envirobat GRAND EST

© Envirobat Grand Est energivie.pro

confort d'été et végétation

Avec le soutien de

climaxion anticiper • économiser • valoriser

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité

ADEME AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Grand Est ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE L'Europe s'invente chez nous

CAMPUS DES MÉTIERS ET DES QUALIFICATIONS Éco-construction et efficacité énergétique

ORDRE DES

Strasbourg.eu eurométropole

Confort d'été et végétation

Un travail commun vous est présenté aujourd'hui.

Réseau des centres de ressources
pour promouvoir le bâtiment durable
auprès des professionnels dans le Grand Est

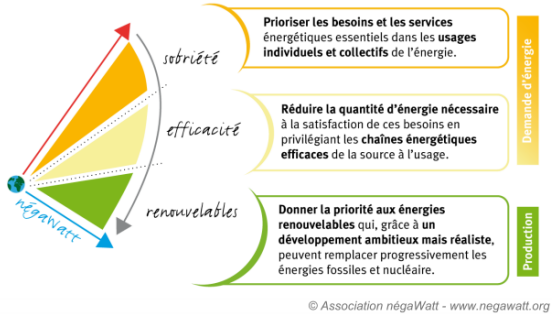
Animation des réseaux professionnels
Formation
Observatoire

Financement ADEME , Région Grand Est, INSA

Avec le soutien de

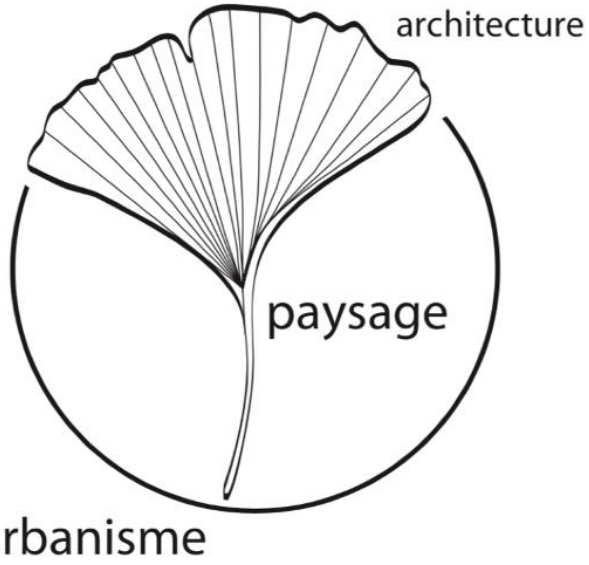
IMAEE

- Société créée en 2005 sous le nom GEST'ENERGIE
- GEST'ENERGIE devient IMAEE en 2015
- 2 agences (SELESTAT et MULHOUSE)
- 14 collaborateurs
- Bureau d'études spécialisé en thermique/fluides/environnement
- Intégration de la démarche négaWatt dans tous nos projets

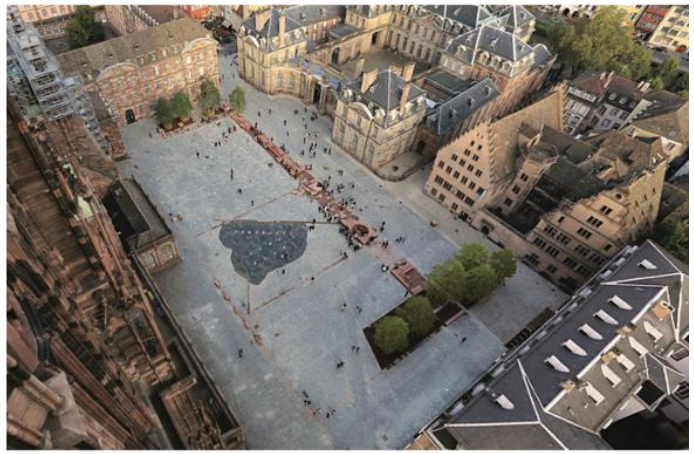


- Une vrai politique interne environnementale :
  - Locaux basse consommation
  - Politique de déplacement train et vélo, utilisation minimaliste de la voiture, autopartage
  - Formation continue des salariés aux domaines de pointes en termes d'écologie et d'environnement
  - Démarche ISO 26000
- Le projet est celui du client, nous sommes là pour l'accompagner et le conseiller

