



**HAL**  
open science

## Atténuer les Ilots de Chaleur Urbains : un service de l'arbre

Thierry Ameglio, Jérôme Ngao, M. Saudreau

► **To cite this version:**

Thierry Ameglio, Jérôme Ngao, M. Saudreau. Atténuer les Ilots de Chaleur Urbains : un service de l'arbre. L'arbre urbain, La FREDON et le CNFPT., Oct 2019, Aix-en-Provence, France. 19 p. hal-02310108

**HAL Id: hal-02310108**

**<https://hal.science/hal-02310108>**

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.



# Atténuer les Ilots de Chaleur Urbains : un service de l'arbre

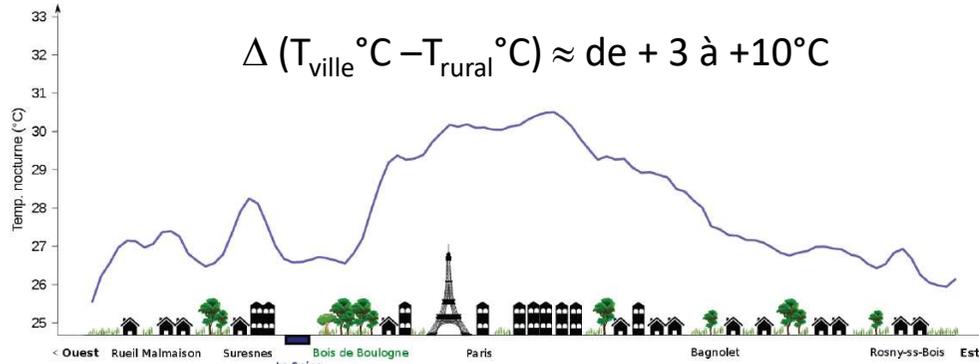
Thierry AMEGLIO, Jérôme NGAO, Marc SAUDREAU  
INRA, UMR PIAF (Université Clermont Auvergne – INRA), Clermont-Ferrand  
[thierry.ameglio@inra.fr](mailto:thierry.ameglio@inra.fr)



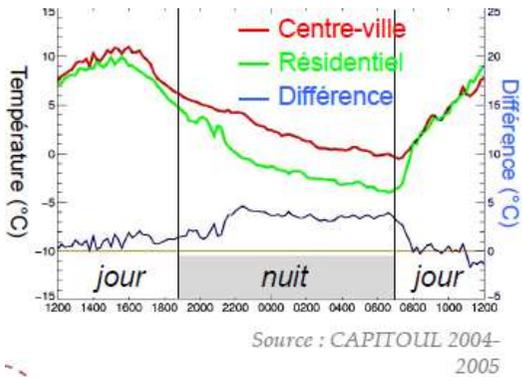
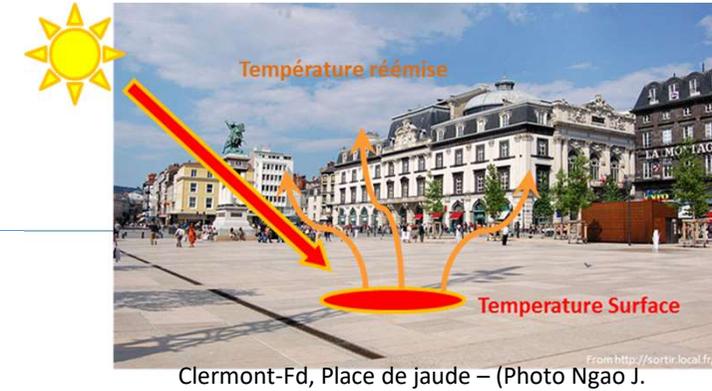
3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

# Climat Urbain et enjeux sociétaux

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



Munck et al. (2013)



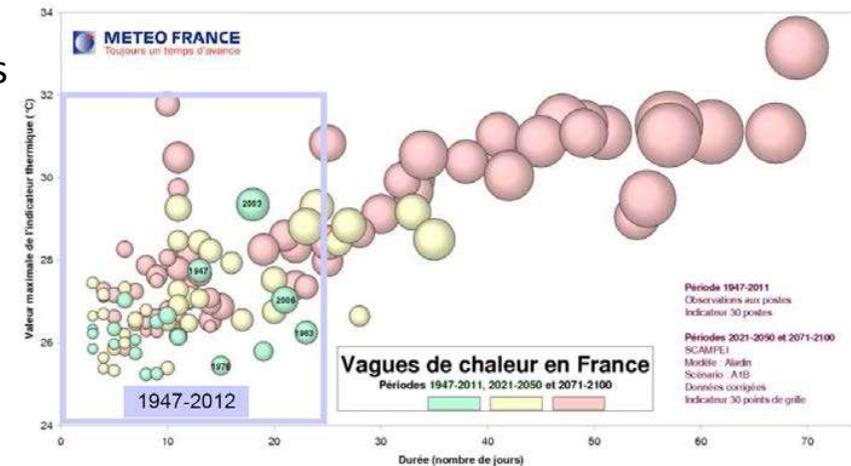
**Changement climatique** ⇒  
vagues de chaleur plus fréquentes

**Climat de Lyon l'été**

- ⇒ en 2050 ≈ Madrid
- ⇒ en 2100 ≈ Alger



Luce Ponsar (2016),

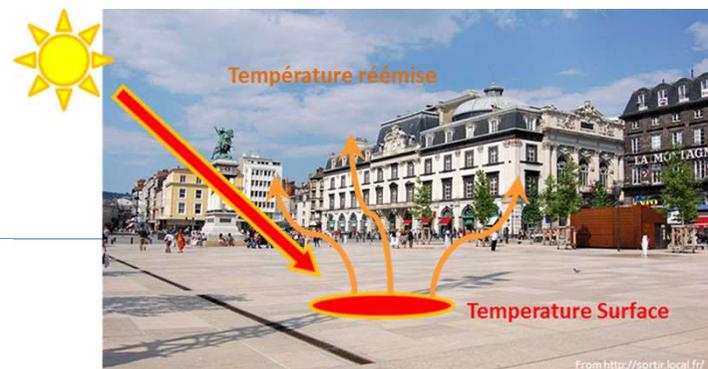
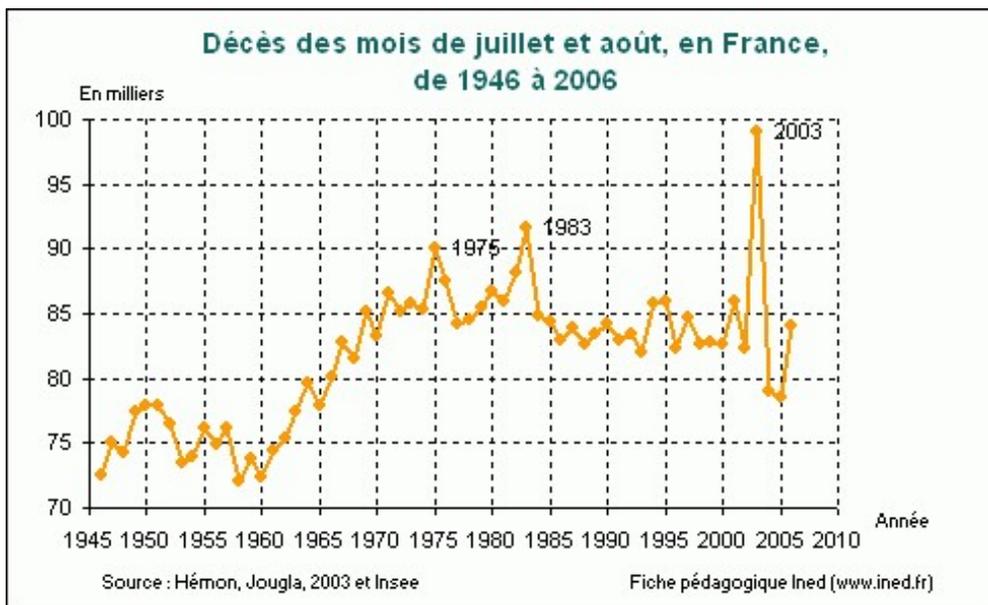


