

# Webinaire FNCCR

## Rafraîchissement urbain

**Sophie Parison**

Post-doc LIED

09 juillet 2020

# L'équipe Climat Energie Milieu Urbain

## Rafrâichissement urbain : du laboratoire à la ville



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

Bâtiment, rue,  
quartier

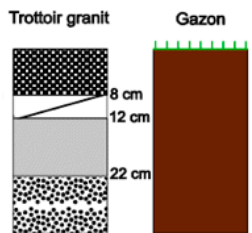


Matériaux  
urbains

Ville,  
agglomération



## Rafrâichissement évaporatif



## Thèses ICU en cours :

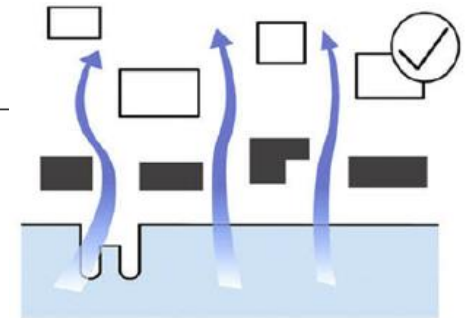
- S. Parison (2017-2020) : Arrosage urbain
- M. Chaumont (2019-) : Toitures et façades
- G. Karam (2019-) : Cours OASIS
- M. Chanial (2020-) : Revêtements urbains
- M. Frere (2020-) : Combinaison de techn.

# Contexte: mécanismes et solutions

Villes réfléchissantes



Perméabilité aéraulique



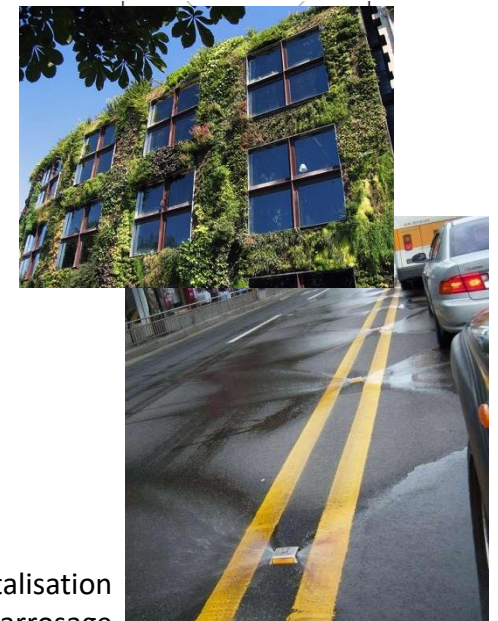
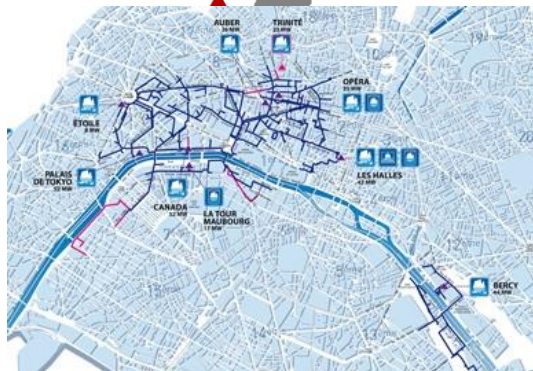
Piégeage radiatif