Linder Paysage



L'atelier Linder Paysage, basé à Strasbourg et créé en 1998, œuvre dans les domaines de la conception d'espaces publics et de l'élaboration de projets urbains.



13/10/2020	Confort d'été et végétation
05/11/2020	Activons-nous pour le passif
19/11/20	Visite centre multi-activités de Wettolsheim
17/11/20	Visite quartier Bohrie à Ostwald
03/12/2020	REX confort d'été de plusieurs villes françaises avec l'EMS
Hiver 2020/21	Confort d'été en ville médiévale - Dambach-la-ville
Mars 2021	Colloque franco-allemand autoconsommation photovoltaïque
Printemps	Pompes à chaleur REX AQC
Printemps	Rénovation (confort d'été)

30/09/-01/10/21 Congrès national du bâtiment durable à Nancy

Twitter, LinkedIn, Facebook

Vidéo	YouTube
Podcast	SoundCloud
Site	envirobatgrandest.fr

Inscrivez-vous à notre liste de diffusion pour recevoir nos informations !

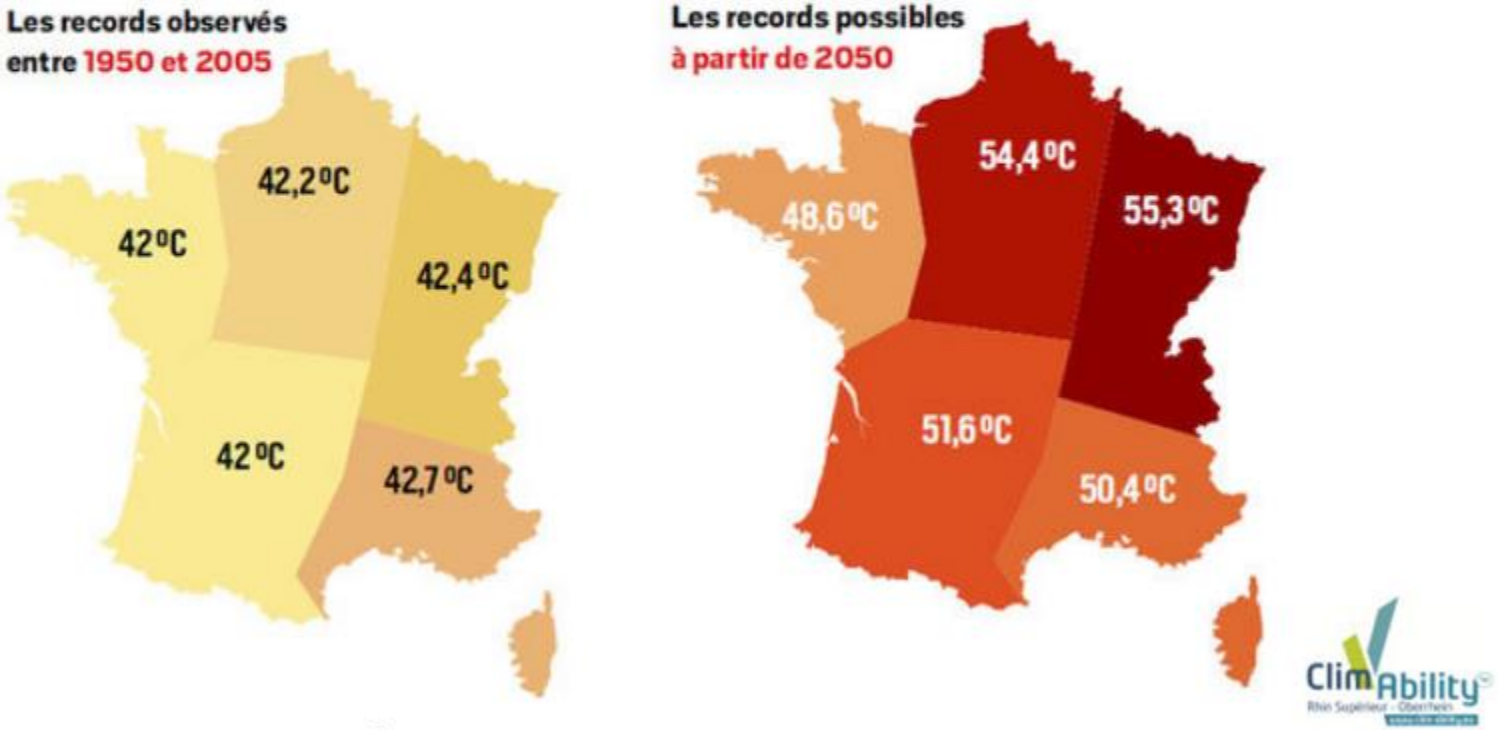
Annuaire des professionnels

Bâtiment et Aménagement durables dans le Grand Est

Inscription en ligne bientôt possible!

Confort d’été et Végétation

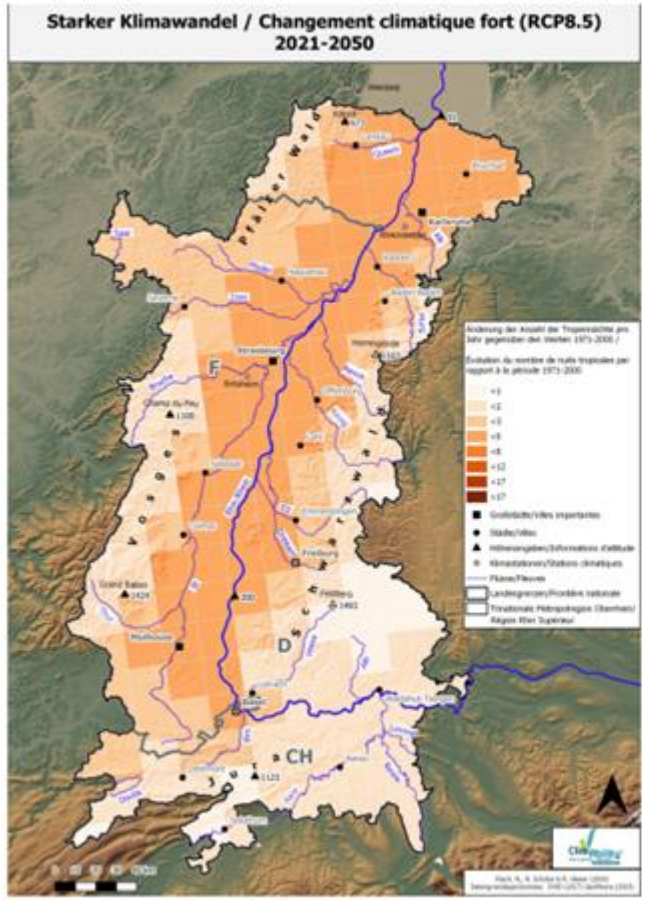
Quelles températures quotidiennes l'été en Alsace à partir de 2050 ? Climability