La surface des sphères symbolise l'intensité globale des vagues de chaleur, les sphères les plus grandes correspondant aux vagues de chaleur les plus sévères

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

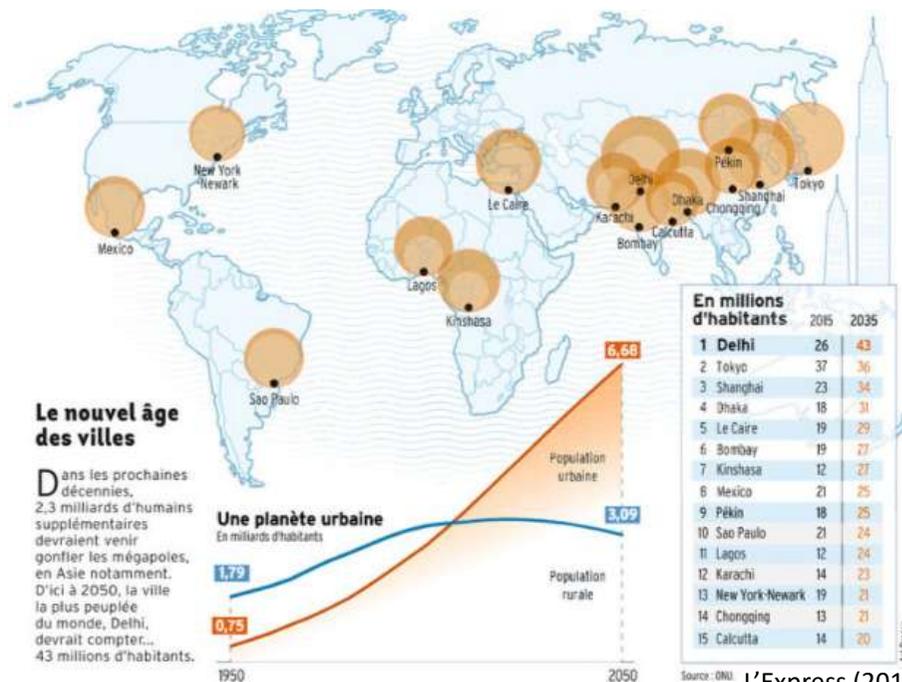
# Climat Urbain et enjeux sociétaux

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



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

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



# Climat Urbain

## Atténuer les Ilots de Chaleur Urbain (ICU) : les leviers d'action

### 1) Traitements Préventifs :

supprimer/diminuer les sources d'énergie :

- Rue plus étroite
- Ombrage
- Matériaux stockant moins d'énergie

### 2) Traitements Curatifs :

agir sur ou en complément :

