

Régulation du climat thermique urbain par les arbres : ombrage et température du couvert

► Saudreau M., Ngao J., Améglio T.
Kastendeuch P., Najjar G., Colin J.

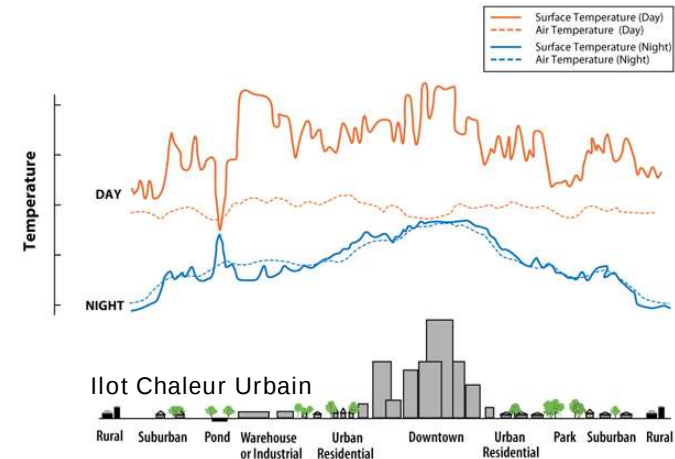
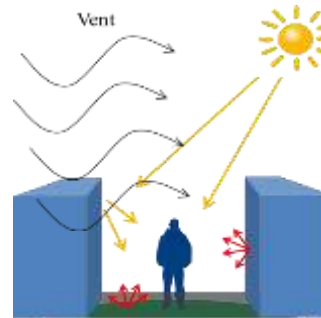


Contexte

- Milieu urbain = environnement qui favorise températures air et ressentie élevées - typologie et structuration spatiale paysage

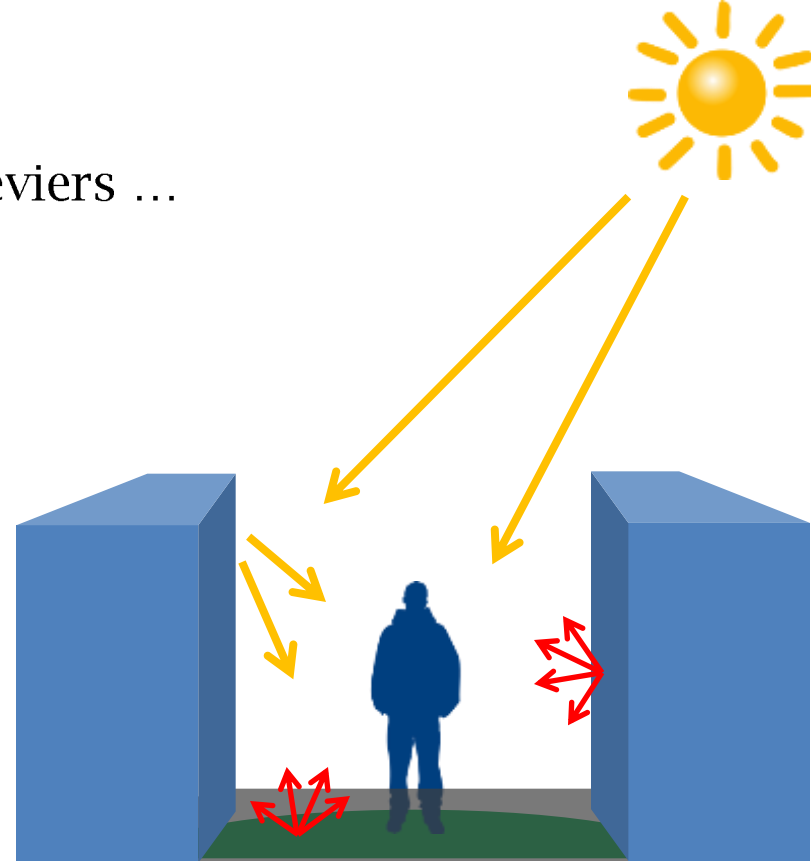


- Energétique:
 - Stockage chaleur
 - Température surfaces élevées
 - Sources IR
- Confort résidents
 - Température ressentie - Bilan thermique



Contexte

► Réduction stress thermique - Leviers ...



Contexte

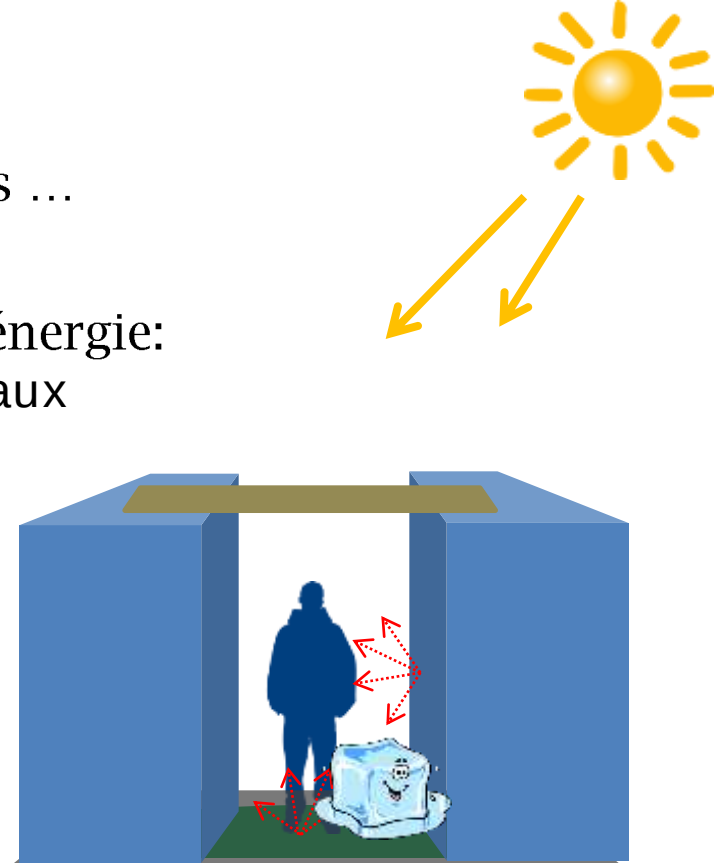
► Réduction stress thermique - Leviers ...