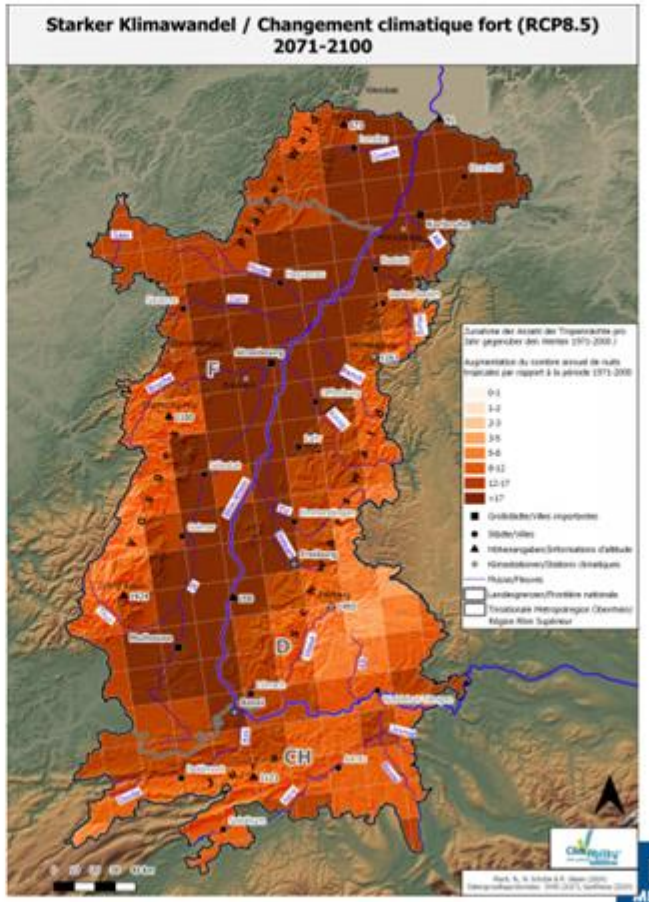


Des canicules 4 à 5 fois plus nombreuses

Des niveaux de températures supérieurs à 50° C

L'évolution des nuits tropicales





Définition d'une nuit tropicale : TN>20°C

Cartes disponibles sur le portail GeoRhena, réalisées à partir des données Eurocordex de projections climatiques

A horizon lointain et en scénario pessimiste, le nombre de nuits tropicales augmentera fortement, y compris en altitude.

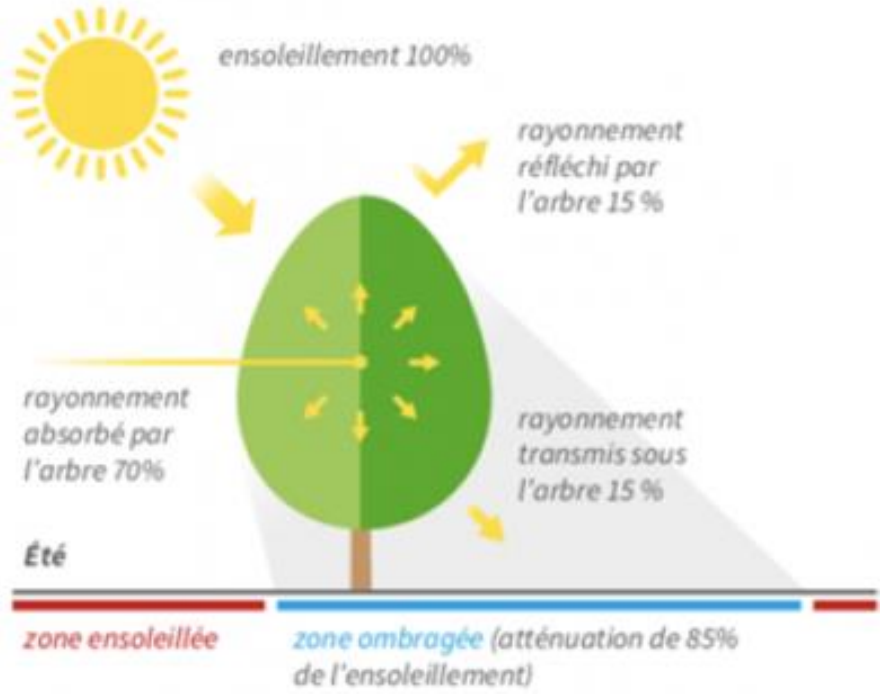
Intérêt de la plantation et conservation de la plantation

