

Webinaire FNCCR Rafraîchissement urbain

Sophie Parison

Post-doc LIED

09 juillet 2020

L'équipe Climat Energie Milieu Urbain

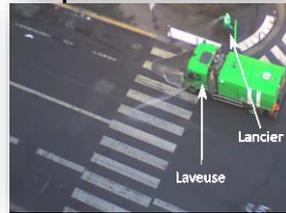
Rafrâichissement urbain : du laboratoire à la ville



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



Bâtiment, rue,
quartier



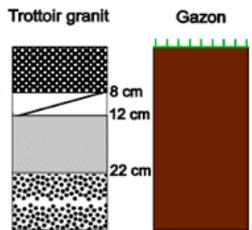
Matériaux
urbains



Ville,
agglomération



Rafrâichissement évaporatif



Thèses ICU en cours :

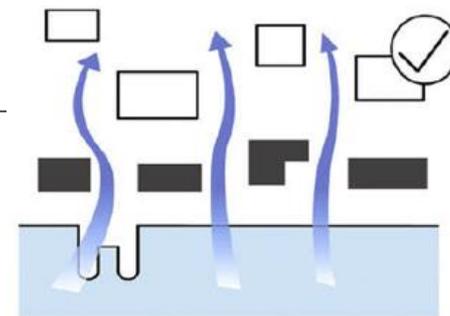
- S. Parison (2017-2020) : Arrosage urbain
- M. Chaumont (2019-) : Toitures et façades
- G. Karam (2019-) : Cours OASIS
- M. Chanial (2020-) : Revêtements urbains
- M. Frere (2020-) : Combinaison de techn.

Contexte: mécanismes et solutions

Villes réfléchissantes



Perméabilité aéraulique



Piégeage radiatif

Obstruction du vent

Chaleur anthropique

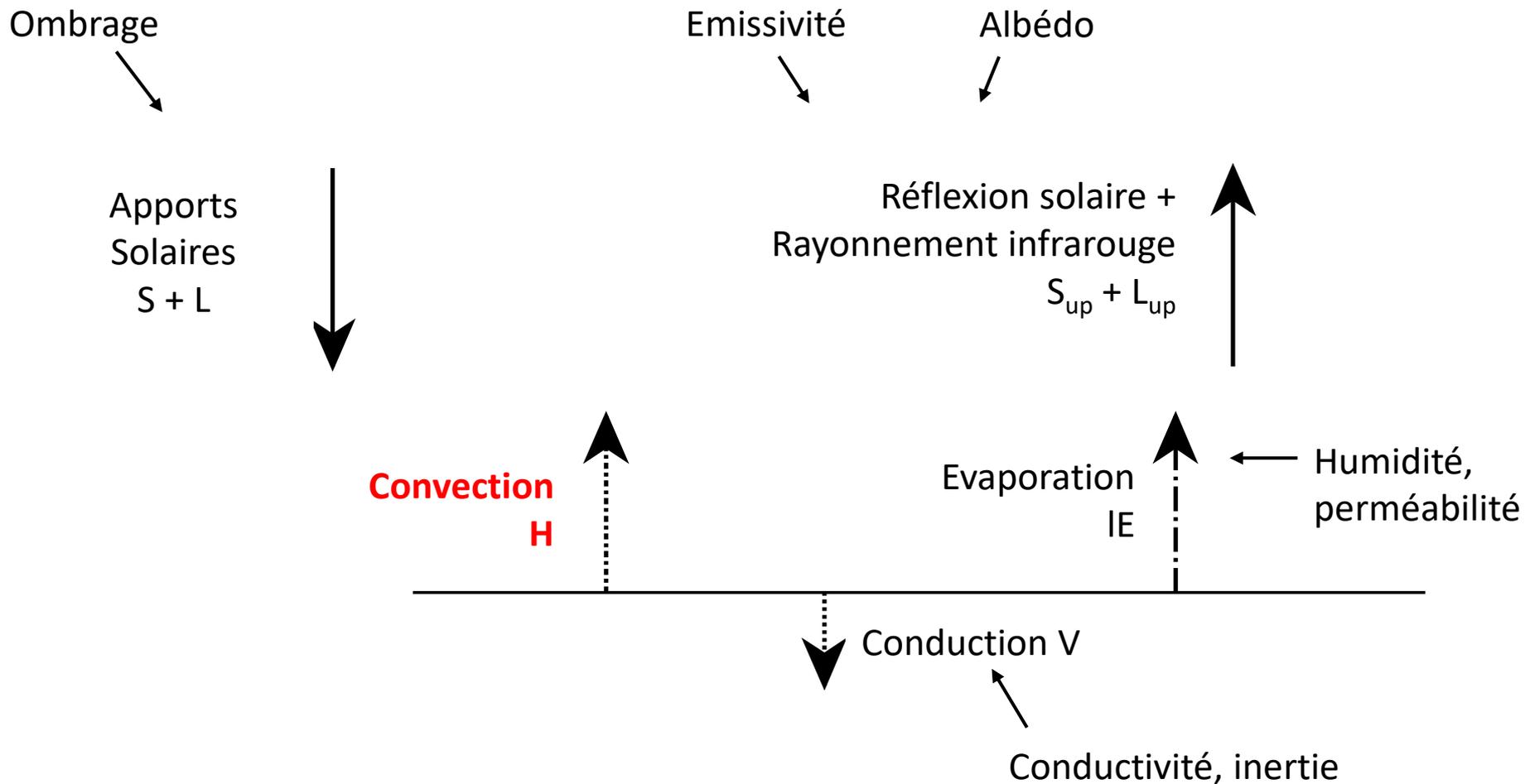
Faible évapotranspiration

Efficacité énergétique

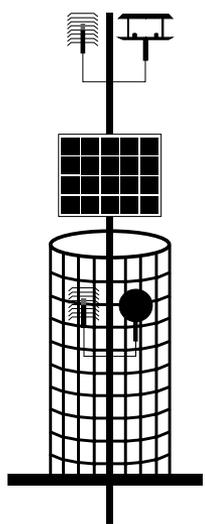


Végétalisation
et arrosage

Mécanismes à l'échelle d'une surface



A l'échelle de la rue: arrosage



Air temperature



Radiation



Humidity

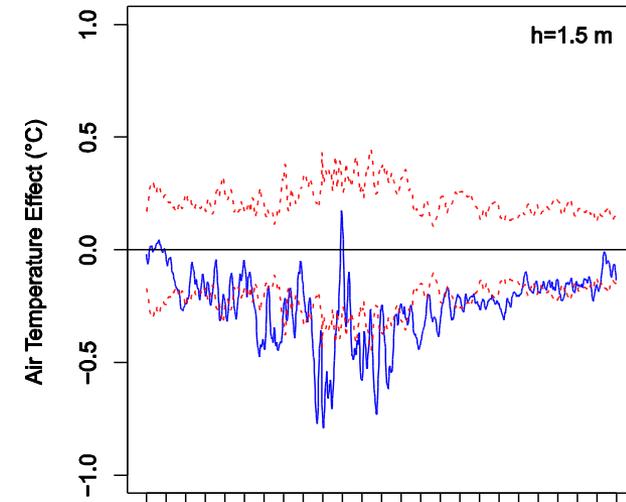
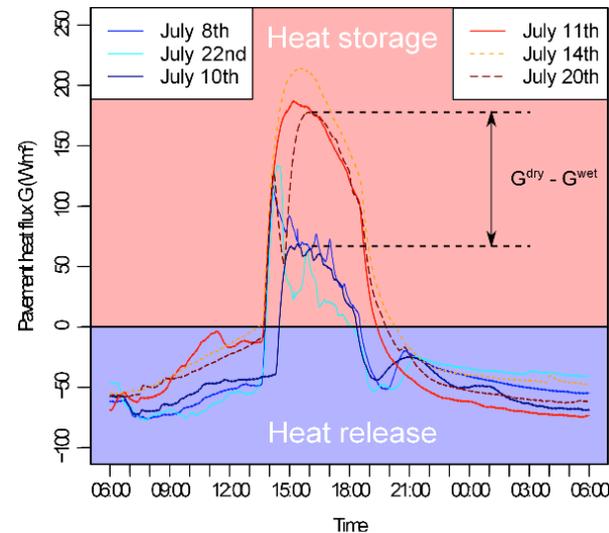
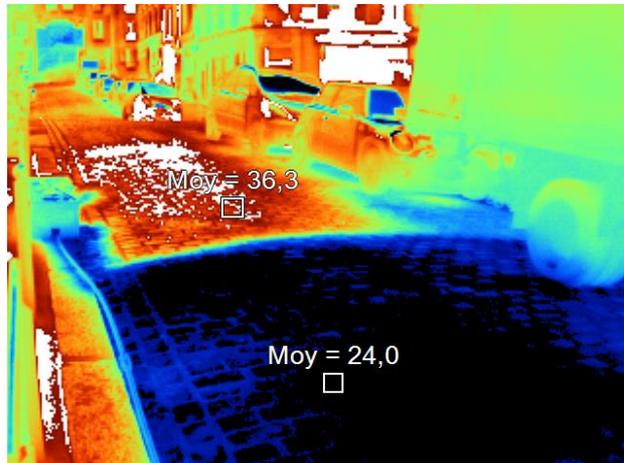