1. Préventifs:

Supprimer/diminuer les sources d'énergie:
rues plus étroites, ombrage, matériaux
stockant moins d'énergie

2. Symptomatiques:

Rafrâchir la masse d'air
i.e. climatiser (points d'eau,
arrosage chaussée)



Contexte

► Réduction stress thermique - Leviers ...

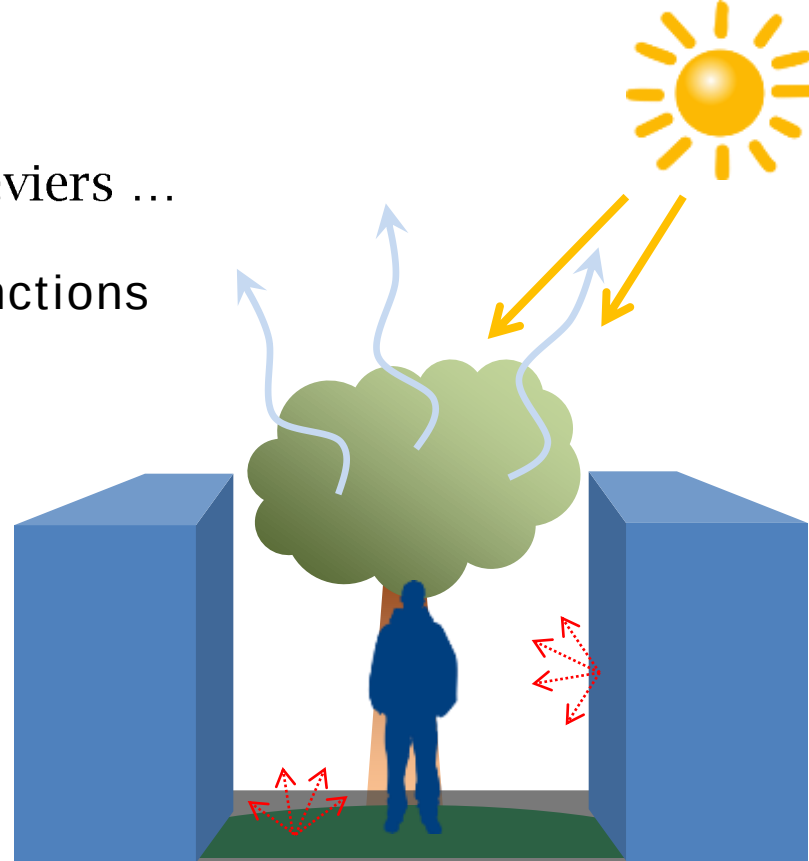
Les arbres peuvent remplir ces deux fonctions

Ombrage

Et

Rafrâichissement

... en plus de tous les autres services
(social/cadre de vie, biodiversité,
production)



Contexte



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

Les mécanismes ... Ombrage



- Ombre portée au sol ou sur bâtiments
Volume houppier / Enveloppe

- Quantité de rayonnement intercepté
Structuration du feuillage / densité

Les mécanismes ... Ombrage

- Propriétés physiques ... Les feuilles absorbent une quantité de rayonnement fonction de la qualité de la lumière (~ longueur d'onde)

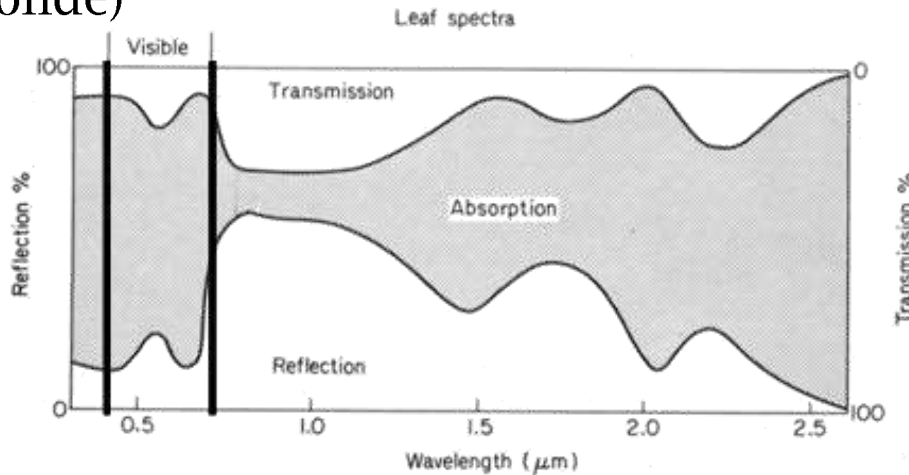


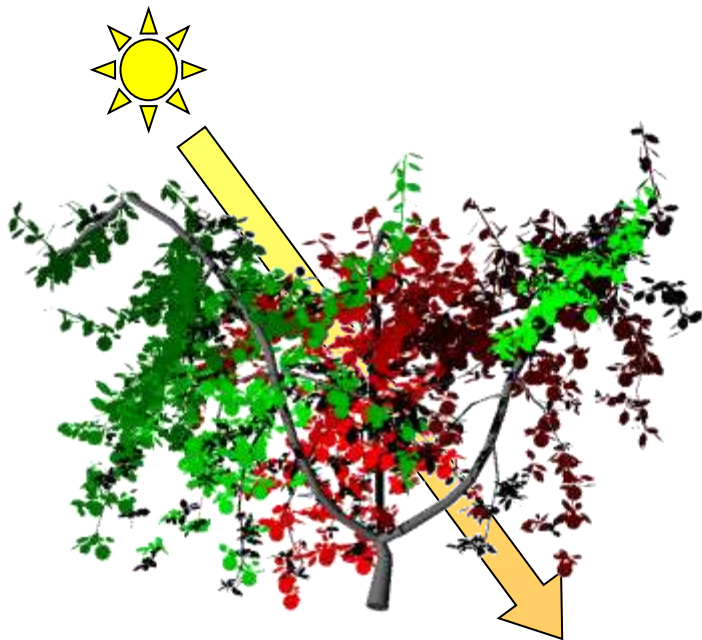
Fig. 6.5 Idealized relation between the reflectivity, transmissivity and absorptivity of a green leaf.