- biodiversité : chaîne de fonctionnement, oiseau insecte, pollinisation
- gestion de l'eau
- santé (filtration poussières fines)
- protection acoustique
- protection du vent
- confort visuel
- évapotranspiration
- l'ombre

La végétation… point de vue du thermicien

Très très loin du romantisme et de la poésie de la nature…. pour l'ingénieur thermicien, la végétation est considérée comme :

- un masque solaire
- un revêtement de surface
- une masse et une inertie (en toiture)
- un vecteur d'évapotranspiration donc de rafraîchissement



La végétation... point de vue du thermicien

La problématique du confort d'été devient de plus en plus présente. Le besoin du thermicien peut être résumé à :

- trouver des solutions pour que le **microclimat local** soit le plus favorable possible
- limiter le **rayonnement sur les cheminements extérieurs**
- limiter les **température en toiture**, surtout s'il y a des systèmes techniques dessus
- créer des **masques solaires** dont l'effet est variable - le plus dense en été, le plus aéré en hiver
- créer des masques à l'Ouest qui est une orientation compliquée
- et de manière générale, **protéger** de mi-avril à mi-septembre

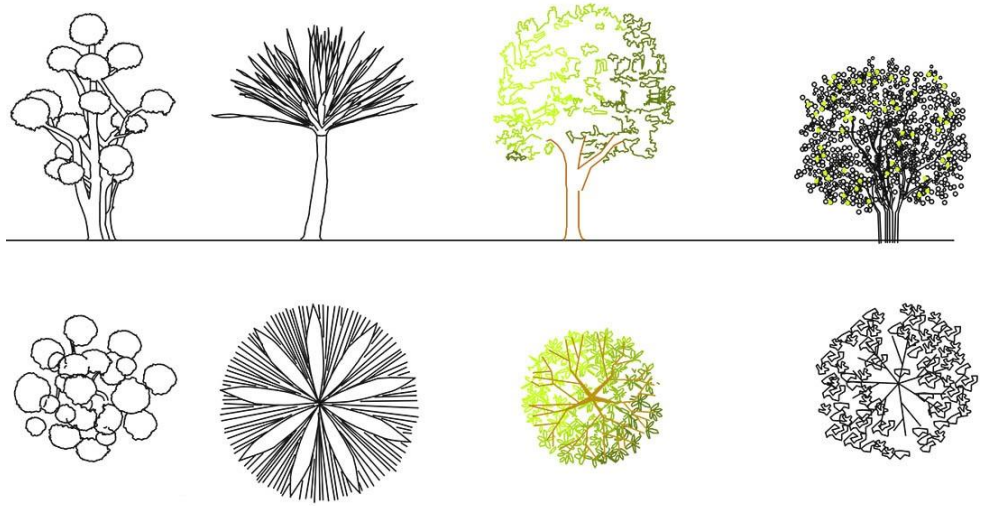
La végétation dans le calcul

- Le gros souci dans le calcul et la conception d'un projet : on doit livrer un ouvrage qui fonctionne et qui est confortable tout de suite… alors que la végétation a besoin de temps pour pousser et assurer sa fonction
- → Comment intégrer un système évolutif dans un calcul figé ? Faire du paramétrique pour voir le résultat à 1 an/5 ans/10 ans/30 ans?