Wind

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

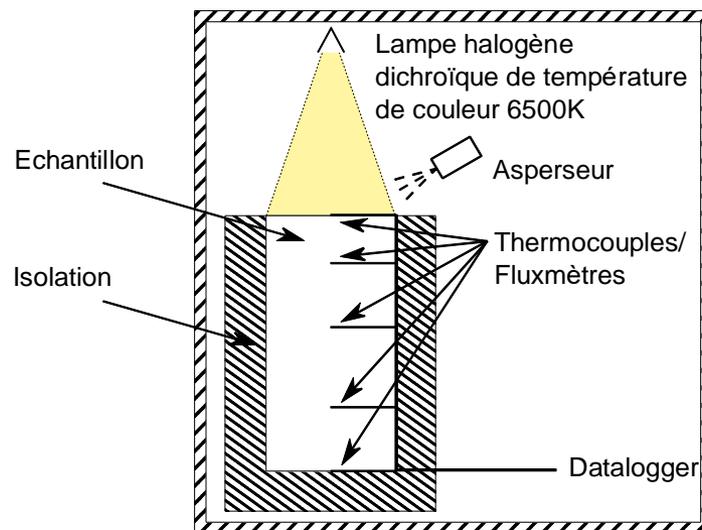
Parison et al., *Urban Climate*, 2020

Aspect matériaux de voirie: laboratoire



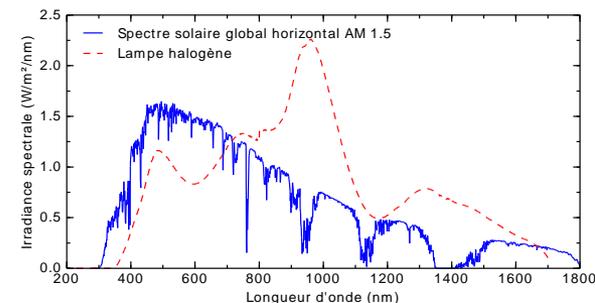
Photo du dispositif expérimental

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



Enceinte climatique

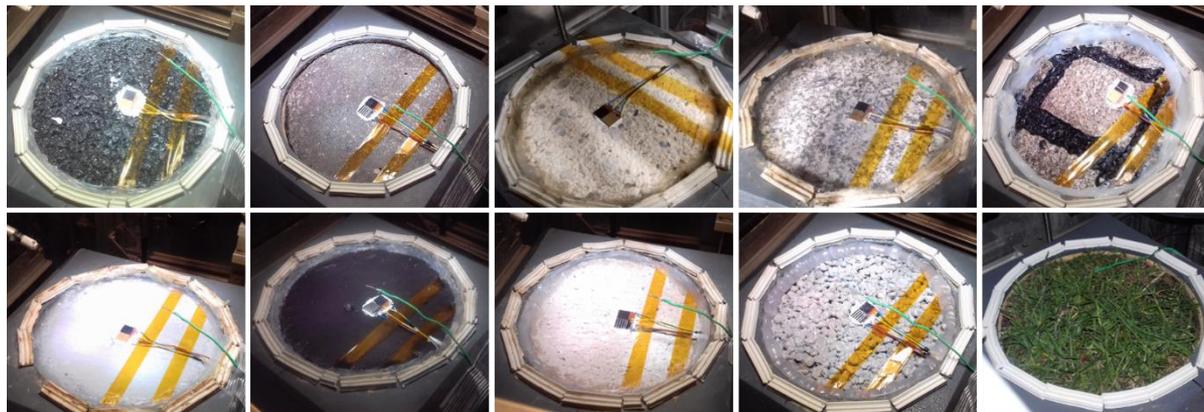
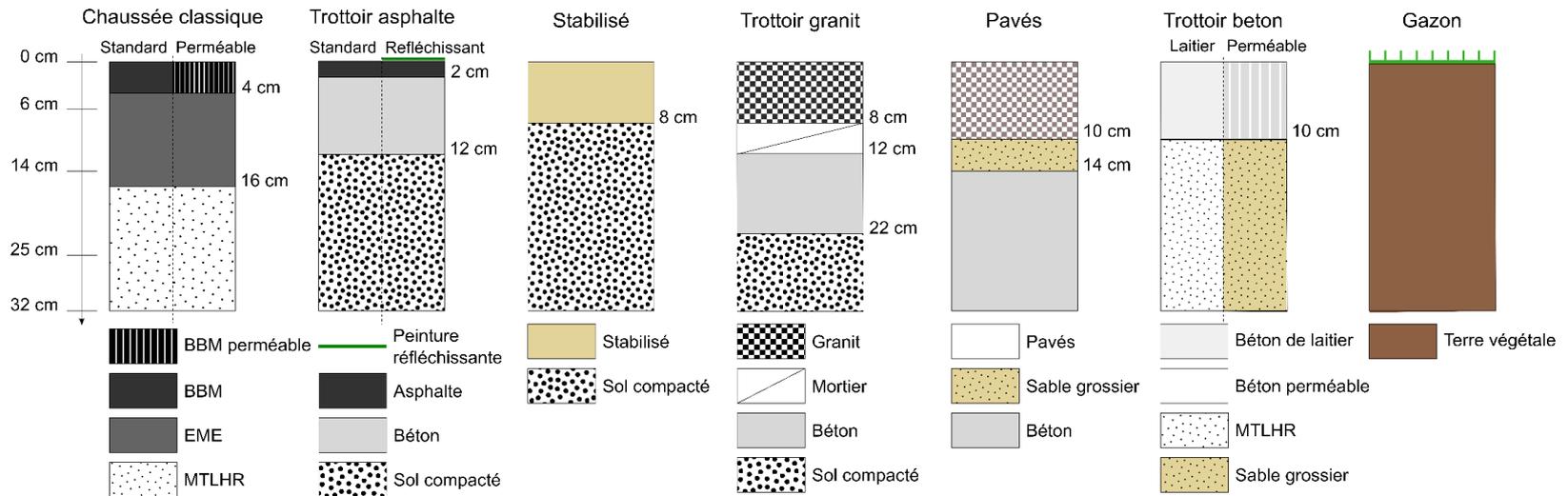
Spectres AM 1.5 et halogène dans la bande 200-1700 nm



	Jour	Nuit
Durée	8h	16h
Température de l'air	35°C	25°C
Humidité relative	35%	70%
Rayonnement solaire	1 200 W/m ²	0 W/m ²
Rayonnement IR	180 W/m ²	450 W/m ²

Caractéristiques des phases jour et nuit dans l'enceinte climatique

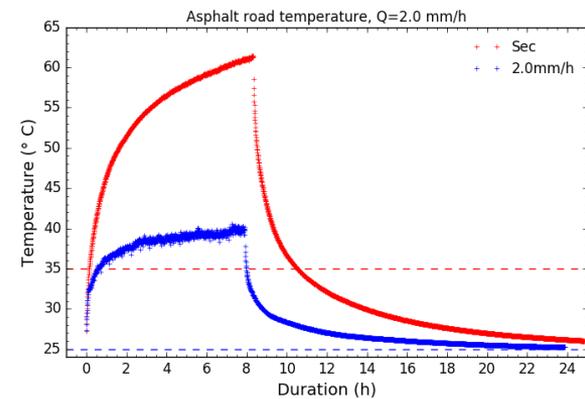
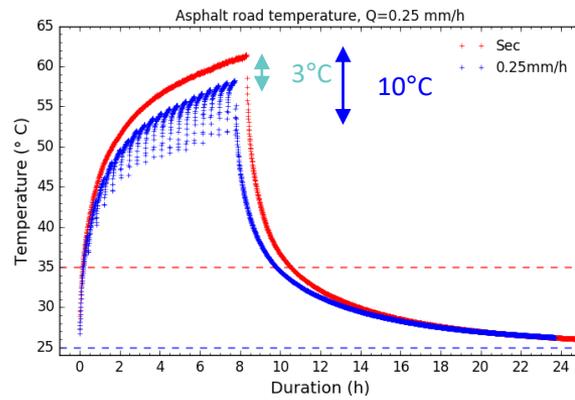
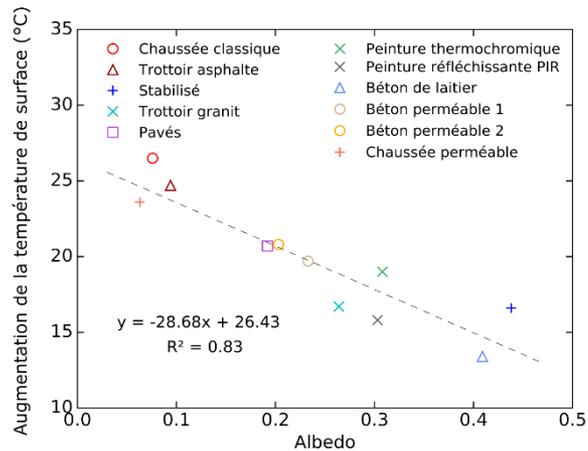
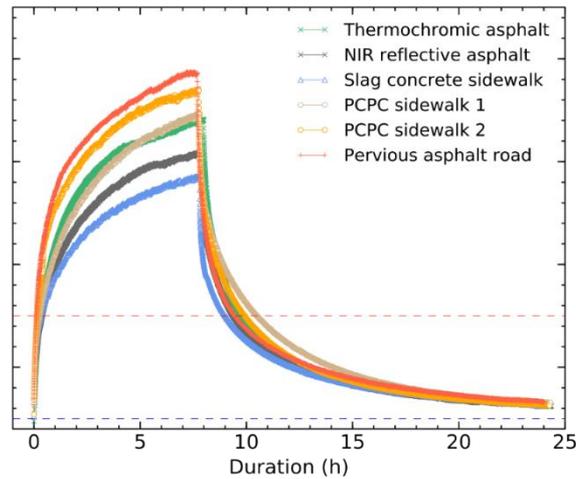
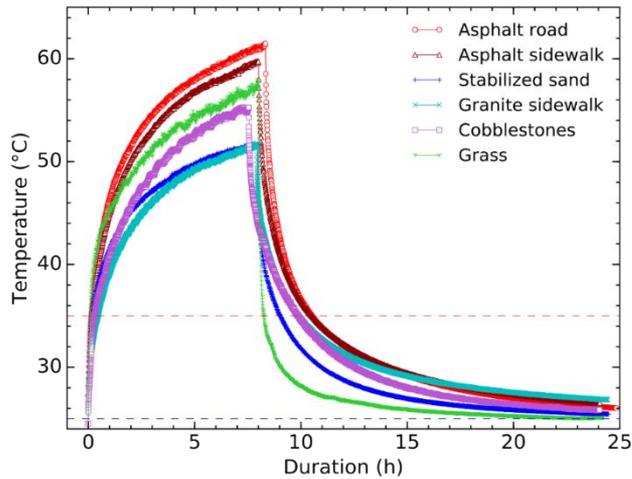
Structures de voirie testées



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.

