



**HAL**  
open science

## Les arbres et les îlots de chaleur urbains

M. Saudreau, Thierry Ameglio, Jérôme Ngao

► **To cite this version:**

M. Saudreau, Thierry Ameglio, Jérôme Ngao. Les arbres et les îlots de chaleur urbains. Journée Technique Echospaysage "Arbres et Sécurité, de la santé des citoyens à la gestion des risques de rupture", EchosPaysage Auvergne-Rhône-Alpes., Oct 2019, Lempdes, France. 23 p. hal-02394665

**HAL Id: hal-02394665**

**<https://hal.science/hal-02394665v1>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Les arbres et les îlots de chaleur urbains

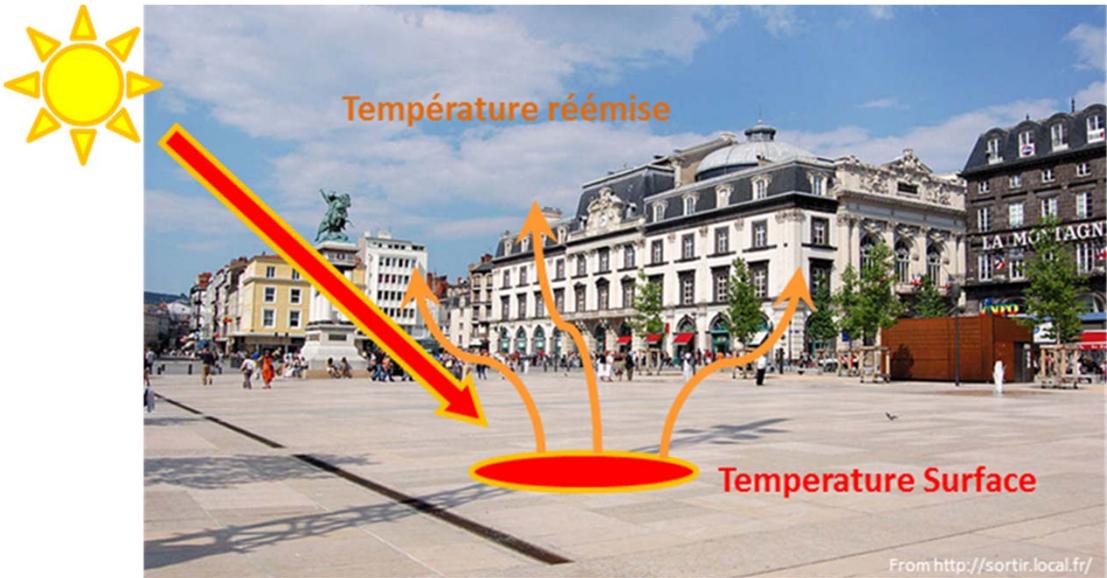
Marc SAUDREAU, Thierry AMEGLIO, Jérôme NGAO  
INRA, UMR PIAF (Université Clermont Auvergne – INRA), Clermont-Ferrand  
[marc.saudreau@inra.fr](mailto:marc.saudreau@inra.fr)



17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

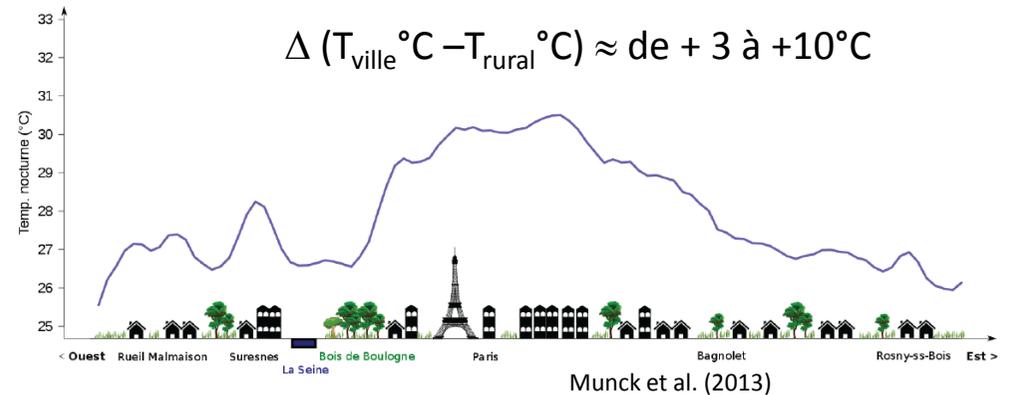
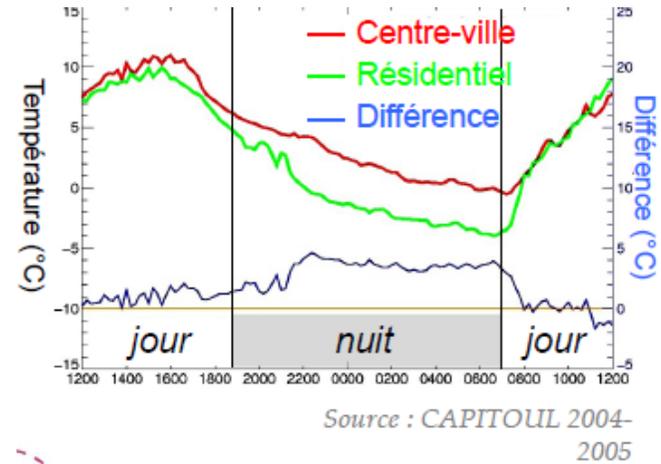
# Climat Urbain et enjeux sociétaux