La végétation dans le calcul

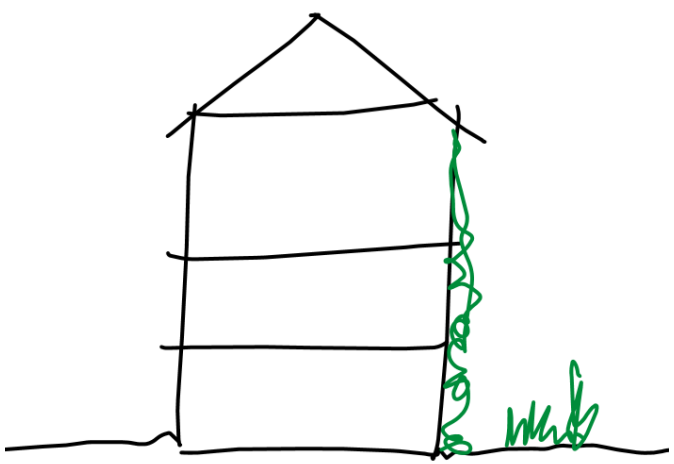
- Planter tout de suite de grands arbres n'est pas une solution qui fonctionne : l'arbre ne trouvera pas dans le sol le microcosme dont il a besoin pour vivre… donc ce sera un arbre mort, ou dans le meilleur des cas un arbre malade

- → Voir sur YouTube les vidéos de Hervé Coves, notamment "Le vieil arbre"



La végétation dans le calcul

- Dans la stratégie de conception il faut donc réfléchir par étapes de pousse avec un programme pluriannuel de plantation précisément étudié pour permettre d'assurer la protection solaire au fil des années
  - étape 1 : des grimpantes annuelles + grimpantes durables + buissons et végétation libre
  - étape 2 : des fruitiers et petits arbres, et on conserve les grimpantes durables
  - étape 3 : des grands arbres et de la végétation libre en pied
  - étape 4 : laisser de nouveaux grands arbres pousser sous la canopée pour permettre "le remplacement" des arbres anciens (la durée de vie d'un arbre sain va de 100 à 1000 ans…)



La végétation… ce que permettent les logiciels du thermicien

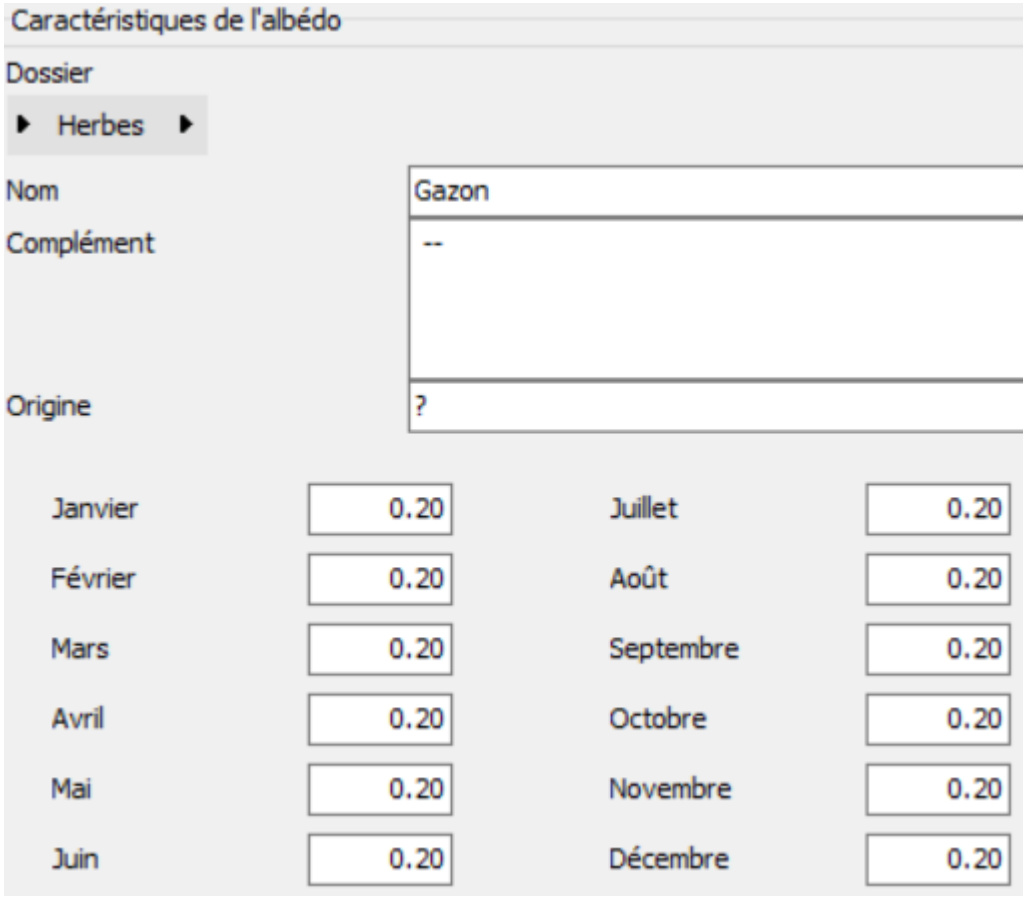
Extraction du logiciel Pléiades + Comfie - fonction Albédo