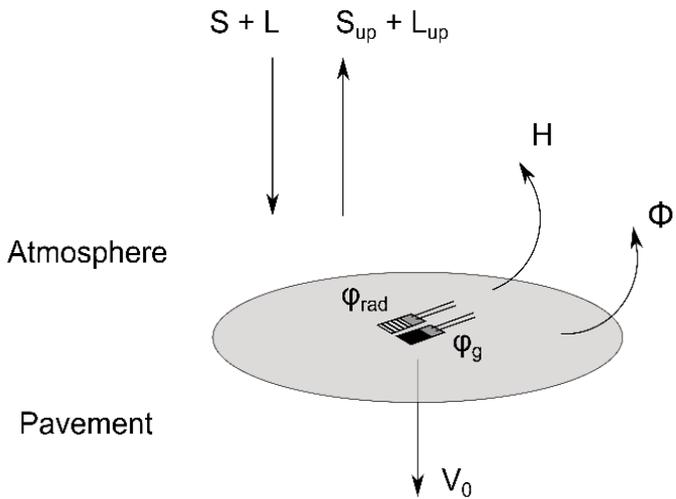
Températures de surface



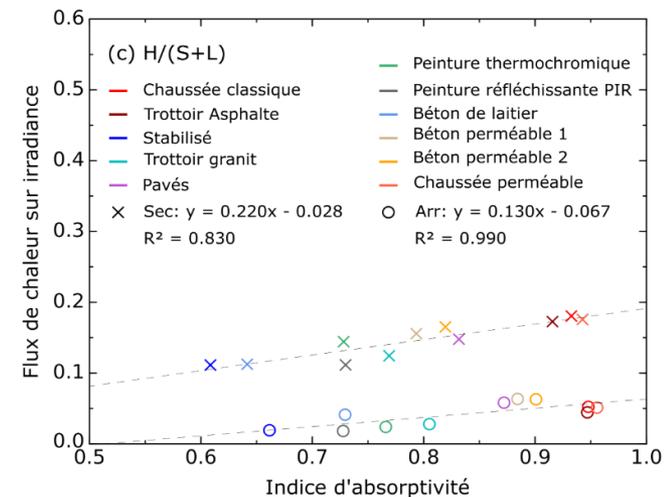
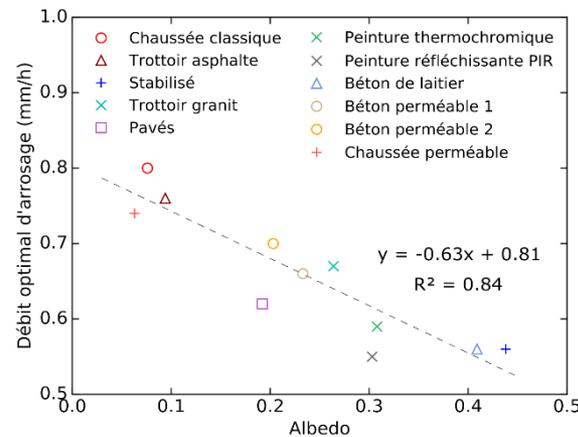
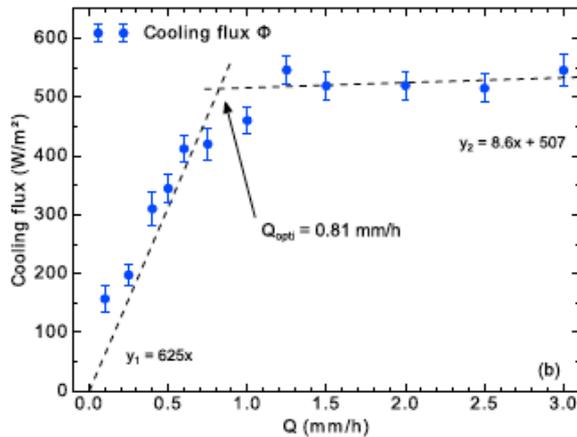
Parison et al. 2020, Urban Climate

Parison et al. 2020, Energy and Buildings

Bilan thermique de surface



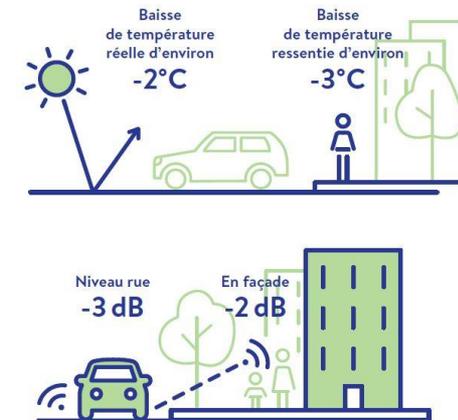
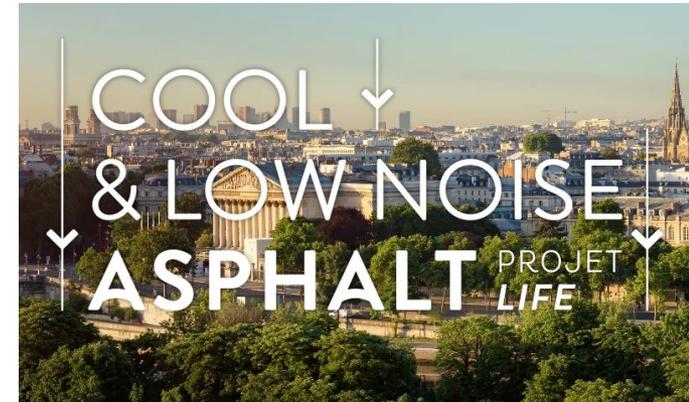
- Débit optimal d'arrosage de la surface
- Partitionnement en énergie: pour l'énergie solaire reçue, quelle part contribue à l'échauffement de l'air ?



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

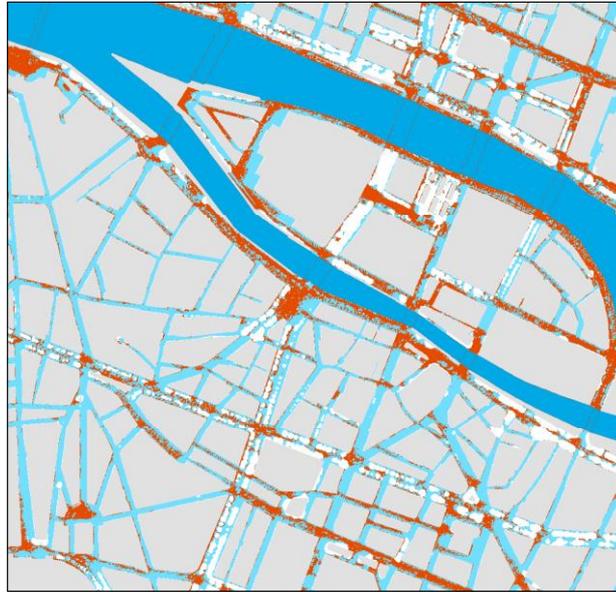
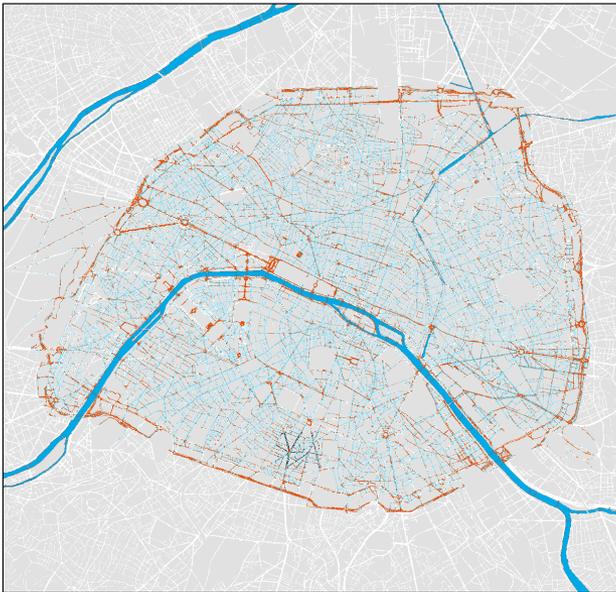


Réaménagement des cours d'école en « îlots de fraîcheur »: évaluation de l'impact microclimatique



