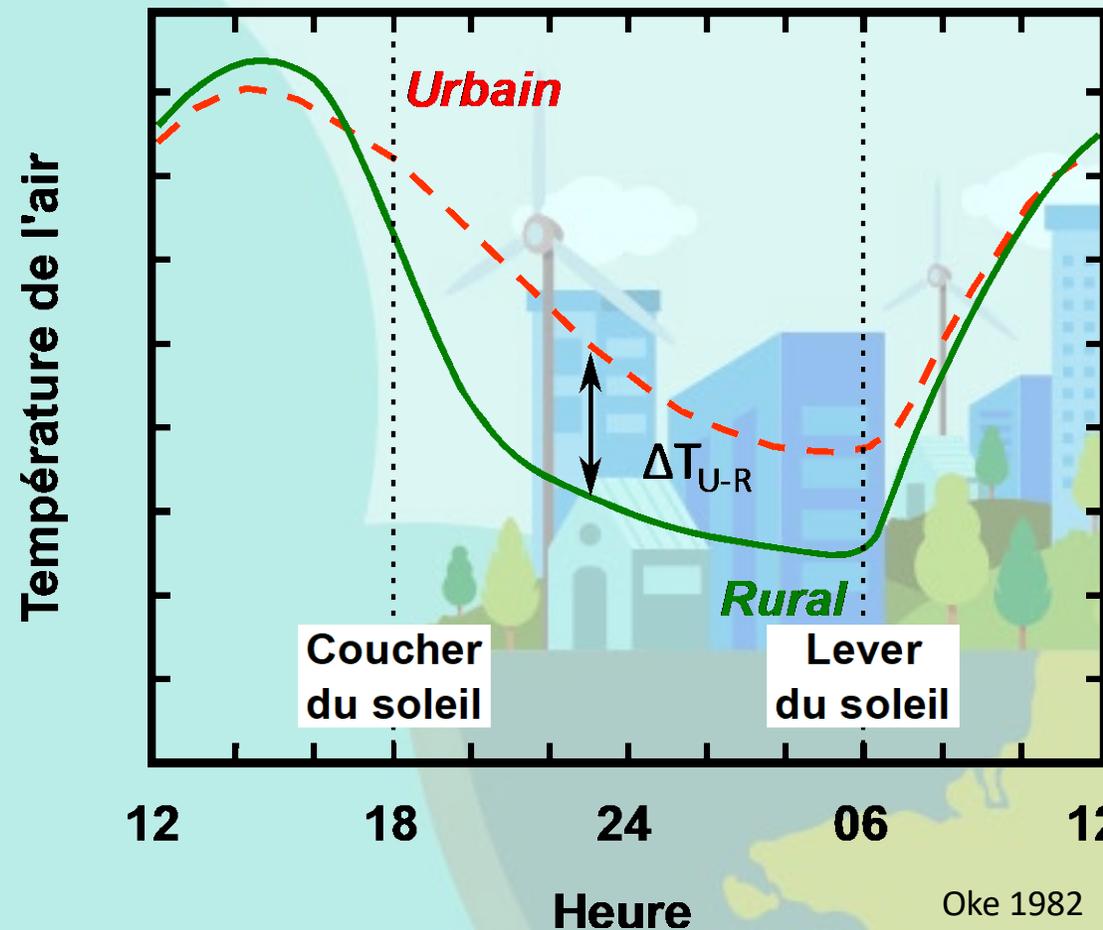
Variabilité spatiale : stress thermique

- ➔ Variabilité spatiale importante
Echelle rue/piéton



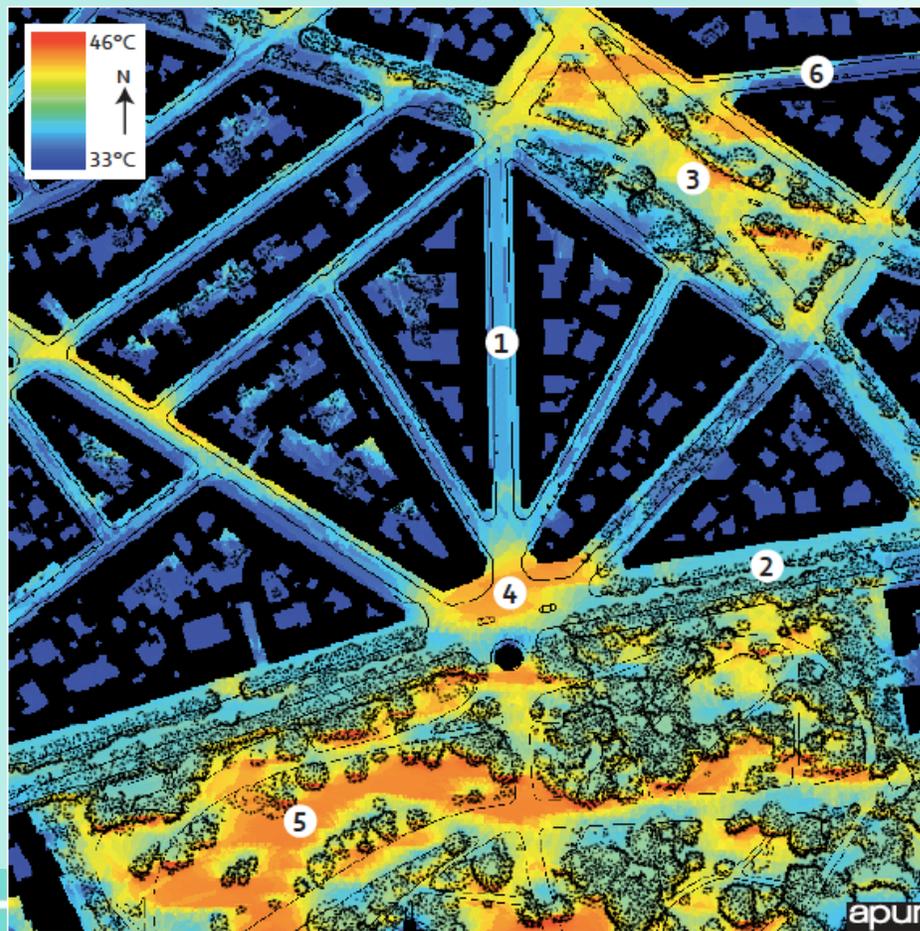
Variabilité temporelle : ICU

➔ Variabilité temporelle
Echelle ville

