



# Croissance et services environnementaux des arbres urbains en situation de stress hydrique

---

Dr. Astrid Reischl ([astrid.reischl@tum.de](mailto:astrid.reischl@tum.de))

Eleonora Franceschi ([eleonora.franceschi@tum.de](mailto:eleonora.franceschi@tum.de))

---

Université technique de Munich

École des sciences de la vie de la TUM

Chaire de stratégie et de gestion du développement paysager

Chaire de sciences de la croissance des forêts

*Webinaire ville éponge, 30 mai 2024*

**TUM**



**DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

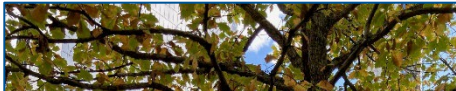


# Les arbres en ville - Défis à relever

- îlot de chaleur urbain → stress thermique plus élevé
- 80 % des gaz à effet de serre proviennent des villes
- Pollution atmosphérique, activités humaines
- Changement climatique → stress hydrique plus élevé



Source : UrbCast



Imperméabilisation  
des sols



Photo : E. Franceschi

- fort ruissellement de surface
- Petites fosses de plantation



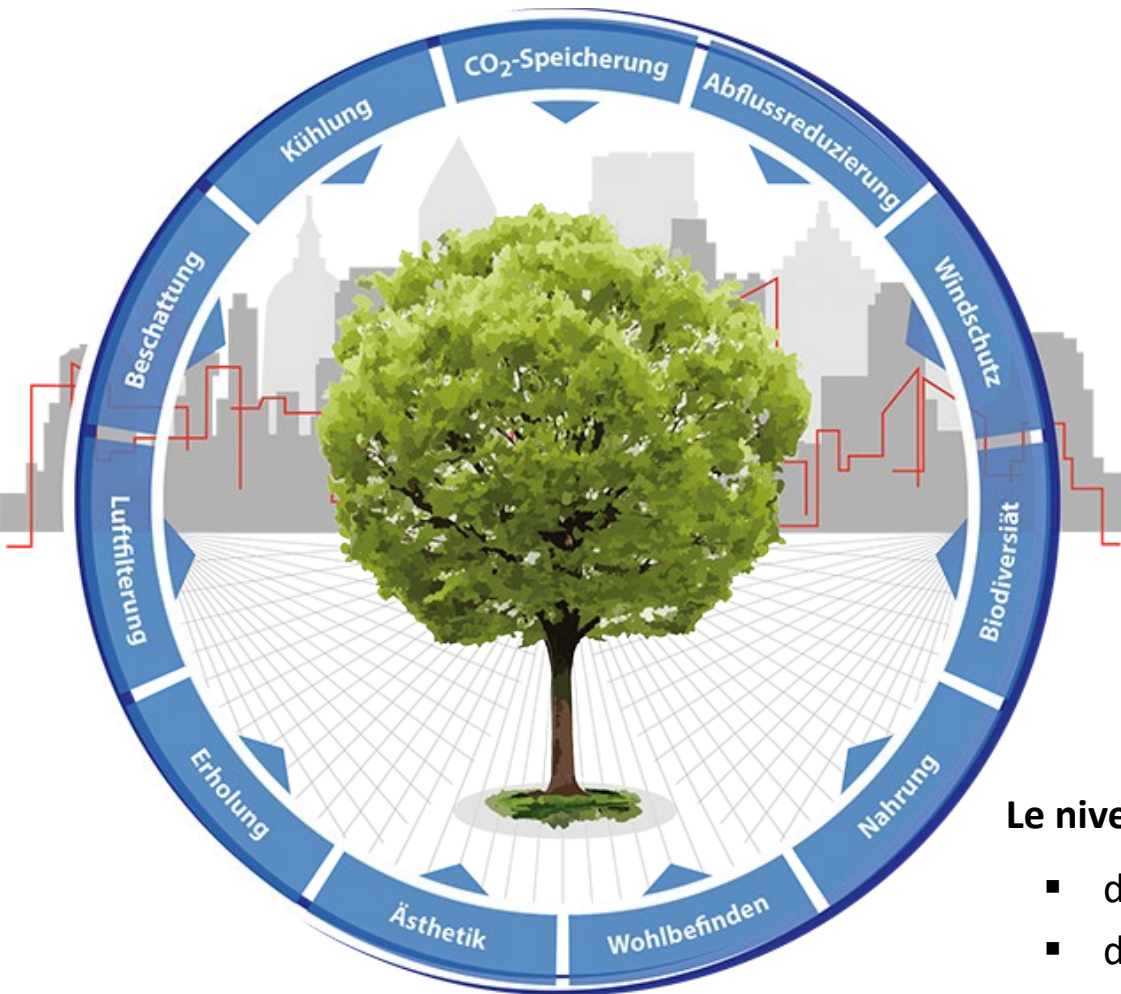
bâtiments élevés



Photo : E. Franceschi

- Ombre
- Émission de chaleur

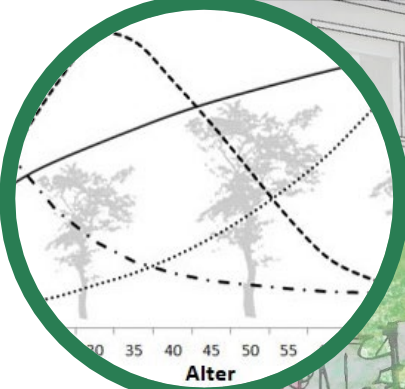
# Services écosystémiques des arbres urbains



- **Stockage du carbone**
- **Refroidissement par transpiration**
- **Ombrage**
- **Consommation d'eau**
- **Réduction de l'écoulement**

## Le niveau des services dépend

- du nombre d'arbres sur un site
- de l'essence et mélange d'essences
- de l'âge, structure et vitalité de l'arbre
- du microclimat et des conditions environnementales



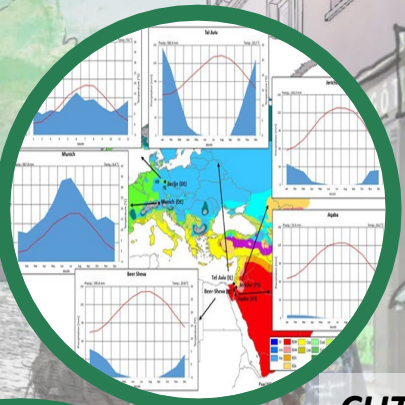
**City trees I + II**  
 - Les arbres urbains face au changement climatique



**Métropoles**



**KEW**



**CUT**



**Prestations du vert urbain**



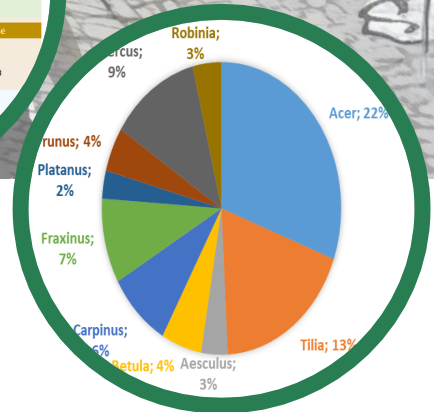
**KlimaKübelBäume**



**UGS 4.0**



**RTG-UGI**



**Guide interactif**

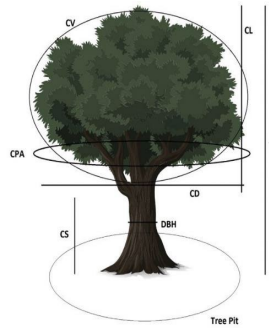
# Croissance et performances des arbres urbains