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

sophieparison@gmail.com

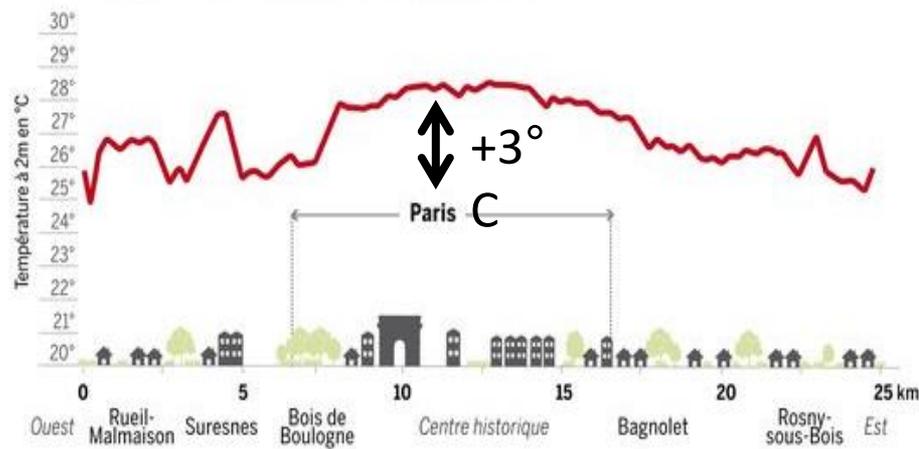
Annexes

Contexte

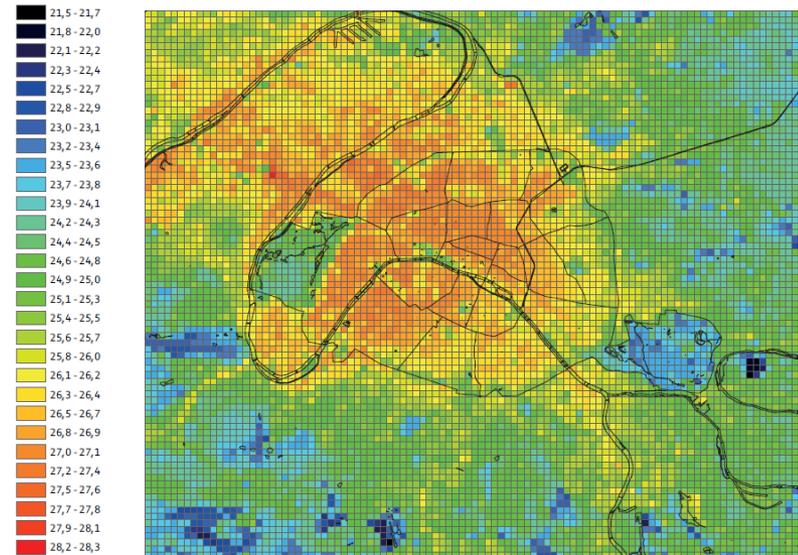
Canicule marquante de 2003 : +8°C

Le cœur de Paris sous un « dôme de chaleur »

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



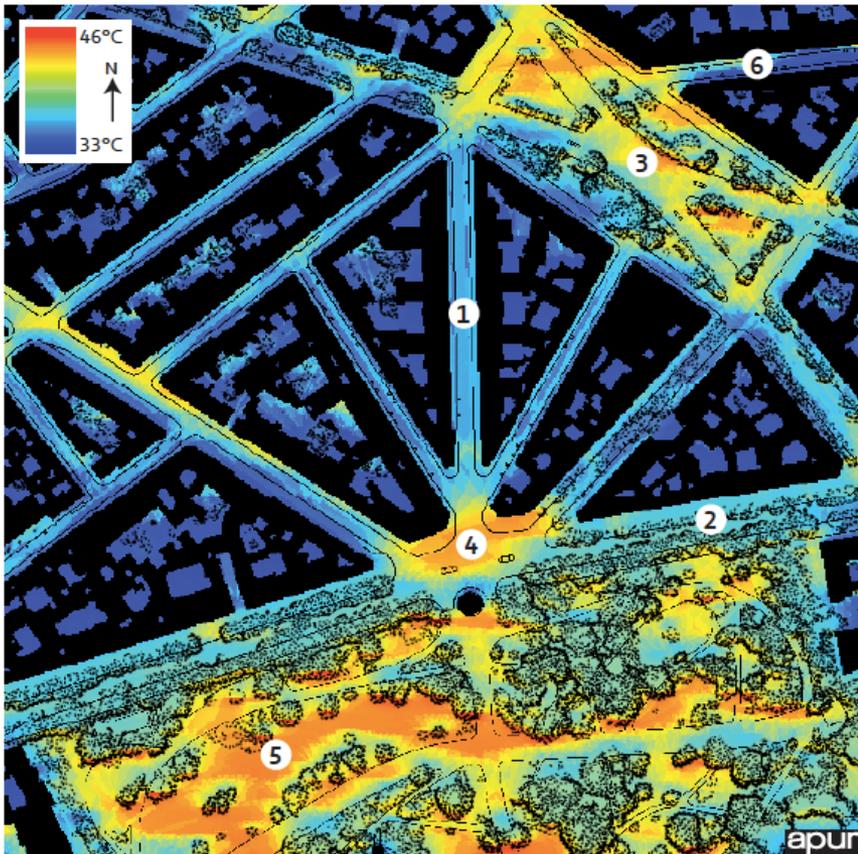
SOURCES : MÉTÉO FRANCE ; CSTB ; MAIRIE DE PARIS



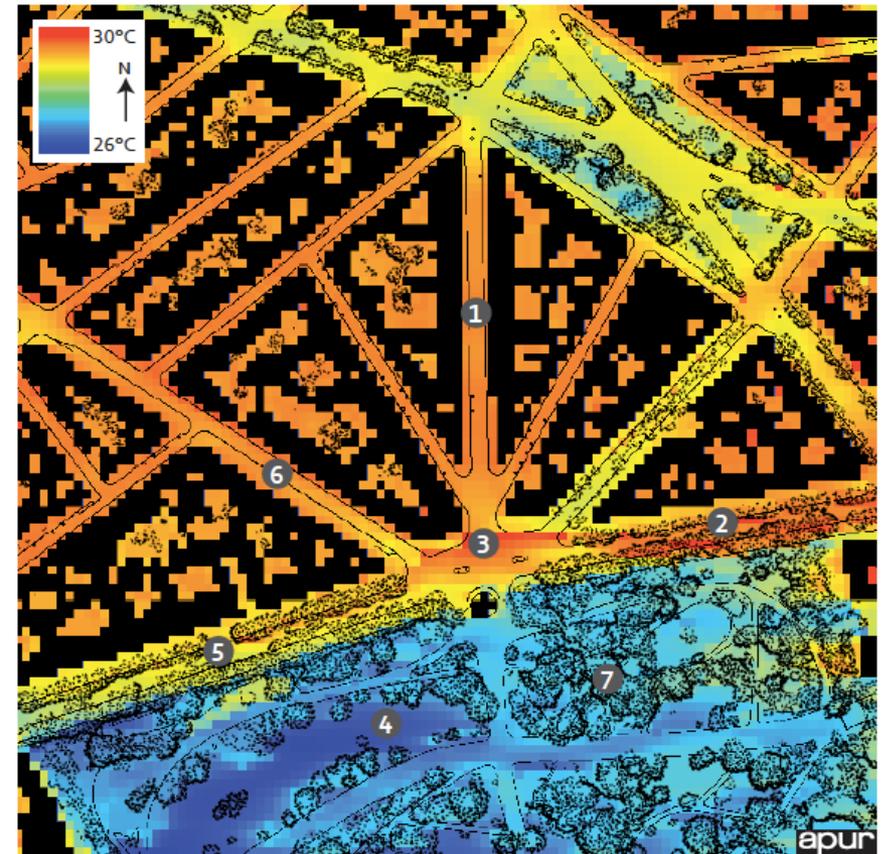
Simulation de la température de l'air à 2 m à 6h le 10 Août 2003
Source: Météo-France & CSTB 2012