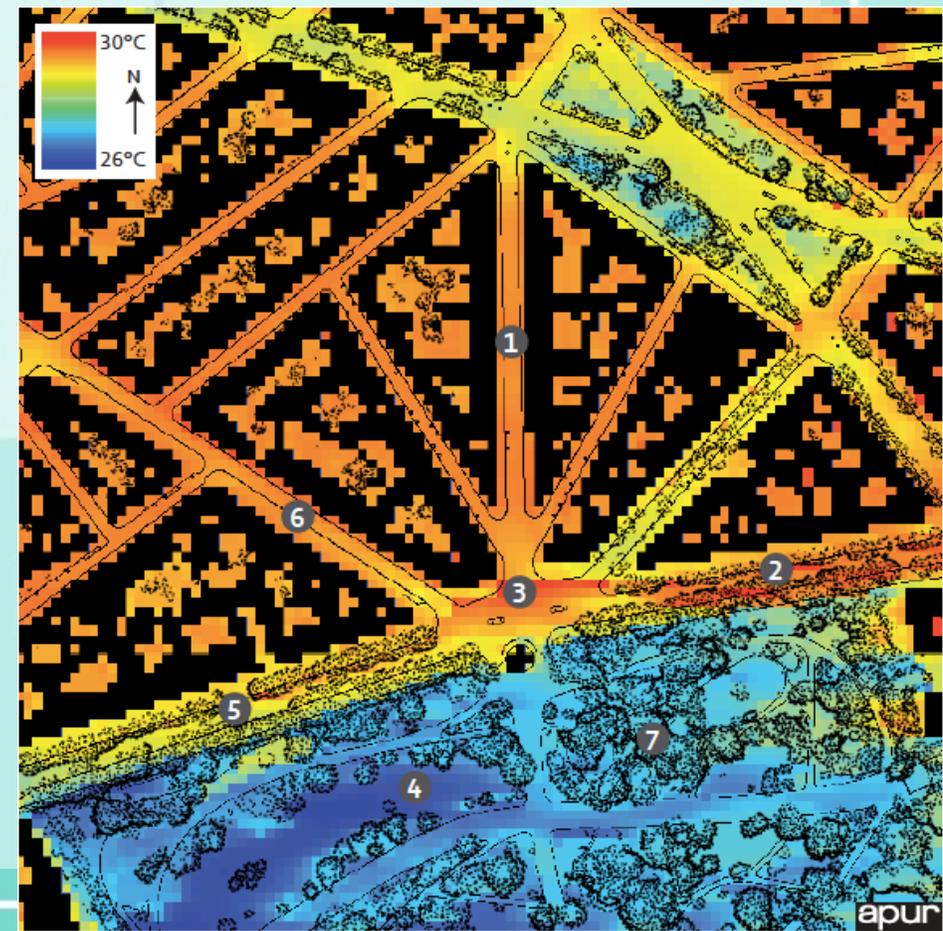


Variabilité temporelle : stress thermique

Jour

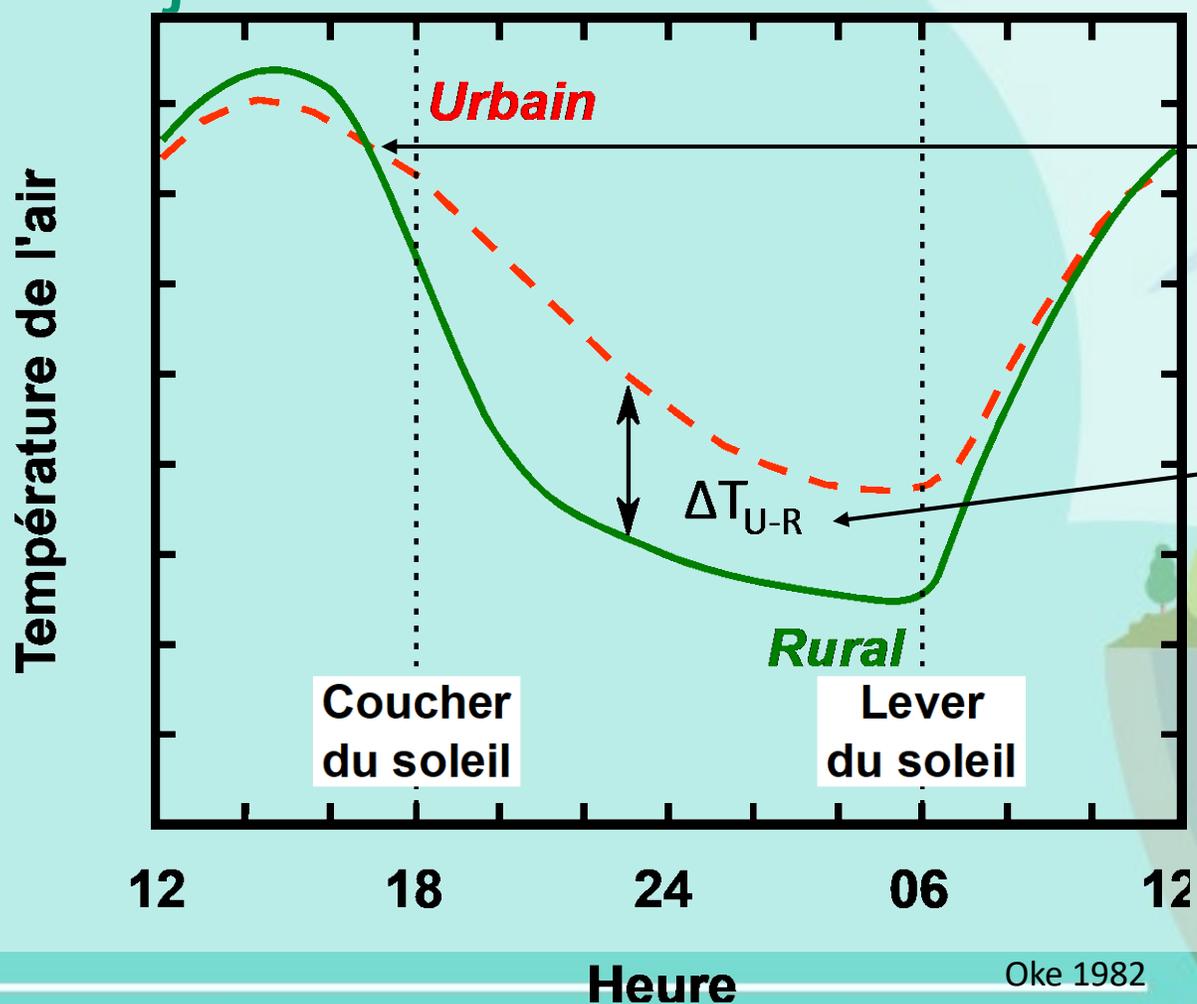


Nuit



Variabilité temporelle :
Echelle rue/piéton

Quel est l'objectif ?



Pic de chaleur ?
(Stress thermique)

ICU ?