# Détermination des effets selon quelles méthodes ?



# Méthodologie

- Méthodes de mesures forestières, dendrochronologie



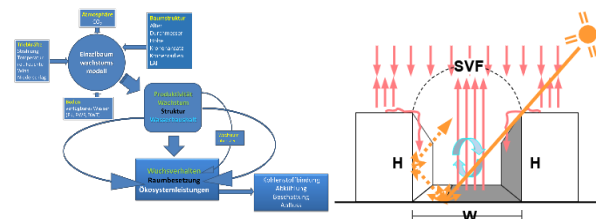
- Mesures écophysiologicals en continu



- Météorologie, pédologie



- Modélisation



# Les essences urbaines en Europe

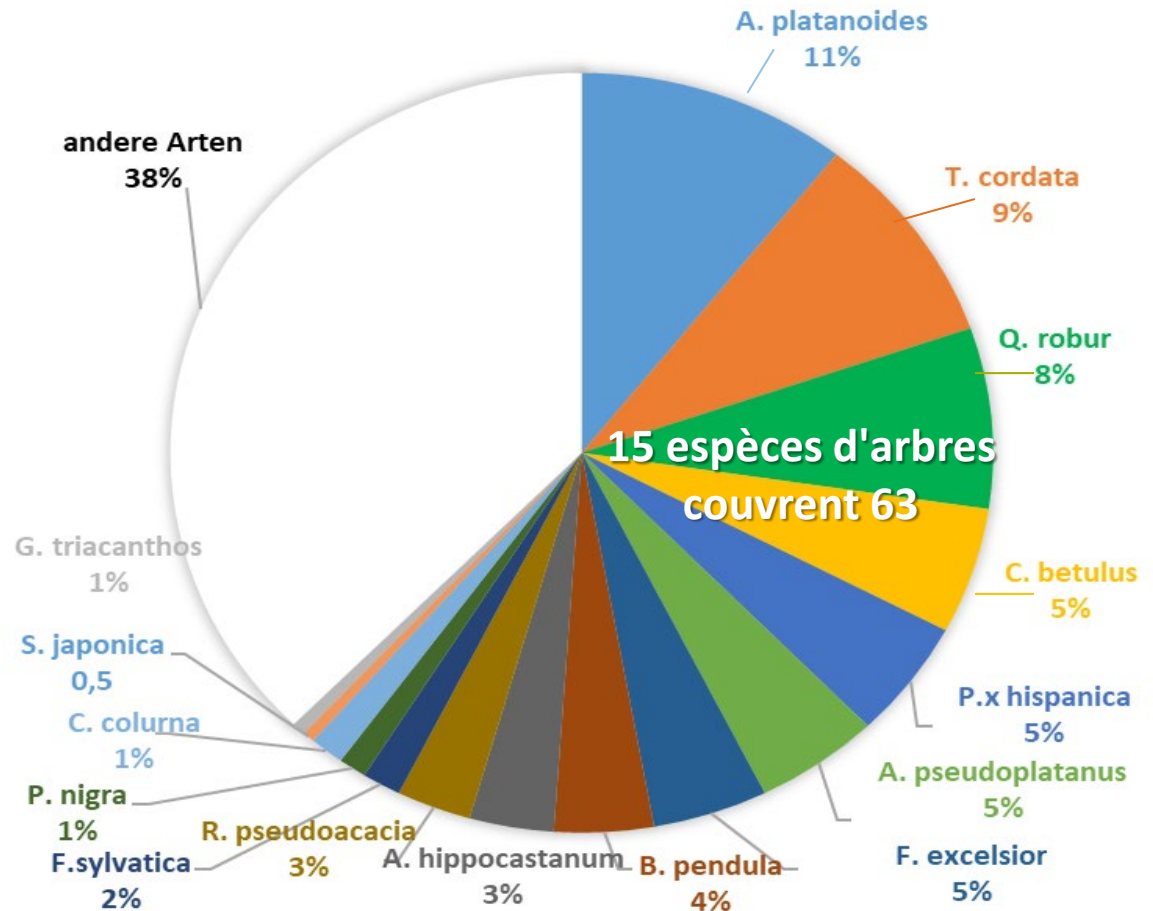
## Répartition des essences dans les villes d'Europe centrale

Moyenne de 52 villes

total : 376 espèces d'arbres

Stadt	Höhe NN	Einwohnerzahl
Augsburg	494	296.582
Bamberg	243	77.373
Basel	265	171.017
Bayreuth	344	74.783
Berlin	44	3.669.491
Bochum	98	365.587
Bozen	271	107.407
Braunschweig	78	249.406
Brünn	228	379.526
Chemnitz	303	246.334
Dachau	504	47.721
Dresden	119	556.780
Erlangen	281	112.528
Essen	75	582.760
Frankfurt	105	763.380
Freising	453	49.126
Fürth	303	128.497
Gelsenkirchen	53	259.645
Graz	362	443.066
Halle	90	238.762
Hamburg	3	1.847.253
Kempten	670	69.151
Köln	56	1.087.863
Konstanz	401	84.911
Kopenhagen	13	632.340
Krefeld	45	227.417

Stadt	Höhe NN	Einwohnerzahl
Landshut	401	73.411
Leipzig	117	593.145
Linz	270	206.595
Magdeburg	58	237.565
Mannheim	100	310.658
Meran	311	41.170
Metz	186	116.429
Mulhouse	240	109.443
Münster	63	315.293
Norderstedt	33	79.357
Nürnberg	300	518.370
Osnabrück	69	165.251
Reutlingen	392	115.865
Rosenheim	448	63.551
Rostock	3	209.191
Straubing	326	47.791
Stuttgart	245	635.911
Troisdorf	63	74.953
Ulm	480	126.790
Warschau	135	1.790.658
Weiden i.d. O	402	42.743
Weimar	210	65.542
Wesel	32	60.230
Wien	190	1.897.000
Würzburg	185	127.934
Zürich	417	415.367

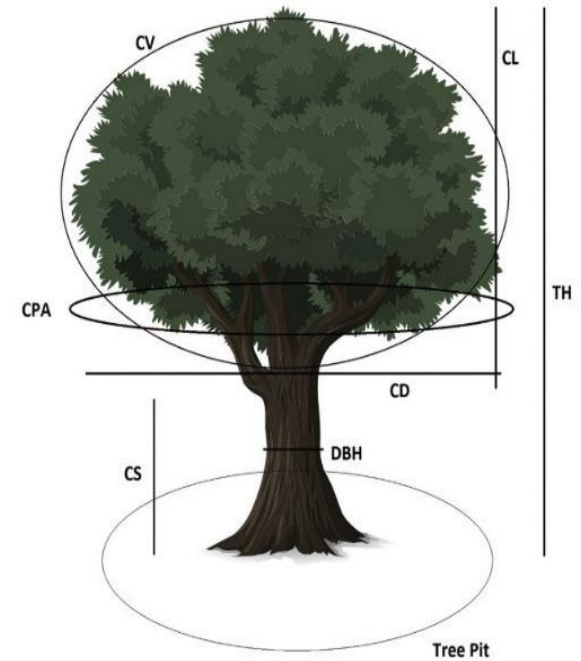


selon Weller 2021

# Mesures d'arborescences



- 1 Augsburg
- 2 Bad Kissingen
- 3 Bamberg
- 4 Bayreuth
- 5 Berlin
- 6 Cham
- 7 Coburg
- 8 Dresden
- 9 Düsseldorf
- 10 Frankfurt am Main
- 11 Freiburg
- 12 Freising
- 13 Garmisch-Partenkirchen
- 14 Hamburg
- 15 Hannover
- 16 Hof
- 17 Kassel
- 18 Kempten
- 19 Köln
- 20 Leipzig
- 21 Lindau
- 22 Magdeburg
- 23 Mühldorf
- 24 München
- 25 Nürnberg
- 26 Regensburg
- 27 Rosenheim
- 28 Rostock