**Ilot de Chaleur Urbain (ICU) :** bâtis stockent l'énergie la journée et la restituent la nuit

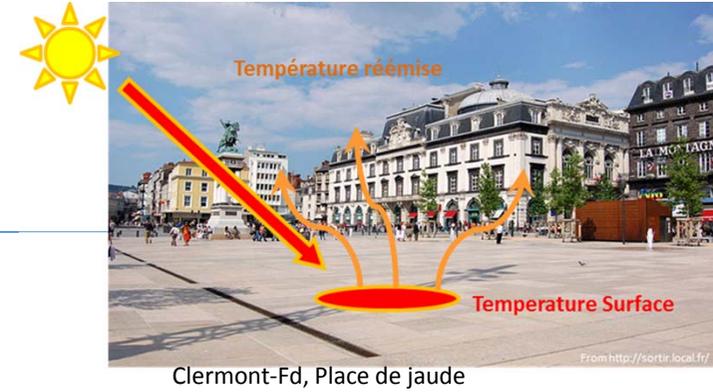


Clermont-Fd, Place de jaude

From <http://sortir.local.fr/>

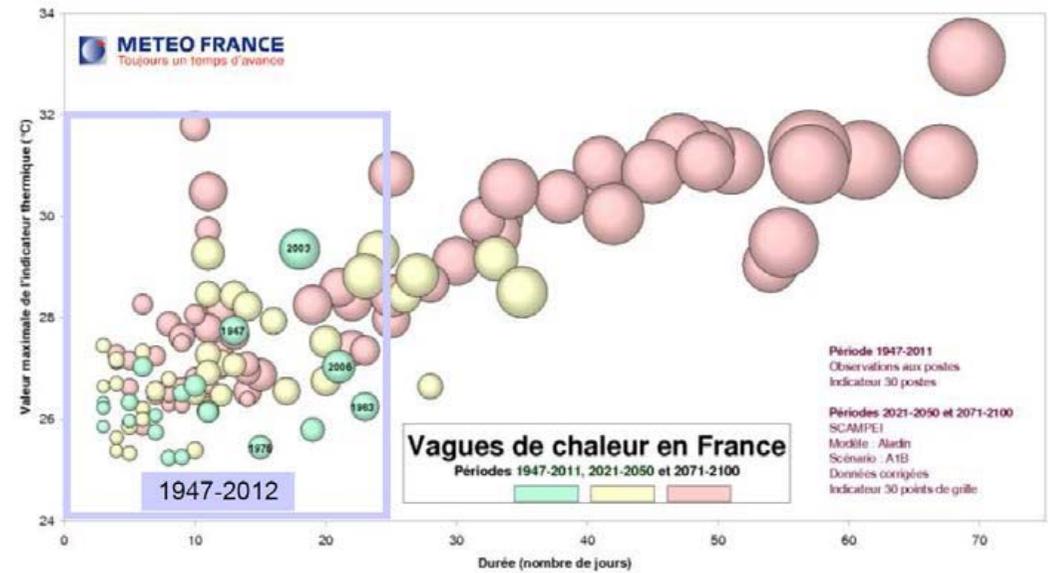
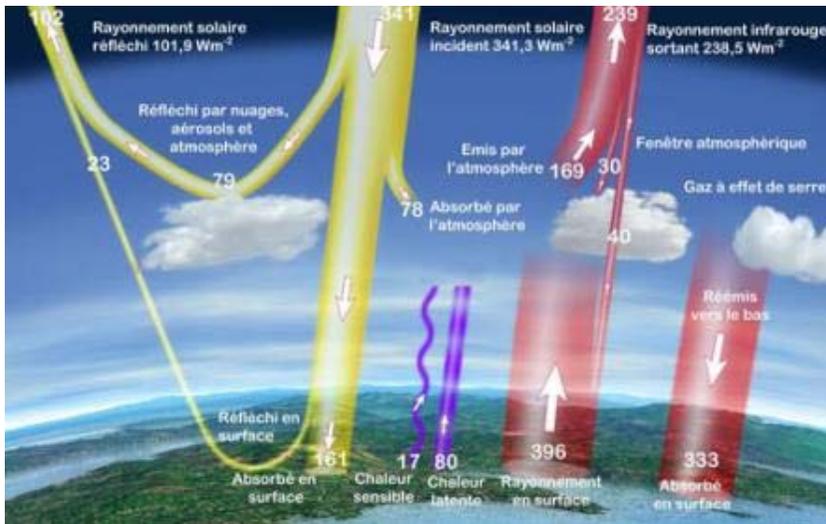


# Climat Urbain et enjeux sociétaux



➤ Changement climatique -  
Augmentation température air

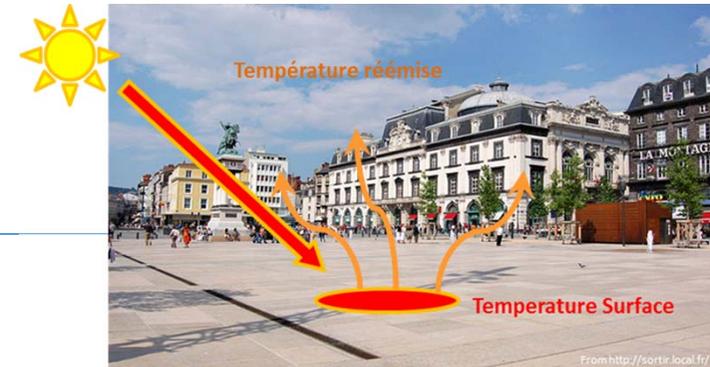
➤ Augmentation du nombre de vagues de chaleur en France (... et en Auvergne !)



La surface des sphères symbolise l'intensité globale des vagues de chaleur, les sphères les plus grandes correspondant aux vagues de chaleur les plus sévères

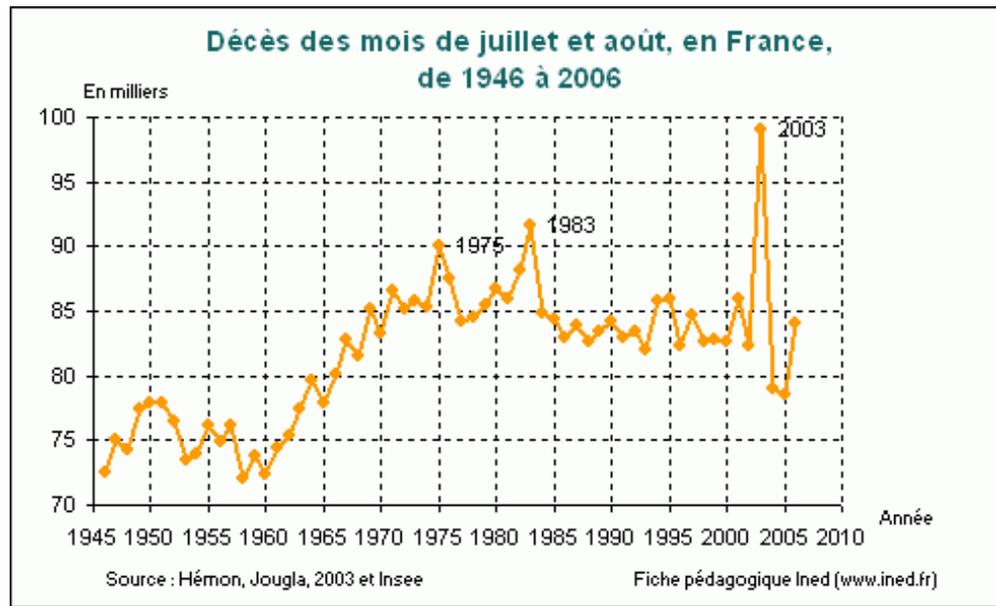
17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

# Climat Urbain et enjeux sociétaux

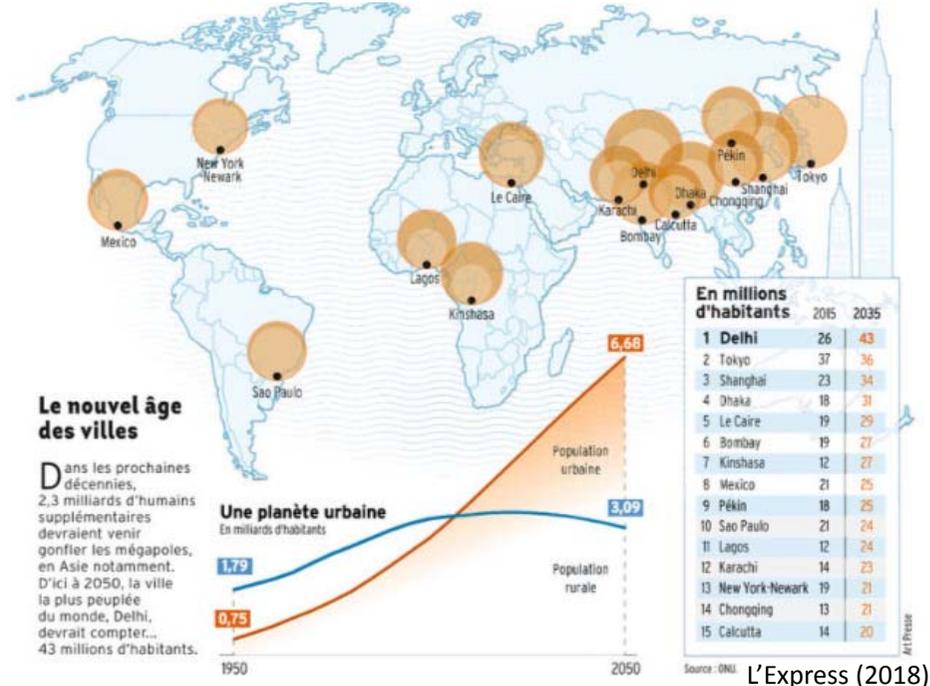


Clermont-Fd, Place de jaude – Photo Ngao J.