La bible de base intègre 3 possibilités :

- gazon
- herbe sèche
- herbe humide

→ Scénarios à personnaliser et à créer

L'évapotranspiration n'est pas simulée.



La végétation… ce que permettent les logiciels du thermicien

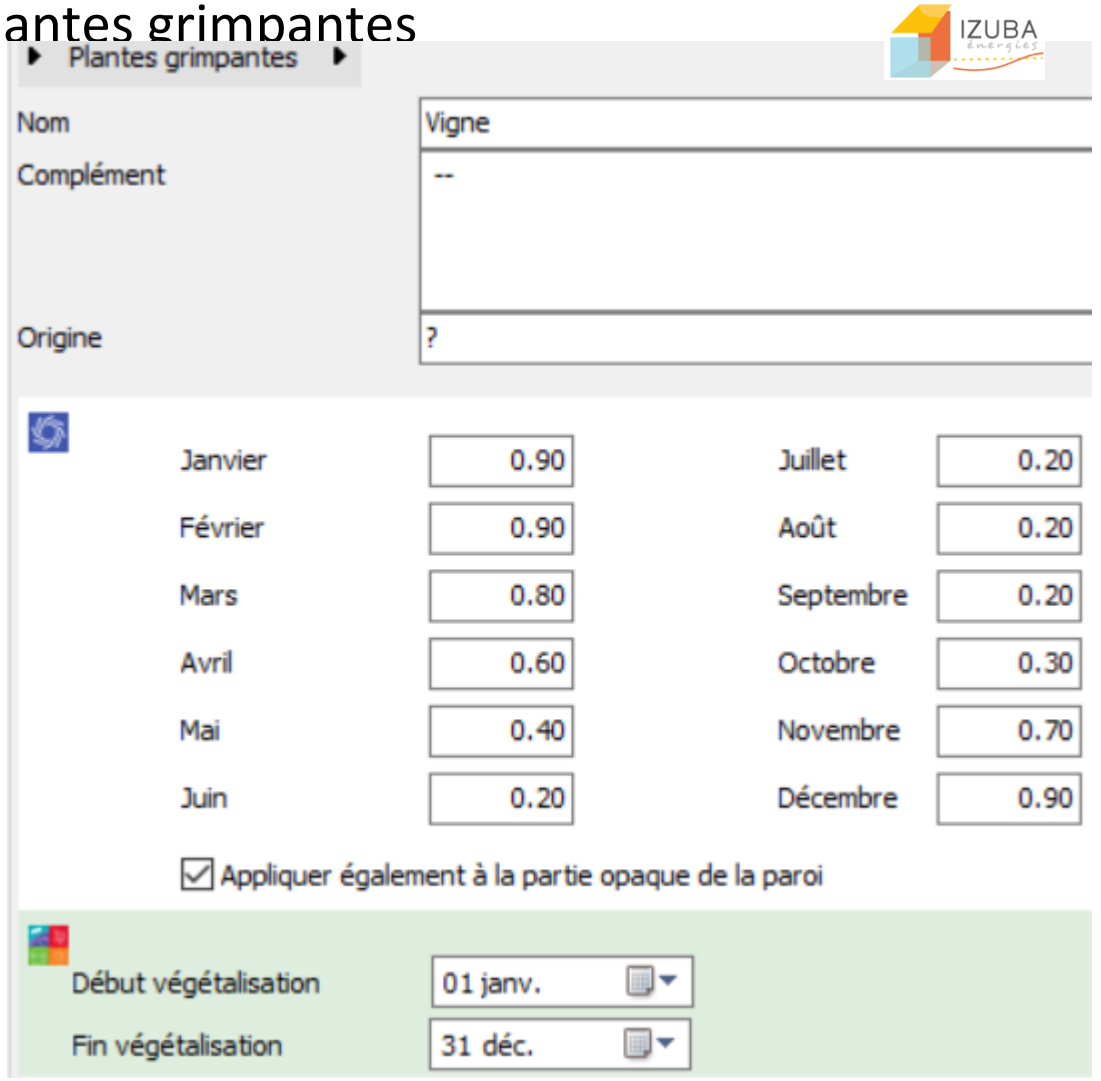
Extraction du logiciel Pléiades + Comfie - fonction plantes grimpantes