- Rafraîchir la masse d'air
- Climatiser
- Arrosage des chaussées

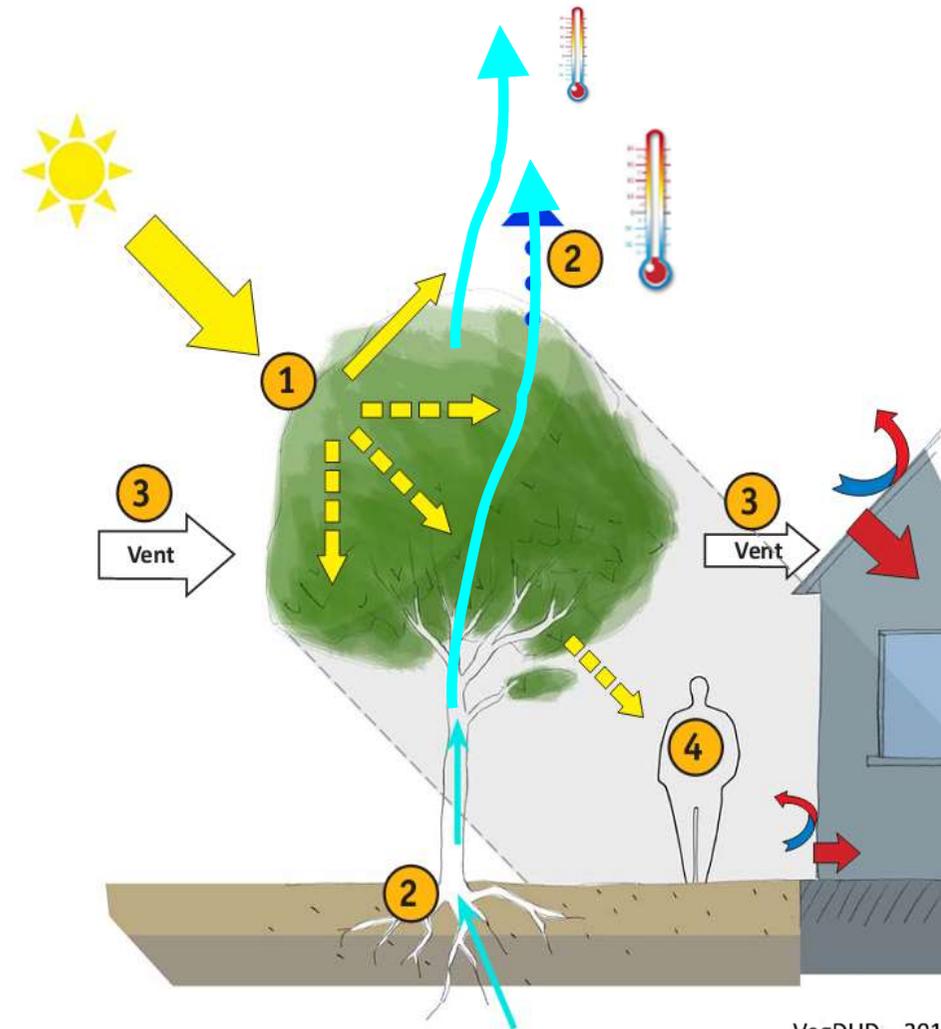


# Climat Urbain

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

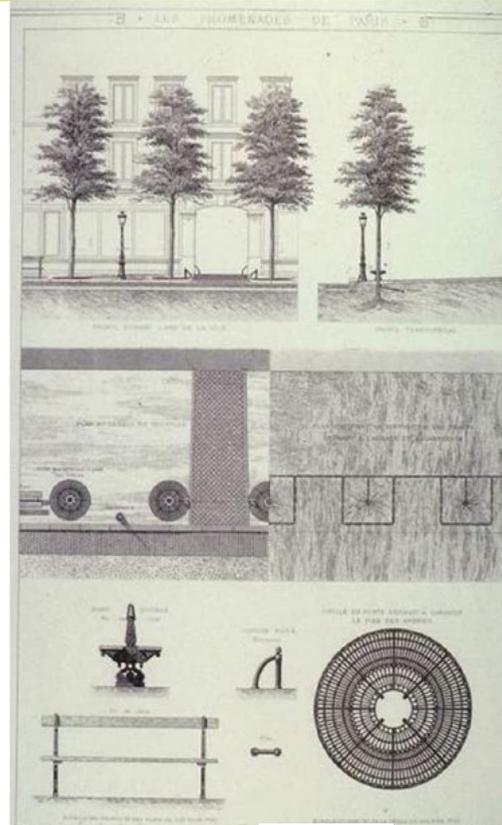
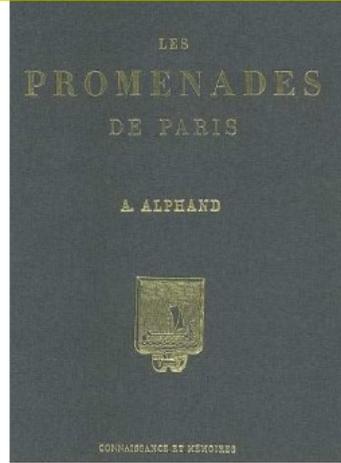


VegDUD – 2014

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

# Les services de l'Arbre en ville

Une notion de « services » revendiquée dès le Second Empire



F. Ségur GRANDLYON la métropole

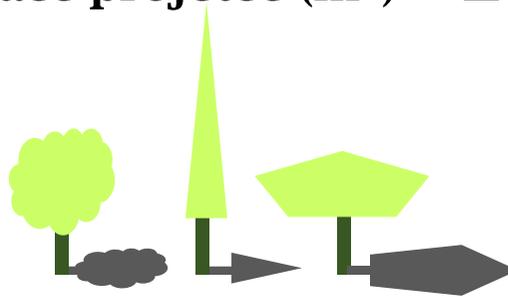
« Mais cette dépense [...], n'a rien d'excessif, mise en regard des services rendus par les plantations. Elles sont indispensables pour renouveler l'air vicié[...]. Elles procurent l'ombre, si nécessaire au nombreux public [...]. Enfin, elles contribuent grandement à la décoration de la cité. »

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

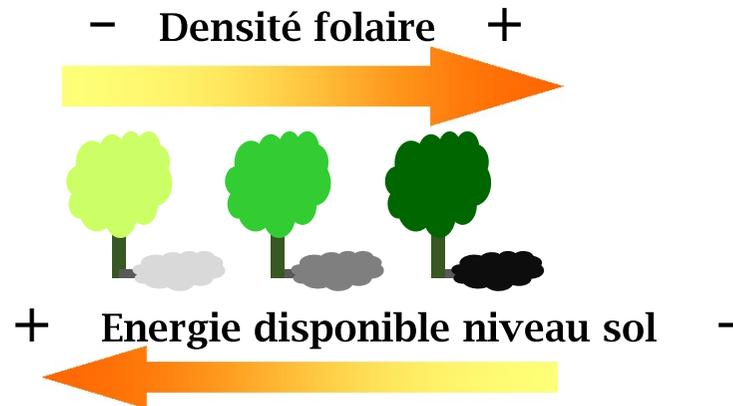
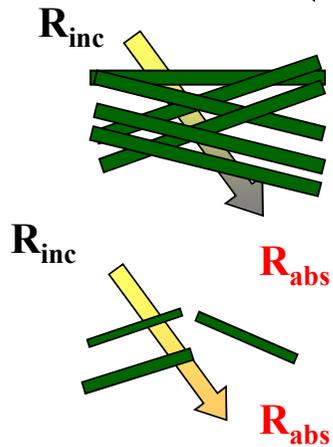


# OMBRAGE

- 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 :  $k$ )



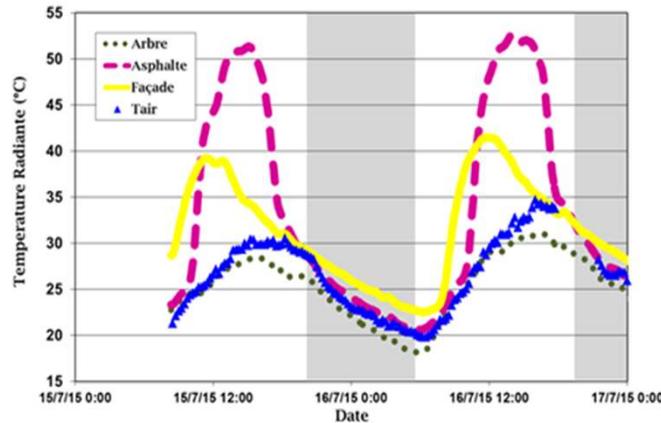
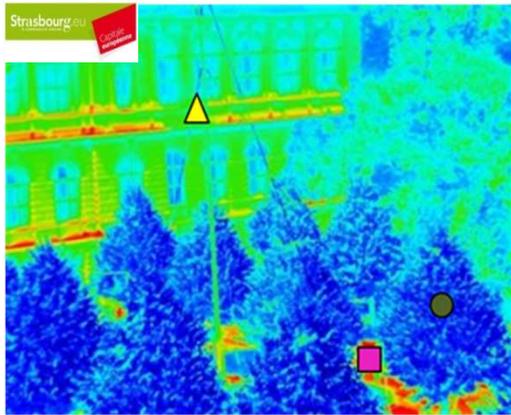
loi de type Beer-Lambert :

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

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

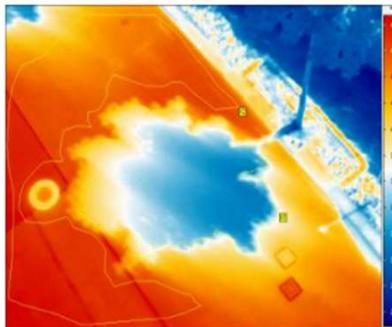
3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix -en-Provence