**Canicule de 2003 forte augmentation du nombre de décès (> + 20 000 morts)**



**En 2050, les 2/3 de la population mondiale vivra en ville**



17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

# Climat Urbain

## ➤ Réduction Stress Thermique

### 1. Préventif - **Supprimer/diminuer** les sources d'énergie:

- rues plus étroites
- ombrage
- matériaux stockant moins d'énergie

### 2. Curatif - **Rafrâichir** la masse d'air:

- climatiser
- points d'eau
- arrosage chaussée



# Climat Urbain

Atténuer les Ilots de Chaleur Urbain (ICU) : les arbres savent le faire !

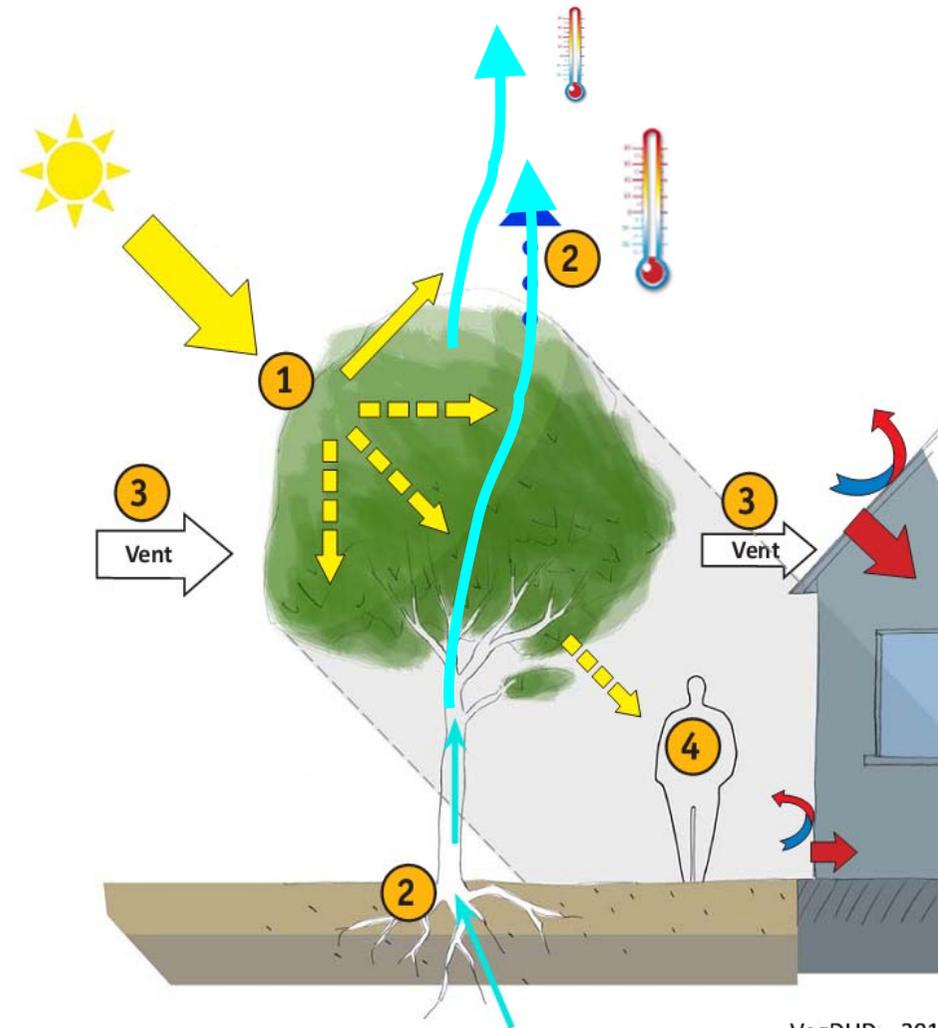
- 1) **OMBORAGE**

et

- 2) **RAFRAICHISSEMENT**

.... En plus de tous les autres services

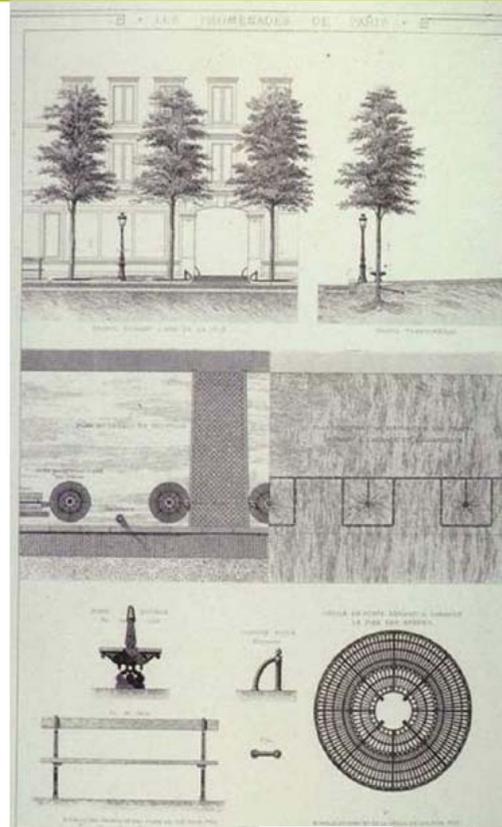
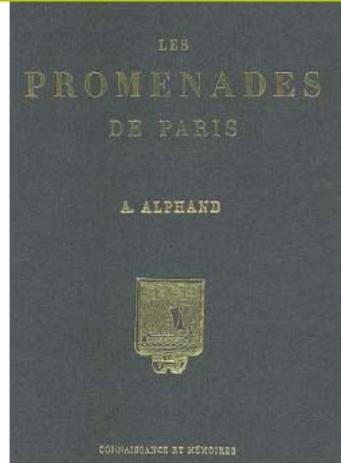
Biodiversité	Bien - être	Barrière de bruit
Production	Dépollution de l'air	Barrière Vent



VegDUD – 2014

# Les services de l'Arbre en ville

Une notion de « services » revendiquée dès le Second Empire



F. Ségur GRANDLYON la métropole

« Mais cette dépense [...], n'a rien d'excessif, mise en regard des services rendus par les plantations. Elles sont indispensables pour renouveler l'air vicié[...]. Elles procurent l'ombre, si nécessaire au nombreux public [...]. Enfin, elles contribuent grandement à la décoration de la cité. »

Jean-Charles Adolphe Alphand (1817-1891),.