Obstruction du vent

Chaleur anthropique

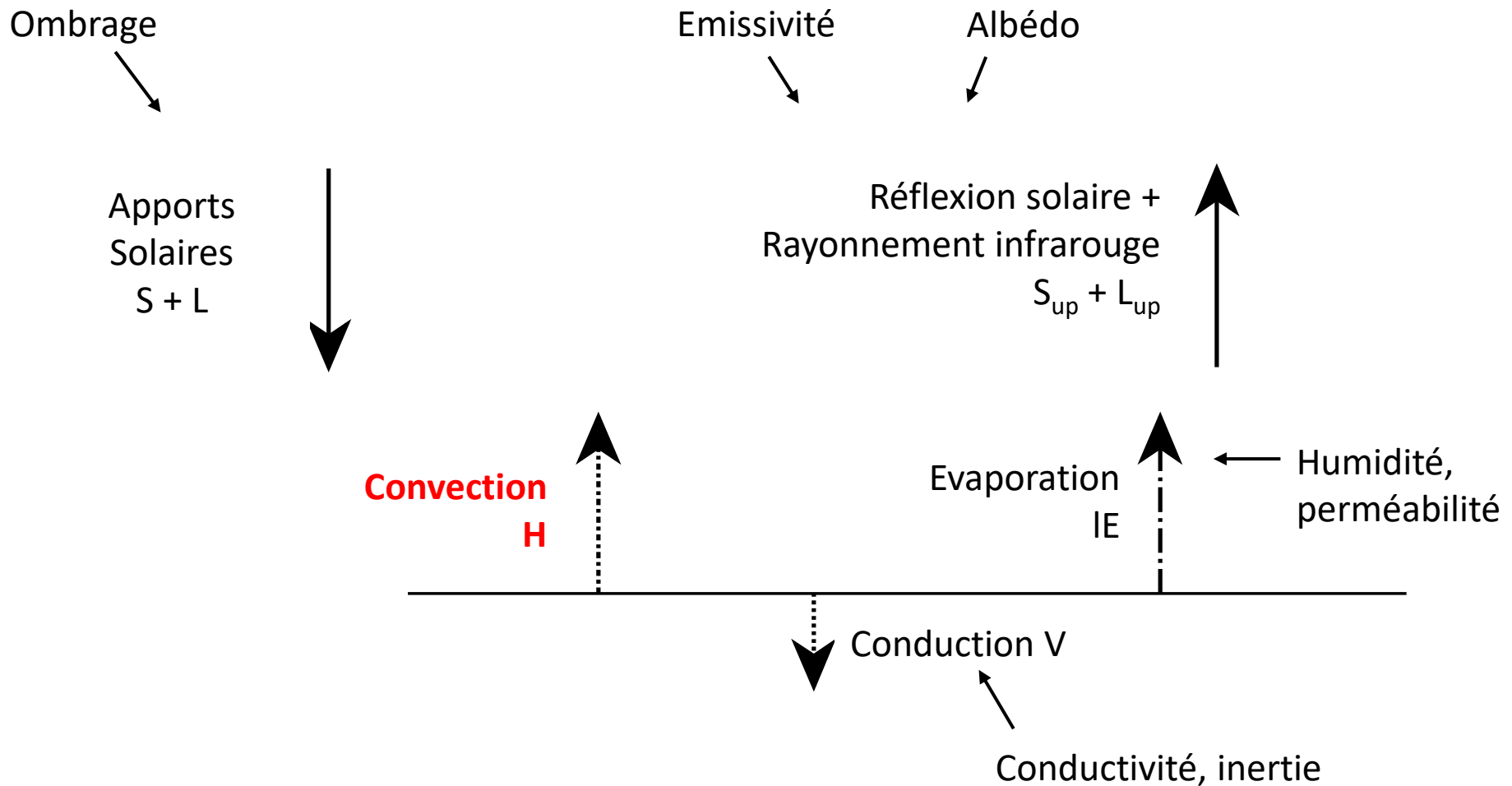
Faible évapotranspiration

Efficacité énergétique

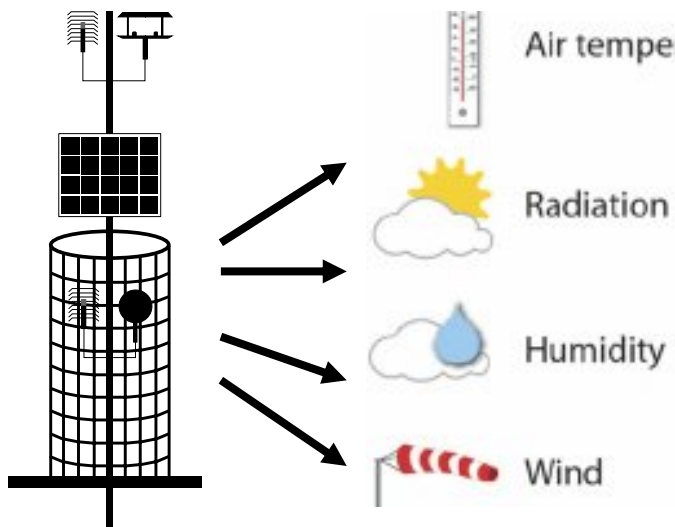


Végétalisation  
et arrosage

# Mécanismes à l'échelle d'une surface



# A l'échelle de la rue: arrosage

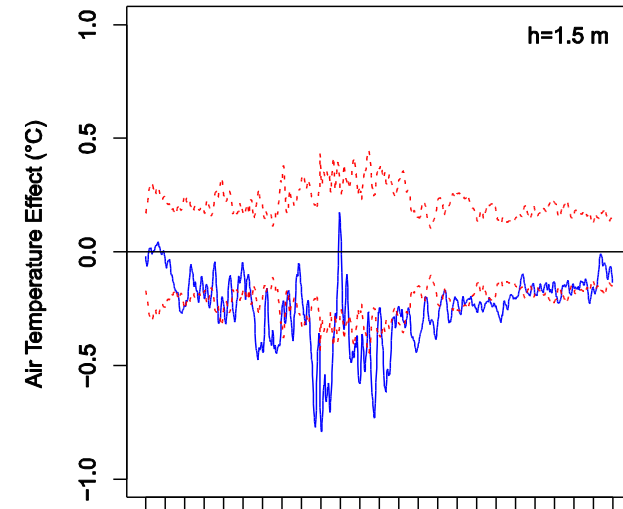
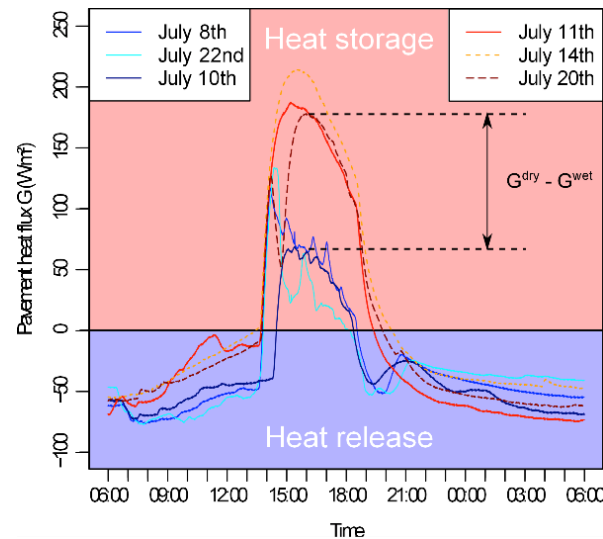
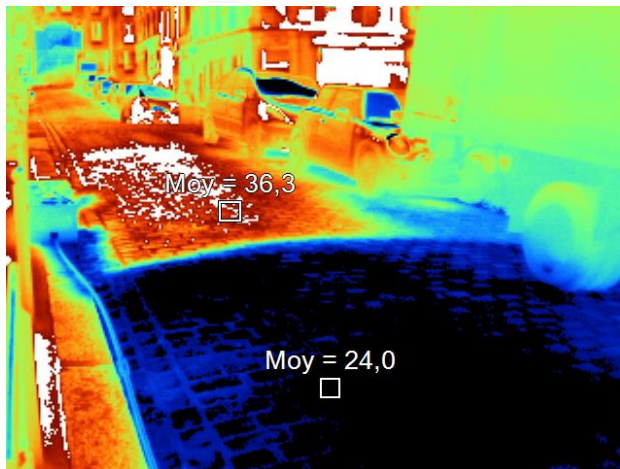


Stress thermique  
de piétons ?





# Effets de l'arrosage



## Effets thermiques

- -10 à -15°C au soleil au maximum
- Chaleur stockée fortement réduite

## Effets microclimatiques

- -2 à 3°C en température ressentie
- Rafraîchissement principalement produit par évaporation du film d'eau

Hendel et al., *Urban Climate*, 2014, 2015

Hendel et al., *Appl. Therm. Eng.*, 2015

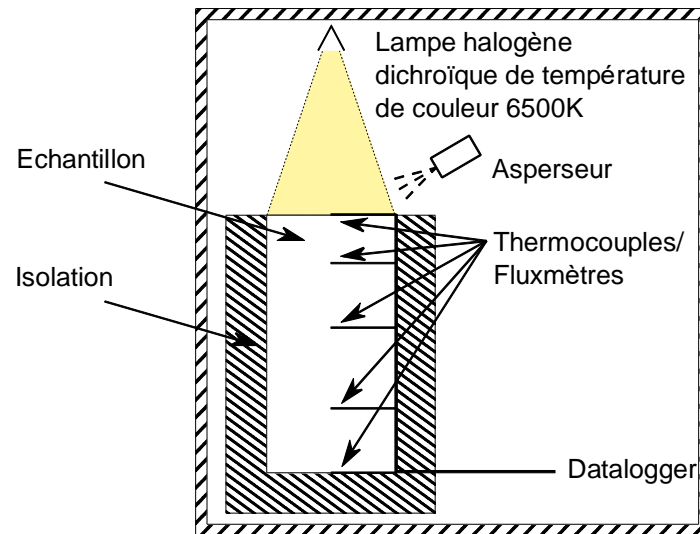
Parison et al., *Urban Climate*, 2020

# Aspect matériaux de voirie: laboratoire



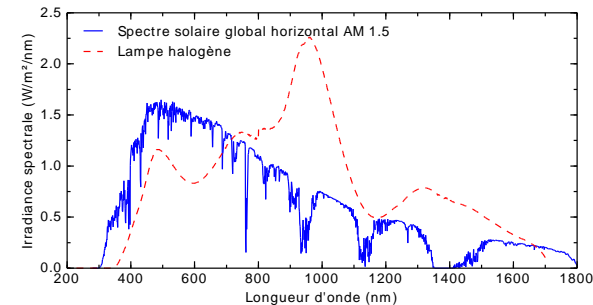
Photo du dispositif expérimental

Hendel et al. 2018, *Building and Environment*  
 Parison et al. 2020, *Urban Climate*



Enceinte climatique

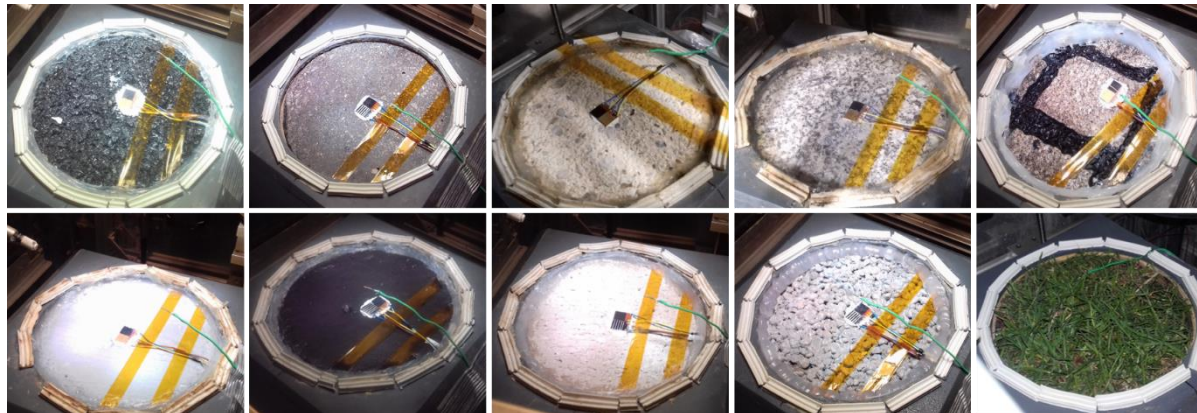
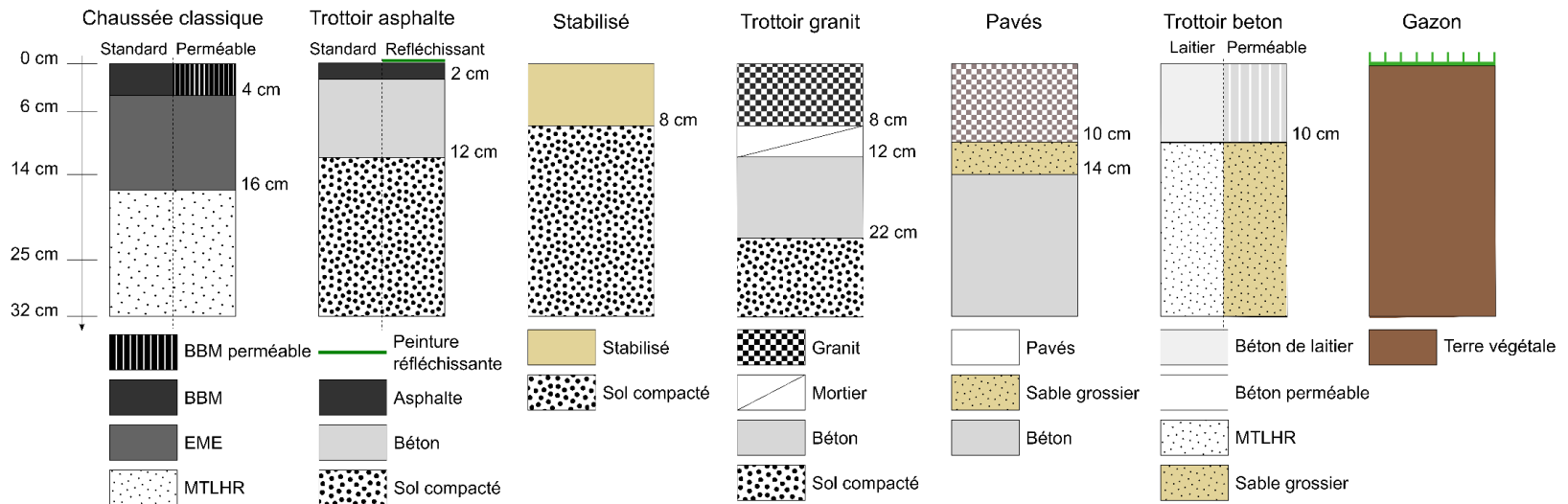
Spectres AM 1.5 et halogène dans la bande 200-1700 nm



	Jour	Nuit
Durée	8h	16h
Température de l'air	35°C	25°C
Humidité relative	35%	70%
Rayonnement solaire	1 200 W/m²	0 W/m²
Rayonnement IR	180 W/m²	450 W/m²