Evolution temporelle de l'ICU

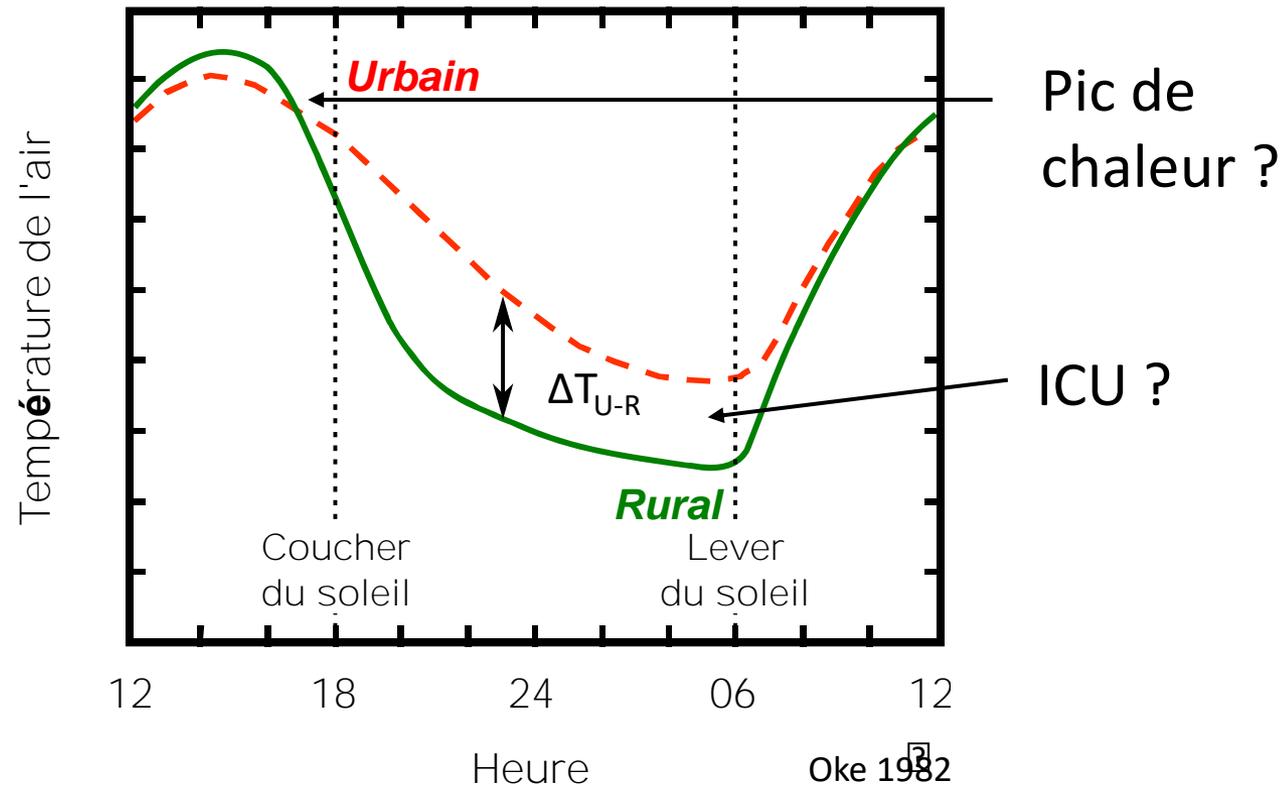
Jour



Nuit



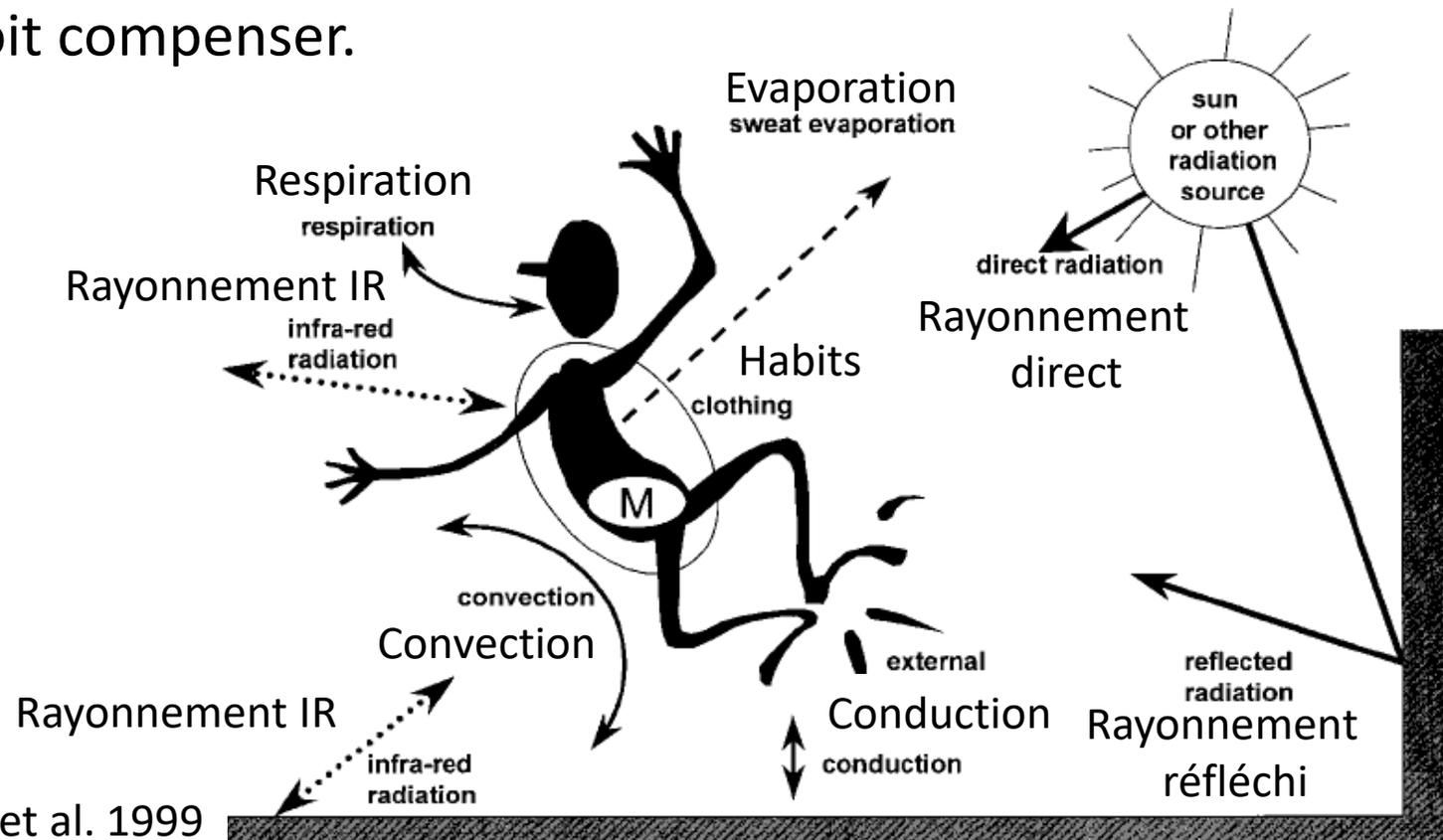
Objectif ?



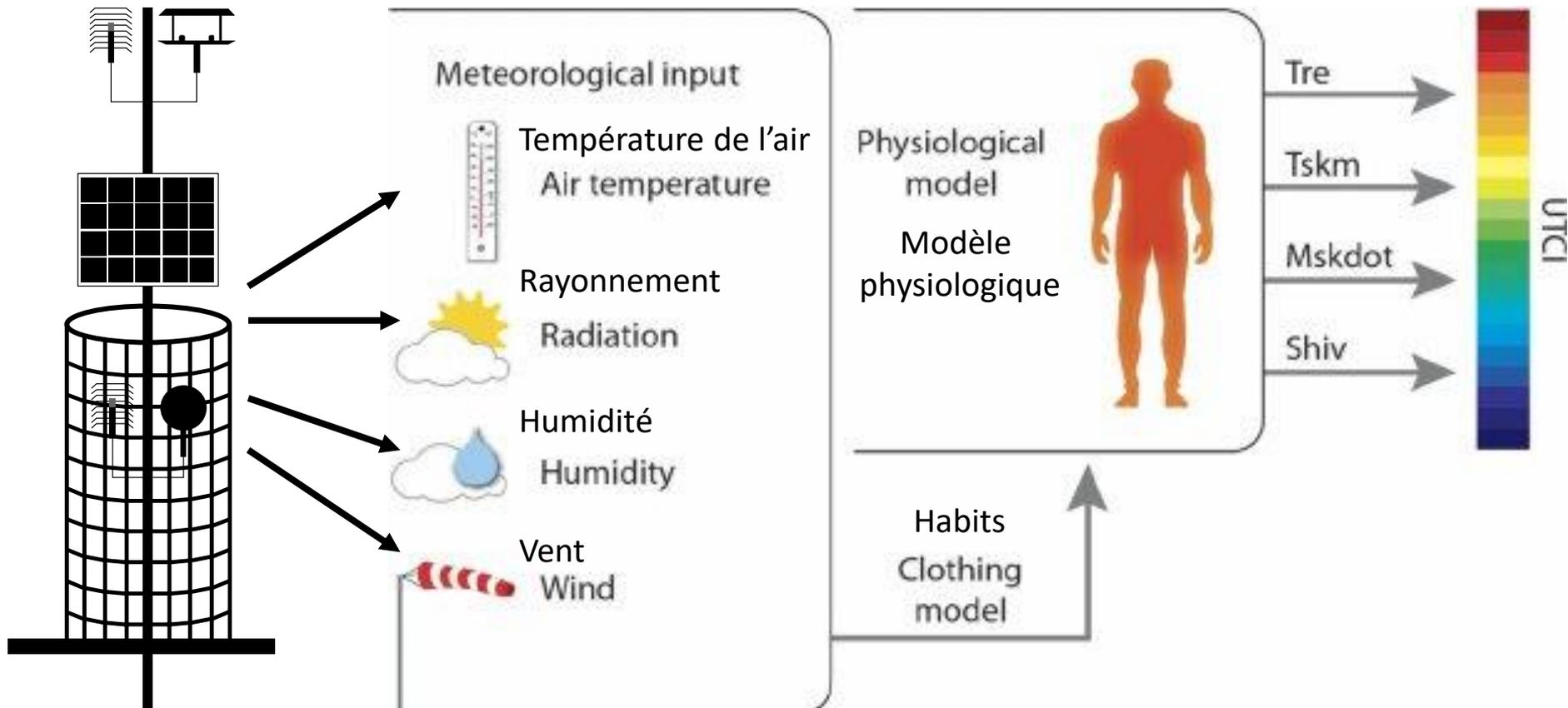
- Quel but ? (Santé publique, limitation de la chaleur entrante: ombrage etc.)
- Quel site ? (rue encaissée ? Place ouverte ? Etc.)
- Quel potentiel de rafraîchissement ? Exposition ?
- A quel moment ? (nuit, jour)