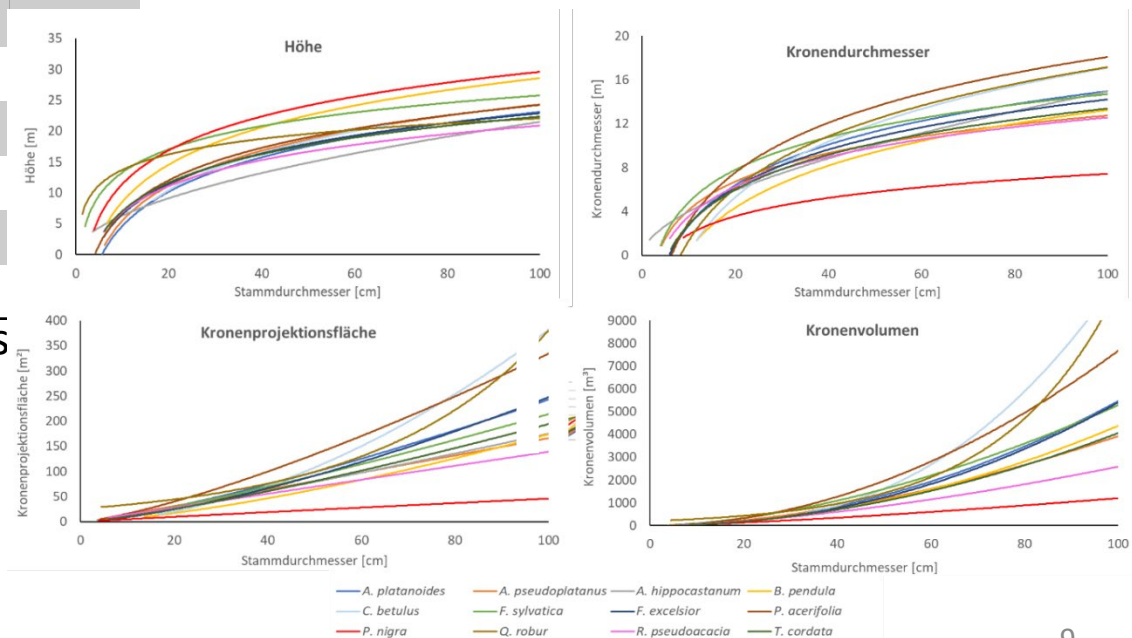
Durchmesserklasse	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Spannbreite [cm]	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90



# Mesures d'arborescences : allométrie

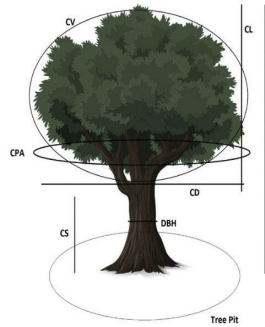
No.	Nom scientifique	Nom français	N
1	<i>Tilia cordata</i>	Tilleul d'hiver	1618
2	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia	794
3	<i>Platanus x acerifolia</i>	Platane	772
4	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Marron d'Inde	736
5	<i>Acer platanoides</i>	Érable plane	393
6	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Érable sycomore	273
7	<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne	
8	<i>Betula pendula</i>	Bouleau	
9	<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre rouge	
10	<i>Quercus robur</i>	Chêne	
11	<i>Carpinus betulus</i>	Charme	
12	<i>Populus nigra 'Italica</i>	Peuplier noir	

Total : 5 285 arbres



# Méthodologie

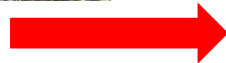
- Méthodes de mesures forestières, Dendrochronologie



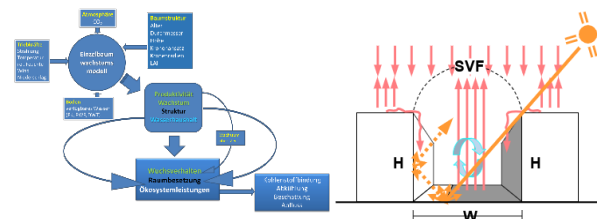
- Mesures écophysiologicalues en continu



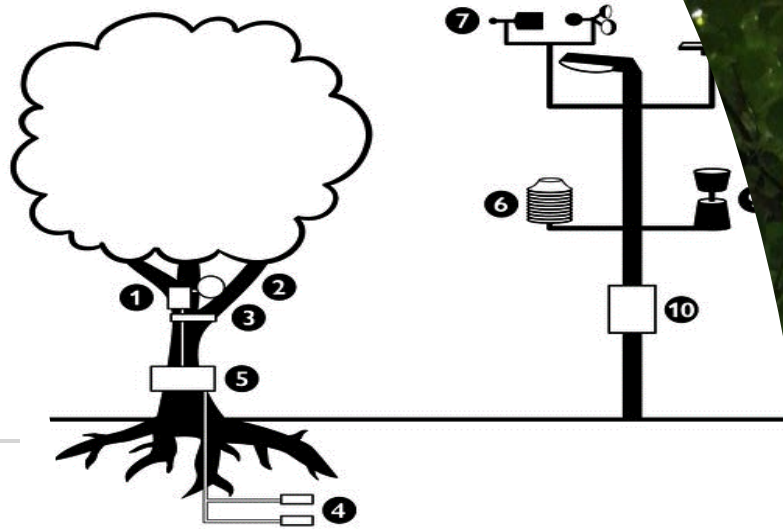
- Météorologie, pédologie



- Modélisation



mesures :  
Laboratoires  
arboricoles de  
Munich,  
Würzburg,  
Beer'Sheva



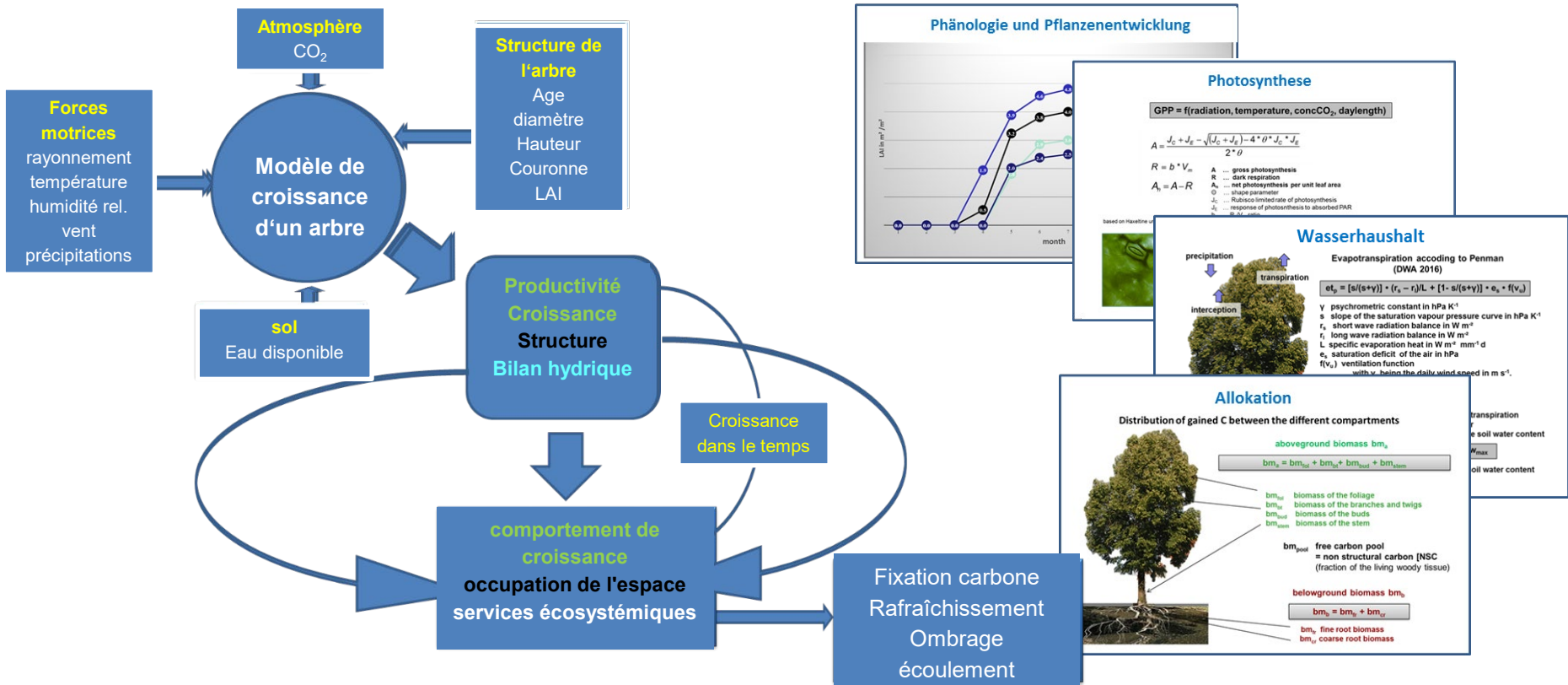
- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1 Saftfluss-Sensor      | 6 Temperatur- und Feuchtesensor |
| 2 Temperaturfühler      | 7 Windsensor                    |
| 3 Dendrometer           | 8 Strahlungssensor              |
| 4 Bodenfeuchte-Sensoren | 9 Niederschlagsmesser           |
| 5 Datenlogger           | 10 Datenlogger mit Barometer    |