# OMBRAGE : Température de surface et Densité foliaire

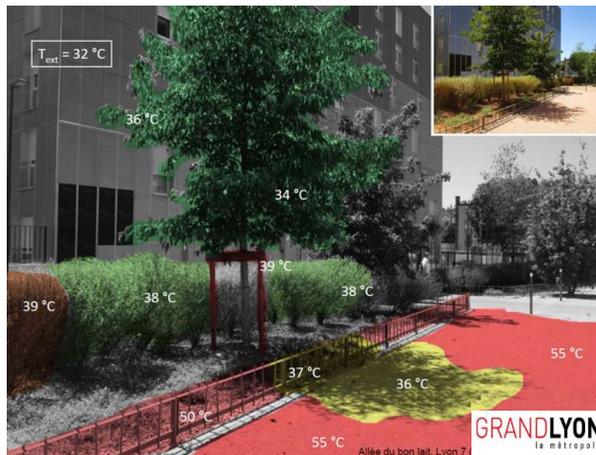


Strasbourg.eu  
 U.M.R. PIAF  
 ICUBE  
 Crédit: L. Roupioz

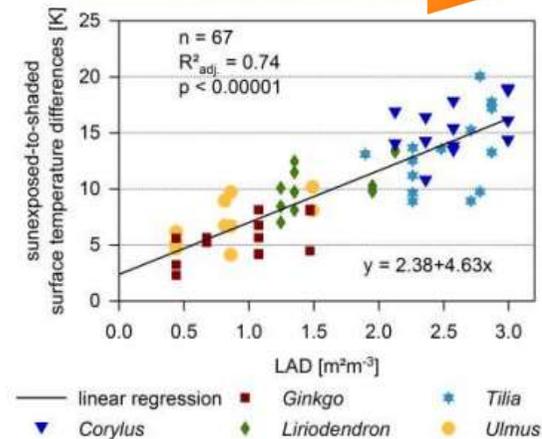
- Densité foliaire +



Gillnet et al., 2015



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



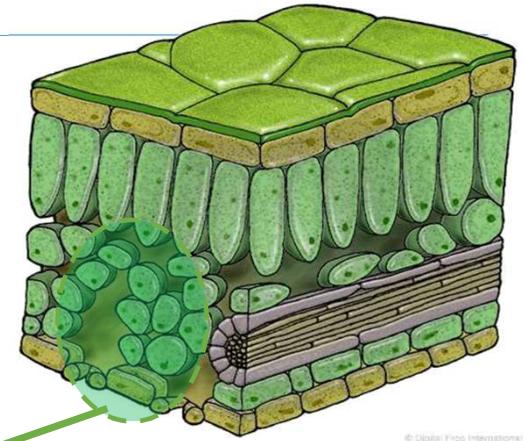
3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

# RAFRAICHISSEMENT

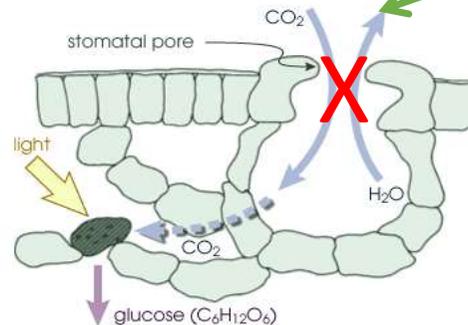
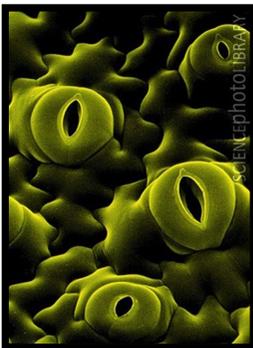
**Transpiration** = évaporation de l'eau au niveau des feuilles (passage de l'état liquide à l'état gazeux).

Processus endothermique (qui consomme de la chaleur)  
⇒ permet de réguler la température de l'arbre

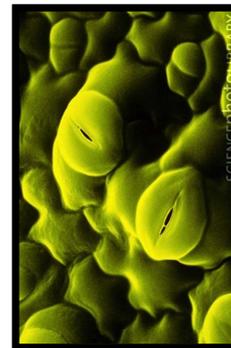
Evaporation : piloter par la demande évaporative (climat proche).  
Dégagement de chaleur Latente : perte d'énergie



**Stomates ouverts**

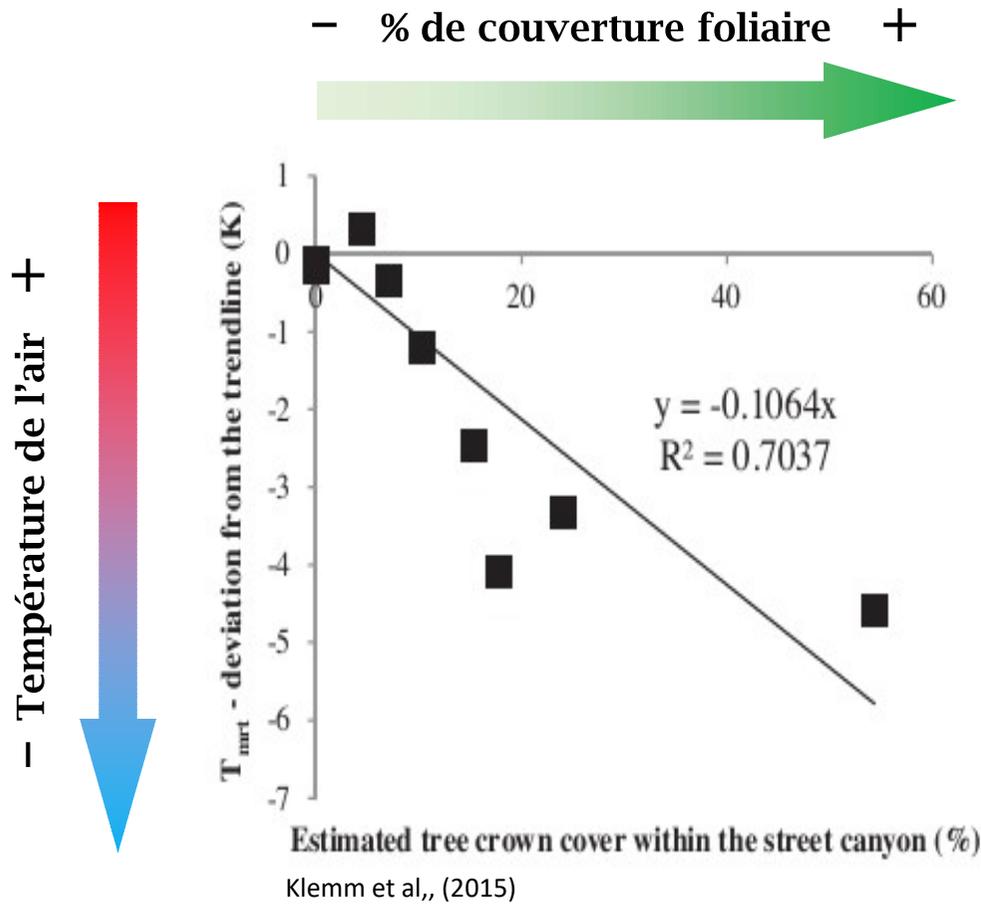


**Stomates fermés**



1g d'eau évaporée  
consomme 600 calories !  
=  
la même quantité d'énergie  
qu'il faut pour élever 1g  
d'eau de 600 °C