Caractéristiques des phases jour et nuit dans l'enceinte climatique

# Structures de voirie testées

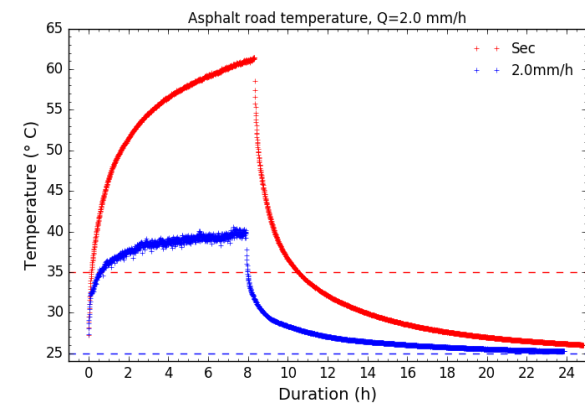
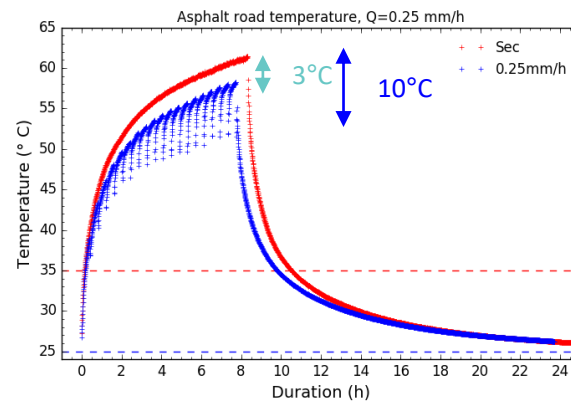
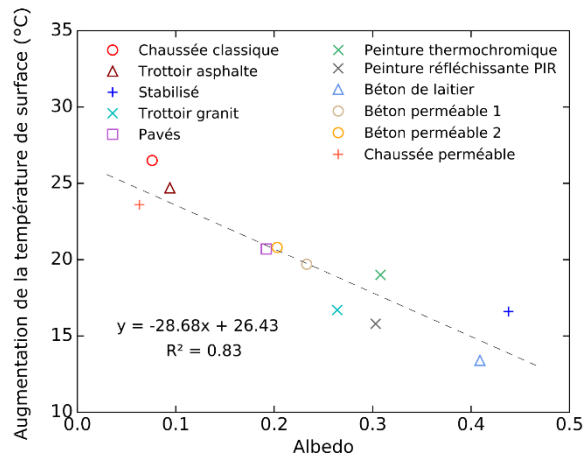
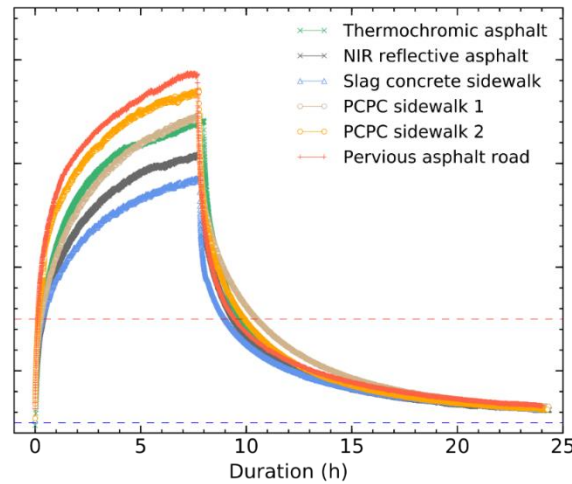
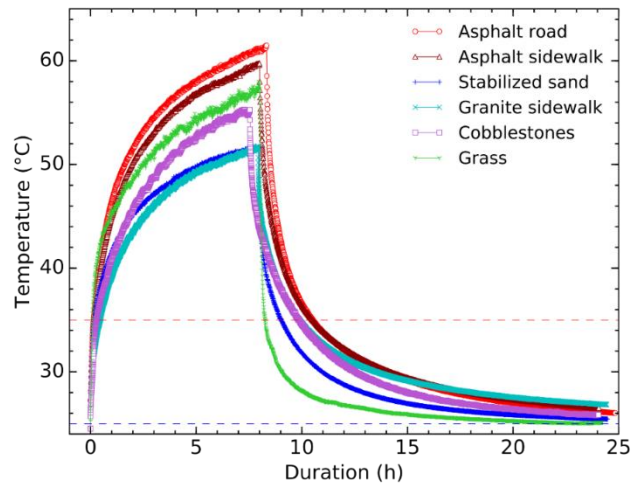


Gauche à droite et haut en bas :

*Chaussée classique, trottoir asphalte, stabilisé, trottoir granit, pavés, peinture thermo-chromique (>29°C), peinture réfléchissante PIR, béton de laitier, béton perméable et gazon.*



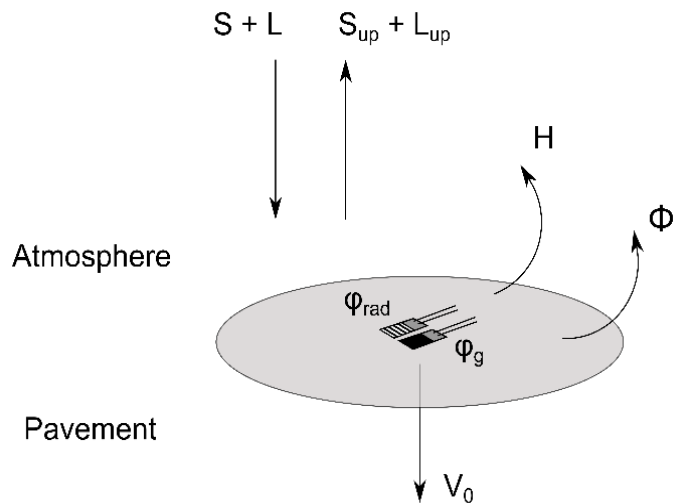
# Températures de surface



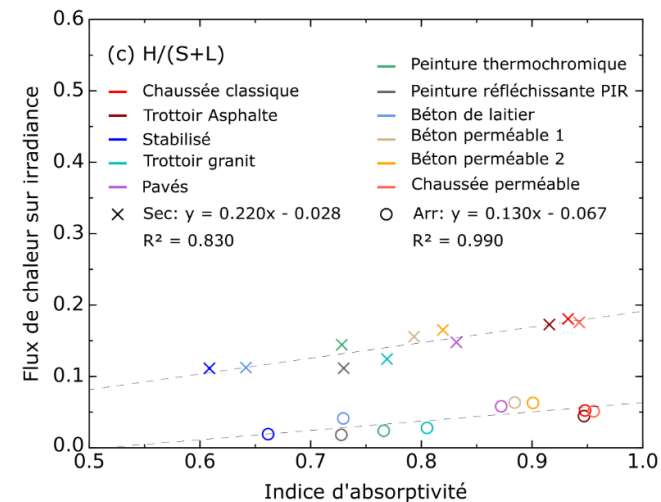
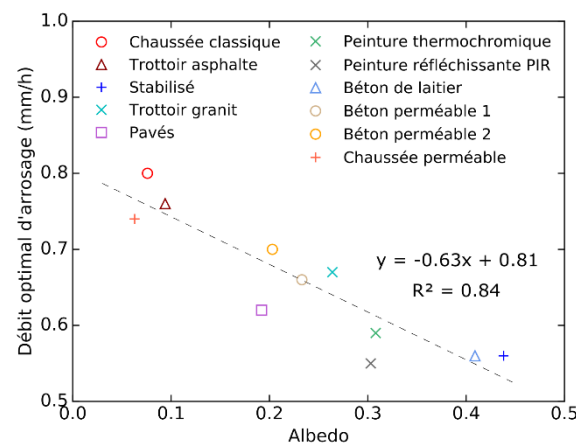
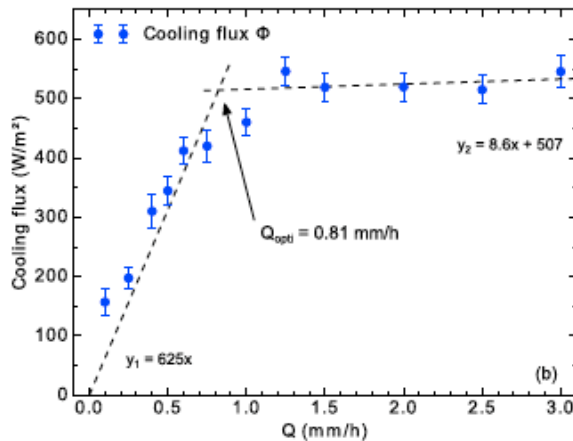
Parison et al. 2020, Urban Climate

Parison et al. 2020, Energy and Buildings

# Bilan thermique de surface



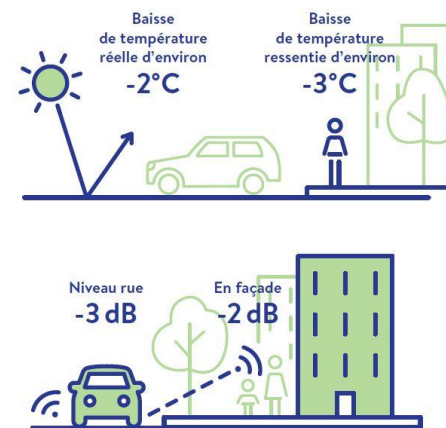
- Débit optimal d'arrosage de la surface
- Partitionnement en énergie: pour l'énergie solaire reçue, quelle part contribue à l'échauffement de l'air ?



## Autres travaux: Cours d'école OASIS - Projet *Life Cool and Low Noise Asphalt*

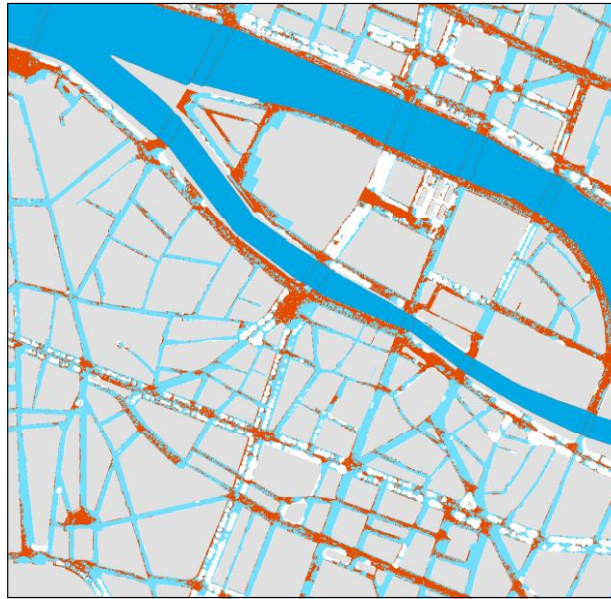
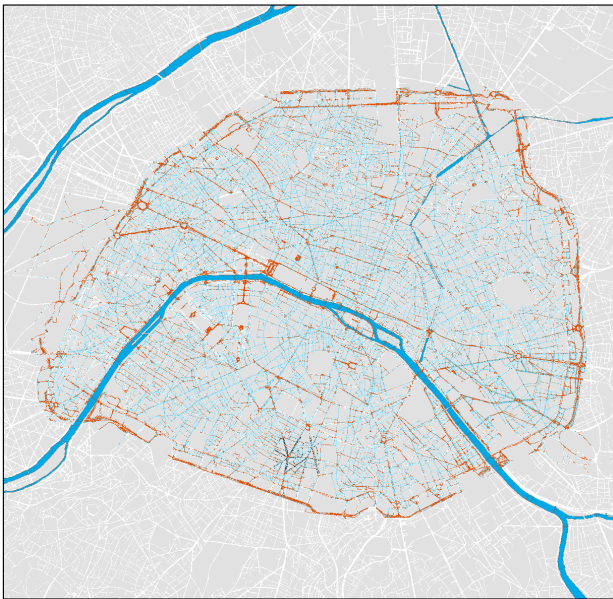


Réaménagement des cours d'école en « ilots de fraîcheur »: évaluation de l'impact microclimatique



Revêtements « innovants » frais

# Autres travaux: Cartographie des zones à « fort potentiel de rafraîchissement »



**Support d'aide à la décision pour les collectivités :** quelles zones doivent être ciblées en priorité ?

- Ensoleillement, température de l'air, présence de parcs, fontaines, etc. indicateurs socio-économiques etc.), critère opérationnels (arrosage)...