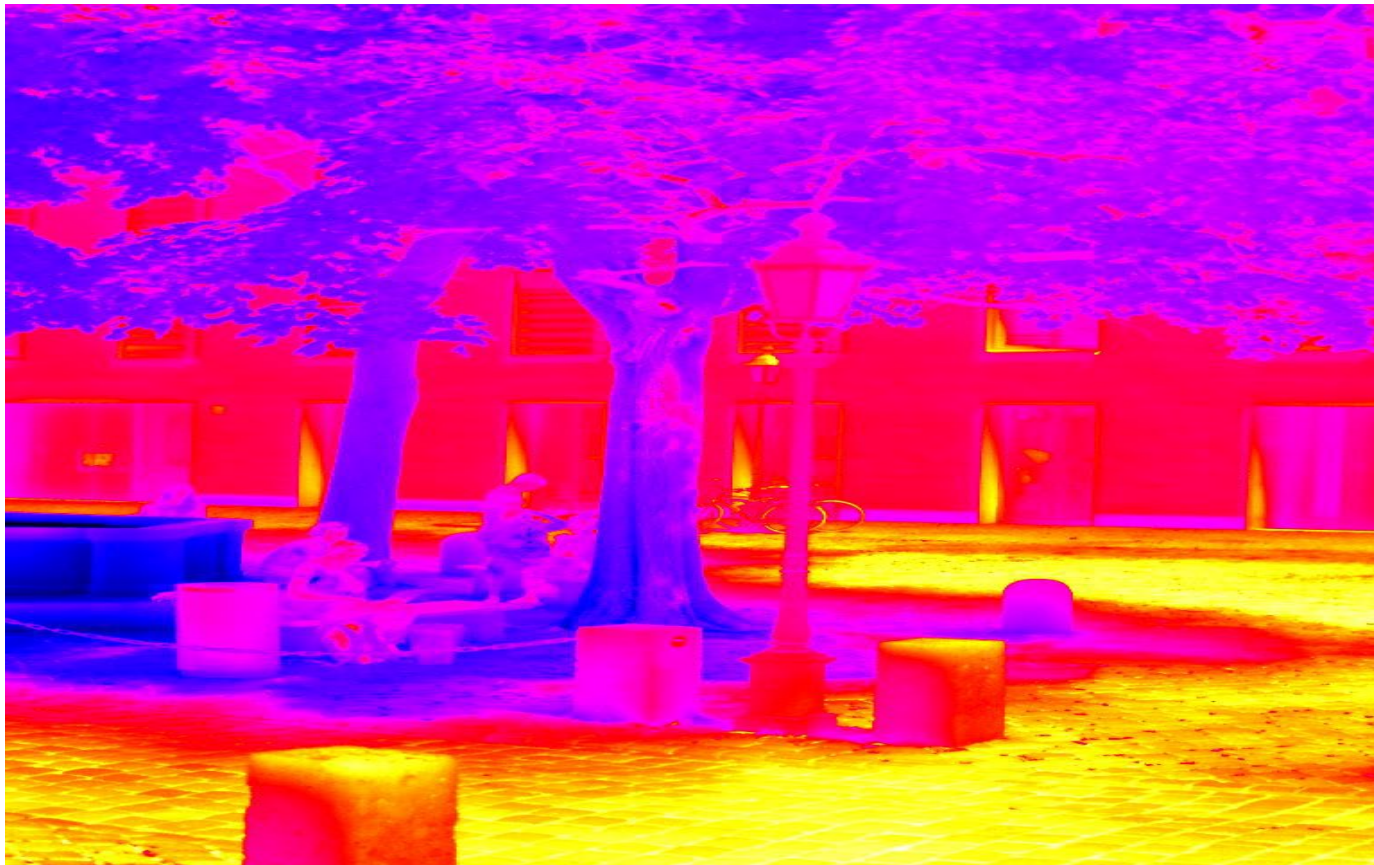


# Simulation avec CityTree

CityTree - un modèle de croissance pour les arbres urbains basé sur les processus



# Quel est l'impact du stress hydrique sur la croissance et le pouvoir rafraîchissant des arbres ?



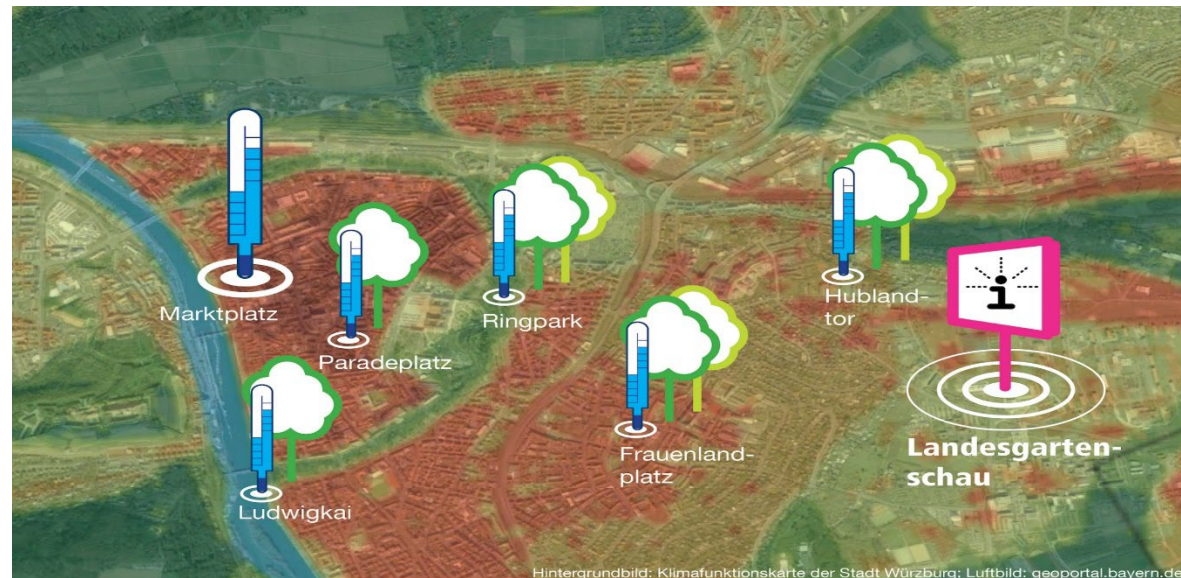
# Le projet "KlimaErlebnis Würzburg" (expérience climatique à Würzburg) 2017-2020

- Dans quelle mesure le climat et les services écosystémiques des arbres varient-ils le long d'un gradient de site ?
- Dans quelle mesure les arbres urbains et le climat s'influencent-ils mutuellement ?



Installation de laboratoires arboricoles (mesures physiologiques des arbres et mesures météorologiques)

Essences : *Tilia cordata*  
et *Robinia pseudoacacia*  
Mesures à partir de 2018