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 km² of roads and sidewalks



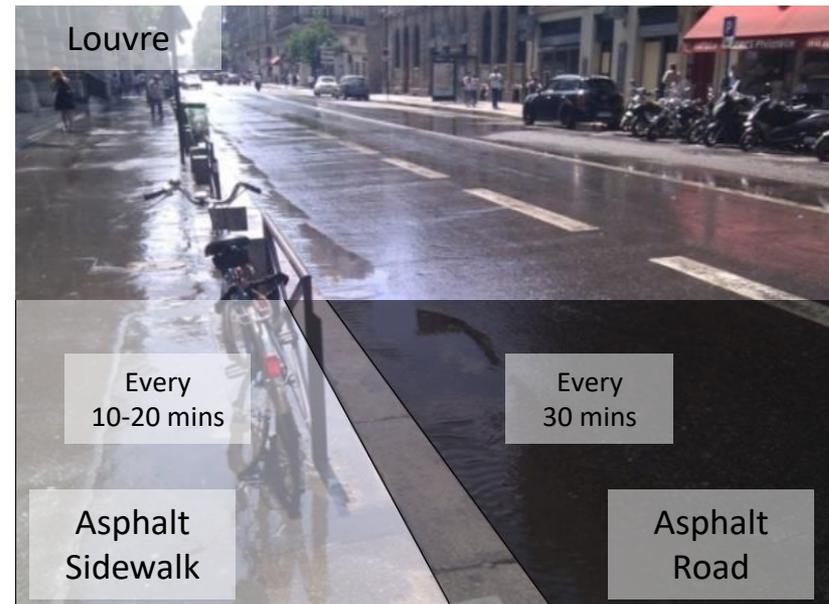
60 000 m³/d i.e. 26 L/d per capita
(30% of non-potable water production)

→ Watering infrastructure?

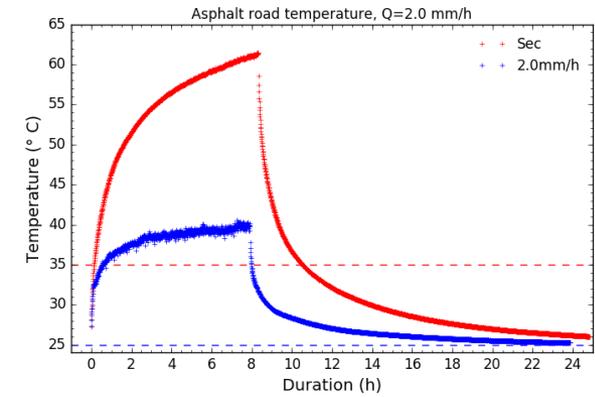
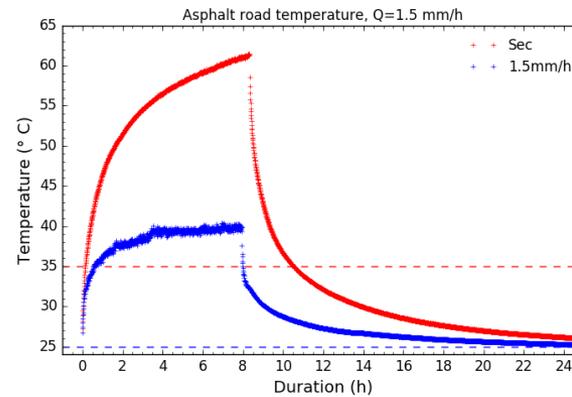
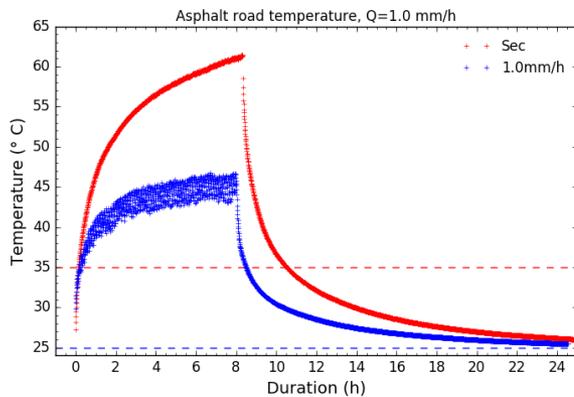
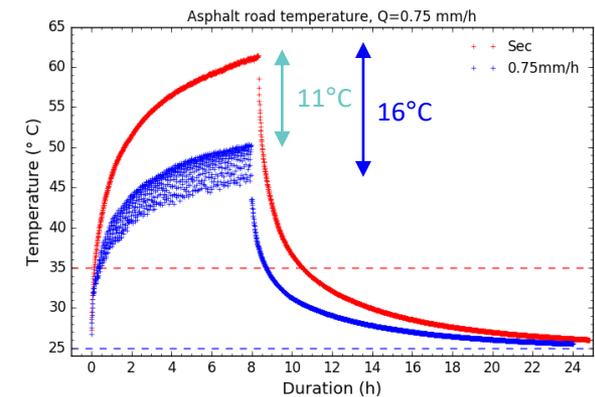
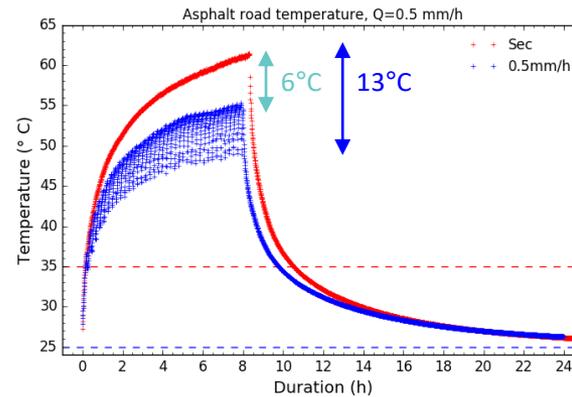
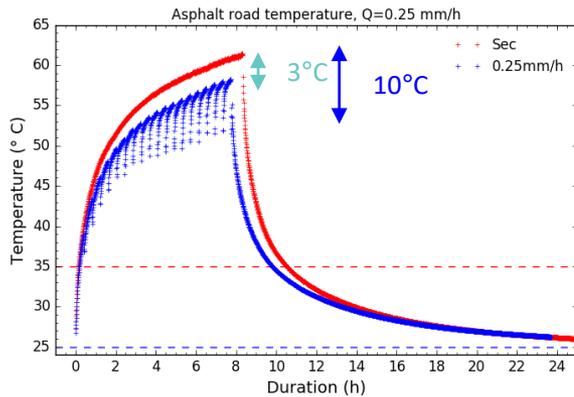
- Technical feasibility?
- Cost?

→ Where?

- Paving materials?
- Street configurations?



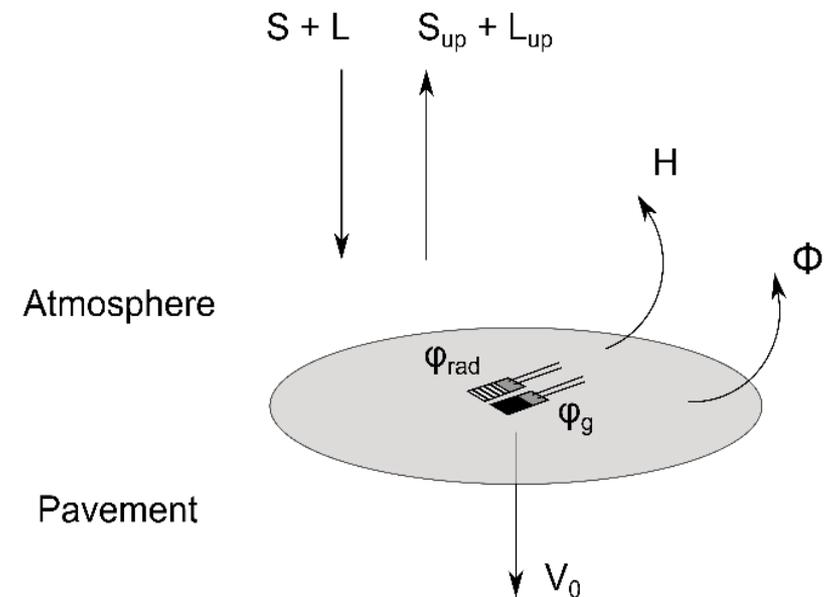
Différents débits d'arrosage



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 (Φ)



Bilan thermique de surface (2)