# Merci de votre attention

Sophie Parison

Post-doc

Université de Paris

Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain (LIED)

UMR 8236 CNRS

[sophie.parison@univ-paris-diderot.fr](mailto:sophie.parison@univ-paris-diderot.fr)

[sophieparison@gmail.com](mailto:sophieparison@gmail.com)



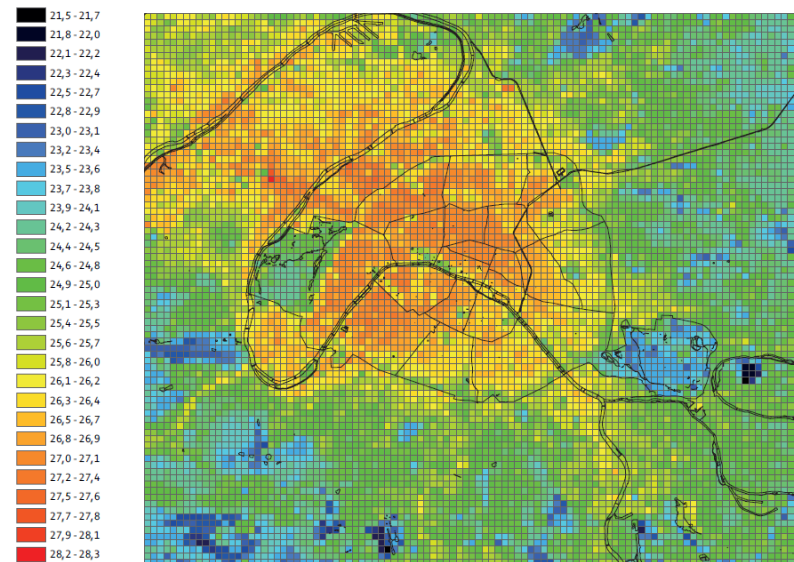
# Annexes

# Contexte

Canicule marquante de 2003 : +8°C

## Le cœur de Paris sous un « dôme de chaleur »

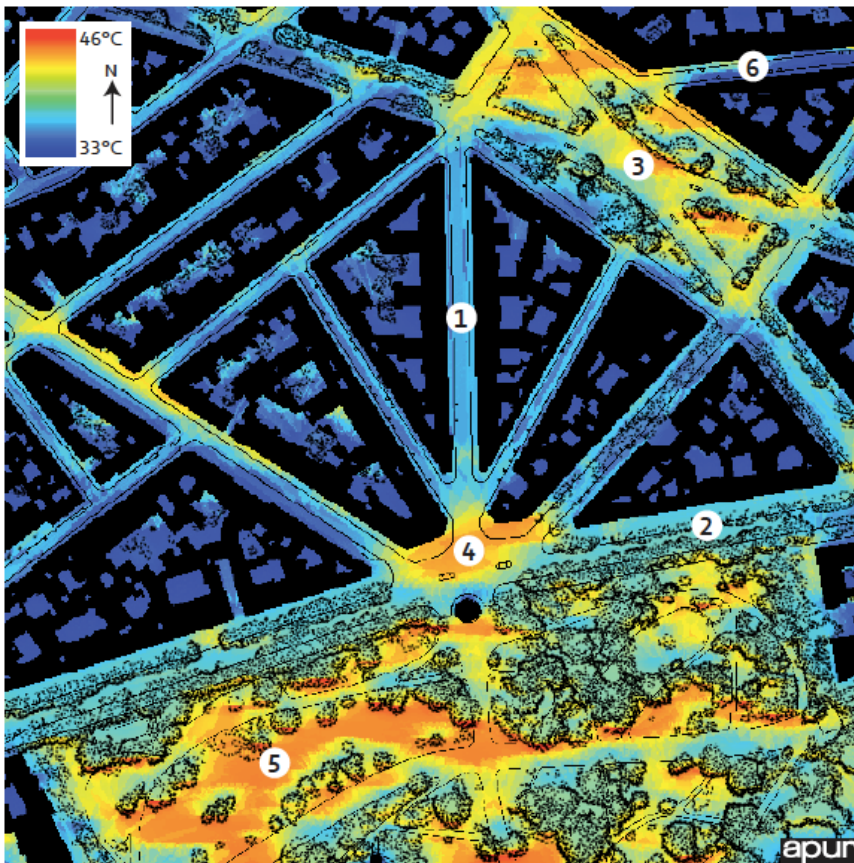
COUPE TRANSVERSALE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN D'OUEST EN EST



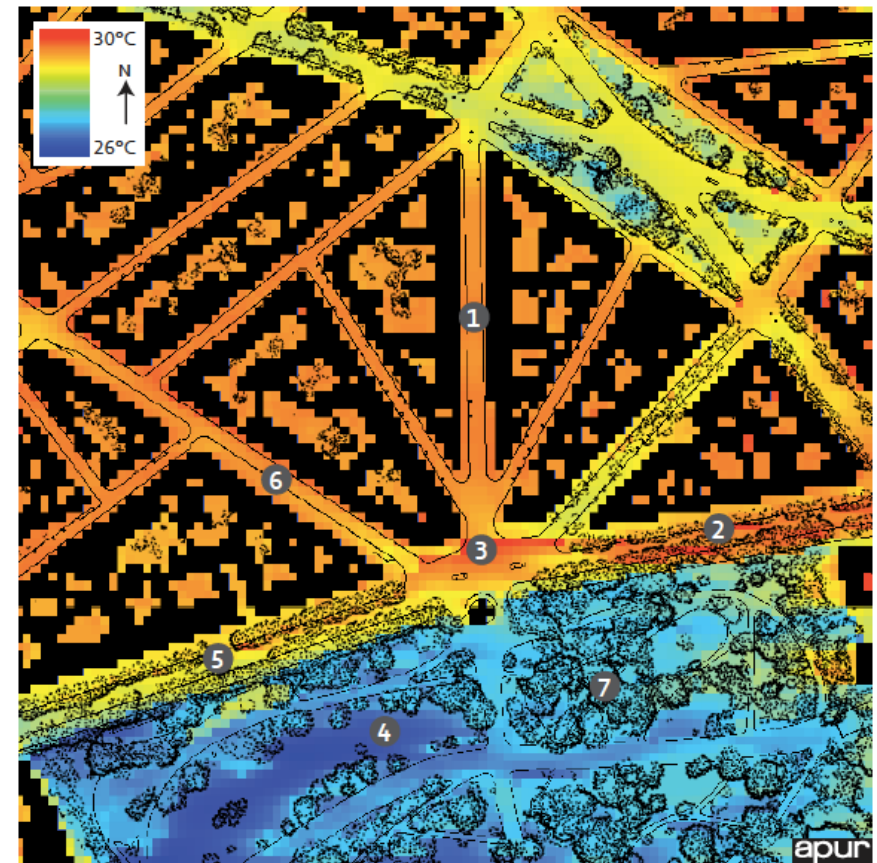
Simulation de la température de l'air à 2 m à 6h le 10 Août 2003  
Source: Météo-France & CSTB 2012