GRANDLYON la métropole

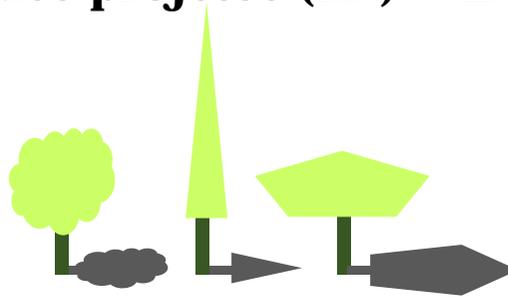
# Les arbres et les îlots de chaleur urbains



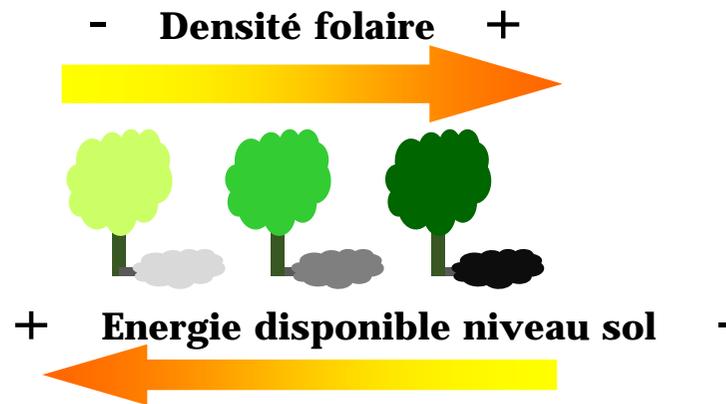
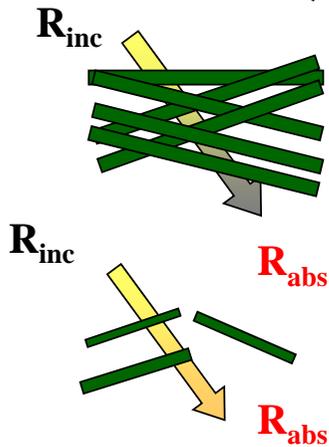
- ▶ Un point sur les mécanismes :  
**Ombrage** et **Transpiration**
- ▶ Quantification *in situ* potentiel d'action des arbres (ordres de grandeur - arbres **isolés** et **alignements**)

# OMBRAGE

- **Forme de l'arbre  $\Rightarrow$  surface projetée (m<sup>2</sup>) = LAI (Leaf Area Index)**



- **Densité foliaire  $\Rightarrow$  Capacité à intercepter la lumière (Coefficient extinction :  $k$ )**



loi de type Beer-Lambert :

$$R_{abs} = R_{inc} (1 - \exp(-Kc * LAI))$$

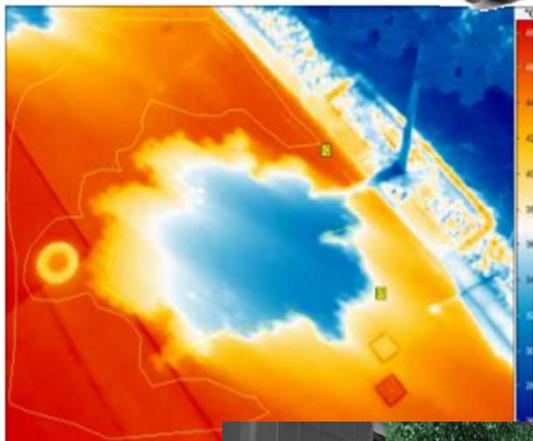
- rayonnement absorbé ( $R_{abs}$ )
- rayonnement solaire incident ( $R_{inc}$ )
- LAI (Leaf Area Index)
- $Kc$  coefficient d'extinction

17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

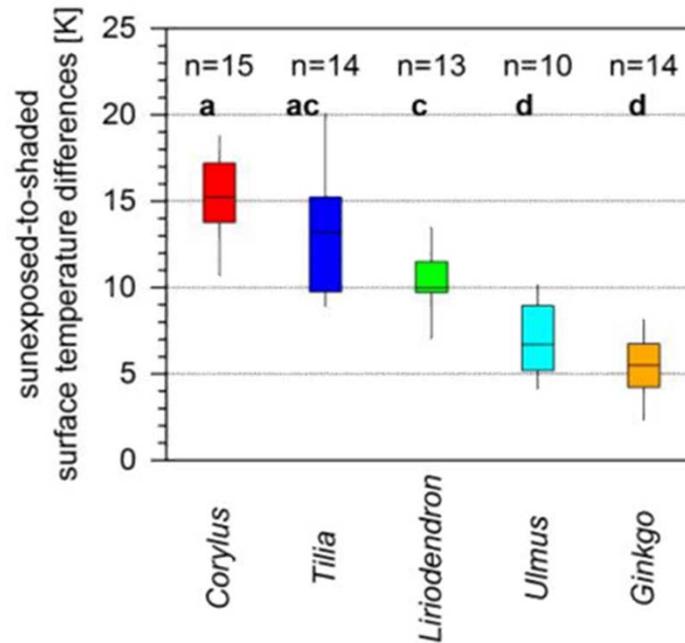
# OMBRAGE : Température de surface et Densité foliaire



Caméra InfraRouge Thermique 



Gillnet *et al.*, 2015

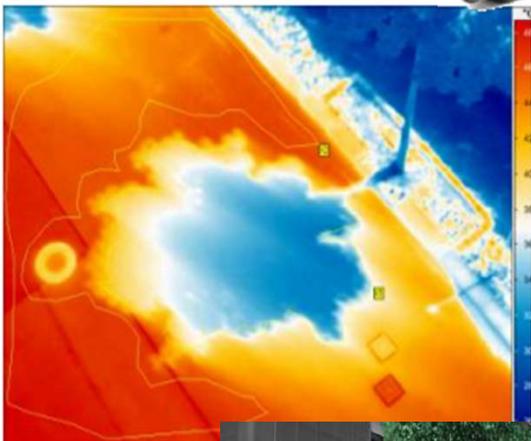


17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

# OMBRAGE : Température de surface et Densité foliaire



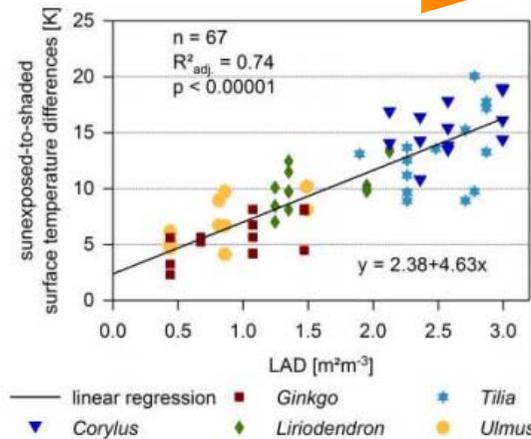
Caméra InfraRouge Thermique



Gillnet *et al.*, 2015



- Densité foliaire +

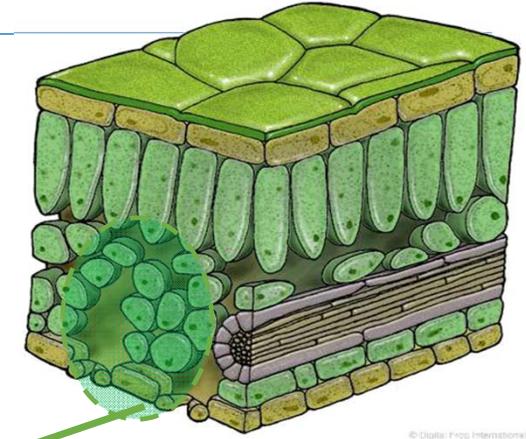


**Diminution de 5°C** ↘  
de la température du sol  
lorsque la densité foliaire  
augmente d'une unité ↗

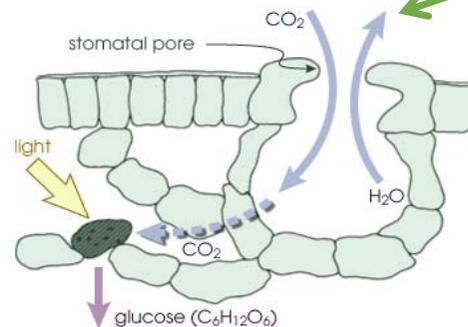
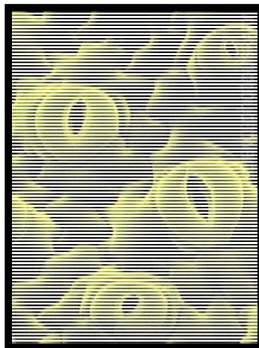
# RAFRAICHISSEMENT