Monteith et al.

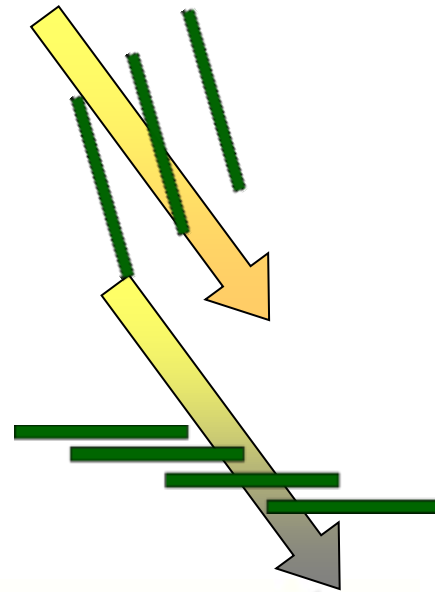
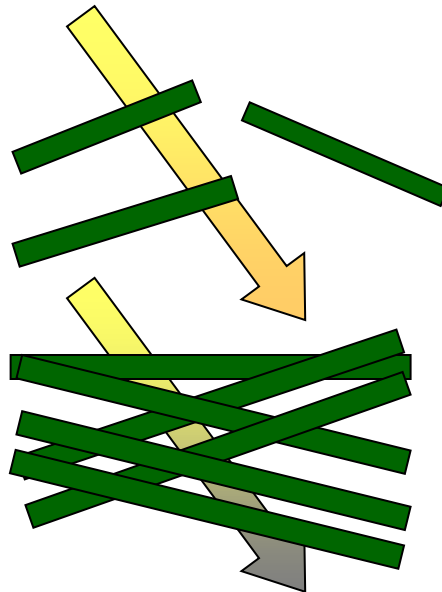
Variabilité liée état
physiologique feuille
-
âge, maladie, insecte

Les mécanismes ... Ombrage

- Propriétés structurales du houppier ...
... l'agencement spatial des feuilles



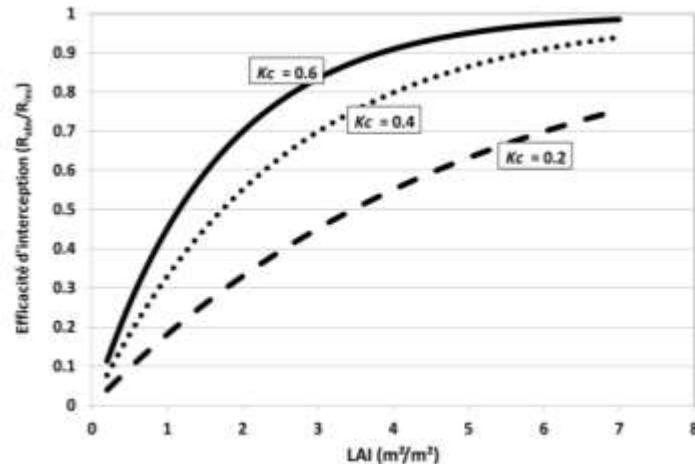
Densité foliaire et angles inclinaisons



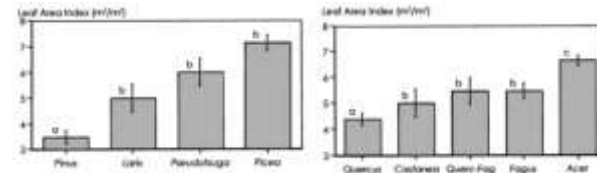
Les mécanismes ... Ombrage

- Propriétés structurales du houppier
... l'agencement spatial des feuilles
- Formalisation/modélisation capacité ombrage est connue et a été largement abordé en sylviculture ou arboriculture fruitière

Formalisation (Beer Lambert)



Paramètres (Angles, Densité)



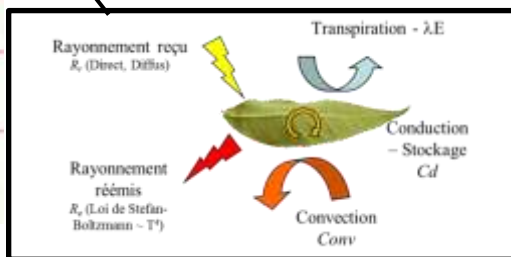
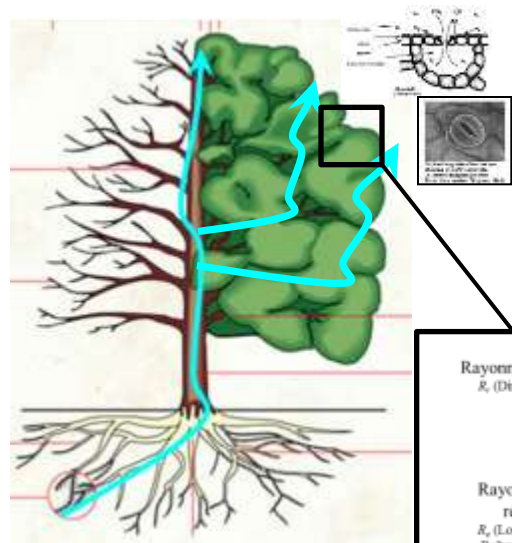
Coniferous stands		Broad leaved stands	
	k		k
<i>Abies</i> sp.	0.31	<i>Betula</i> sp.	0.57
<i>Larix</i> sp.	0.32	<i>Eucalyptus globulus</i>	0.50
<i>Picea abies</i>	0.28–0.37	<i>Fagus</i> plantation	0.40–0.48
<i>Pinus contorta</i>	0.29–0.56	<i>Fagus sylvatica</i>	0.43–0.44
<i>Pinus radiata</i>	0.50	<i>Larix decidua</i>	0.58
<i>Pinus resinosa</i>	0.42	Mixed broadleaved	0.50
<i>Pinus strobus</i>	0.45	<i>Nothofagus solandri</i>	0.42
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.40	<i>Quercus petraea</i>	0.29–0.58
Average	0.40	Average	0.47

Bréda, 2003

Les mécanismes ... Transpiration et température du couvert

- La transpiration = processus de vaporisation de l'eau (passage de l'état liquide à l'état gazeux) par une voie physiologique, au niveau des feuilles.