Solutions

Piégeage radiatif

Faible évapotranspiration

Obstruction du vent

Chaleur anthropique

Villes réfléchissantes

Cádiz, Espagne



Santorin, Grèce



Solutions

Piégeage radiatif

Faible évapotranspiration

Obstruction du vent

Chaleur anthropique

Végétalisation



Eco Boulevard, Madrid

Solutions

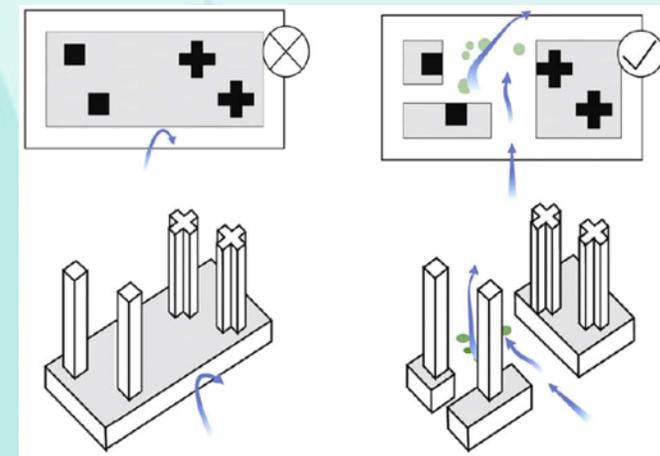
Piégeage radiatif

Faible évapotranspiration

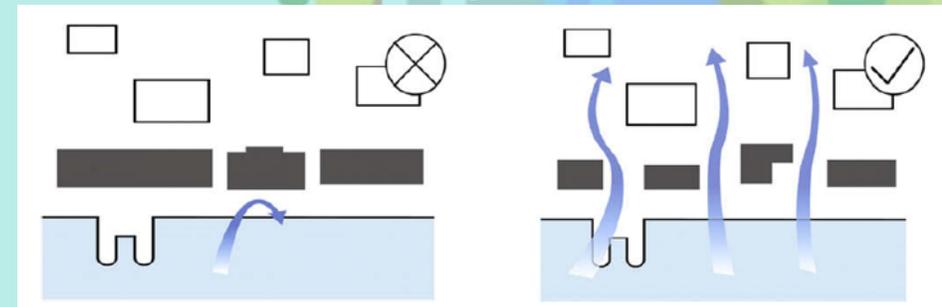
Obstruction du vent

Chaleur anthropique

Perméabilité aéraulique



Source : Ng E. (2009)



Solutions

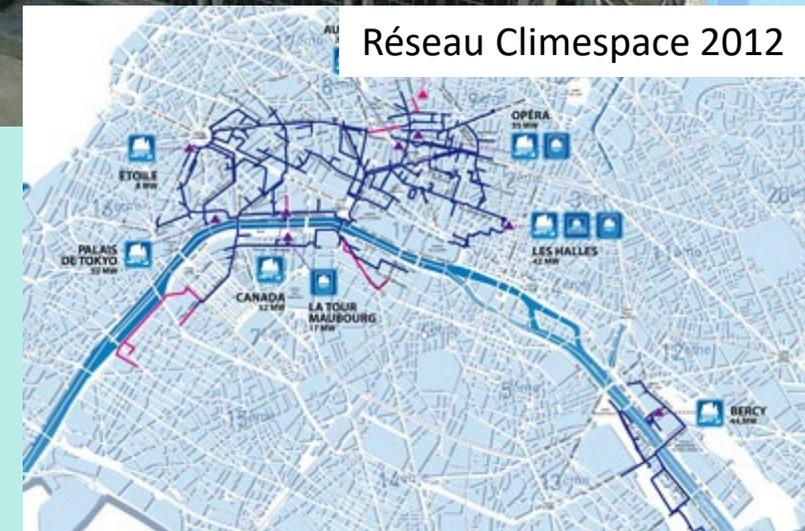
Piégeage radiatif

Faible évapotranspiration

Obstruction du vent

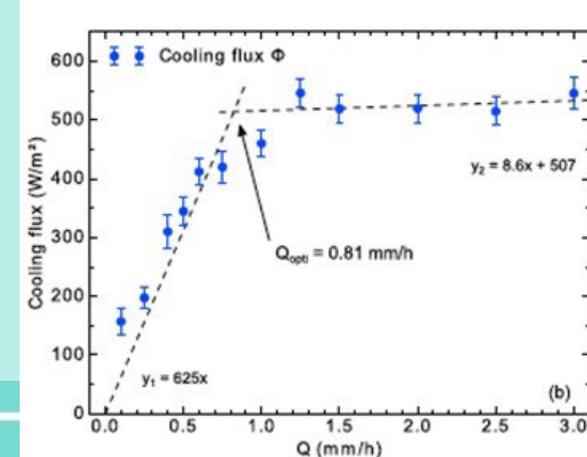
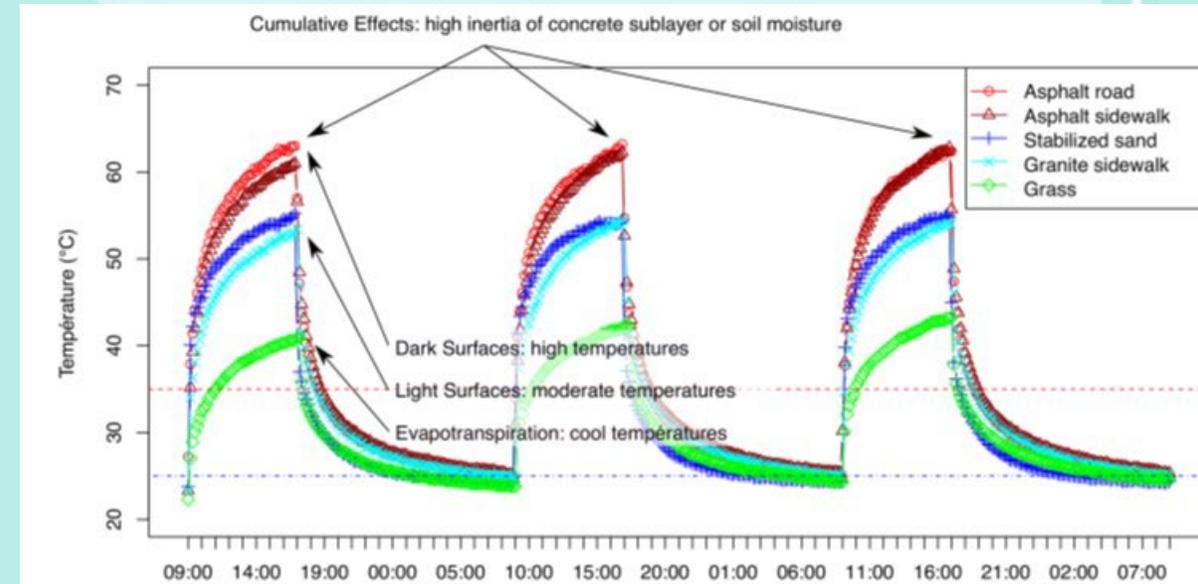
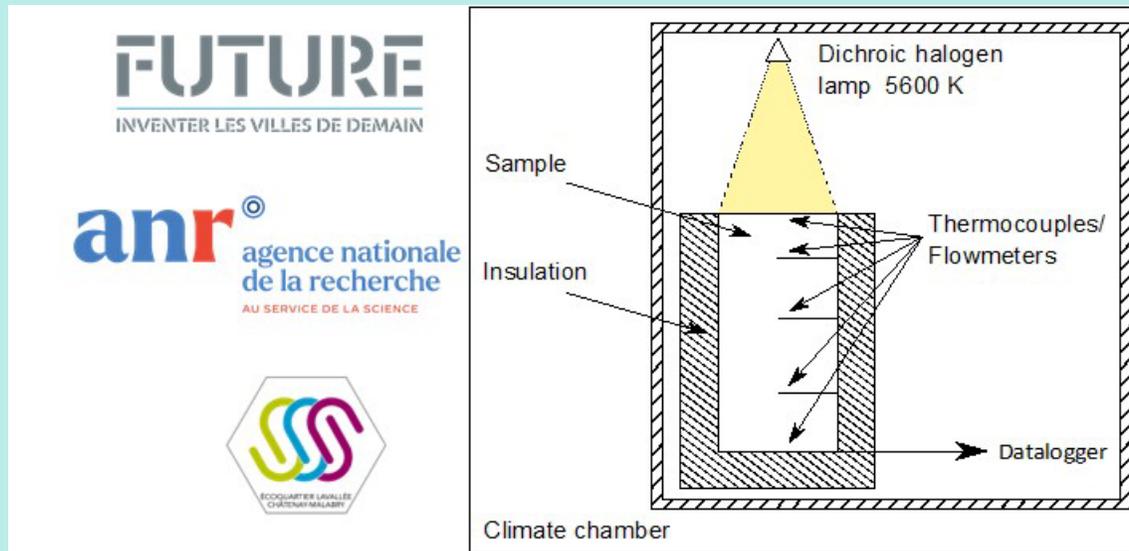
Chaleur anthropique