# RAFRAICHISSEMENT : contrôlé par la couverture arborée

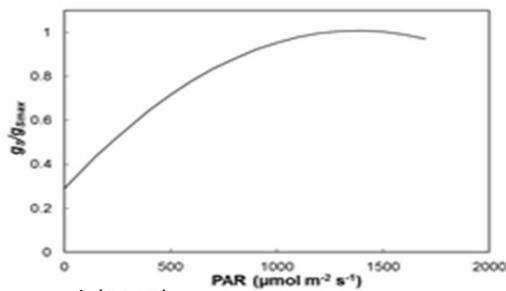


Klemm et al., (2015)

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

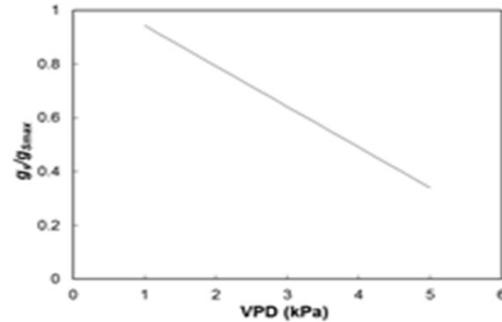
# RAFRAICHISSEMENT : contrôlé par la réponse de l'espèce

Transpiration  $\approx g_s * \text{Demande climatique (Rayonnement, Hygrométrie, } T_{\text{air}}^{\circ}\text{C)}$

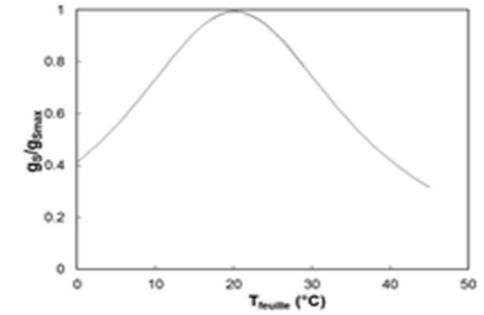


Ngao *et al.* (2017)

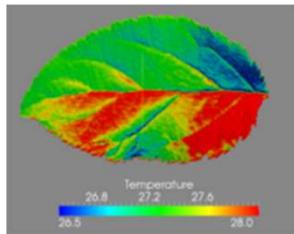
- Rayonnement +



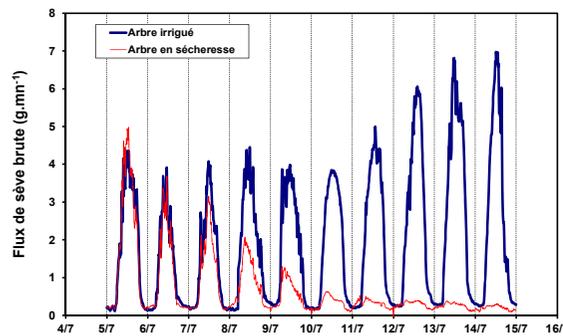
- Sécheresse de l'air +



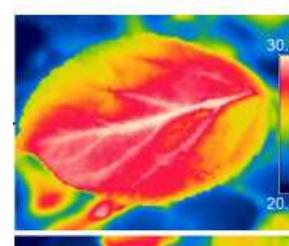
- Température de l'air +



Saudreau *et al.* (2017)

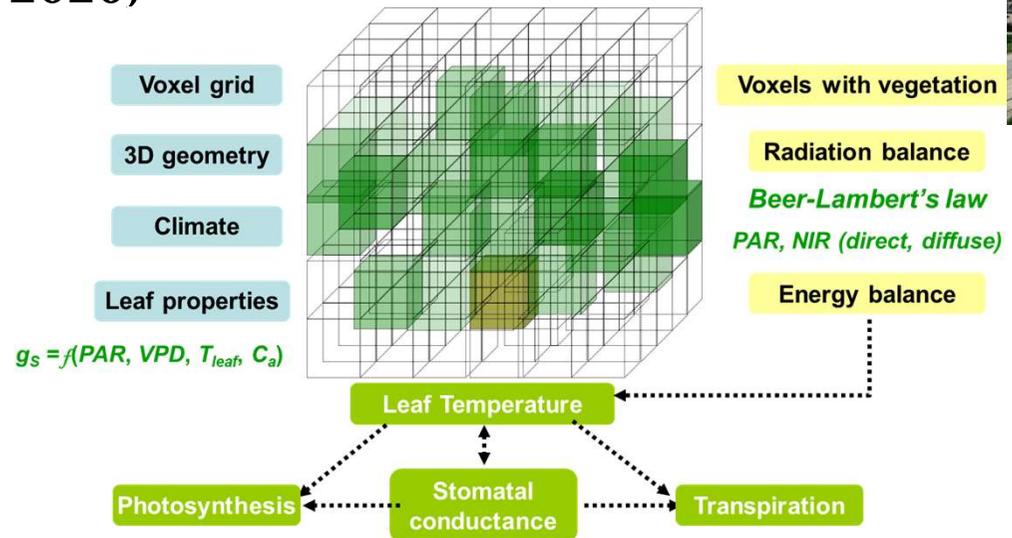
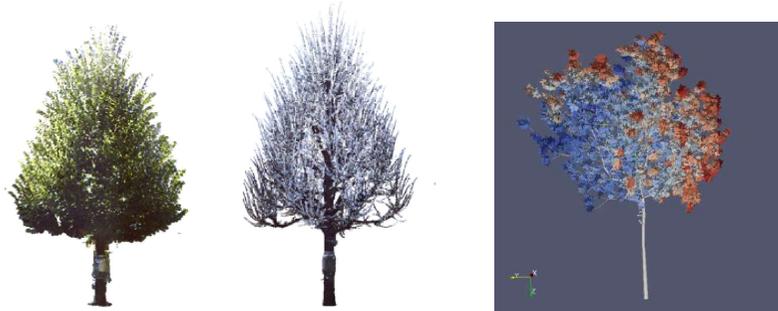
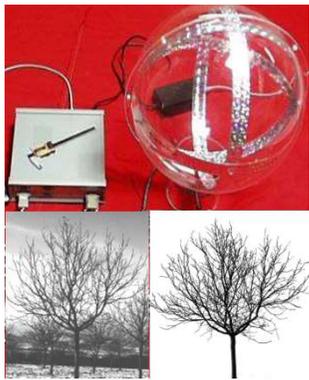


Améglio *et al.* (1993)



# 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**

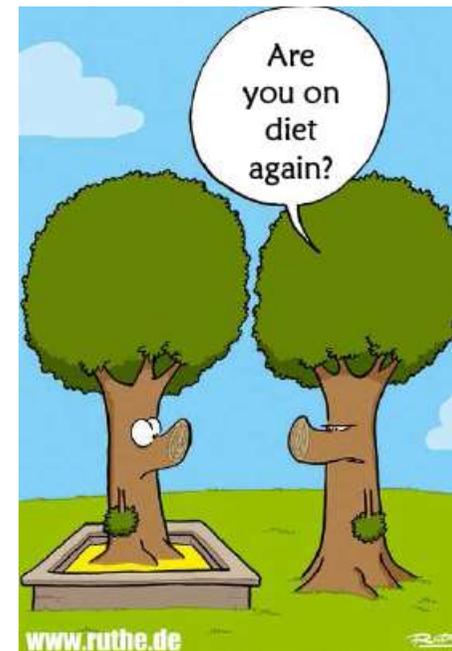
**Validation par mesures de flux de sève au niveau du tronc**