**Transpiration** = évaporation de l'eau au niveau des feuilles (passage de l'état liquide à l'état gazeux).

- Processus endothermique (qui consomme de la chaleur)  
⇒ permet de réguler la température de l'arbre
- **Evaporation** : piloter par la demande évaporative (**climat proche**). Dégagement de chaleur Latente : perte d'énergie



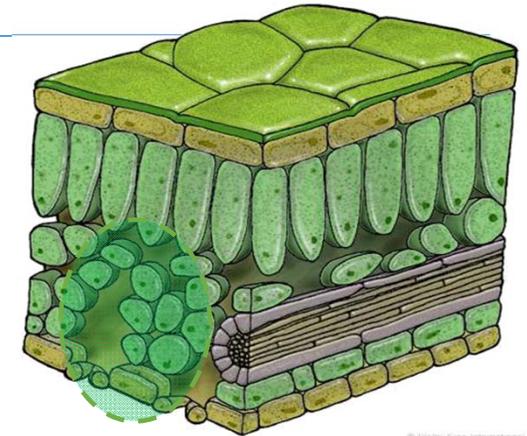
**Stomates ouverts**



# RAFRAICHISSEMENT

**Transpiration** = évaporation de l'eau au niveau des feuilles (passage de l'état liquide à l'état gazeux).

- Processus endothermique (qui consomme de la chaleur)  
⇒ permet de réguler la température de l'arbre
- **Evaporation** : piloter par la demande évaporative (**climat proche**). Dégagement de chaleur Latente : perte d'énergie
- **Transpiration** conditionnée par le **climat proche** ET **réponse fonctionnelle** de l'espèce



$$\text{Transpiration} \approx \text{gs} * \text{Potentiel Evaporation}$$

Réponse  
Physiologique



HR (%)  
T (°C)

Demande  
Climatique

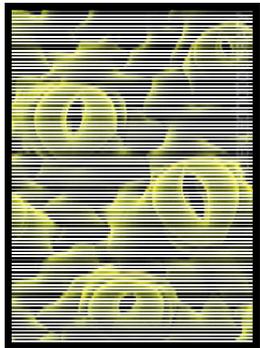
17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat



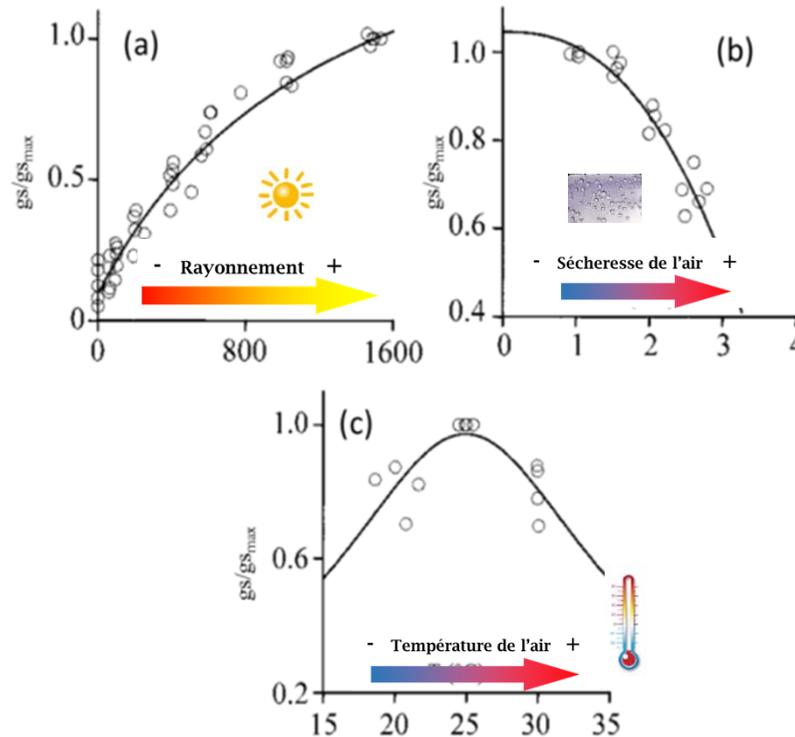
# RAFRAICHISSEMENT

Régulation par l'arbre

-  
Conductance Stomatique (gs)



Fonction conditions météorologiques



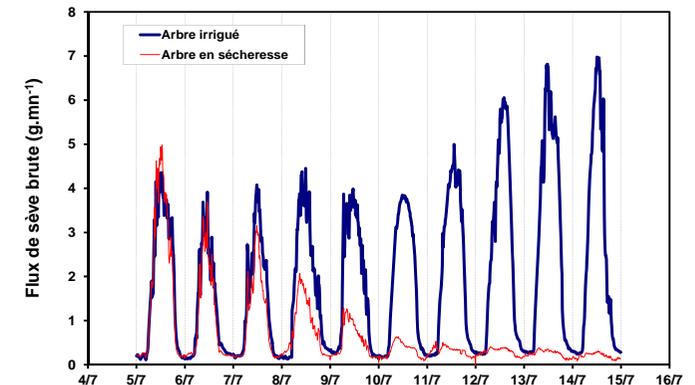
Fonction état physiologique

Azote foliaire  
 $gs \uparrow$  avec N

Stress hydrique  
 $gs \rightarrow 0$



Lien avec le sol (minéraux, eau)