Efficacité énergétique



Axes de recherche proposés

- ➔ **Matériaux urbains**
 - Revêtements



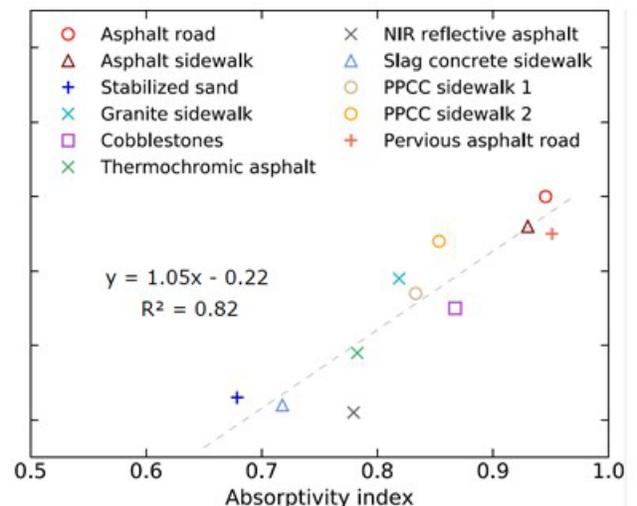
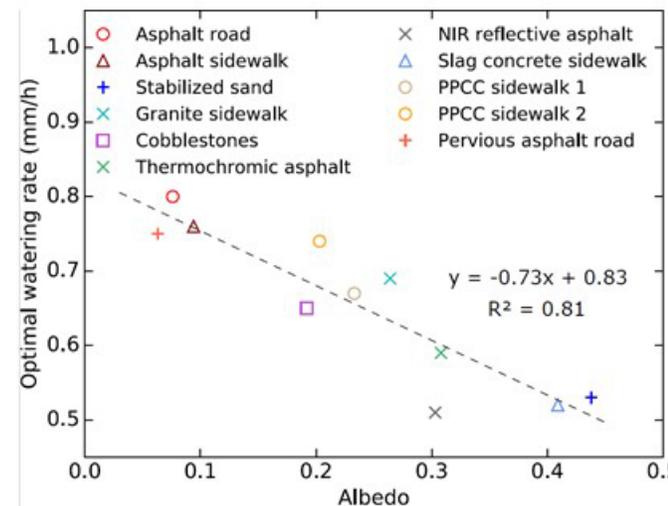
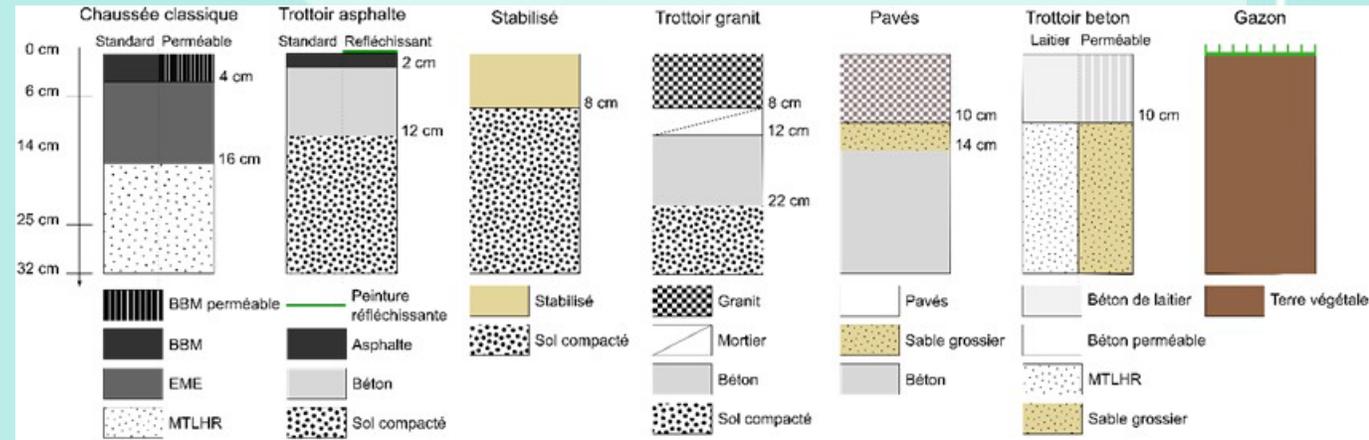
Hendel et al., *Build. and Env.*, 2018
Parison et al., *Urban Climate*, 2020
Parison et al., *Energy and Build.*, 2020