- Processus endothermique = consommateur d'énergie = pouvoir rafraîchissant
- Conditionnée par le climat proche ET réponse fonctionnelle de l'espèce - Formalisée via un bilan thermique



$$\text{Transpiration} \approx g_s * \text{Demande Evaporative}$$



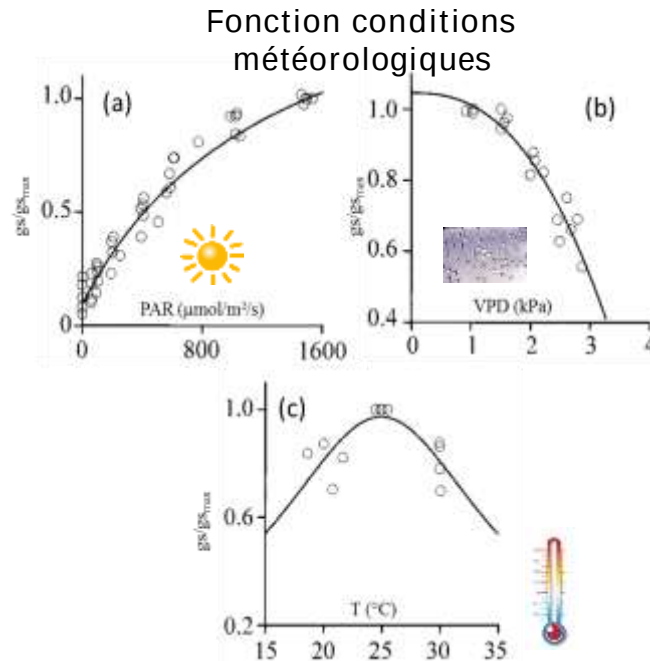
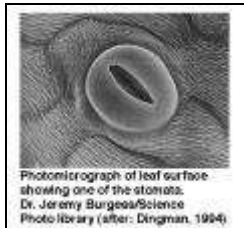
Photomicrograph of leaf surface showing one of the stomata.
Dr. Jeremy Burgess/Science Photo library (after: Dingman, 1994)

Les mécanismes ... Transpiration et température du couvert

► Echelle Foliaire – Régulation stomatique

Régulation
par l'arbre

Conductance
Stomatique (g_s)



Pincebourde et al., 2007; Damour et al., 2010

Fonction état
physiologique

Azote foliaire
 $g_s \uparrow$ avec N

Stress hydrique
 $g_s \rightarrow 0$

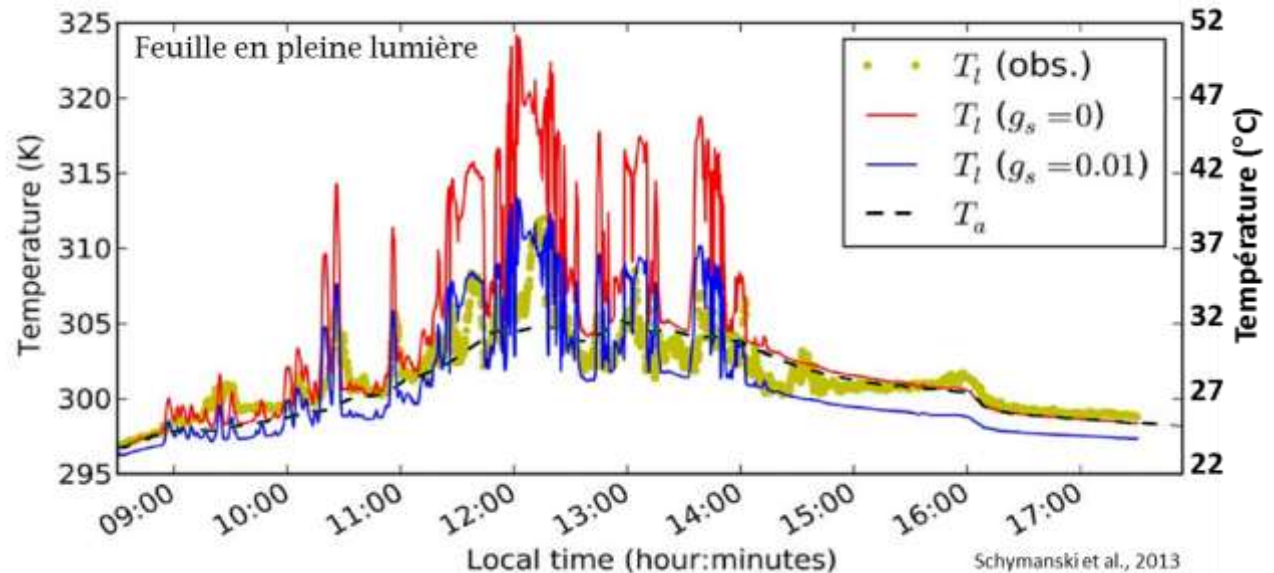
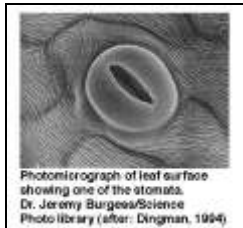
➡ Lien avec le sol
(minéraux, eau)