# Evolution temporelle de l'ICU

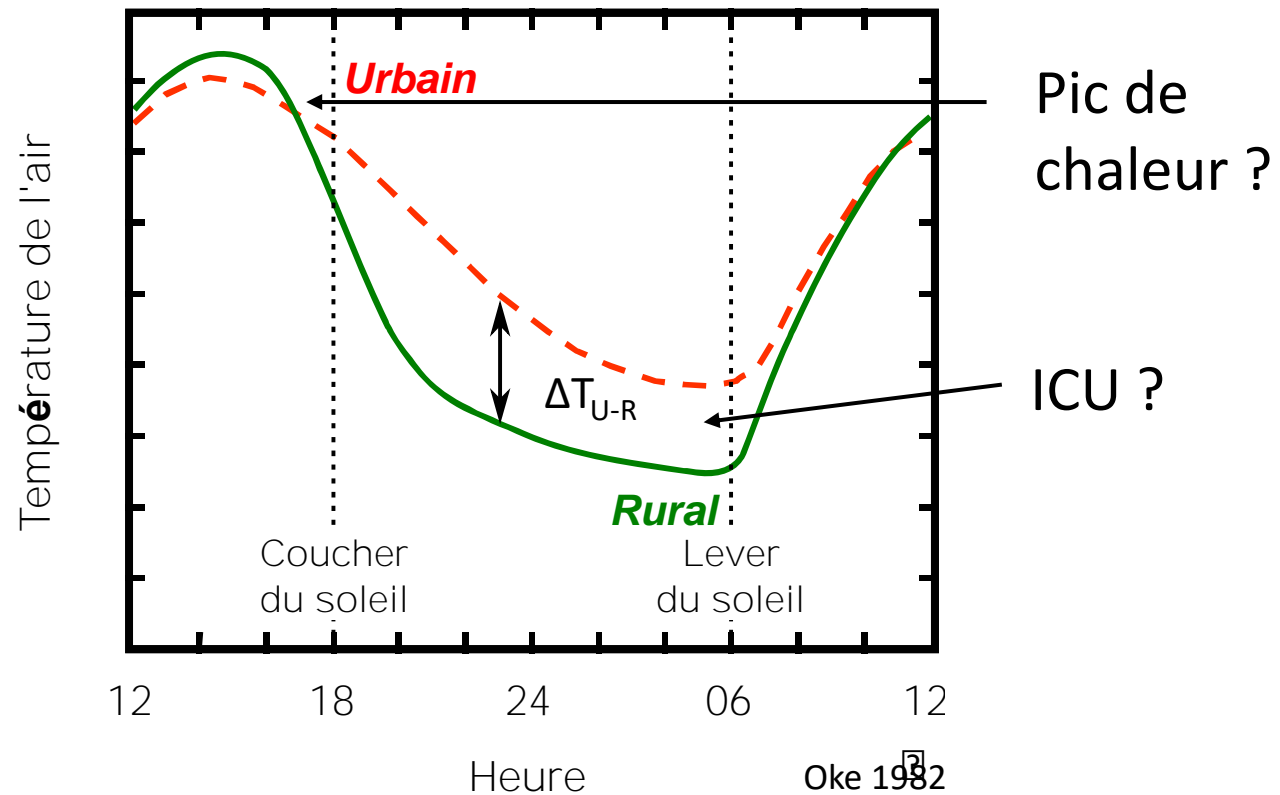
Jour



Nuit



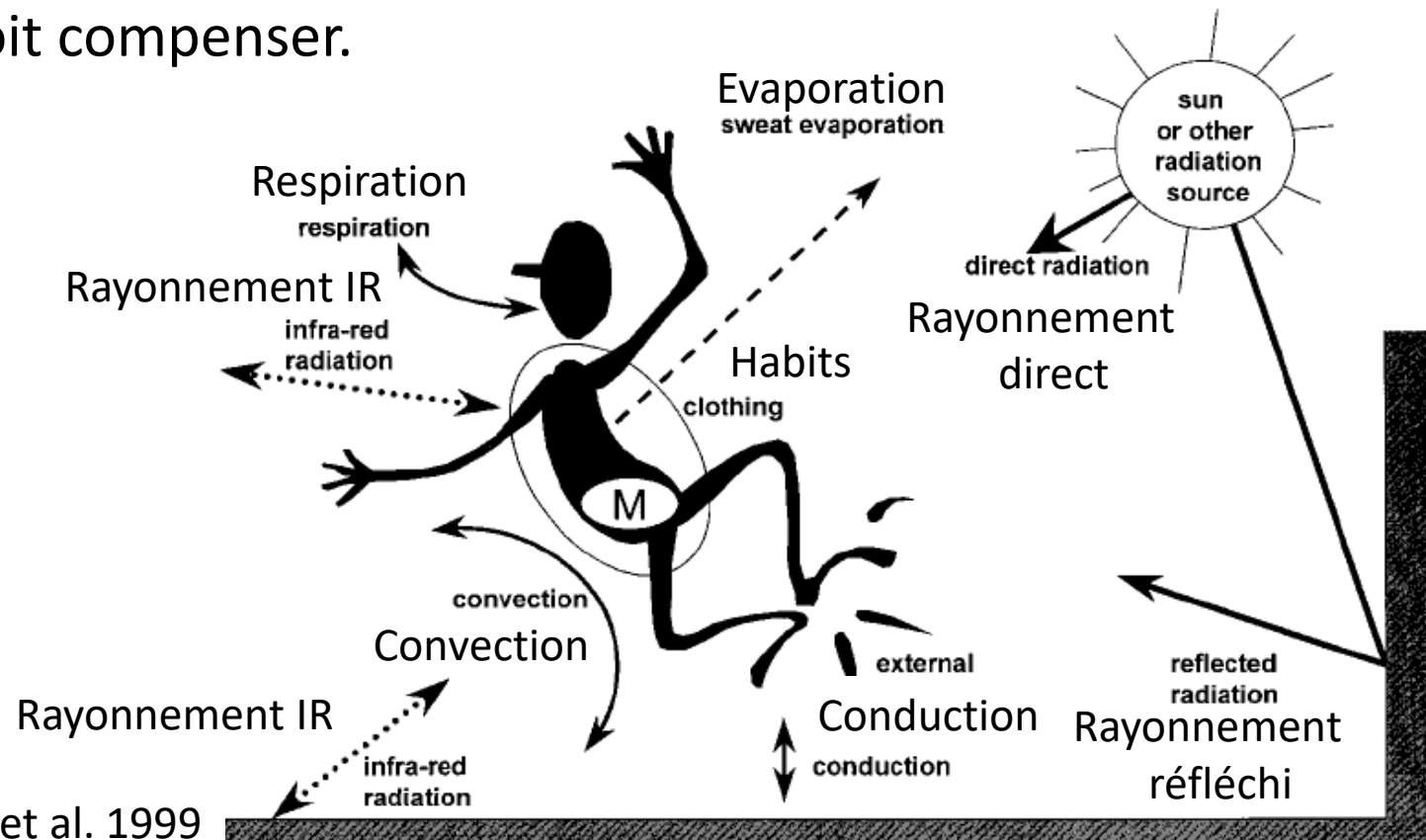
# Objectif ?



- Quel but ? (Santé publique, limitation de la chaleur entrante: ombrage etc.)
- Quel site ? (rue encaissée ? Place ouverte ? Etc.)
- Quel potentiel de rafraîchissement ? Exposition ?
- A quel moment ? (nuit, jour)

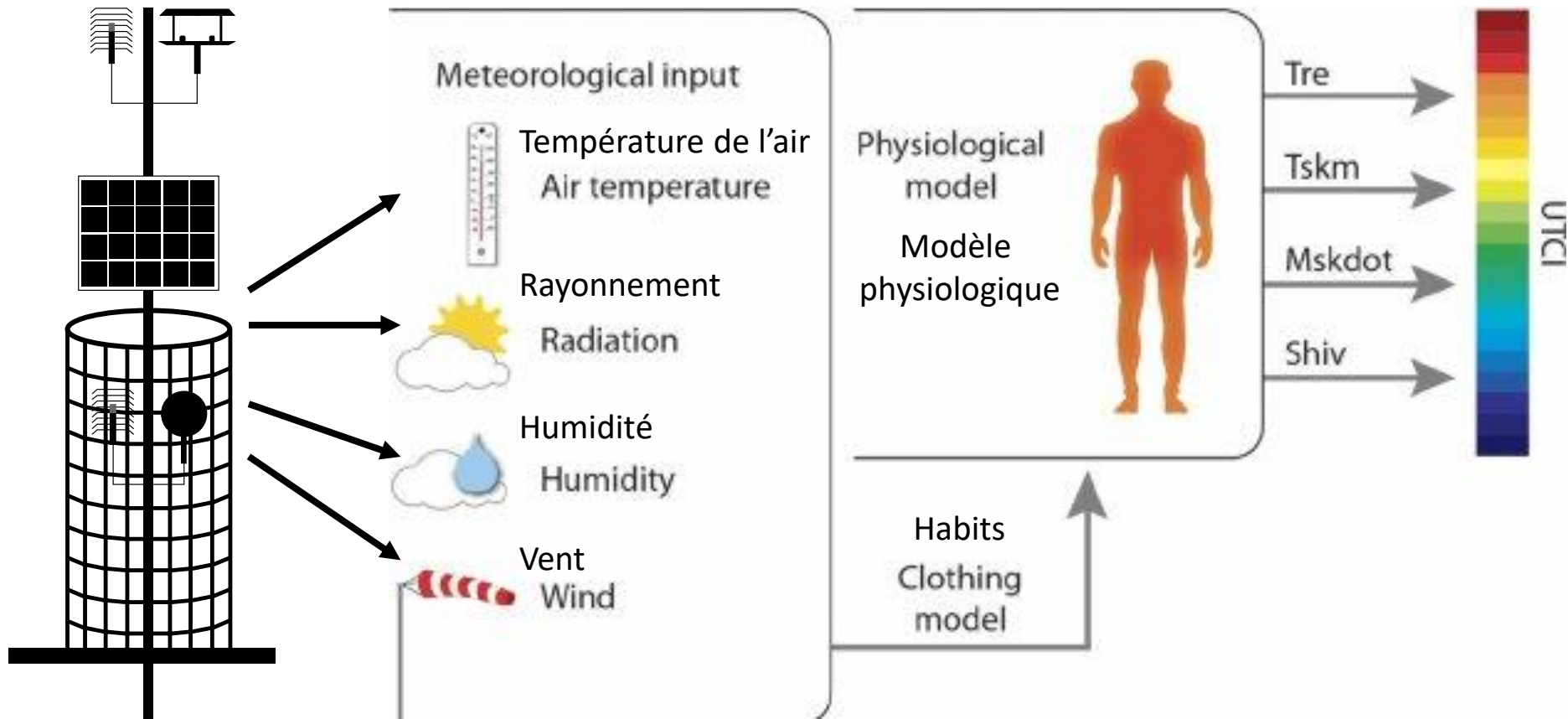
# Stress thermique

- ➔ 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.