Axes de recherche proposés

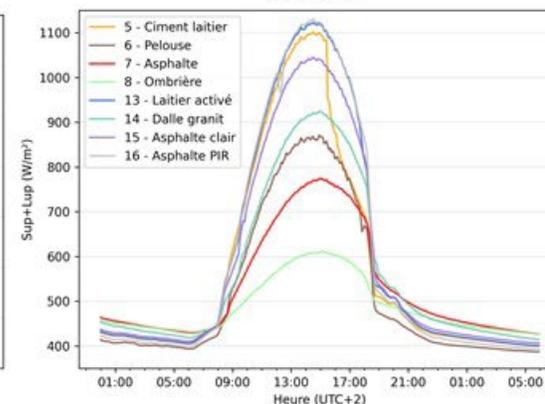
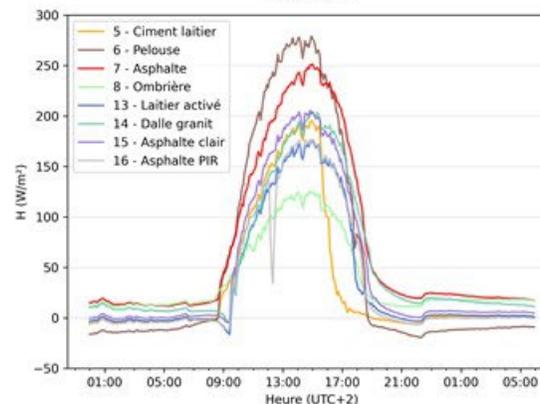
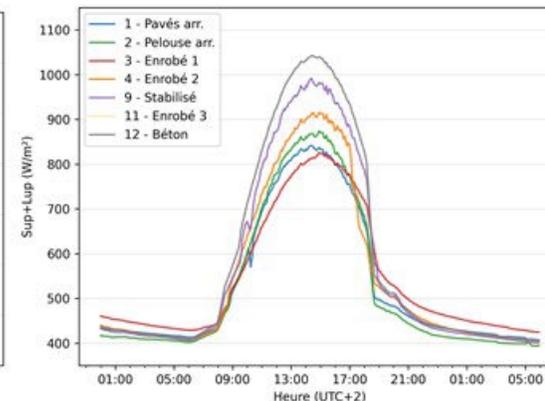
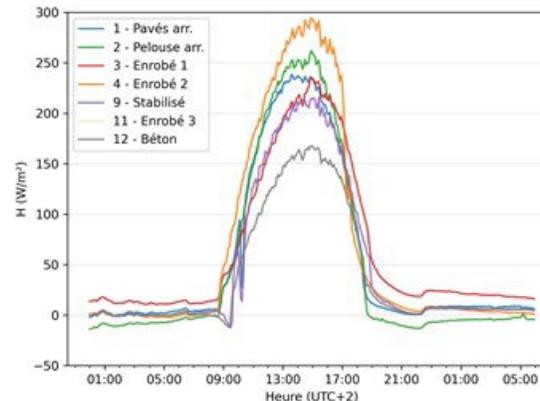
→ Matériaux urbains – Revêtements

Parison et al., *Urban Climate*, 2020
Parison et al., *Energy and Build.*, 2020



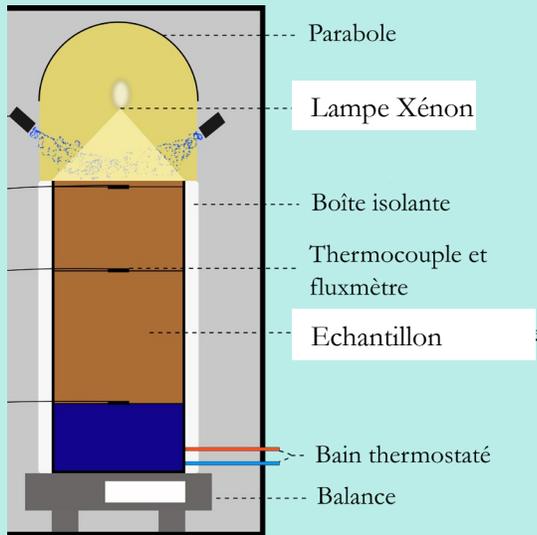
Axes de recherche proposés

- ➔ **Matériaux urbains**
 - **Revêtements**

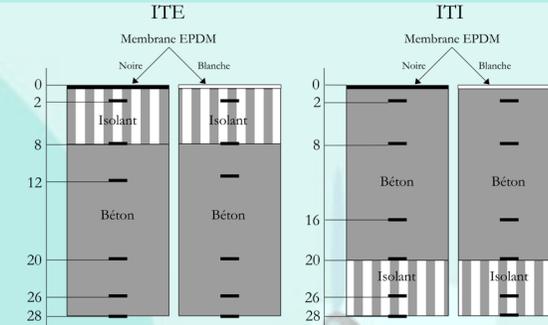


Axes de recherche proposés

- ➔ **Matériaux urbains**
 - Revêtements
 - **Façades et toitures**

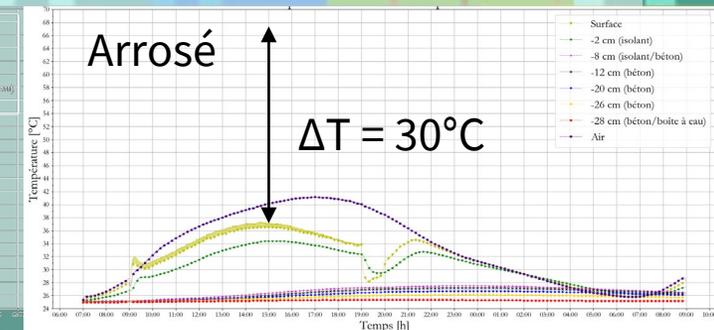
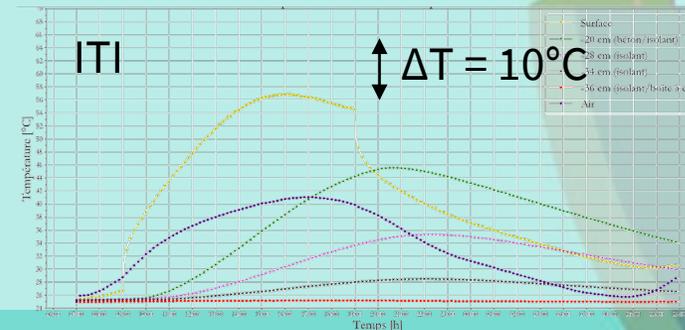
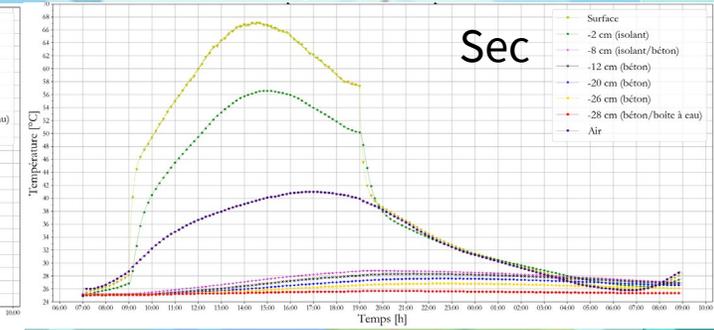
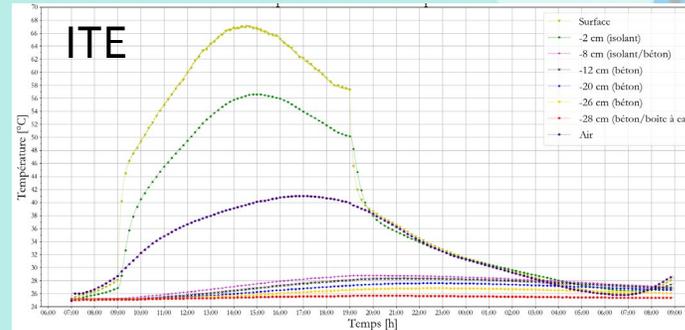