**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,...

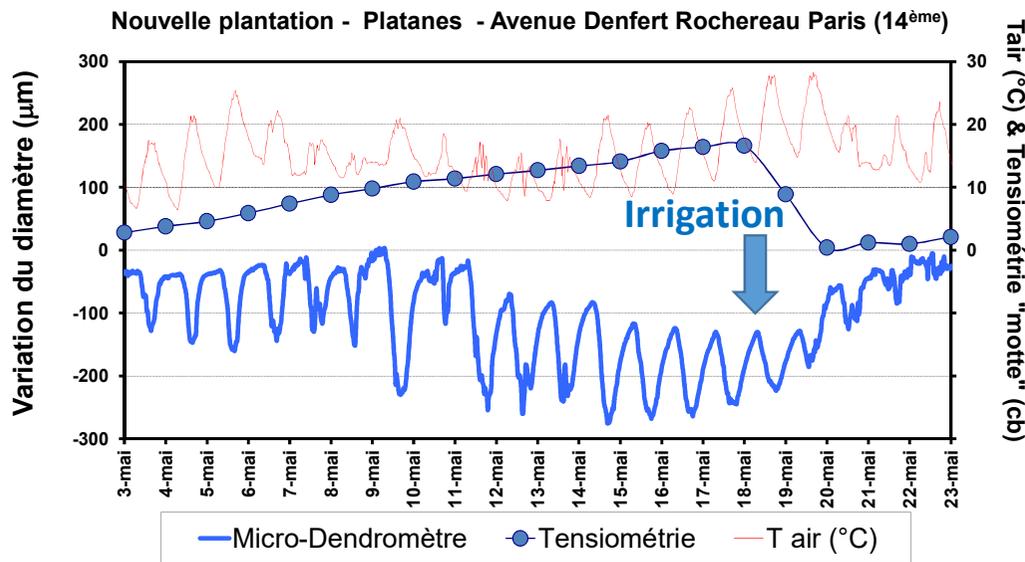
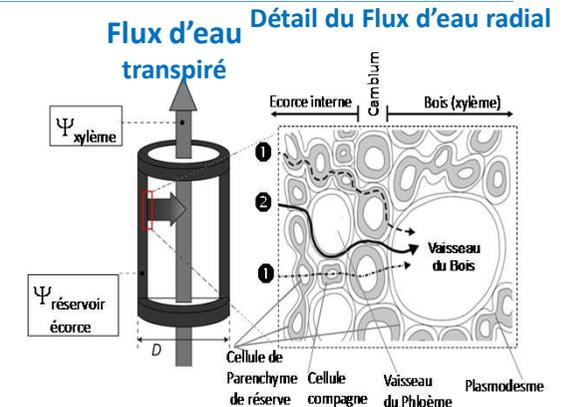
**Projet UrbanMycoServe** : Understanding and Managing Urban Mycorrhizal Communities  
(Mar. 2017-Feb 2020) Leuven-Porto-Strasbourg

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

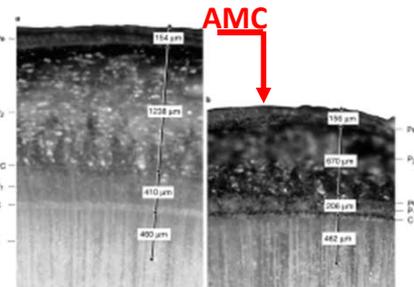


# Gérer la Santé des Arbres en ville

Il existe des outils pour suivre la vitalité des arbres!

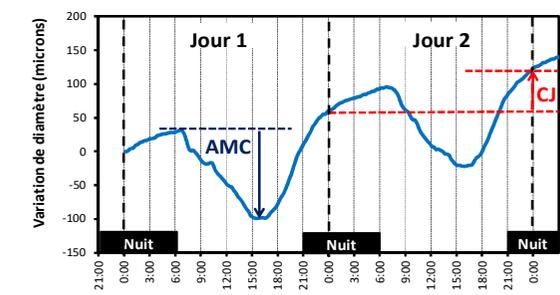


Observer l'arbre plutôt que le sol



Zweifel et al. 2000

- ① Voie Intra-cellulaire (symplasm) ou trans-cellulaire
- ② Voie extérieure aux cellules (apoplasme)

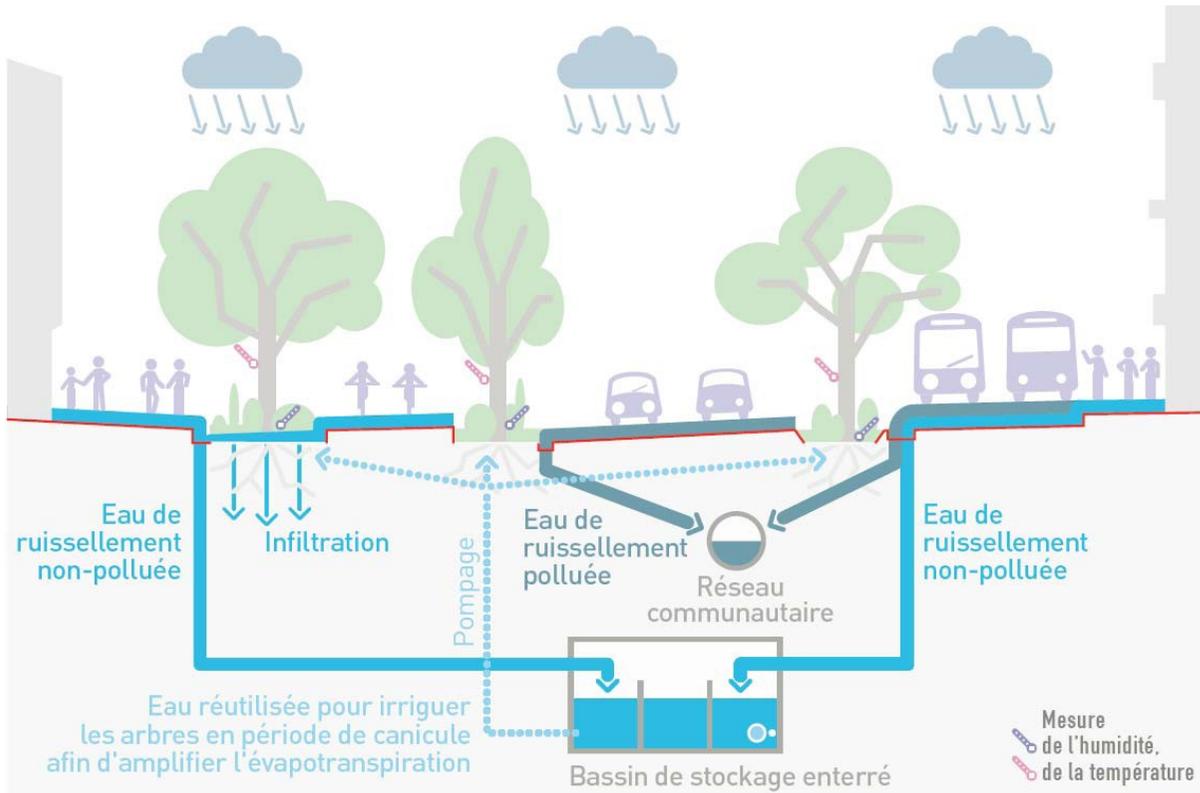


AMC : Amplitude maximale de contraction ≈ niveau de contrainte hydrique  
 CJ : Croissance apparente Journalière ≈ activité de photosynthèse