# Estimation du niveau de stress thermique



# Arrosage: à l'échelle d'une ville ?

## → Water Consumption

Optimized watering: 2,3 mm/d  
25 km<sup>2</sup> of roads and sidewalks



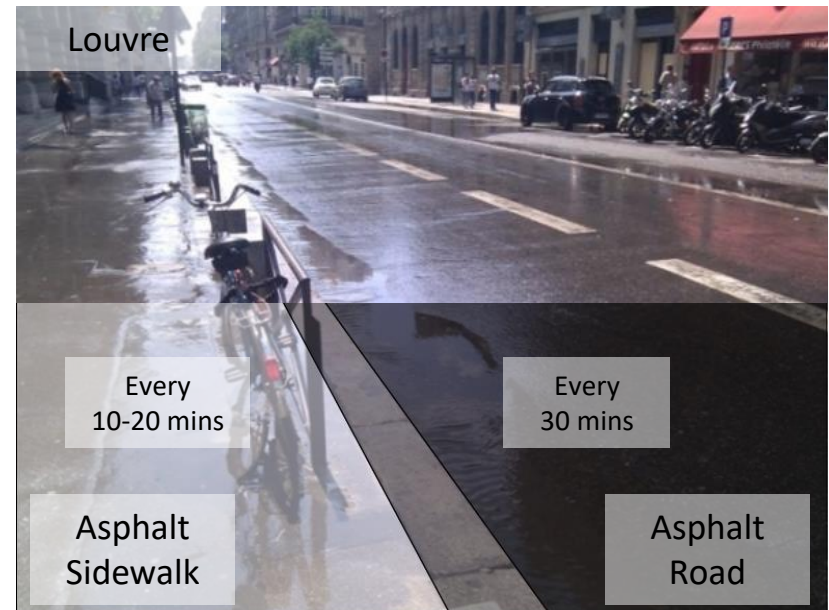
60 000 m<sup>3</sup>/d i.e. 26 L/d per capita  
(30% of non-potable water production)

## → Watering infrastructure?

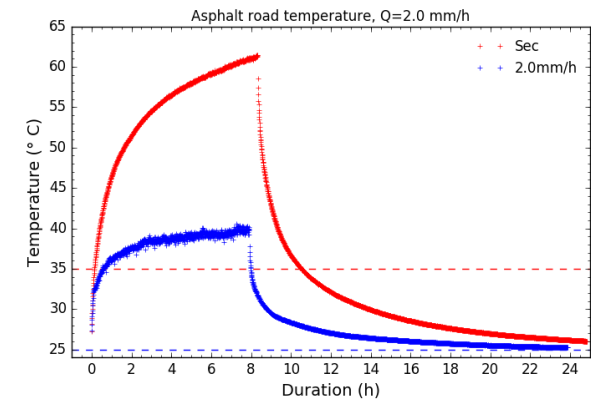
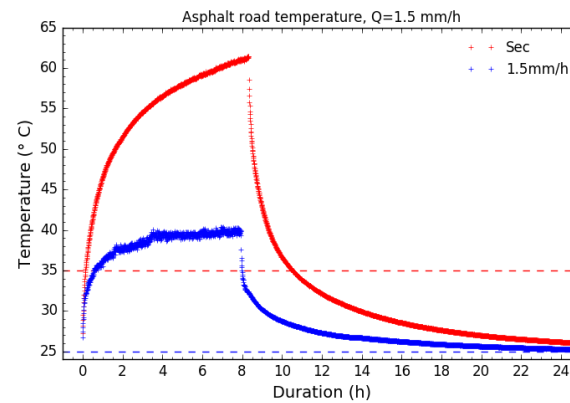
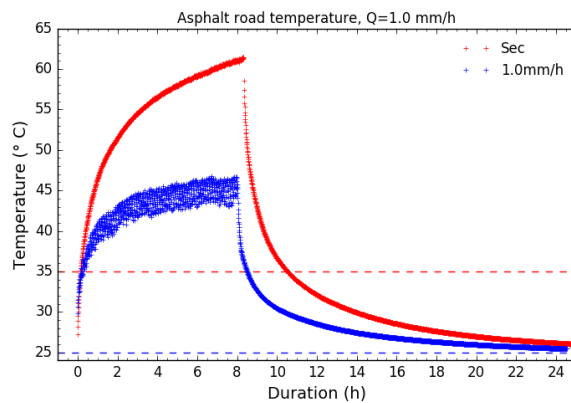
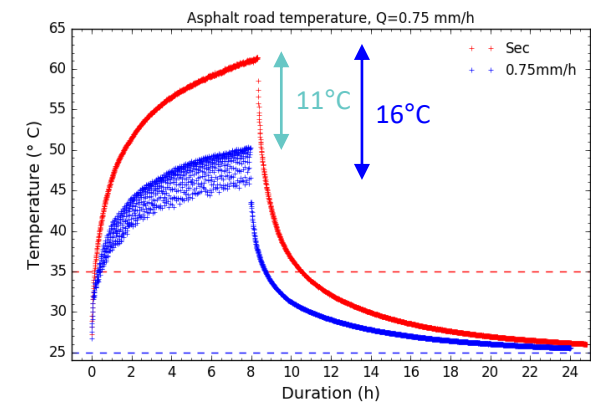
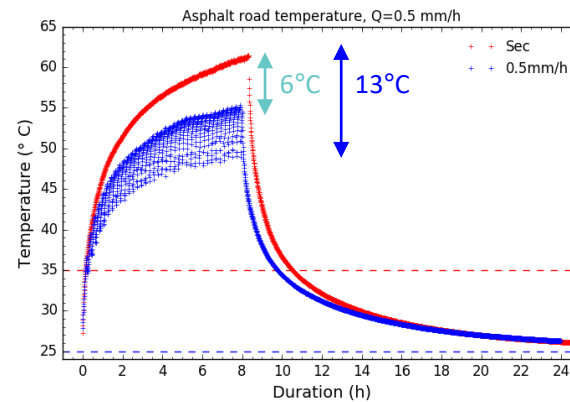
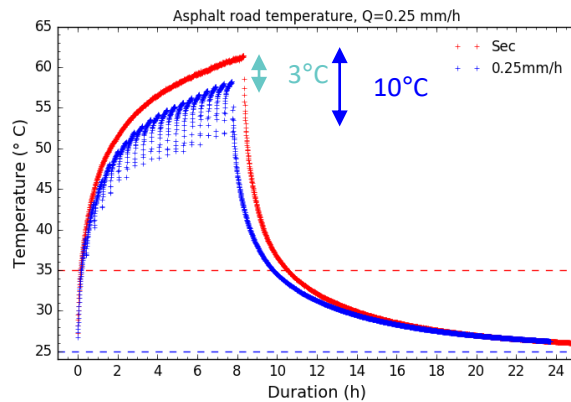
- Technical feasibility?
- Cost?

## → Where?

- Paving materials?
- Street configurations?



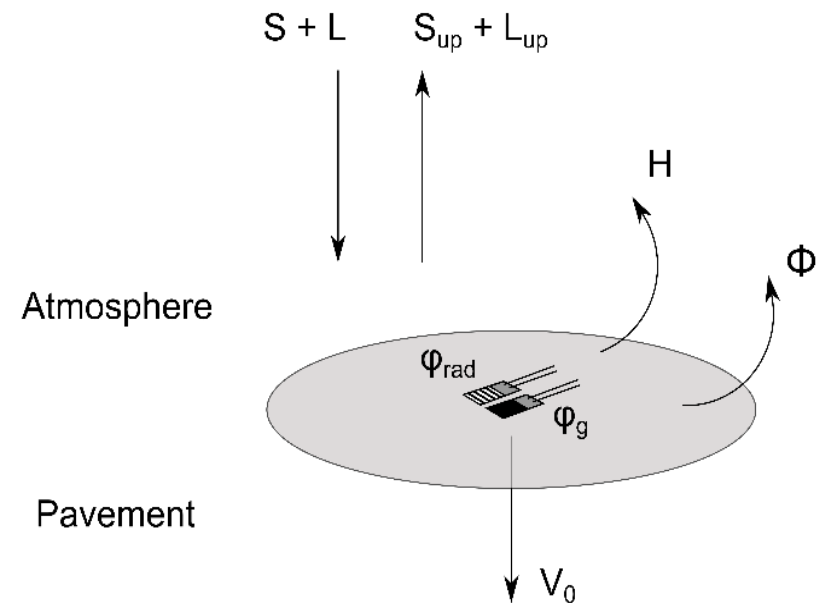
# Différents débits d'arrosage



# Bilan thermique de surface (1)

Les mesures en enceinte permettent d'obtenir :

- La part de rayonnement réfléchi et rayonné
- Les échanges convectifs ( $H$ )
- La chaleur transmise à la structure ( $V$ )
- Le flux évaporatif en cas d'arrosage ( $\Phi$ )



# Bilan thermique de surface (2)

$$R_{n, sec} = H_{sec} + V_{0, sec}$$

$$R_{n, arr} = H_{arr} + V_{0, arr} + \Phi$$

$$\Phi = \Delta H_{sec-arr} + \Delta V_{0, sec-arr} + \Delta R_{n, arr-sec}$$

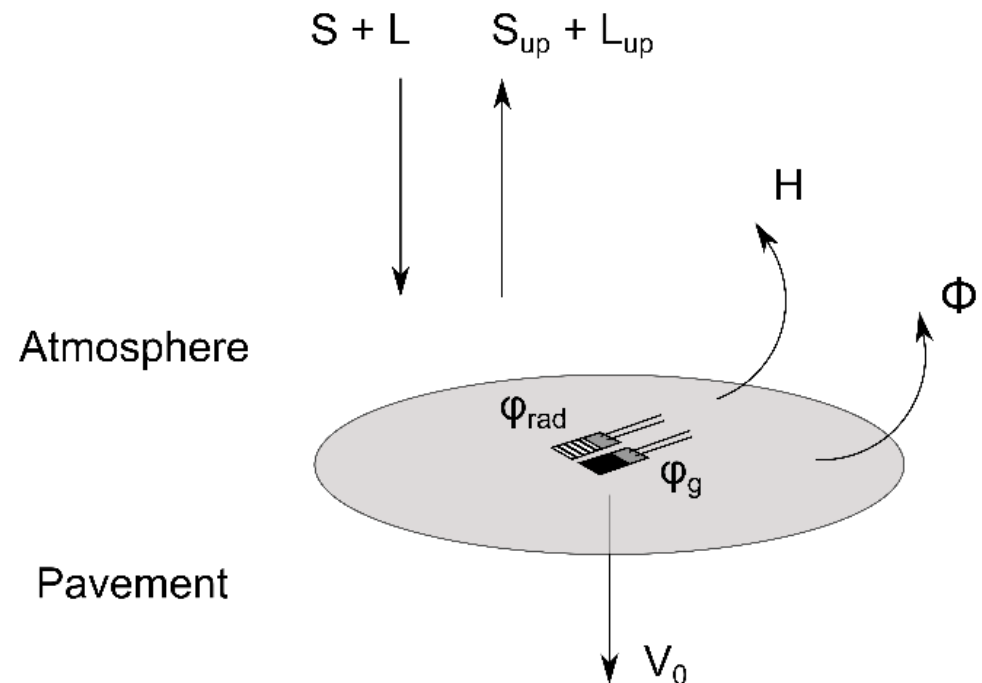
$$H = h (T_s - T_a)$$

$$R_n = (1 - \alpha) S + \varepsilon (L - \sigma T_s^4)$$

$$\Delta H_{sec-arr} = h (T_{s, sec} - T_{s, arr})$$

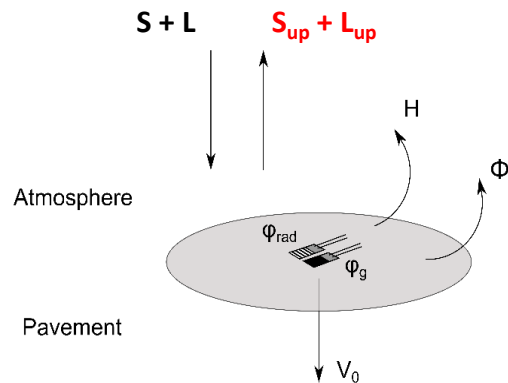
$$\Delta R_{n, sec-arr} = \sigma(\varepsilon_{arr} T_{s, arr}^4 - \varepsilon_{sec} T_{s, sec}^4) + (\varepsilon_{sec} - \varepsilon_{arr})L + (\alpha_{arr} - \alpha_{sec})S$$