Projet UMat4CC



Comparaison directe

Arrosage

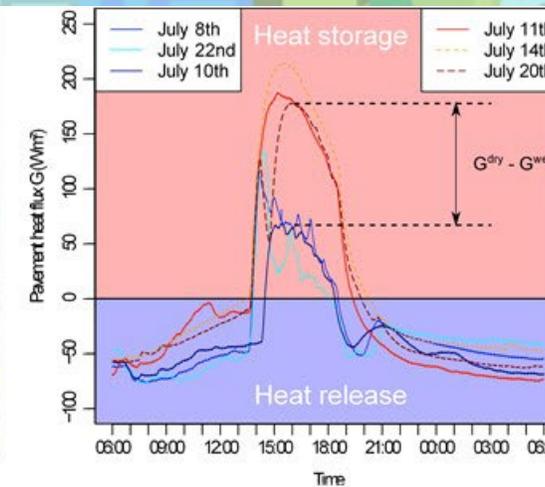
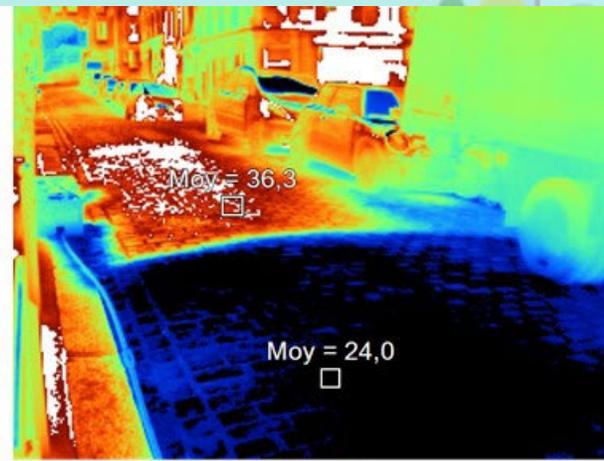
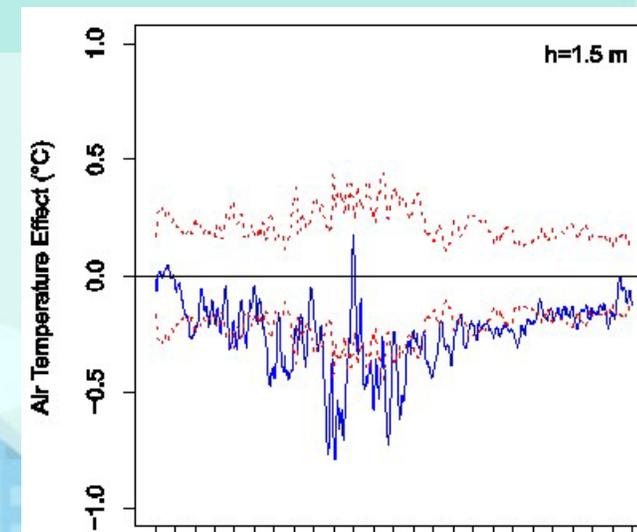


Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures
- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain

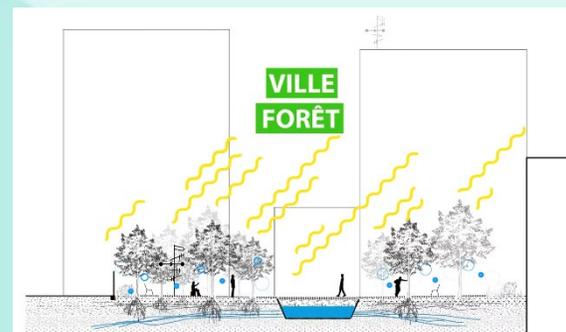


Hendel et al., *Urban Climate*, 2014
Hendel et al., *Urban Climate*, 2015
Hendel et al., *Appl. Therm. Eng.*, 2015
Hendel et al., *Urban Climate*, 2016
Parison et al., *Urban Climate*, 2020

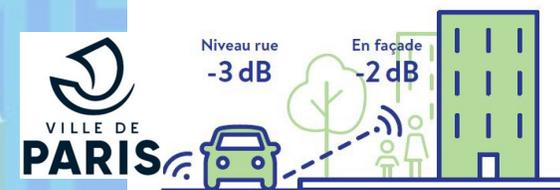
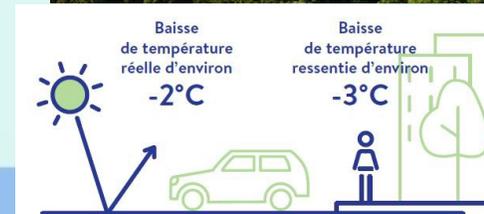


Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures
- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants
 - Cours d'école