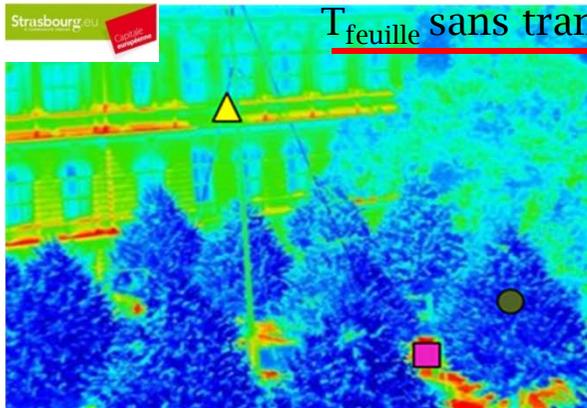
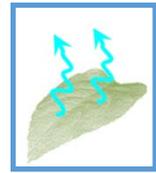
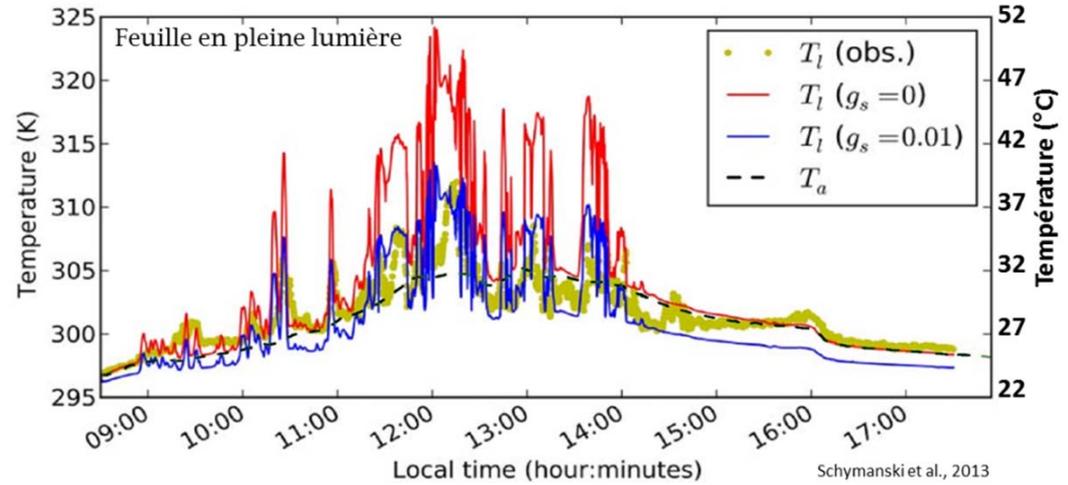
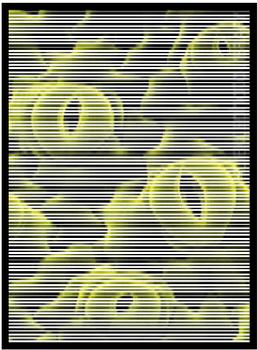
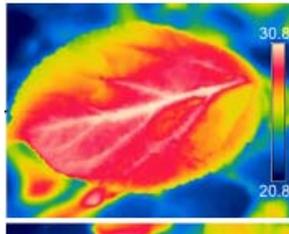
Améglio et al. (1993)

17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

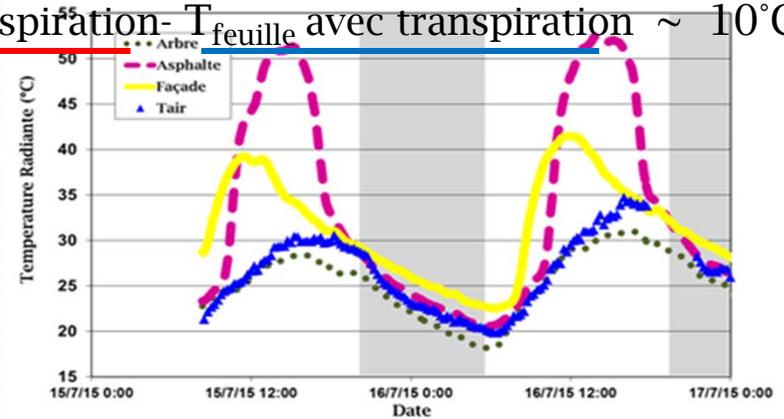
# RAFRAICHISSEMENT – Ordre de grandeur



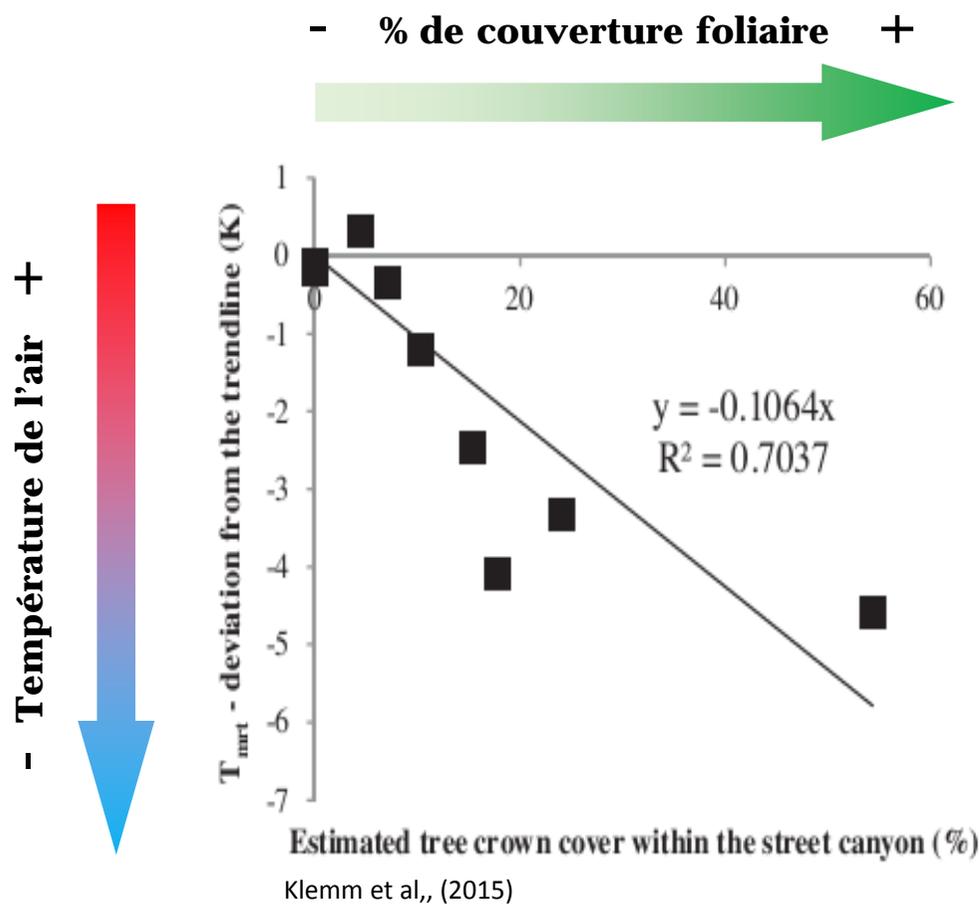
Régulation  
par l'arbre  
-  
Conductance  
Stomatique ( $g_s$ )



$T_{\text{feuille sans transpiration}} - T_{\text{feuille avec transpiration}} \sim 10^\circ\text{C}$