Messtation mit Informationstafel



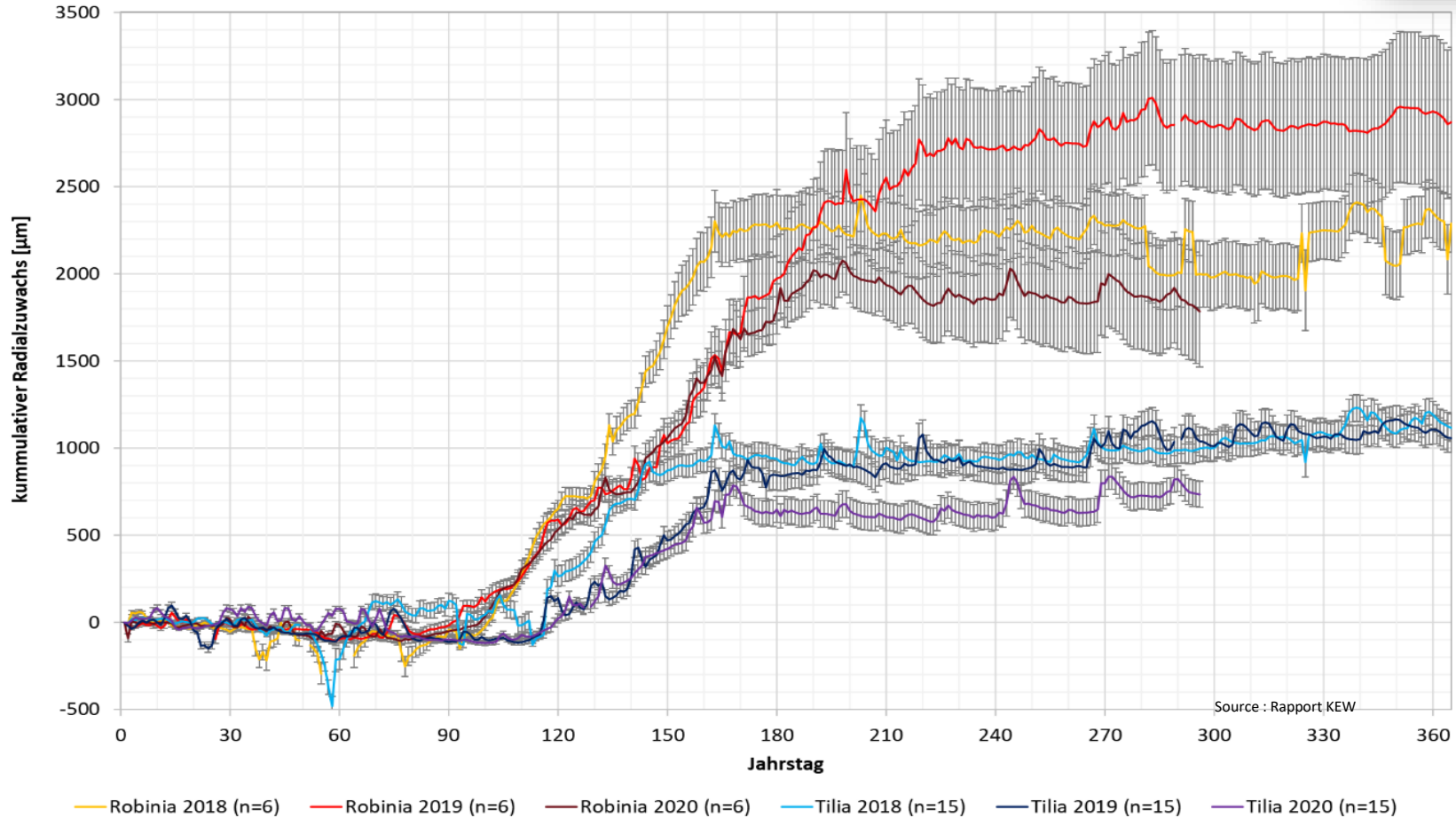
Messpunkt Klima

Stadtklima Überhitzung – Frischluft  
(Klimafunktionskarte Würzburg)

Messpunkt Baum Robinie  
Messpunkt Baum Linde

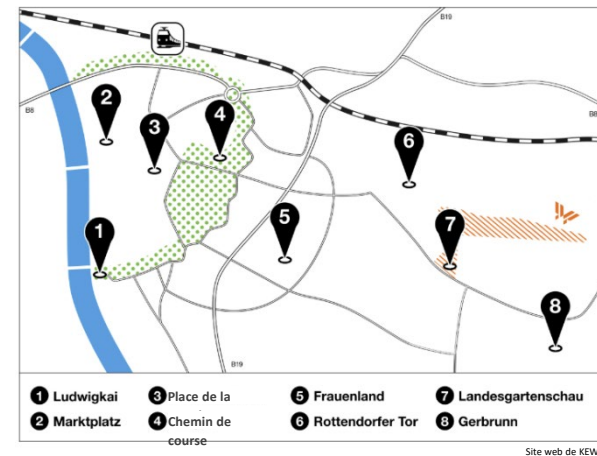
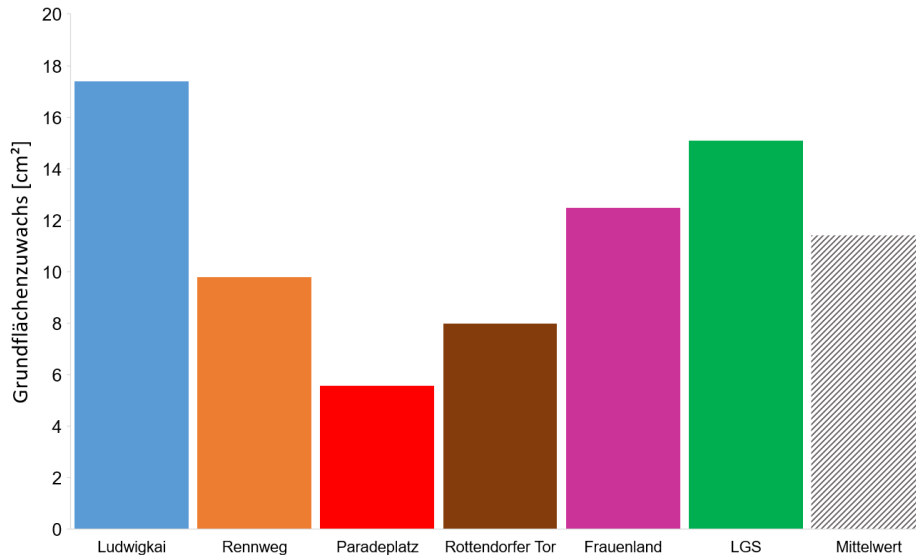
# Croissance des arbres : influence du climat et des essences

Analyses pour Würzburg : 2018 - 2020



Le début de la croissance, sa durée et le niveau d'accroissement dépendent de l'espèce et des conditions météorologiques des différentes années.

# Croissance des arbres : influence des conditions météorologiques et climatiques locales

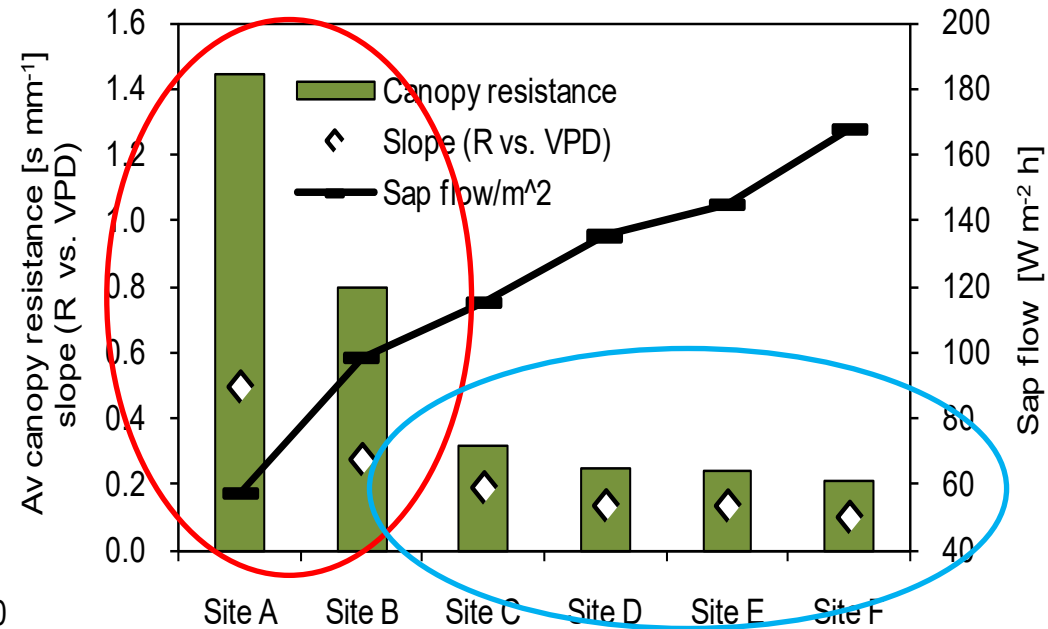
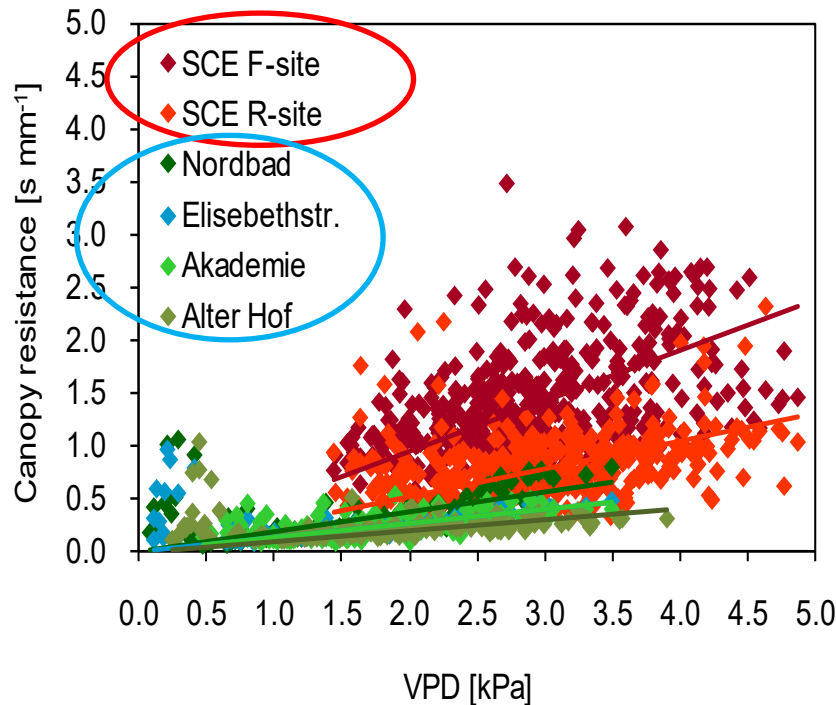