Parison et al., SCS, under review

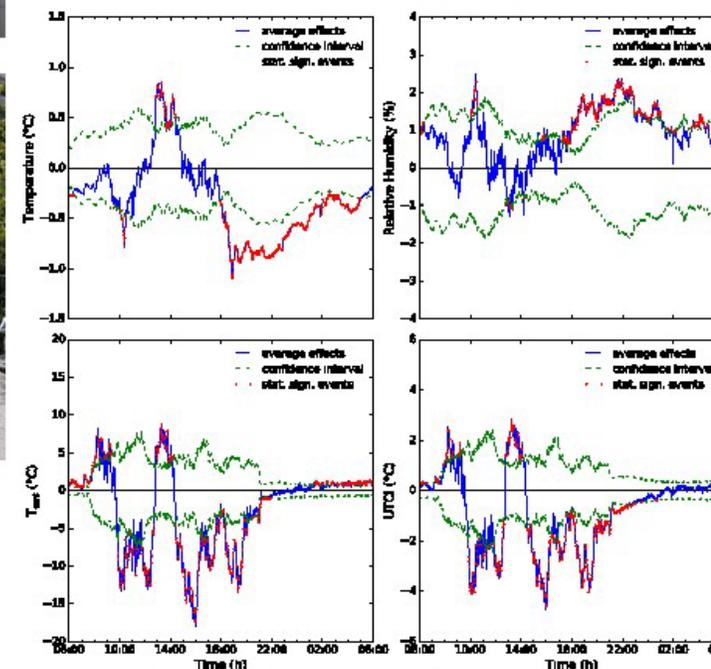
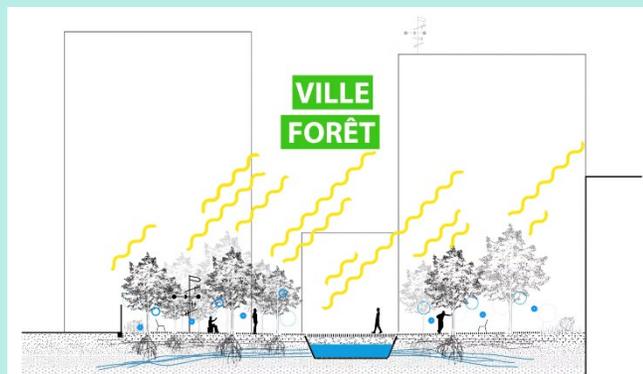


Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures



- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - **Végétalisation**



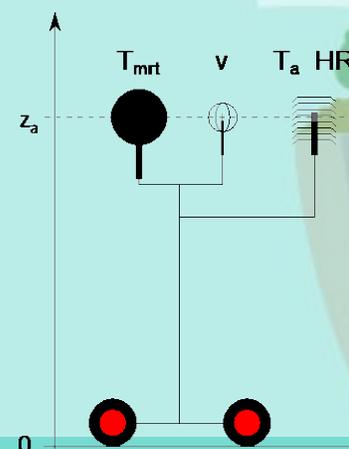
Parison et al., SCS, under review

Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures
- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants
 - Cours d'école



Karam et al., AIC 2021



Axes de recherche proposés

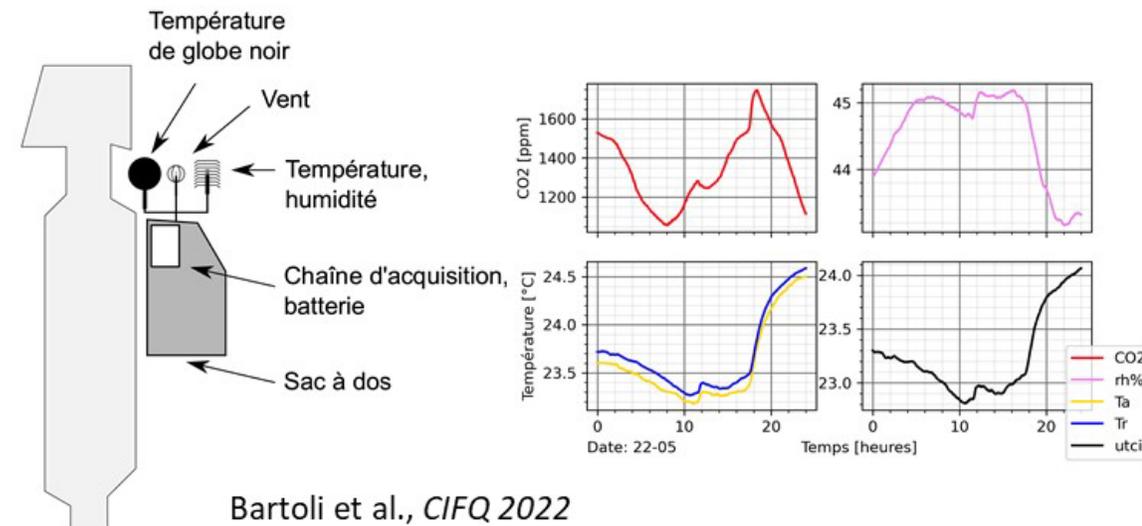
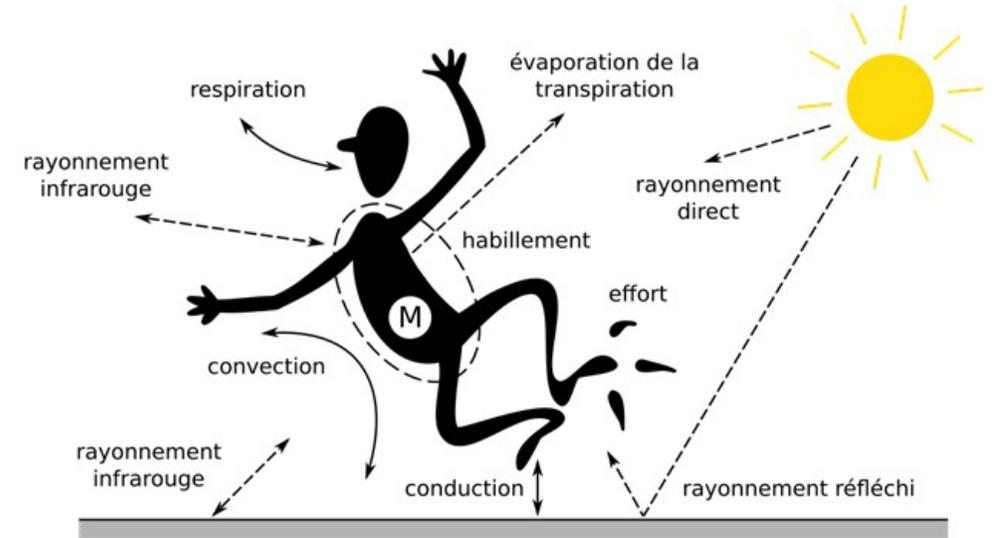
- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures



- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants



- Cours d'école
- Stress thermique et santé



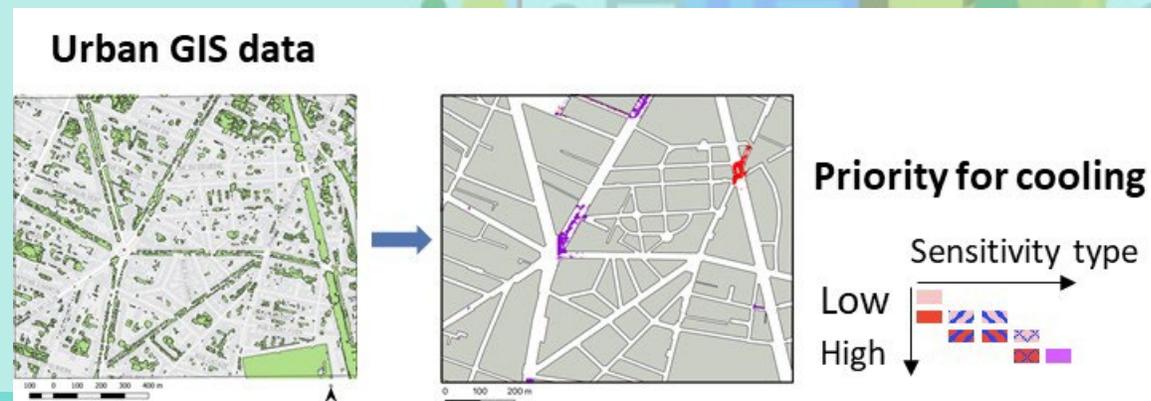
Bartoli et al., CIFQ 2022

Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures

- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants
 - Cours d'école
 - Stress thermique et santé