$$\Delta V_{0, sec-arr} : \text{mesuré directement en utilisant les capteurs à -6 cm}$$



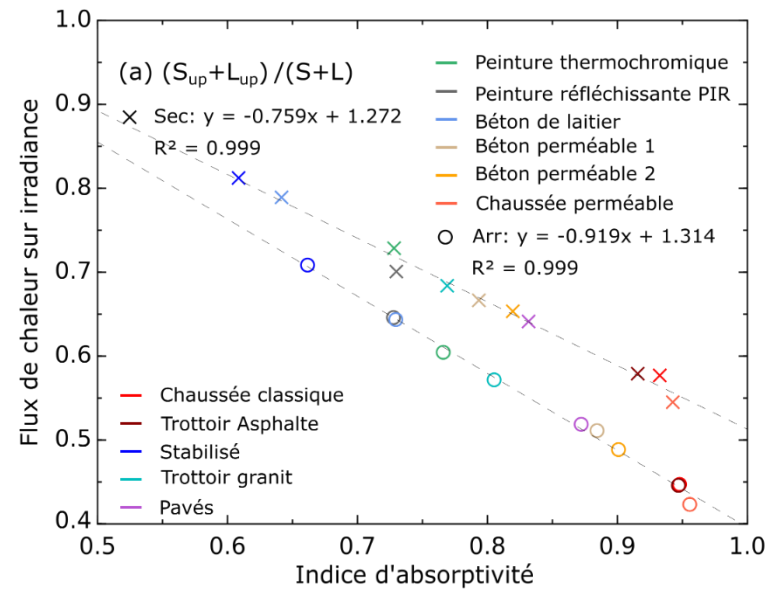


# Partitionnement énergétique : Part renvoyée et réémission par la surface



- Indice d'absorptivité solaire :  

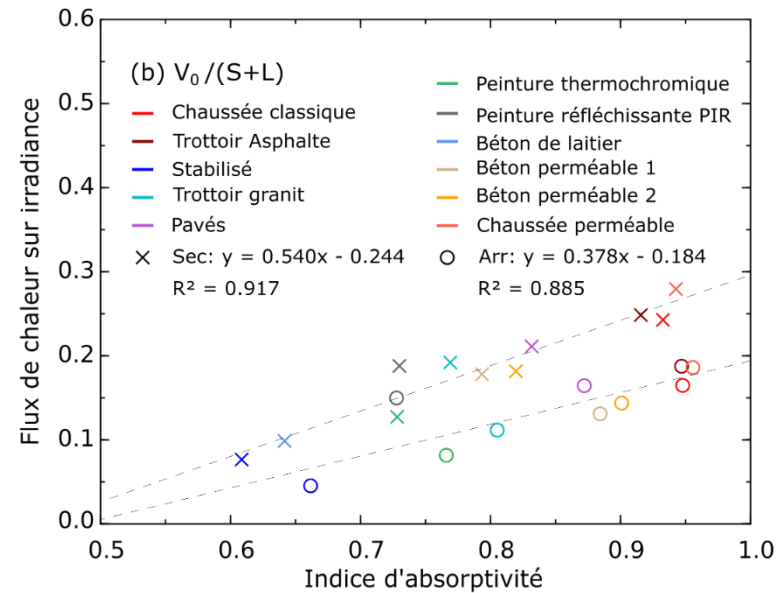
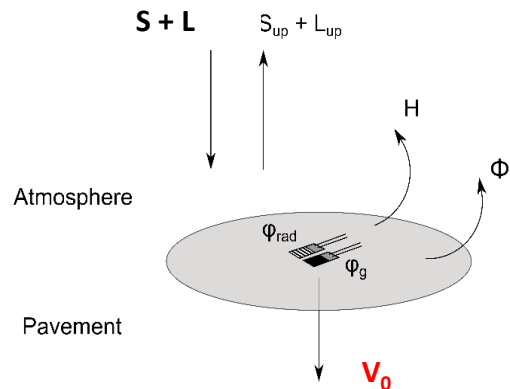
$$\alpha = \frac{(1 - \alpha) S + \epsilon L}{S + L}$$



- Part renvoyée et réémission : 55% à 85% de l'irradiance
- Part réduite par l'arrosage de 5% à 15%

# Partitionnement énergétique :

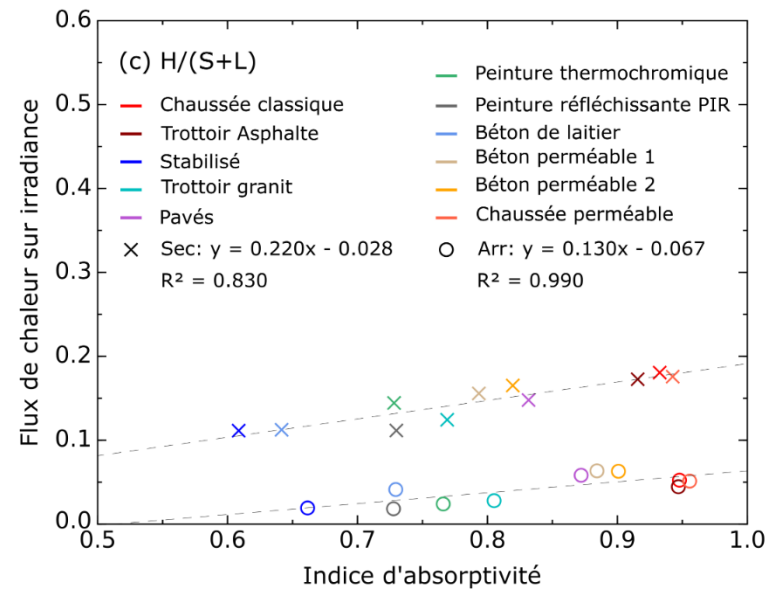
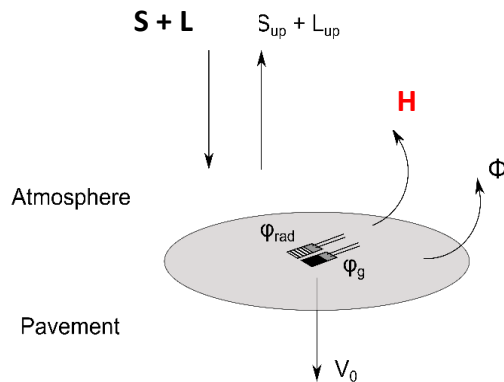
## Part transmise par conduction



- Part transmise : 5% à 30% de l'irradiance
- Part réduite par l'arrosage de 5% à 10%

# Partitionnement énergétique :

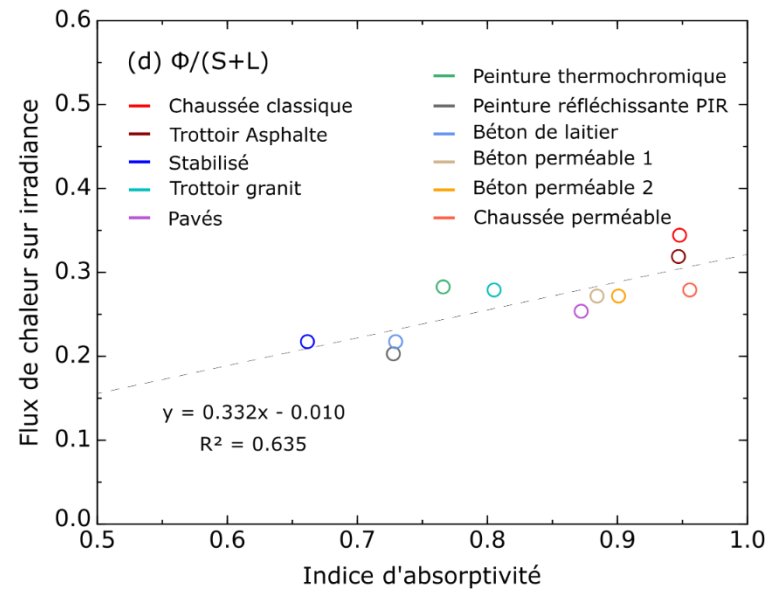
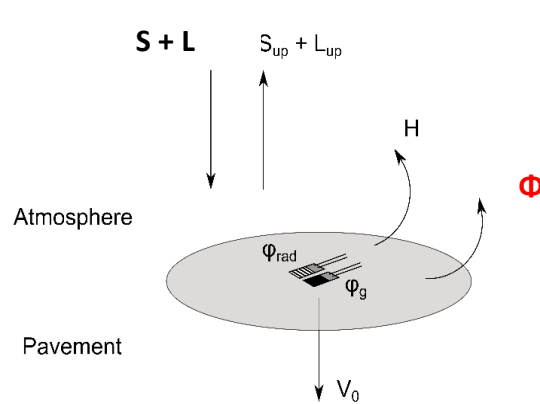
## Part véhiculée à l'air par convection