Les mécanismes ... Transpiration et température du couvert

► Echelle Foliaire - Capacité rafraîchissement

Régulation
par l'arbre

-
Conductance
Stomatique (g_s)

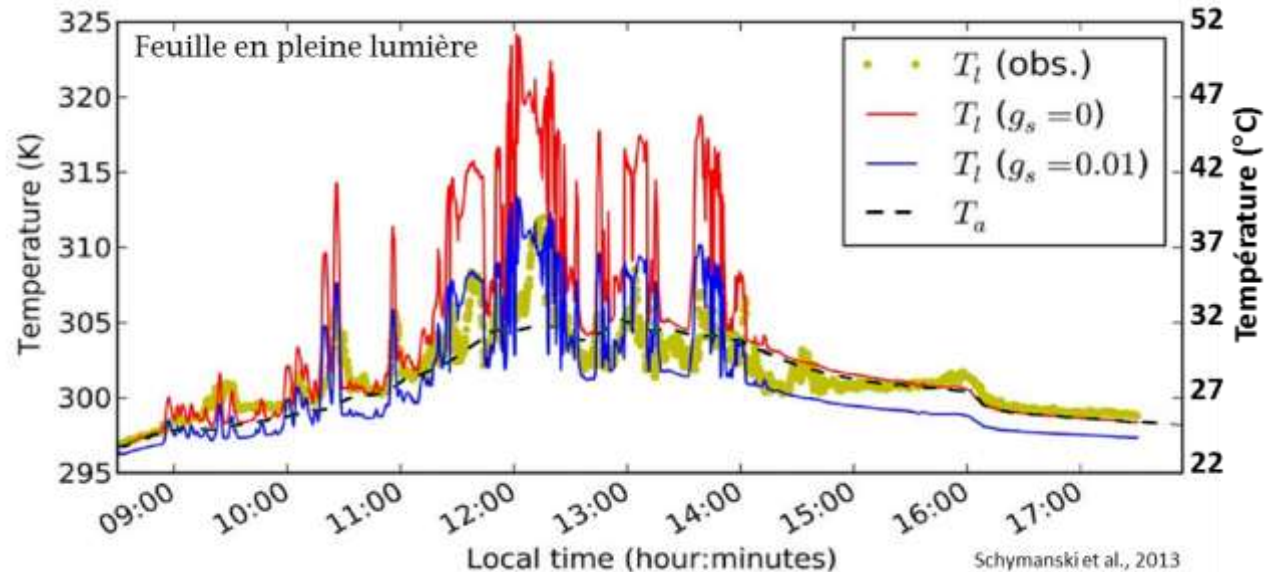
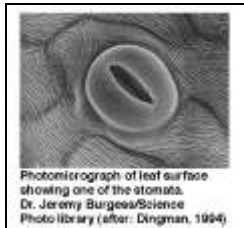


Les mécanismes ... Transpiration et température du couvert

► Echelle Foliaire - Capacité rafraîchissement

Régulation
par l'arbre

-
Conductance
Stomatique (g_s)

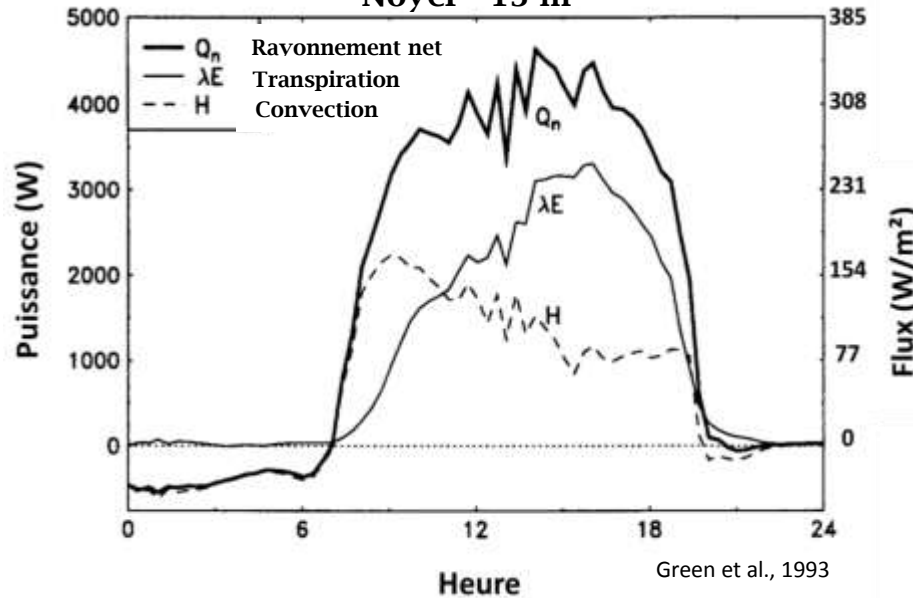


Importance de l'eau / stress hydrique

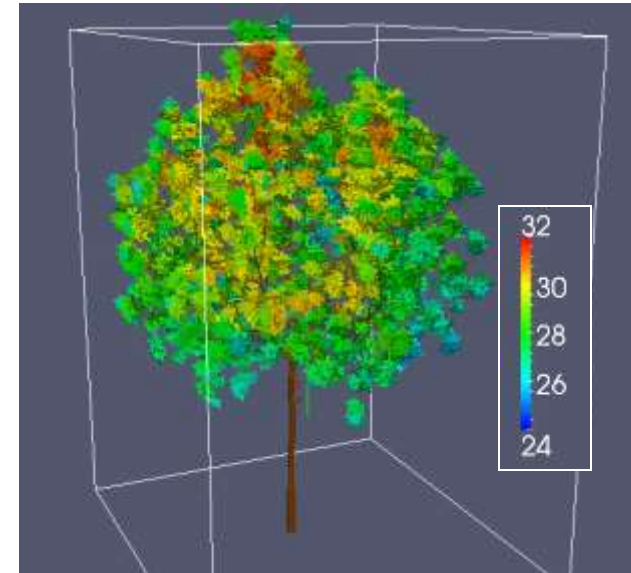
Les mécanismes ... Transpiration et température du couvert

► Echelle Houppier – Flux vs Température

Le Bilan thermique - Les flux
Noyer - 13 m²



Température Foliaire
Noyer - 147 m²



Modèle RATP - Saudreau, pers. comm.