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

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

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

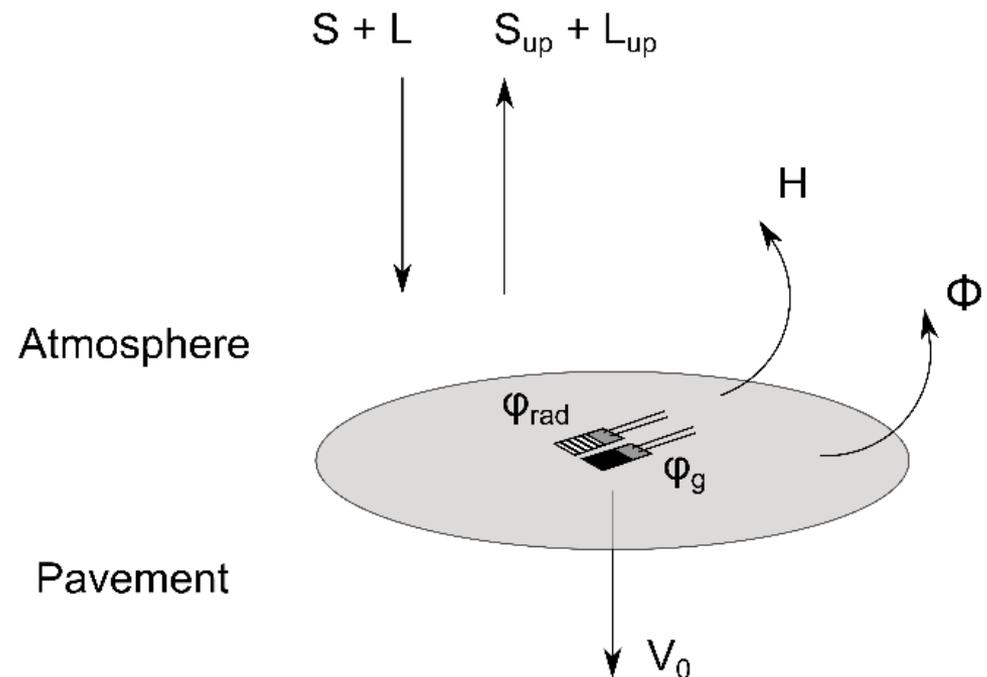
$$H = h (T_s - T_a)$$

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

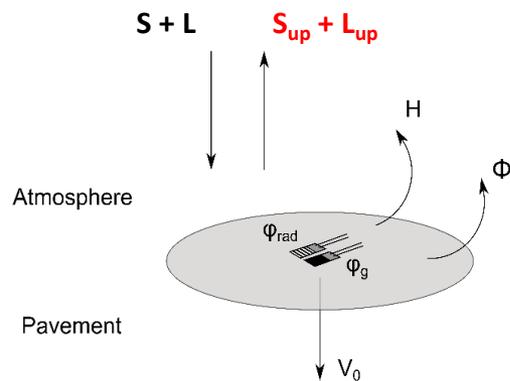
$$\Delta H_{sec-arr} = h (T_{s, sec} - T_{s, arr})$$

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

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

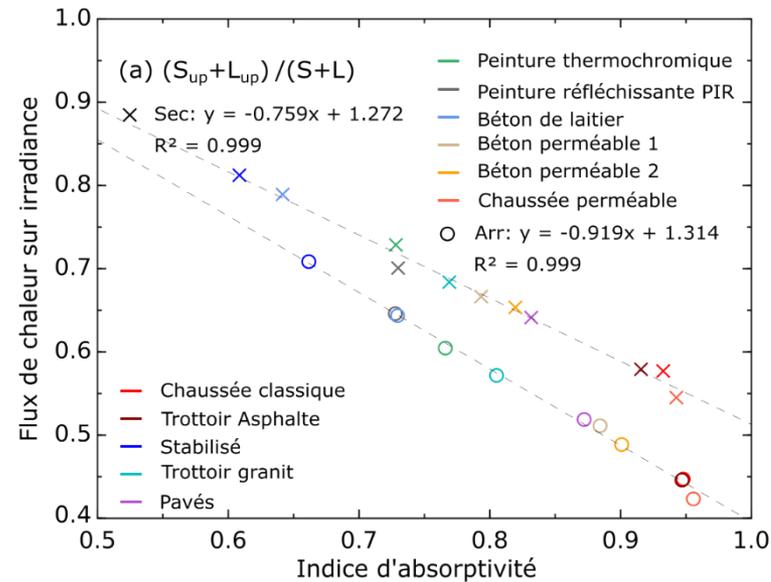


Partitionnement énergétique : Part renvoyée et réémission par la surface



- Indice d'absorptivité solaire :

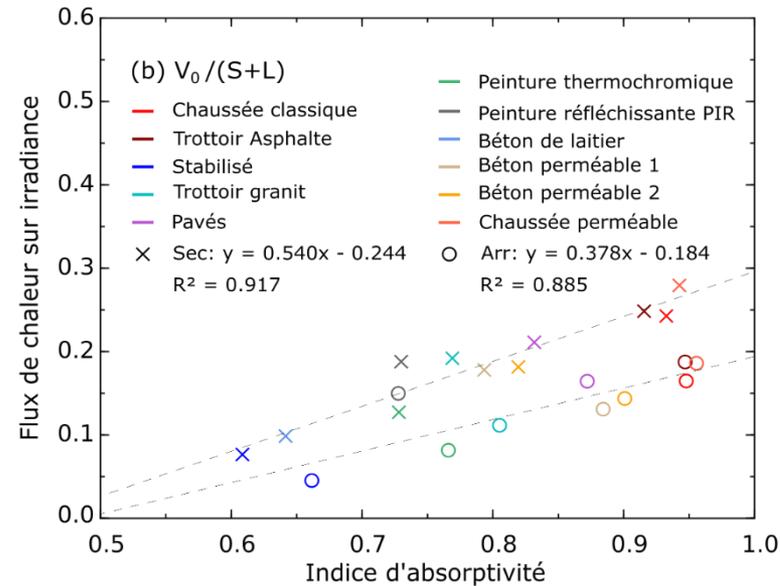
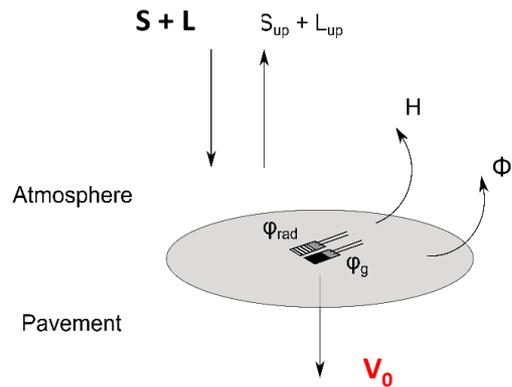
$$a = \frac{(1 - \alpha) S + \varepsilon L}{S + L}$$



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

Partitionnement énergétique :

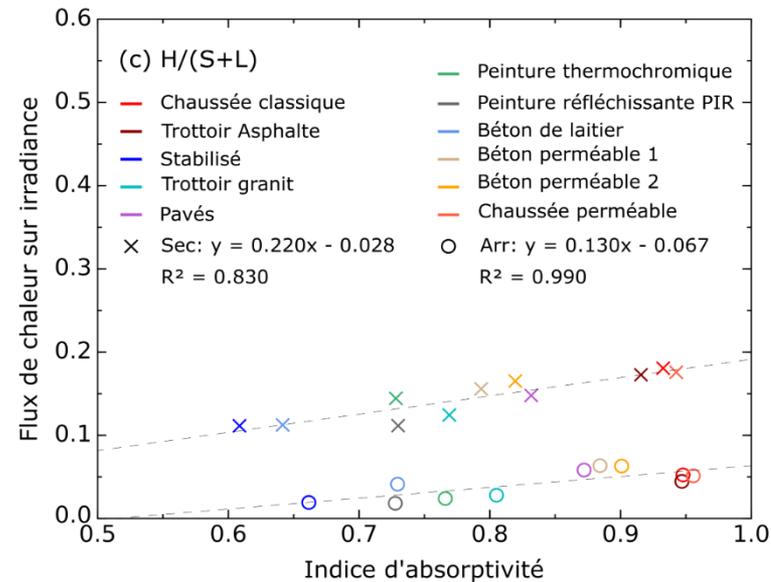
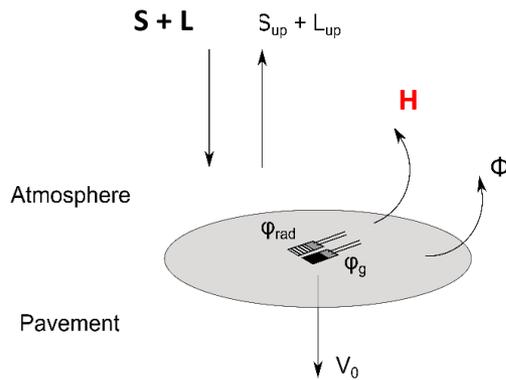
Part transmise par conduction



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

Partitionnement énergétique :

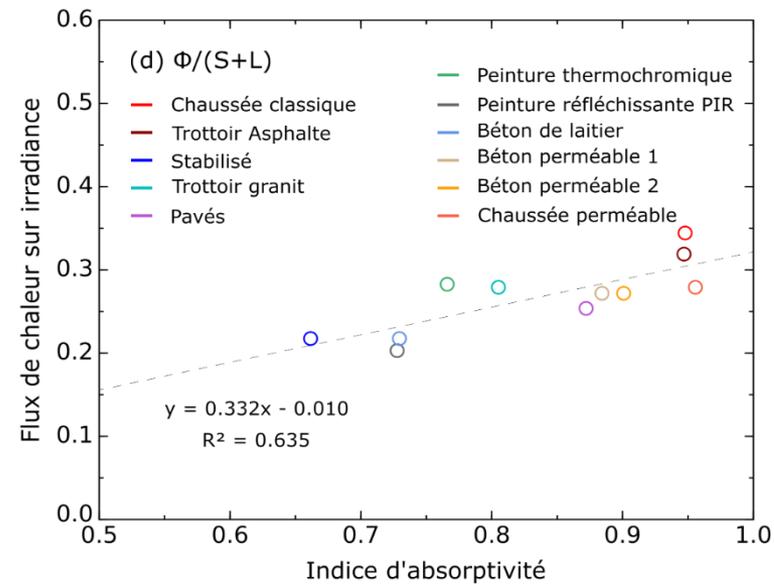
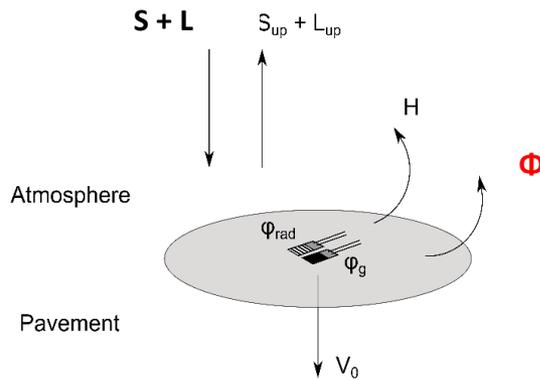
Part véhiculée à l'air par convection