Accroissement de la surface terrière du tronc de tilleuls à petites feuilles (*T. cordata*), 2018

Les plus faibles augmentations ont été mesurées pour le laboratoire d'arbres au centre de la ville (Paradeplatz).

➤ trois fois plus faible que pour le site suburbain LGS

# Influence de l'essence et de l'emplacement



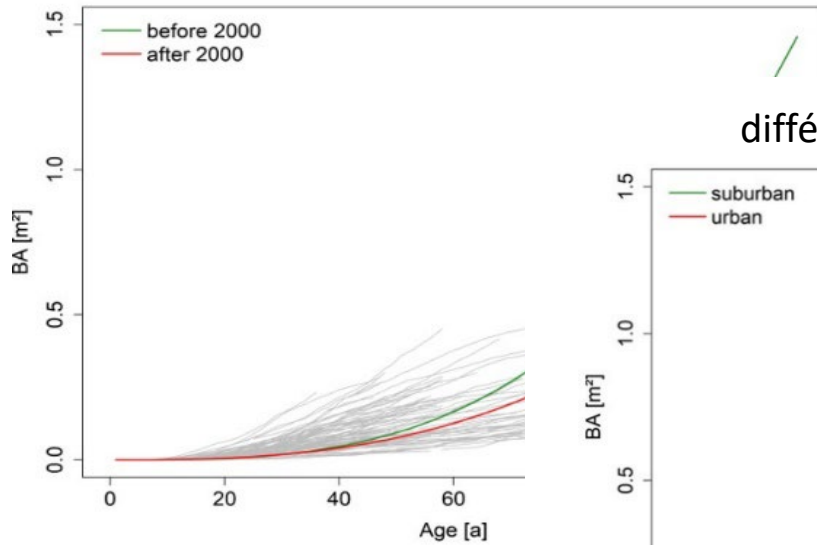
A) SCE-F; B) SCE=R; C) Nordbad; D) Elisebethstr.; E) Akademie; F) Alter Hof

- Meilleur contrôle stomatique des essences dans les zones de croissance plus sèches/chaudes, c.-à-d. meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau
- L'ombre est importante pour l'adaptation au climat

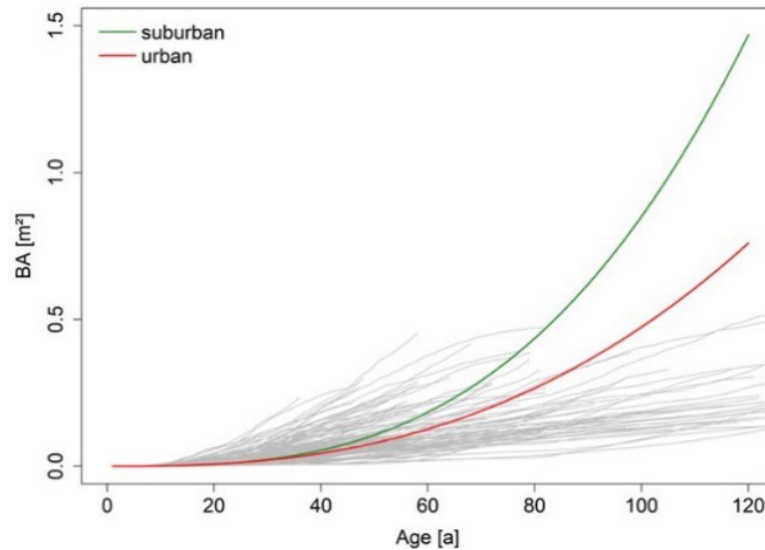
# Croissance des arbres urbains

Surface terrière des arbres urbains à Munich en fonction de leur âge et de leur emplacement