Contexte



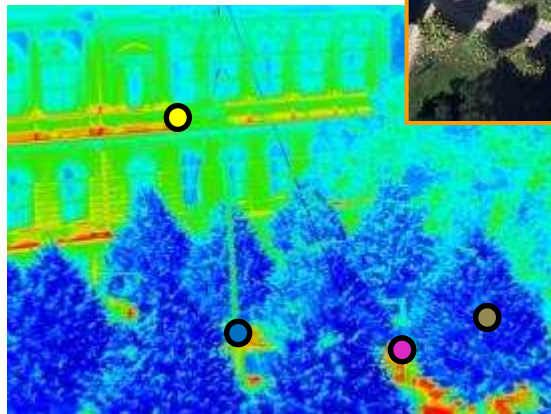
- Un point sur les mécanismes :
Ombrage et **Transpiration**
- Quantification *in situ* potentiel
d'action des arbres
(ordres de grandeur
- arbres **isolés** et **alignements**)

Dans un milieu urbain ...

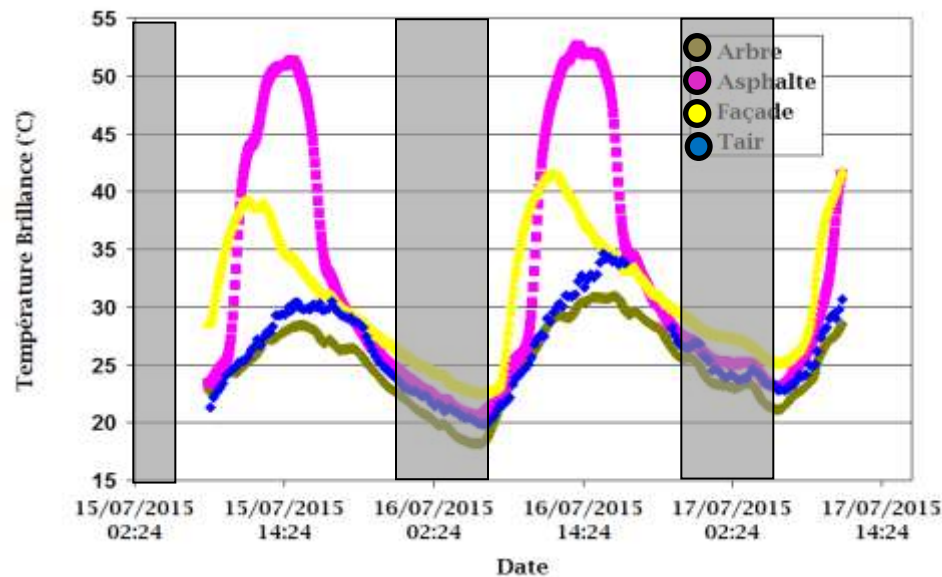
► Température couverte vs autres éléments du paysage

Strasbourg (67)

Image Infrarouge

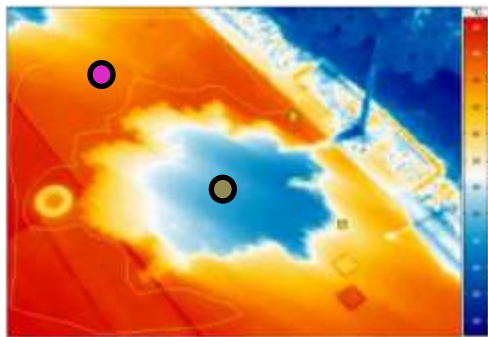


INRA
U.M.R. 1136
iCUBE

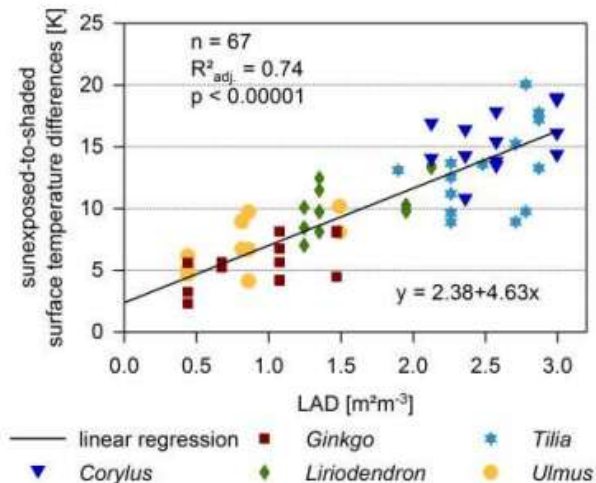
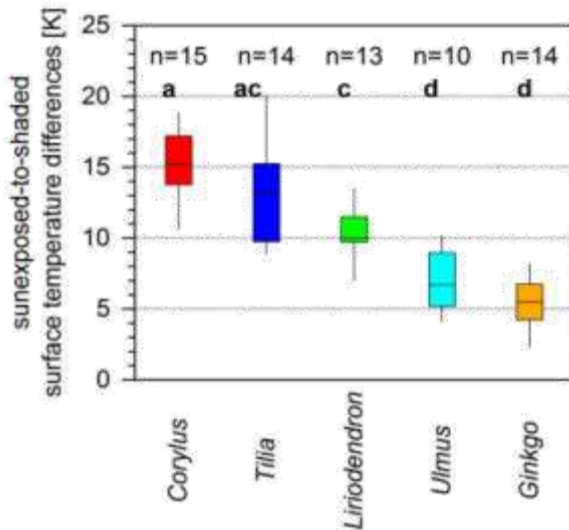


Dans un milieu urbain ...