# RAFRAICHISSEMENT : Ordre de grandeur

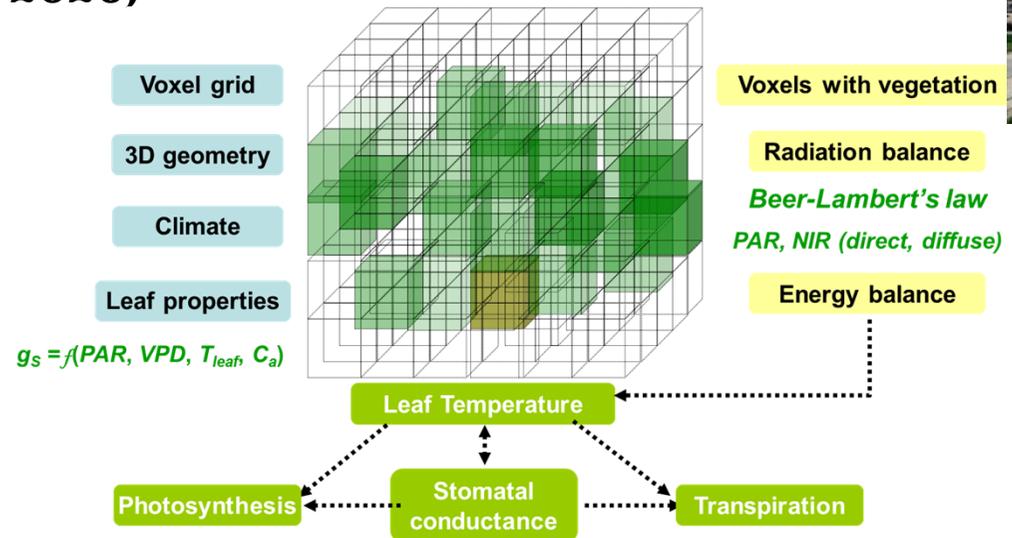
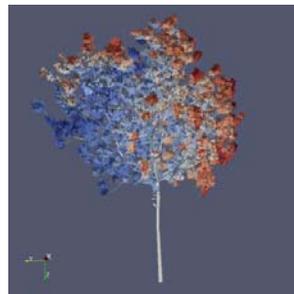
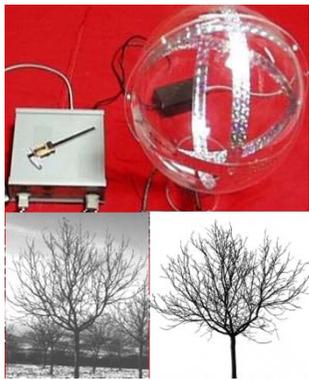


Klemm et al., (2015)

**1 °C ↘ pour 10% de couverture foliaire ↗ en plus !**

# Température et Transpiration : des modèles de Fonctionnement de l'arbre et des flux hydriques

## ANR en cours CoolTrees (2017- 2020)



Sinoquet *et al.* (2001)

**Modélisation 3D du Rayonnement Absorbé, de la Transpiration et Photosynthèse : modèle RATP**

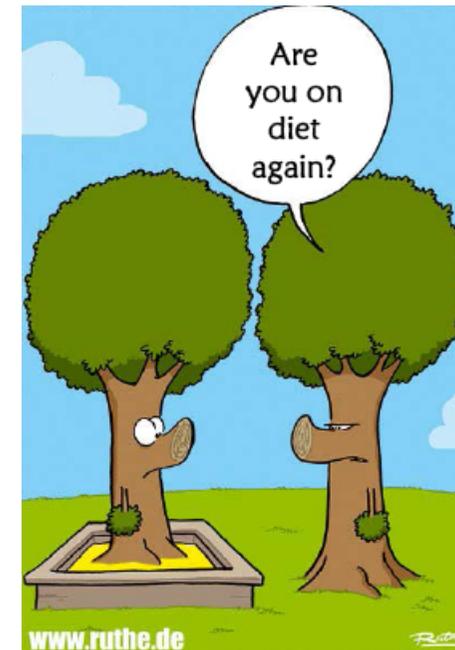
**Validation par mesures de flux de sève au niveau du tronc**

**Acquisition de l'architecture 3D d'arbres réels**

Sinoquet & Rivet . (1997) Bournez *et al.* (2016)

## Gérer la Santé des Arbres en ville

Une nécessité pour que les arbres puissent exercer correctement leurs services!



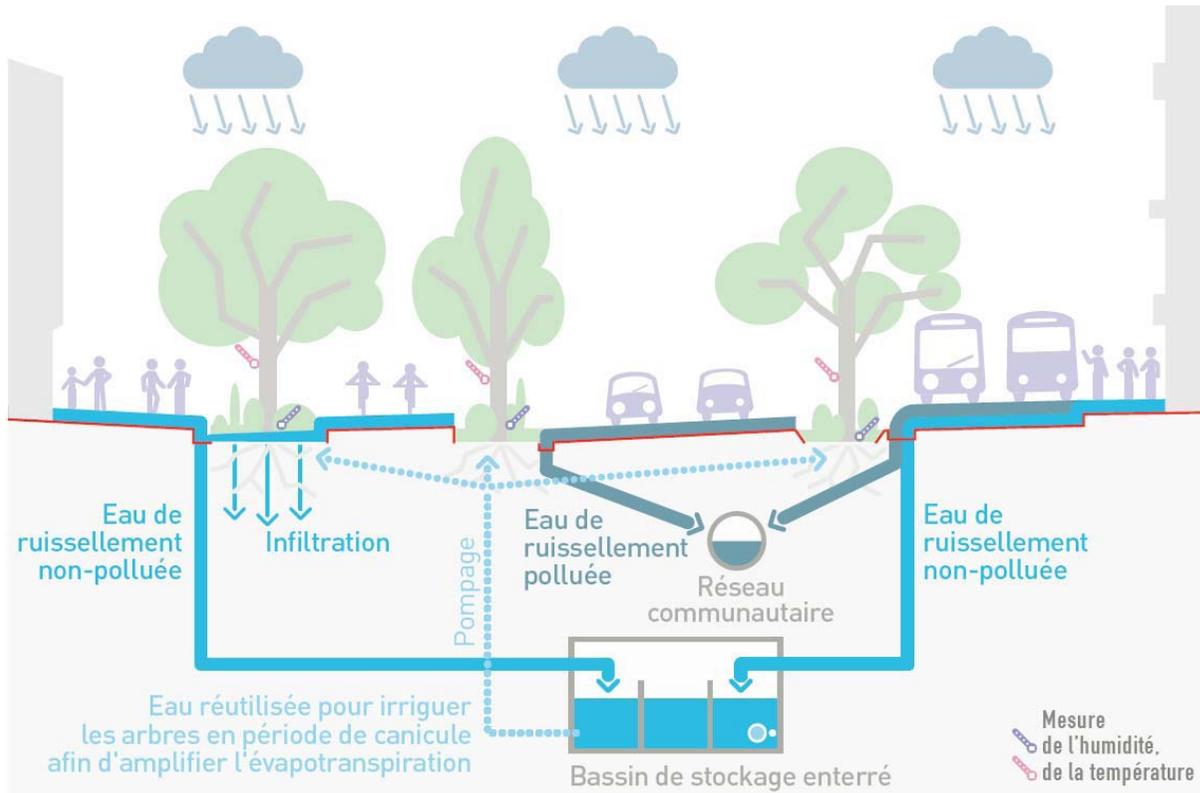
- **Conditions de plantation**, conditions de gestion
- Choix d'espèces adaptées, ...
- Choix d'infrastructures adaptées,...