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

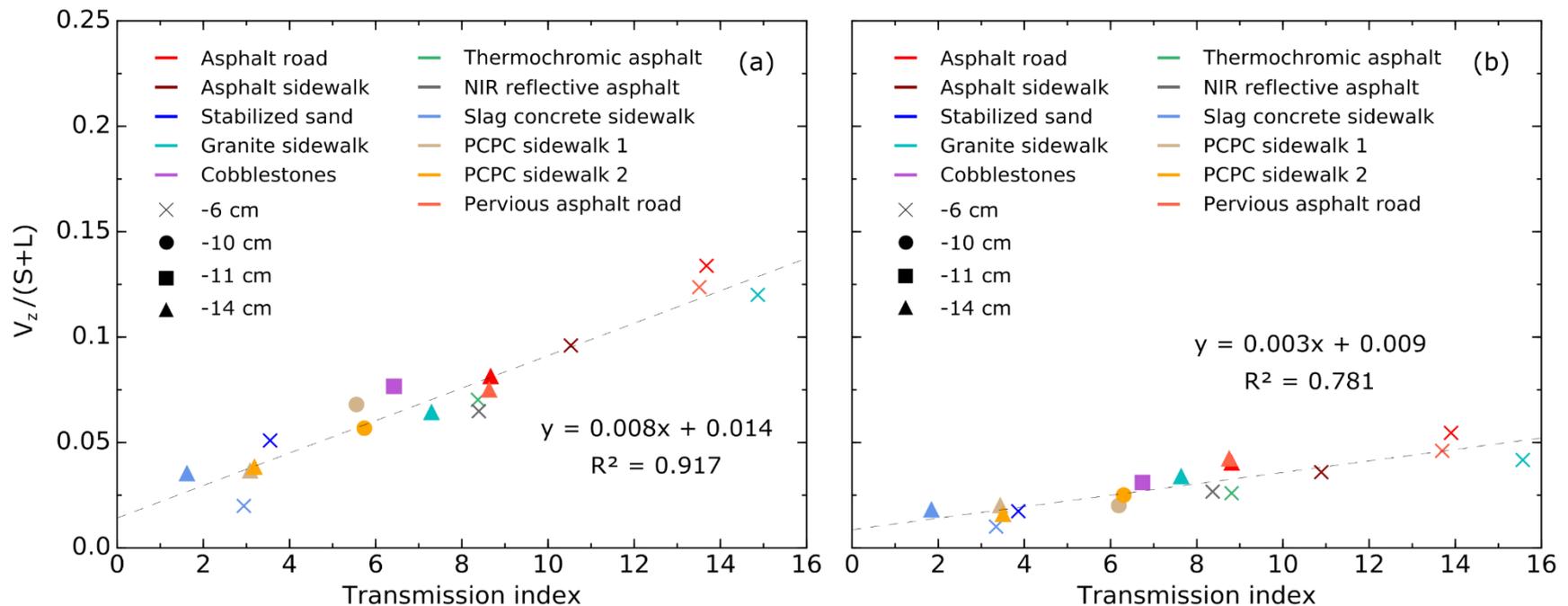
Partitionnement énergétique :

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

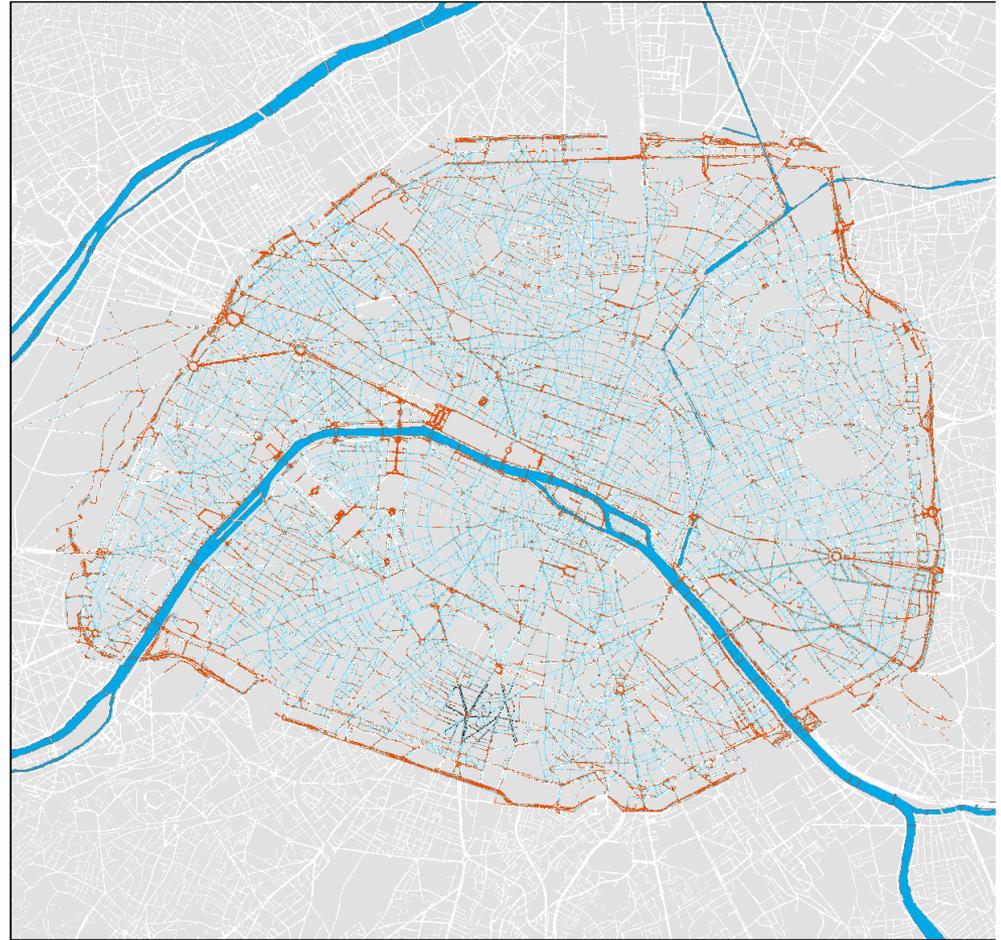
➔ Study of urban materials

- 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)

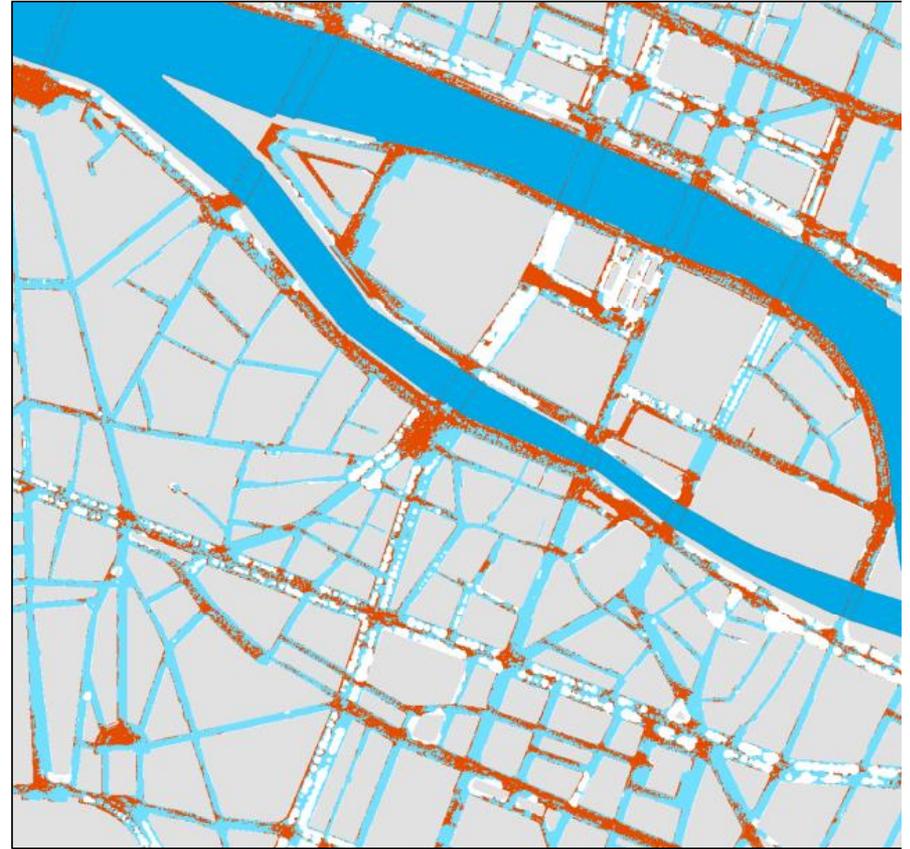
Which Parisian public spaces should be watered to limit heat-related health impacts on the population?

- ➔ Where: Parisian public spaces (i.e. pedestrians)
- ➔ When: 15th of June to 15th 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