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

# Gérer la Santé des Arbres en ville

Le projet Garibaldi (nouvelle infrastructure) du Grand Lyon



GRANDLYON  
la métropole



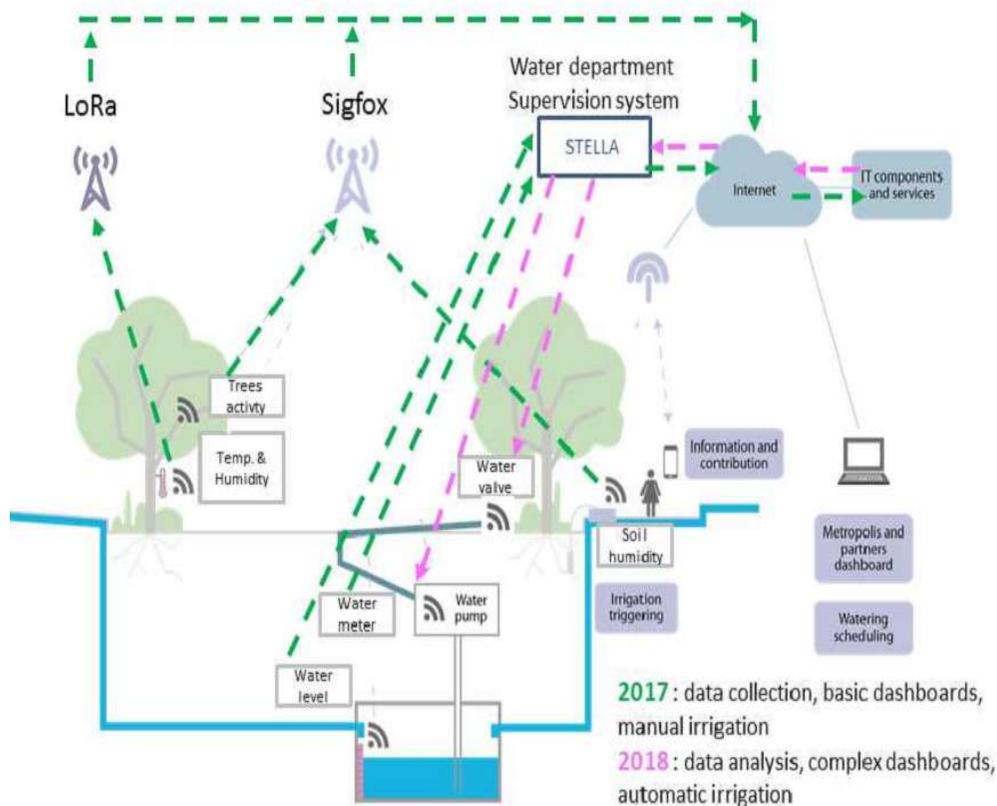
Transformation des trémies (tunnel sous intersection) en bassin de stockage des eaux de pluies !



3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

# 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...).

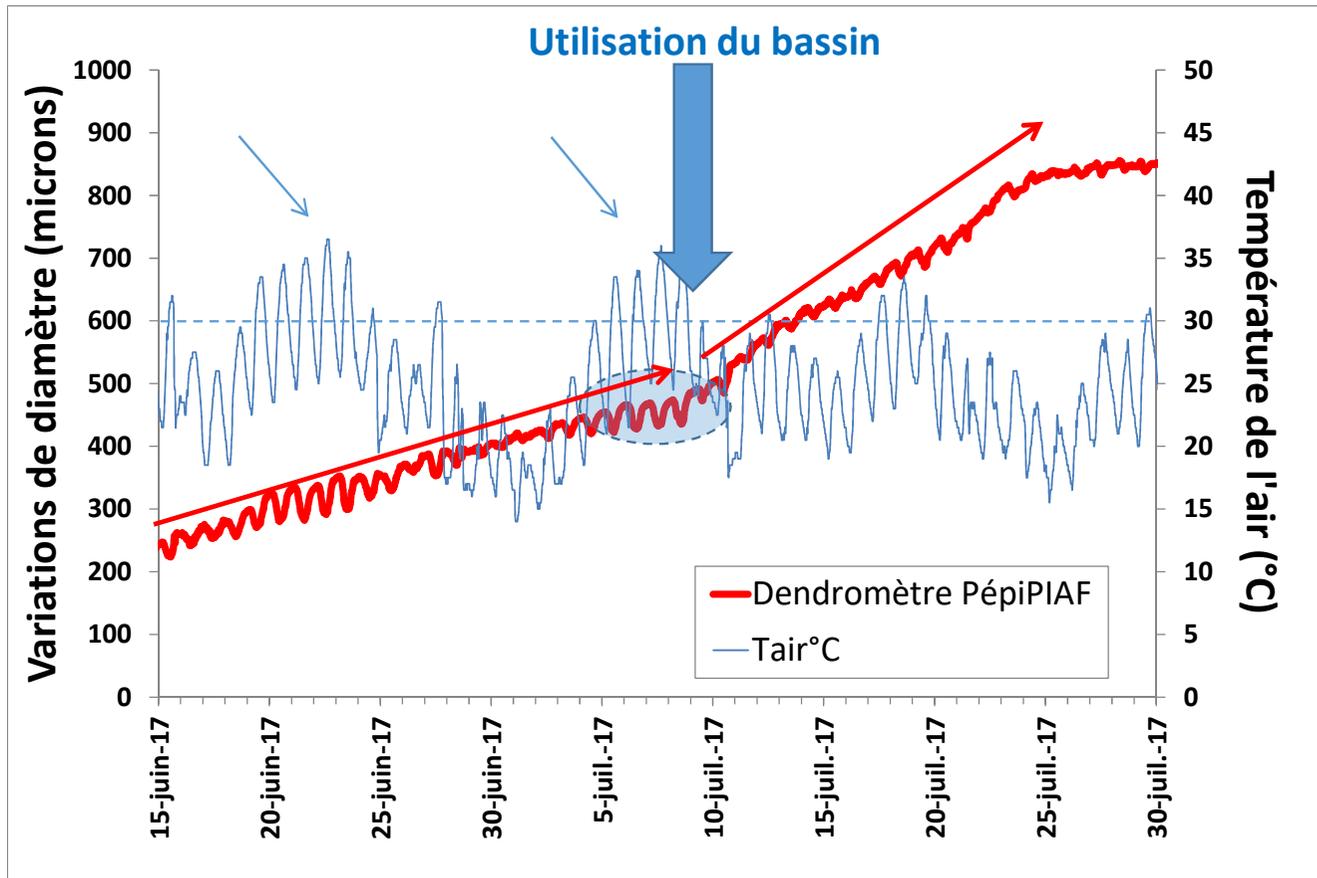
LYON Open Call 2: Heat wave mitigation – Sensors deployment and steps