- Ombres portées et température de surface
- ... fonction espèce et structure spatiale du houppier



Gillnet et al., 2015

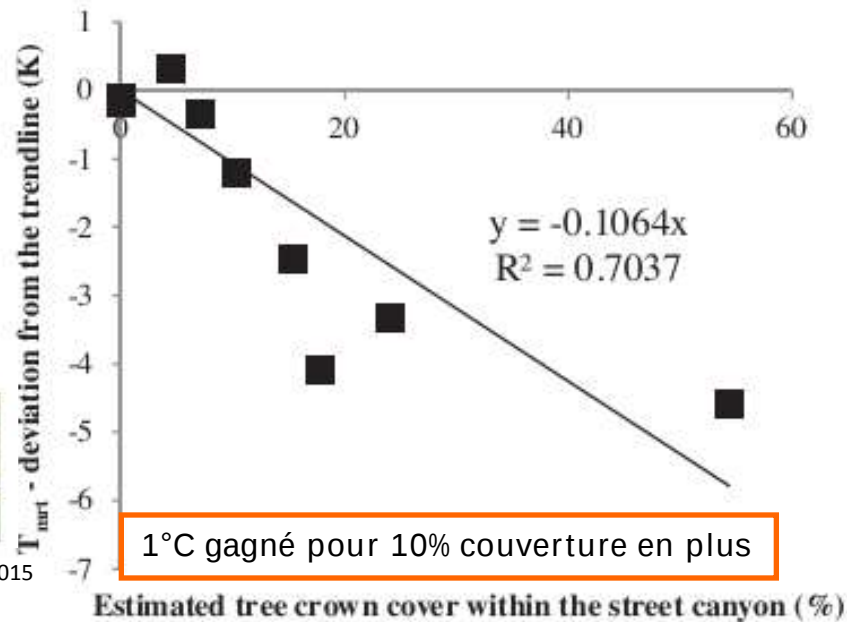


Dans un milieu urbain ...

► Température radiante vs couverture arborée

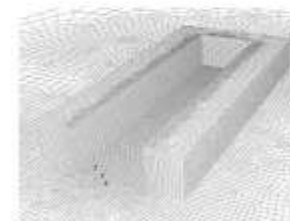
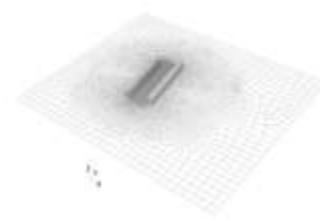
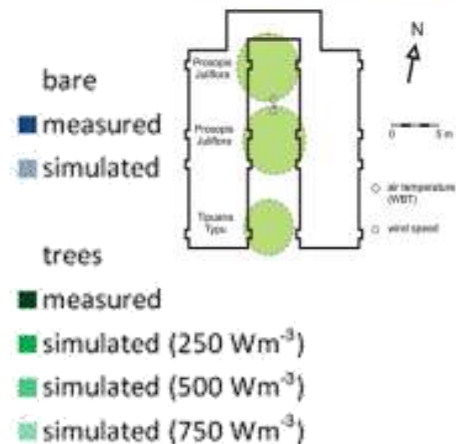
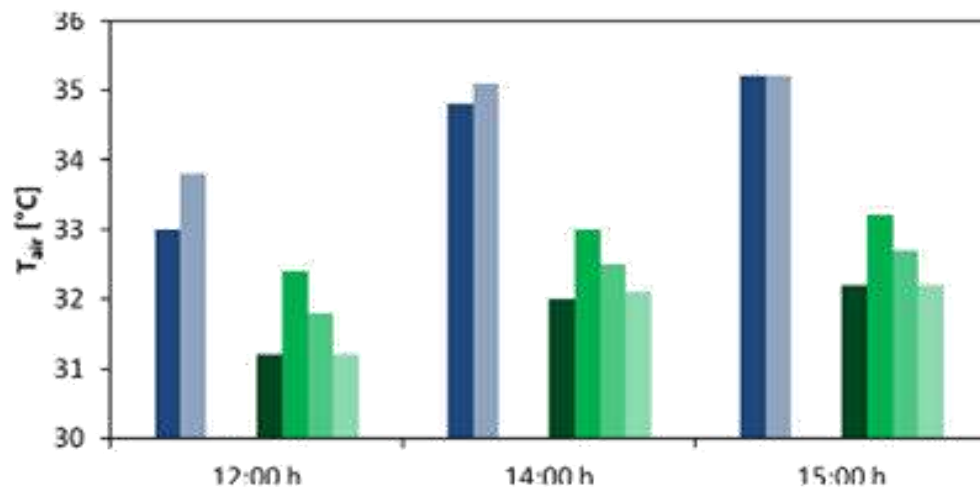


Klemm et al., 2015



Dans un milieu urbain ...