différences temporelles



différences spatiales

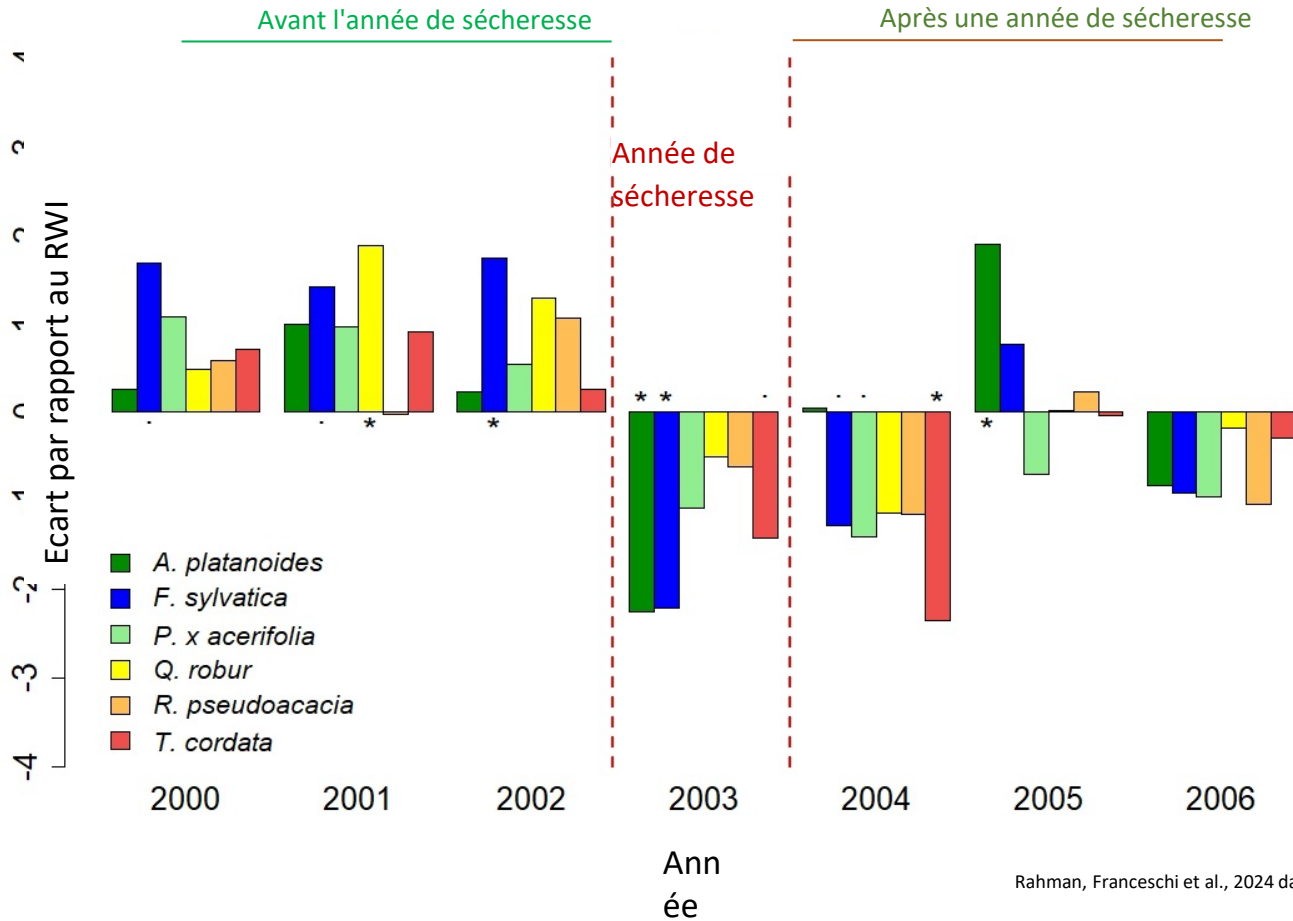


## Dendrochronologie



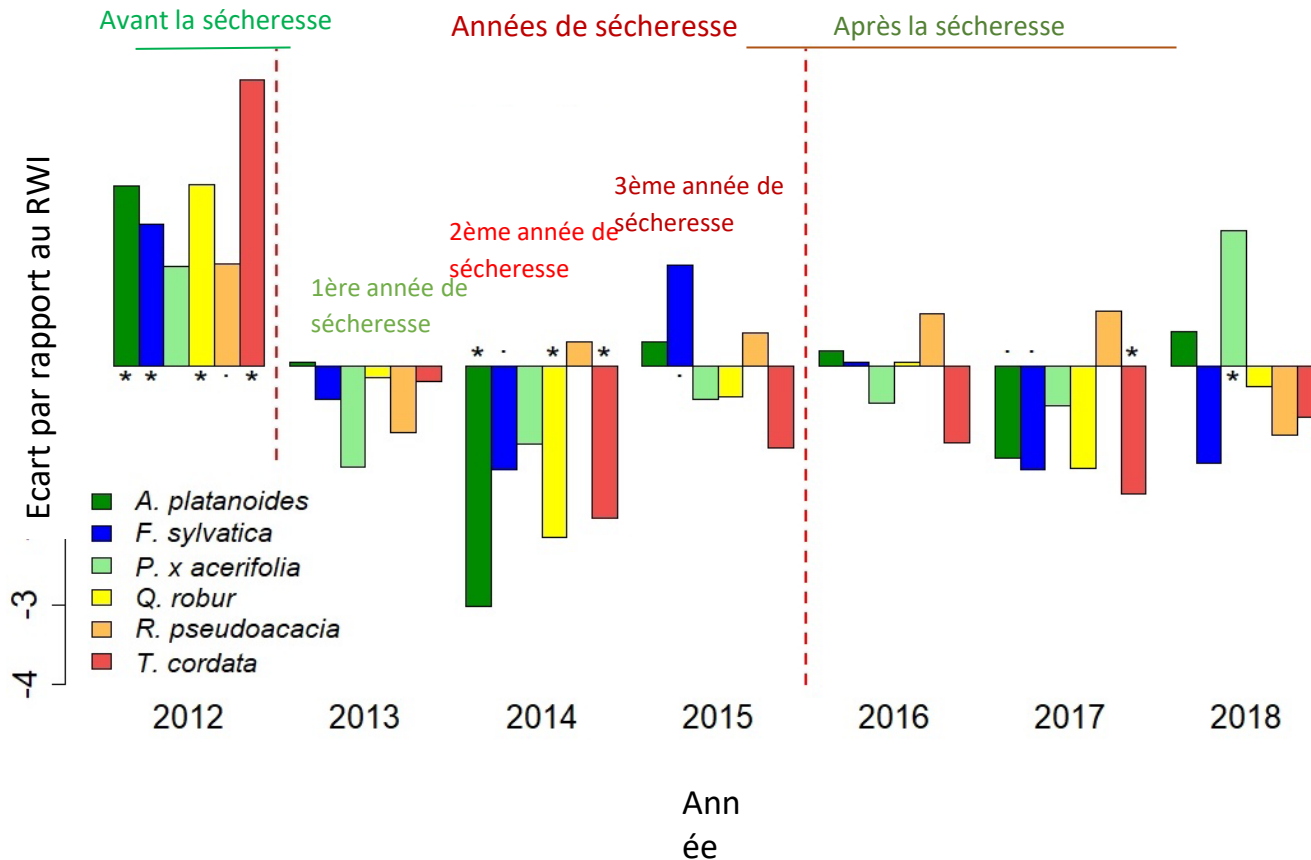
# Croissance des arbres et années extrêmes

Résultats pour Munich, année 2003

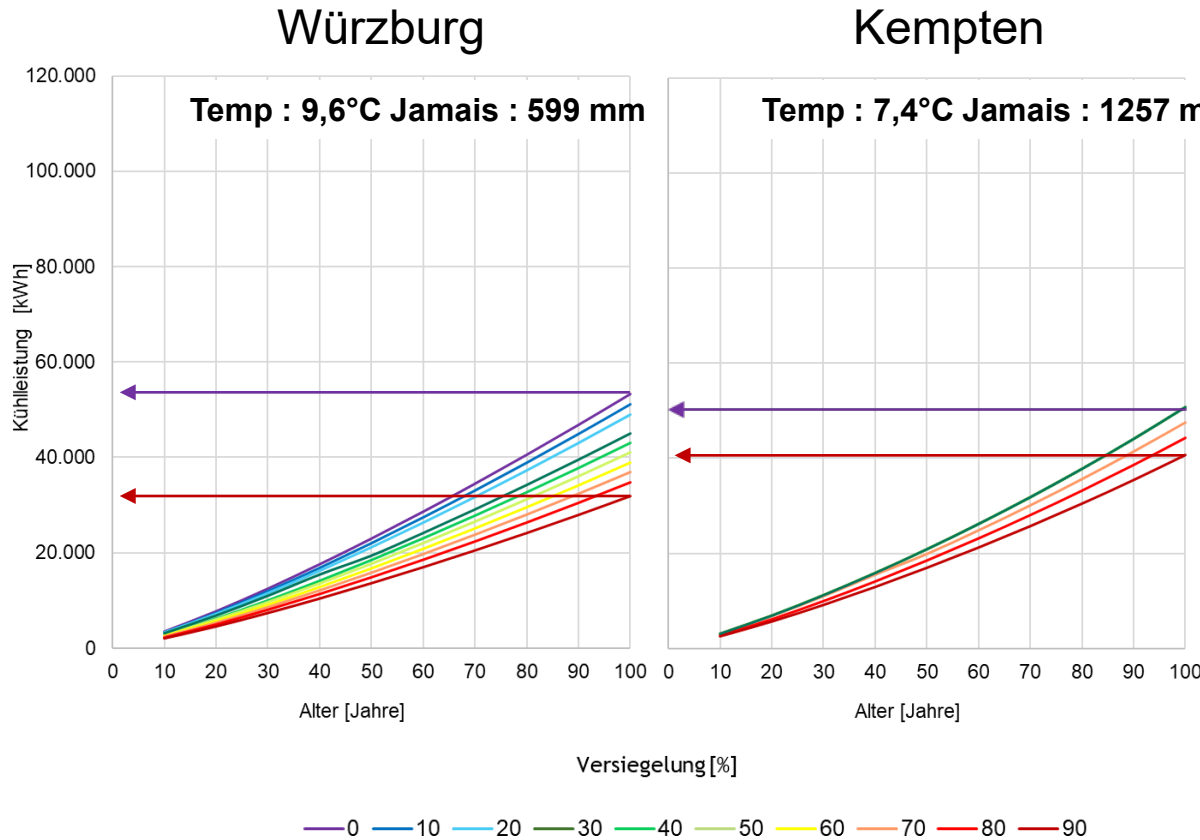


# Croissance des arbres et années extrêmes

Résultats pour Munich, série d'années de sécheresse



# Services écosystémiques des arbres urbains



## Refroidissement par évaporation

*Robinia pseudoacacia*  
(1965-2015)

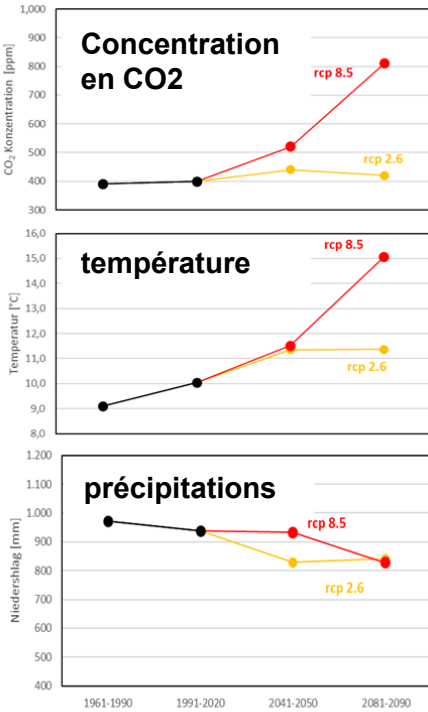
une faible imperméabilisation : Une plus grande capacité de refroidissement à Würzburg qu'à Kempten

imperméabilisation élevé : Puissance de refroidissement plus faible à Würzburg qu'à Kempten