- ➔ **Aide à la décision**
 - **Où intervenir en priorité ?**



Axes de recherche proposés

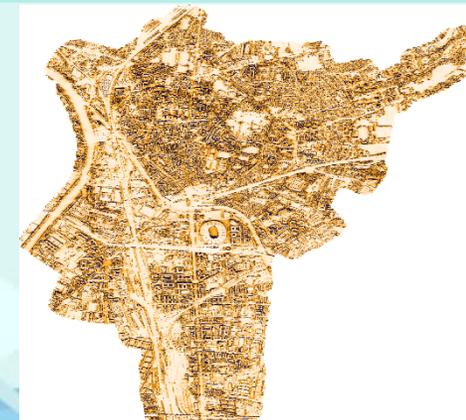
- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures

- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants
 - Cours d'école
 - Stress thermique et santé

- ➔ **Aide à la décision**
 - **Où intervenir en priorité ?**

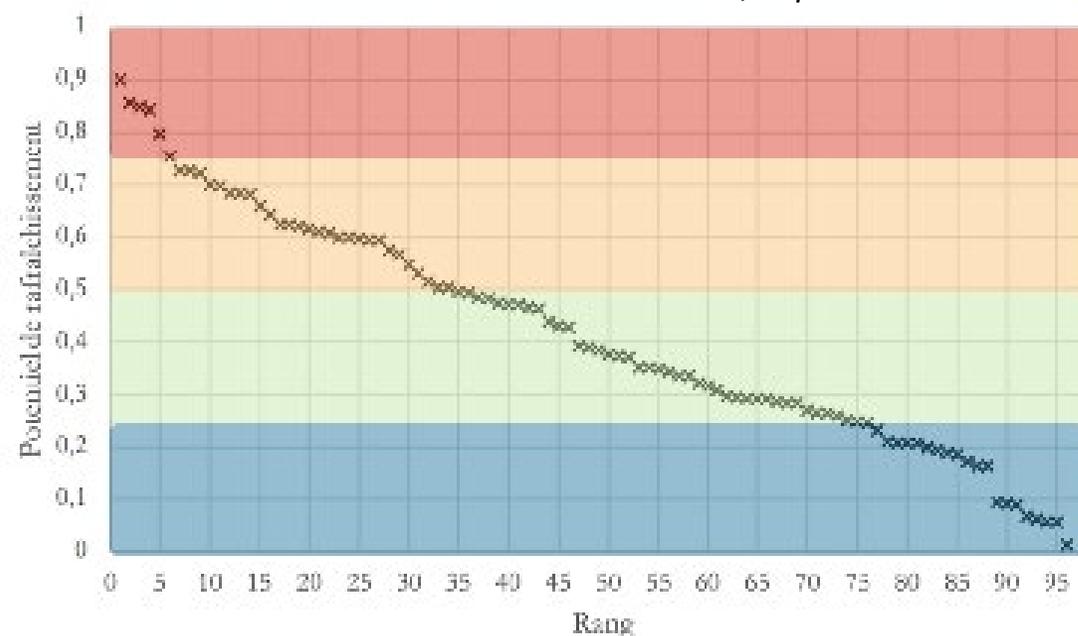
Rafrâichir les 96 cours
d'écoles dyonisiennes

Par où commencer ?



Saint ★
Denis

Hendel et al., *unpublished*



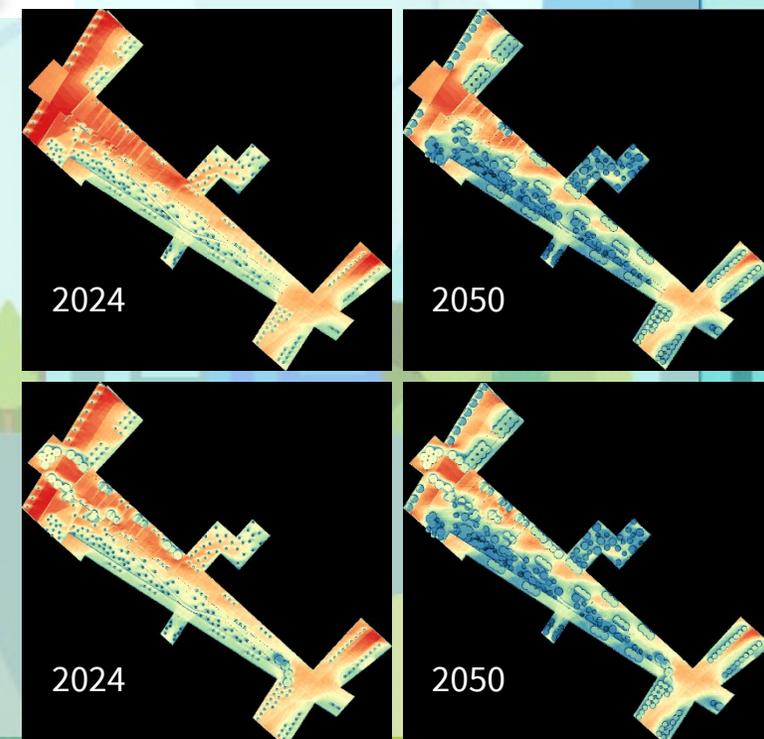
Axes de recherche proposés

- ➔ Matériaux urbains
 - Revêtements
 - Façades et toitures
- ➔ Etudes in situ
 - Arrosage urbain
 - Matériaux innovants
 - Cours d'école
 - Stress thermique et santé
- ➔ **Aide à la décision**
 - Où intervenir en priorité ?
 - **Aide à la conception**
 - **Métadonnées scientifiques**



Indicateur potentiel de
rafraîchissement

Hendel et al., *unpublished*



LES ATELIERS
DE LA FONDATION
UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL



Fondation Université Gustave Eiffel
Bâtiment Bienvenue – Bureau n°B344
14-20 Boulevard Newton · Champs-sur-Marne
77447 Marne-La-Vallée Cedex 2
univ-gustave-eiffel.fr/luniversite/nous-soutenir/la-fondation