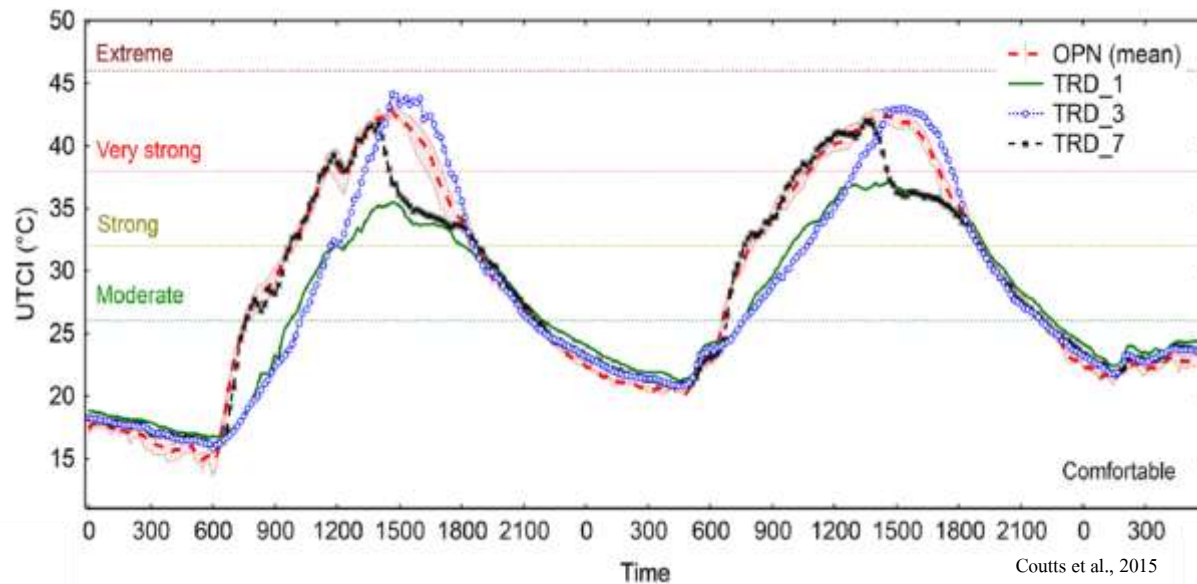
► Température d'air – Transpiration



Gromke et al., 2015

Dans un milieu urbain ...

► Température « ressentie » - Confort Thermique

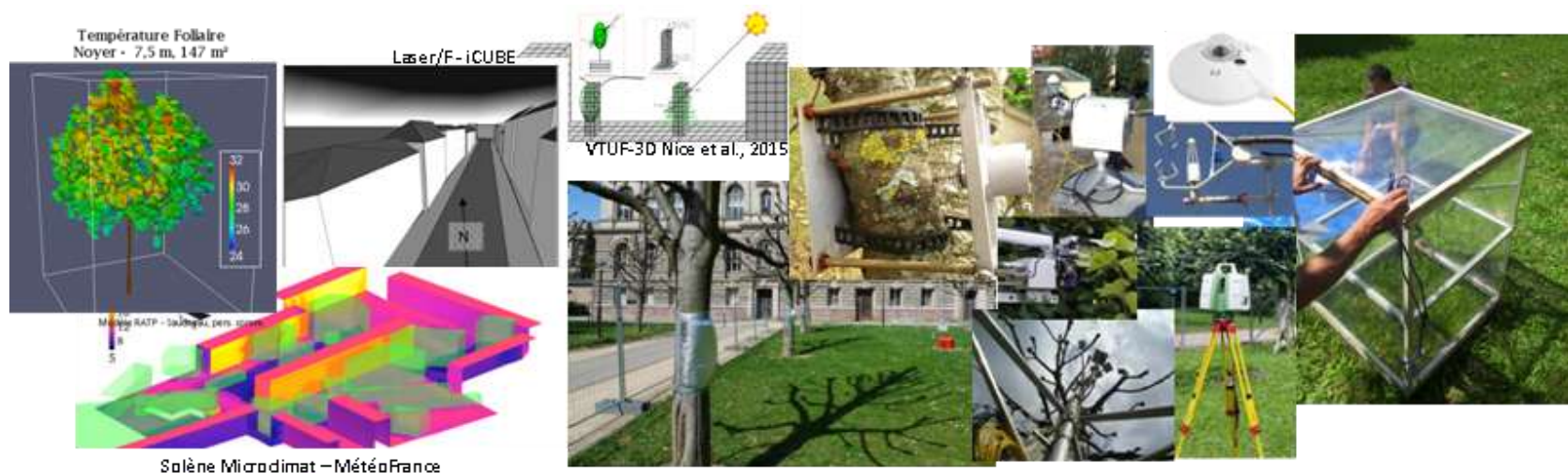


UTCI = Universal Thermal Comfort Index

Coutts et al., 2015

Pour conclure ...

- ▶ Mécanismes sont connus et formalisés et des systèmes de mesures éprouvés existent ...
- ▶ Le rôle positif des arbres sur le confort thermique est avéré ...
- ▶ Des outils de modélisation intégrant les arbres se mettent en place ...



Pour conclure ...

► Beaucoup de travaux restent à engager ...

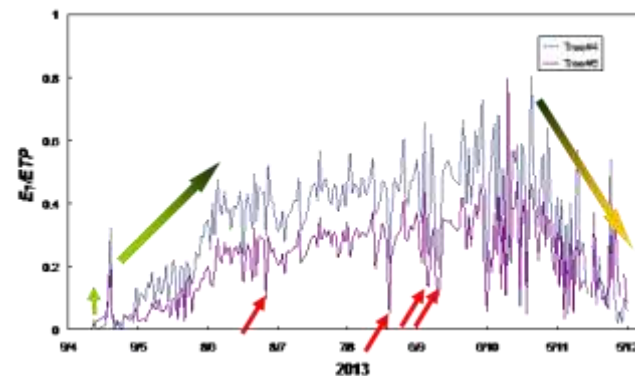
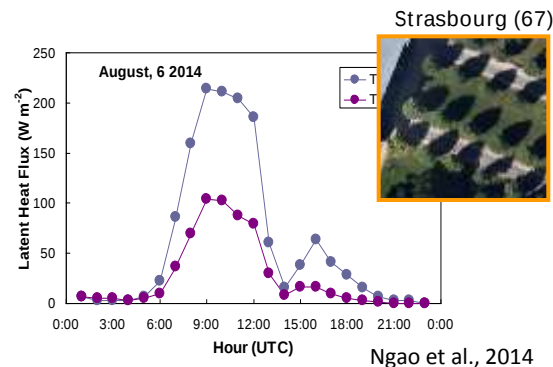
... appréhender la diversité structurale et fonctionnelle des arbres en ville

... temporalité liée saison – phénologie

... lien avec les différents stress subis en milieu urbain :
abiotiques et biotiques - hydrique, carence minéraux, atmosphérique
(pollution), ravageurs, conduite (taille)



Landes et al., 2015





Merci de votre écoute!



<http://www6.clermont.inra.fr/piaf/>

http://icube-web.unistra.fr/imbcu_fr/index.php/Accueil