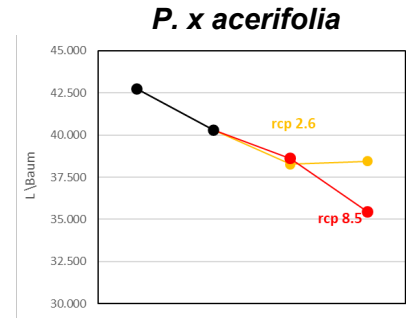
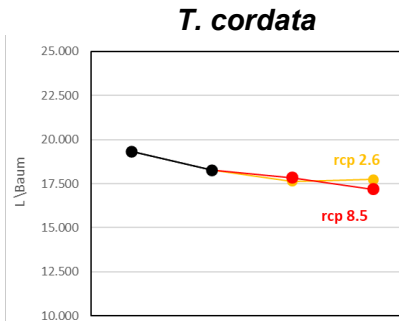
\* : Type de sol : sable argileux

# Les arbres urbains face au changement climatique

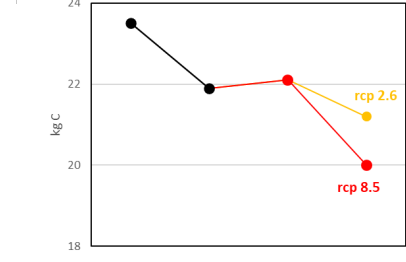
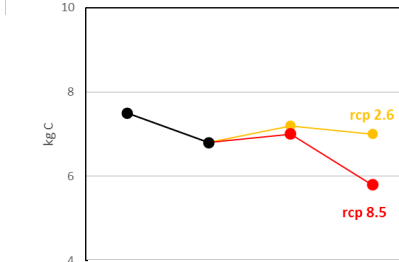
## Munich Climat et scénarios



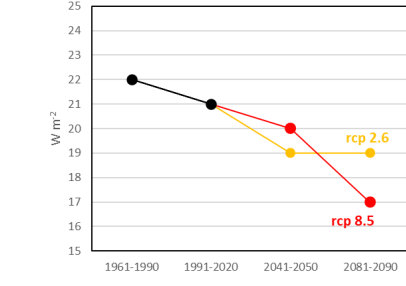
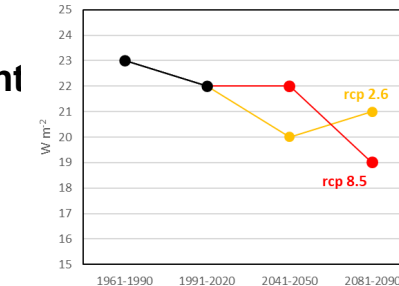
## Transpiration



## Fixation de carbone



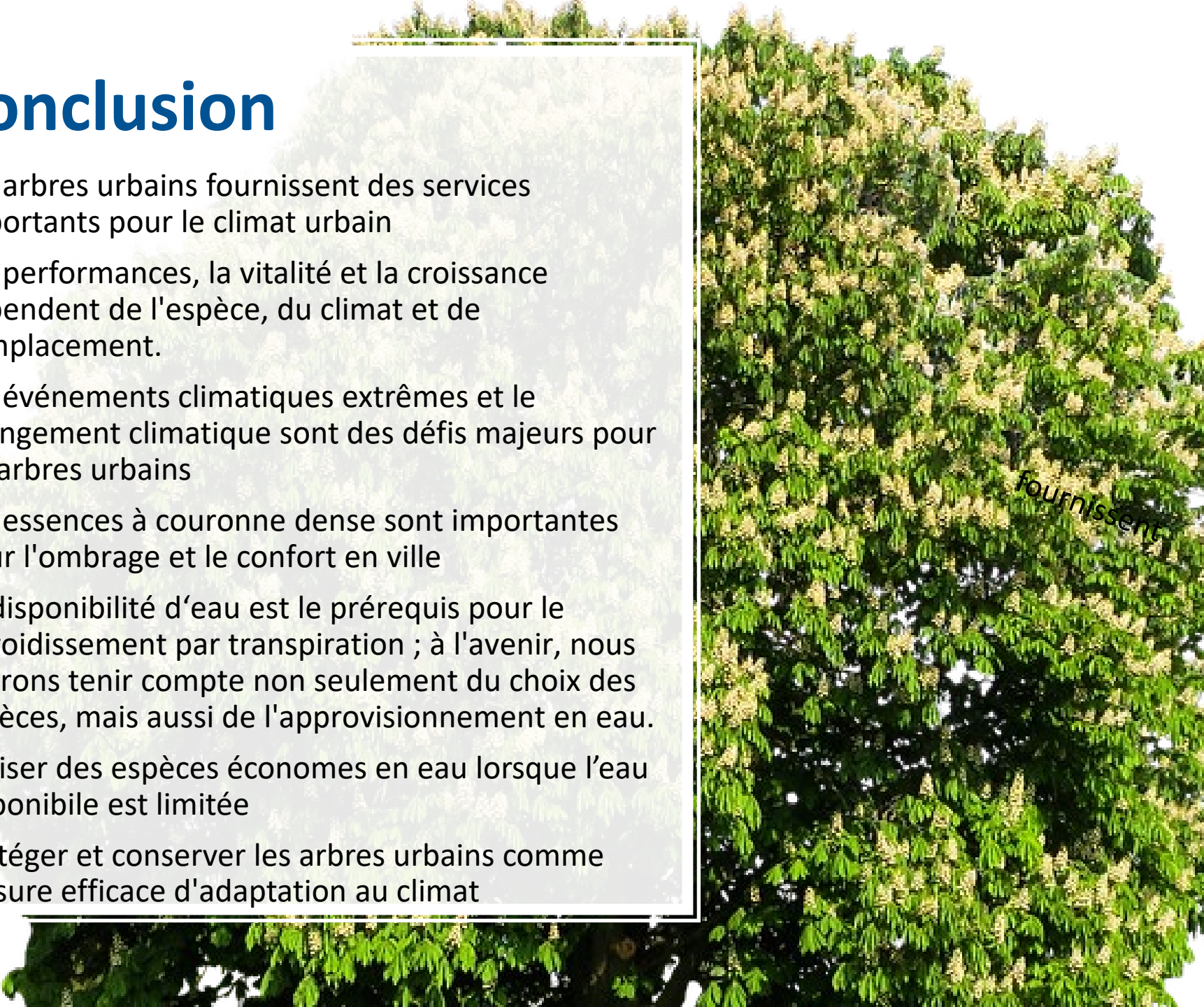
## Refroidissement



# Conclusion

- Les arbres urbains fournissent des services importants pour le climat urbain
- Les performances, la vitalité et la croissance dépendent de l'espèce, du climat et de l'emplacement.
- Les événements climatiques extrêmes et le changement climatique sont des défis majeurs pour les arbres urbains
- Les essences à couronne dense sont importantes pour l'ombrage et le confort en ville
- La disponibilité d'eau est le prérequis pour le refroidissement par transpiration ; à l'avenir, nous devons tenir compte non seulement du choix des espèces, mais aussi de l'approvisionnement en eau.
- Utiliser des espèces économes en eau lorsque l'eau disponible est limitée
- Protéger et conserver les arbres urbains comme mesure efficace d'adaptation au climat

fournissent



# Merci beaucoup !



## Groupe d'arbres urbains :

T. Rötzer, M. Rahman, S. Pauleit, H. Pretzsch, E. Franceschi, A. Peeters, L. Bar, S. Cohen, V. J. Hasan, A. Amer, A. Hijazen, V. Dervishi, C. Hartmann, C. Zhang, F. Wiehler, H. Paeth, P. Stark, J. Dahlhausen, L. Stratopoulos, M. von Strachwitz, Ni Ke, R. Schelle, T. Limmer, T. Zölch, M. Honold, M. Weller, M. Herzog, L. Parhizgar, P. Nayanesh, ...