- Part échangée avec l'air : 10% à 20% de l'irradiance
- Part réduite par l'arrosage de 10%

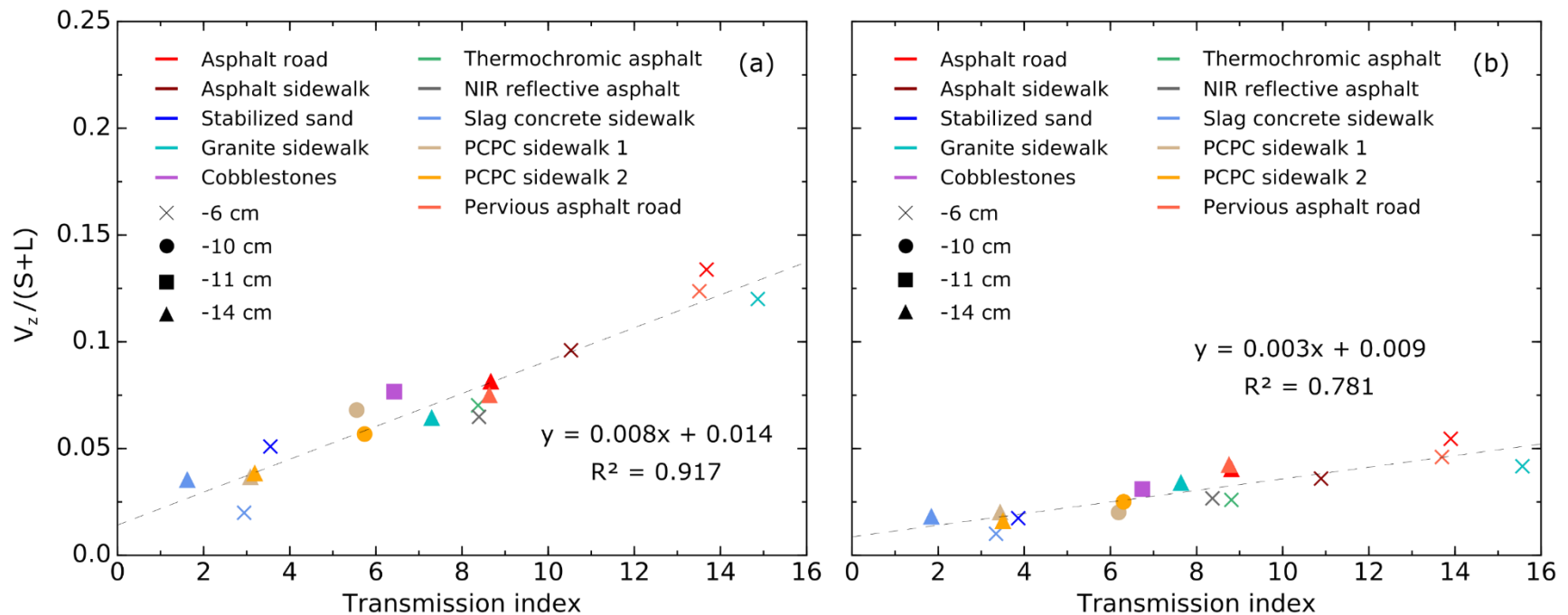
# Partitionnement énergétique :

## Part évacuée par arrosage



- Part échangée avec l'air : 20% à 35% de l'irradiance

# Comportement en profondeur



- Indice de transmission solaire :  $\tau = \frac{(1 - \alpha) S + \varepsilon L}{S + L} \cdot \frac{1}{\sum_i e_i/k_i}$



# Ongoing Work

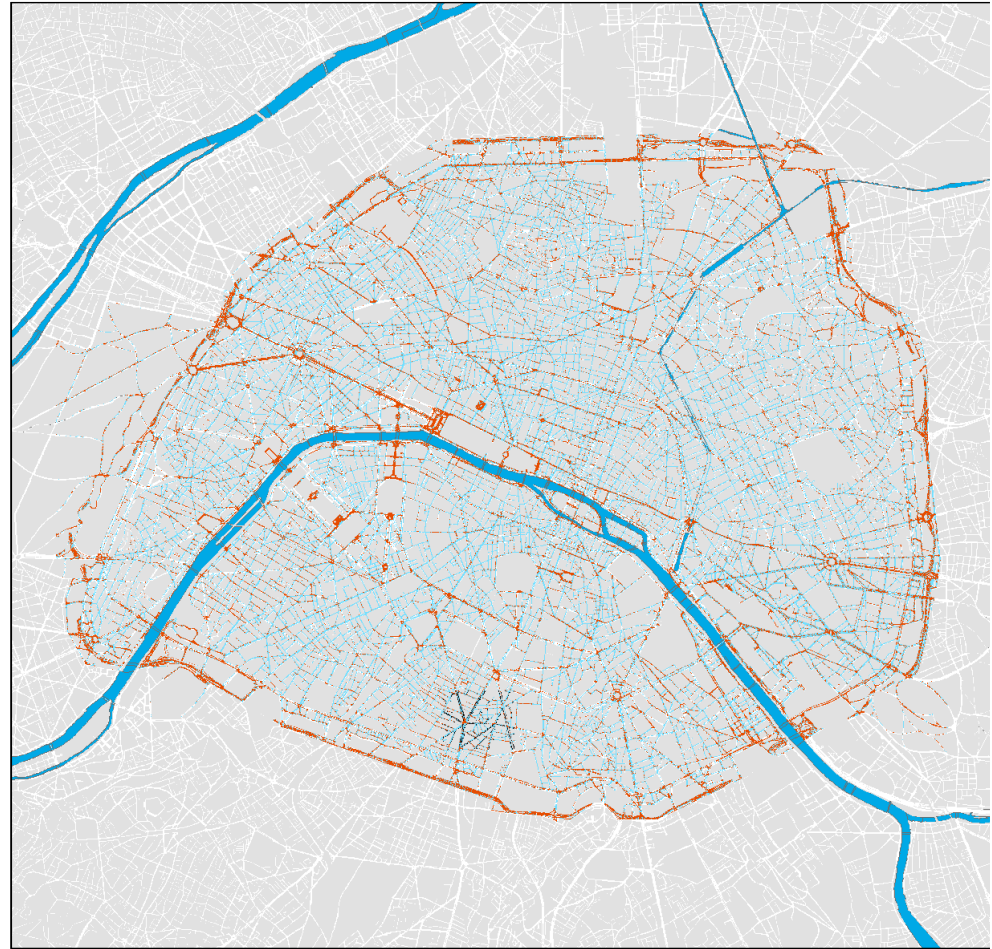
## ➔ Study of urban materials

- Pavements
- Building materials

## ➔ Field studies

- Pavement-watering
- Cool pavements
- Cool schoolyards

## ➔ Decision support



# GIS Tool for Parisian Cooling

(C. Bobée, P. Bordin, A. Berthe in addition to the members of our team)

Which Parisian public spaces should be watered to limit heat-related health impacts on the population?

➡ Where: Parisian public spaces (i.e. pedestrians)

➡ When: 15<sup>th</sup> of June to 15<sup>th</sup> of September  
During daytime

➡ Why: Limit heat-related health impacts

➡ How: Pavement-watering

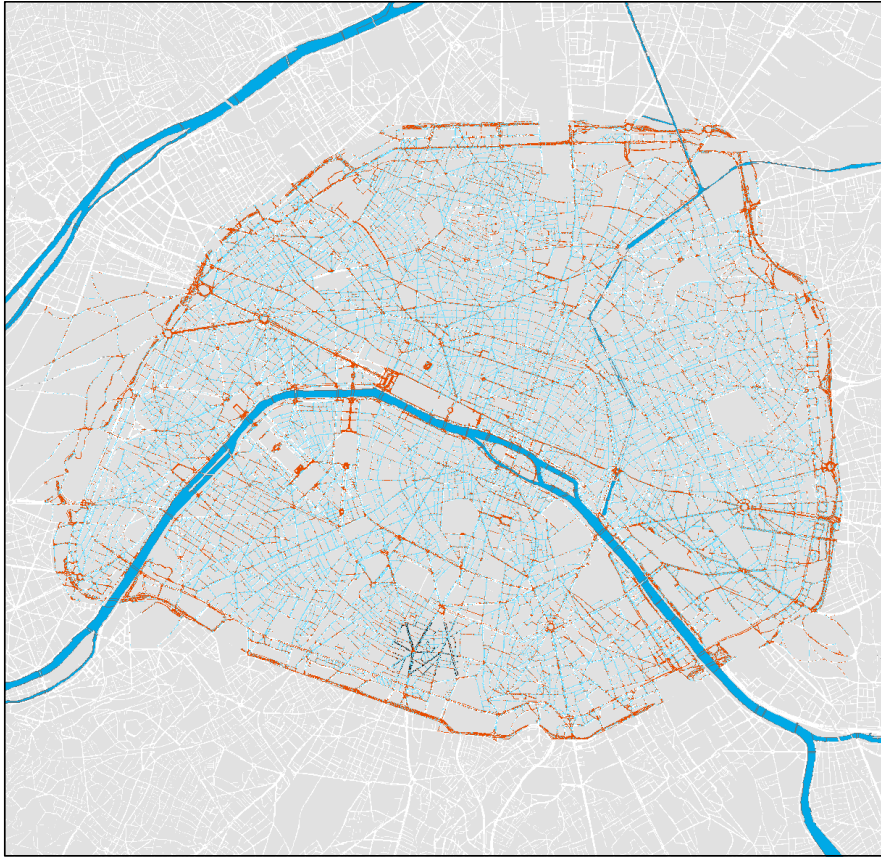
# Dataset Construction

➡ Preliminary Mask

➡ Pavement-Watering Cooling Potential  
Where will pavement-watering be most effective?

➡ Heat-Related Health Risk  
Which public spaces are most at risk?

# Pavement-Watering Cooling Potential



# Heat-Related Health Risk