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence

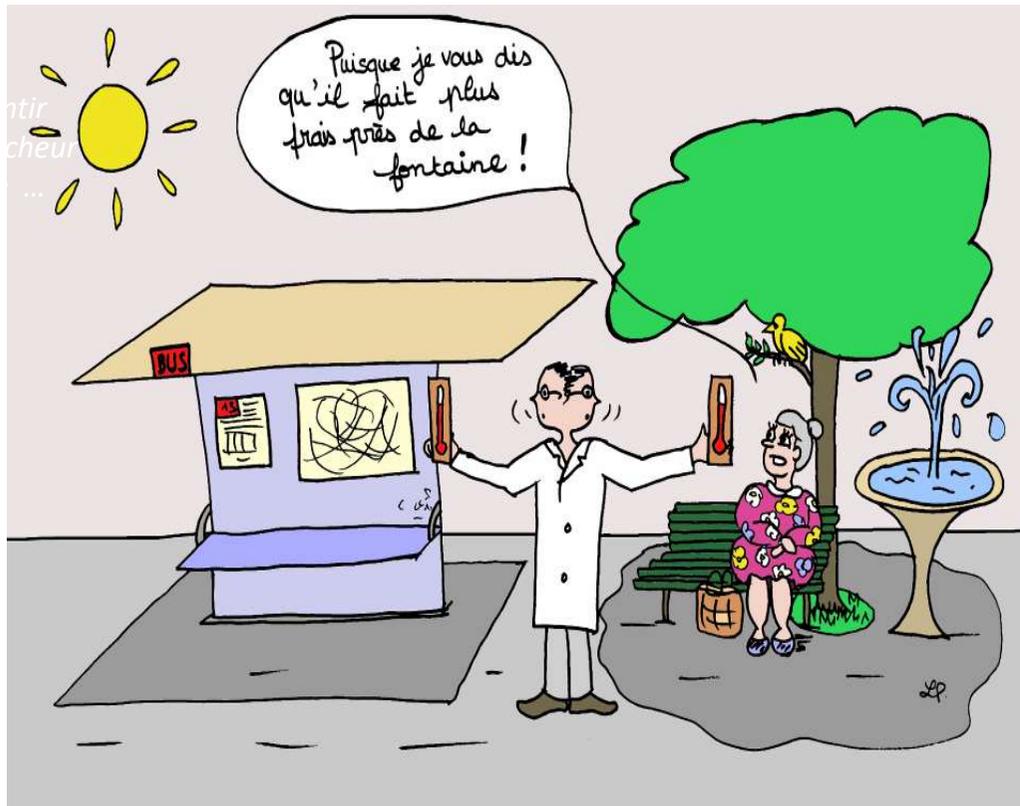


# Gérer la Santé des Arbres en ville

Le projet Garibaldi (nouvelle infrastructure) du Grand Lyon



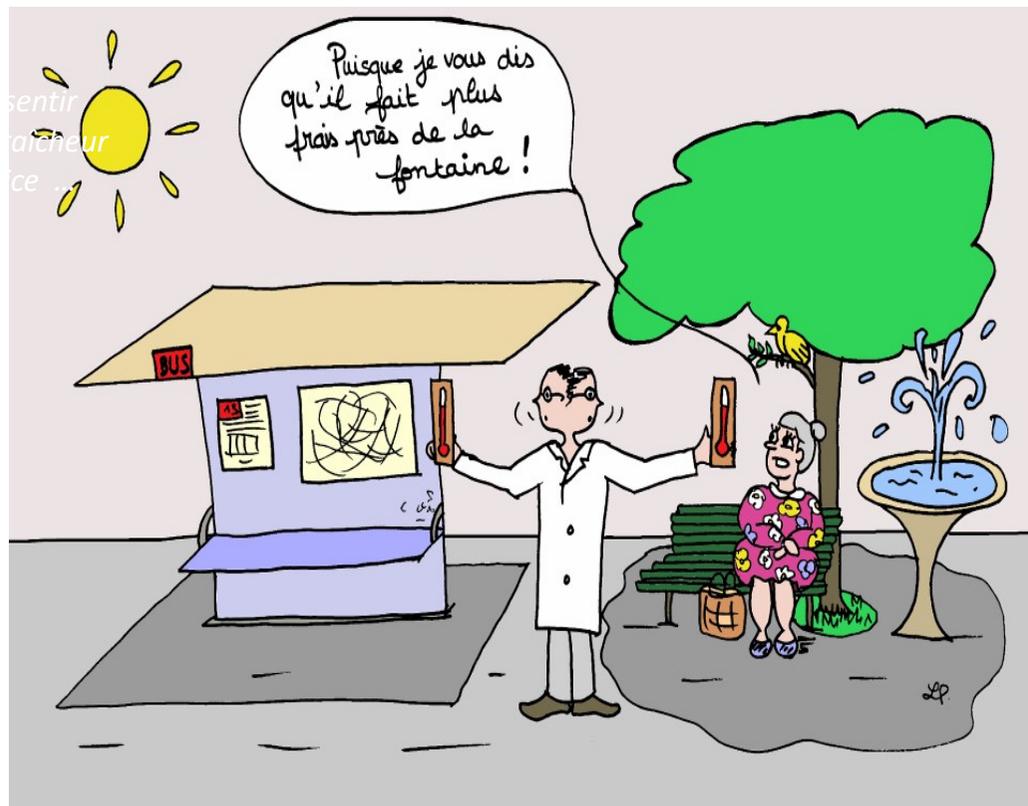
**Apport d'eau** en période de **forte** température de l'air  $\Rightarrow$  diminution des contraintes hydriques (AMC  $\downarrow$ ) + reprise de la **croissance** (amélioration du fonctionnement des stomates)  $\Rightarrow$  **Optimisation du service de rafraîchissement de la ville.**



Pour conclure :

Le rôle de l'arbre pour atténuer les Ilots de chaleur urbain semble aujourd'hui bien accepté et les services rendus dépassent largement les risques « mécaniques ».

Des recherches interdisciplinaires sont actuellement réalisées, coordonnées et financées et devraient permettre de proposer des outils de gestion et de modélisation pour aider les acteurs publics dans leurs choix d'aménagement des villes,



Merci pour votre attention



[thierry.ameglio@inra.fr](mailto:thierry.ameglio@inra.fr)

3 octobre 2019 / L'arbre Urbain / Aix –en-Provence