**Projet UrbanMycoServe** : Understanding and Managing Urban Mycorrhizal Communities  
(Mar. 2017-Feb 2020) Leuven-Porto-Strasbourg

17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

# Gérer la Santé des Arbres en ville

Le projet Garibaldi (nouvelle infrastructure) du Grand Lyon



**Transformation des trémies (tunnel sous intersection) en bassin de stockage des eaux de pluies !**

GRANDLYON  
la métropole



**PROJET VILLE PERMÉABLE**

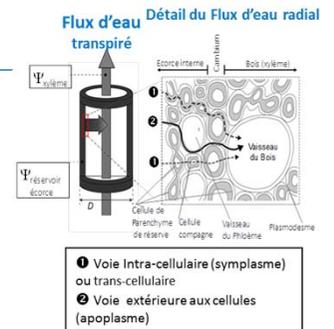
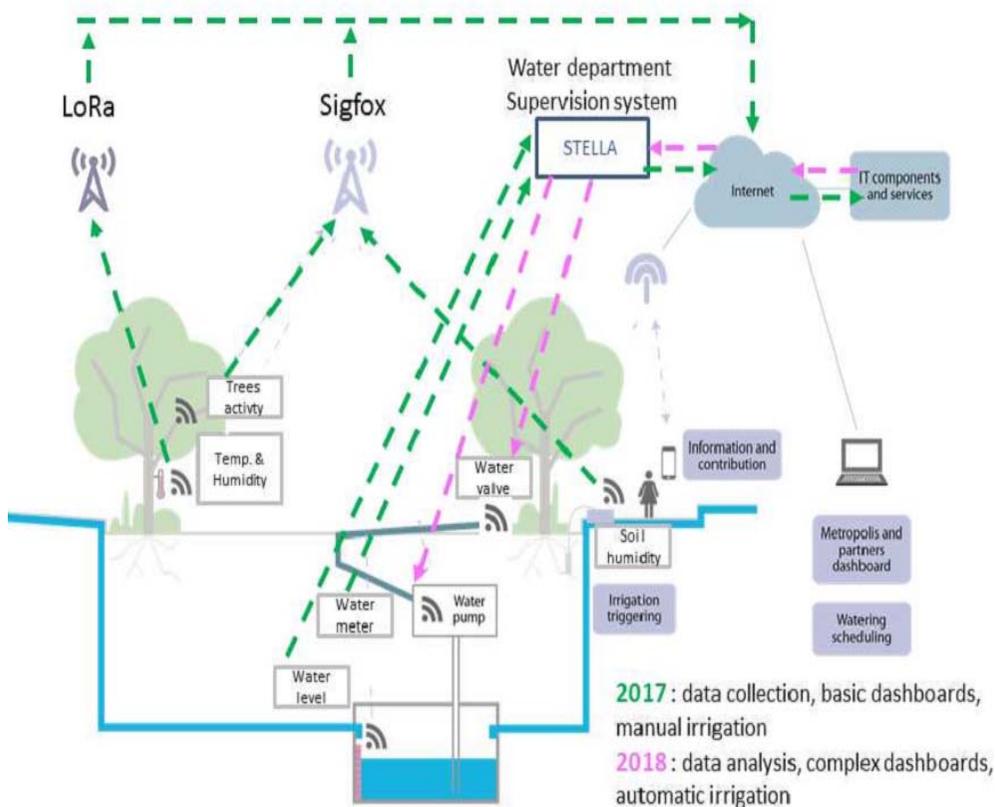
Comment réussir la gestion des eaux pluviales dans nos aménagements ?



17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat

# Gérer la Santé des Arbres en ville

Le projet Garibaldi (nouvelle infrastructure) du Grand Lyon



## Projet bioTope

(building an Internet of Things open innovation ecosystem for connected smart objects)

<http://www.biotope-project.eu>

- **Projet Pilot sur Lyon (2017-2018)** : Atténuation des périodes de canicule par l'arbre
- **Démonstrateur et intégrateur** d'objets connectés **IoT** (micro-dendromètres PépiPIAF, Tensiomètres, capteurs météo, qualité de l'eau, pilotage des électrovannes...).

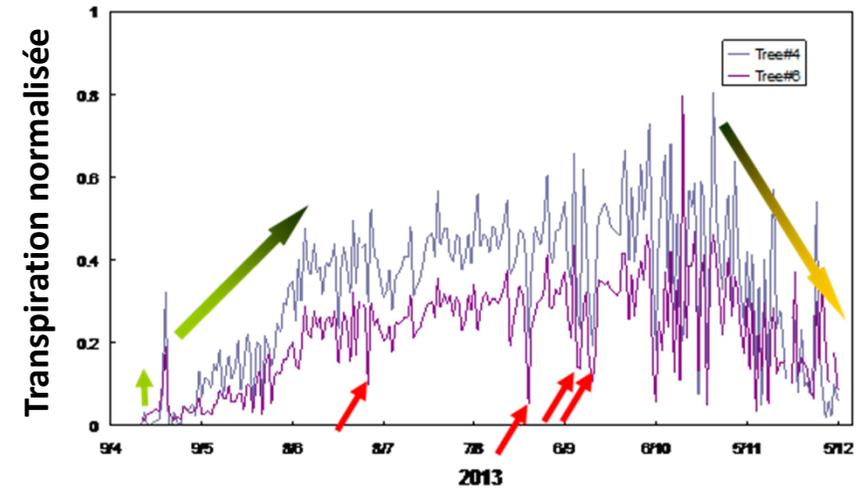
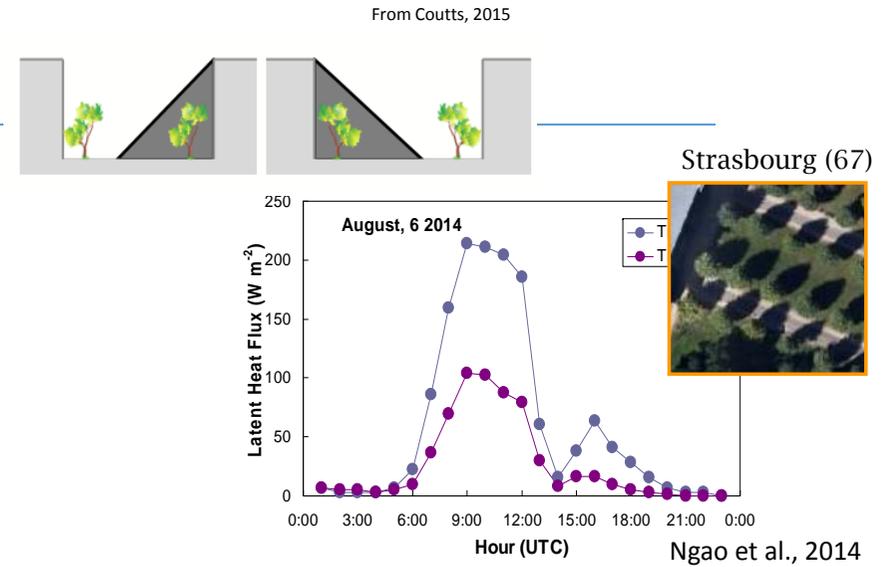
# Pour conclure

Beaucoup de travaux restent à engager...

... appréhender la **diversité structure urbaine** et **fonctionnelle** (essence ou intra-espèce) des arbres en ville - **Variabilité spatiale**

... **temporalité** liée saisons - **phénologie**

Ombrage



## Pour conclure

---

Beaucoup de travaux restent à engager ...

... lien avec la **résilience** des arbres aux **différents stress** subis en milieu urbain:

Stress thermique

Stress hydrique

Pollution

Maladie, Ravageurs

Conduite (taille)

Sols (tassement, zone exploration racinaire, carence minéraux )



Arbre  
Dépérissant / Sain



From Kim D. Coder - <https://ugaurbanag.com>



Merci pour votre attention



[marc.saudreau@inra.fr](mailto:marc.saudreau@inra.fr)  
[jerome.ngao@inra.fr](mailto:jerome.ngao@inra.fr)  
[thierry.ameglio@inra.fr](mailto:thierry.ameglio@inra.fr)



17 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Marmilhat