La bible de base intègre 3 possibilités :

- lierre
- vigne

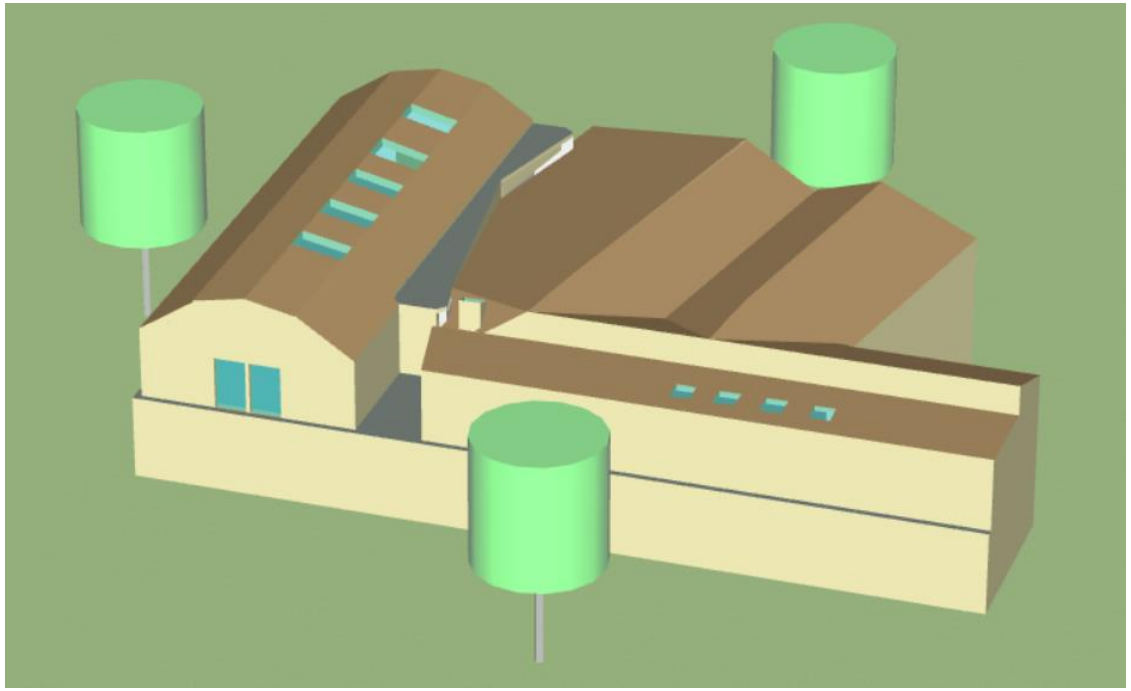
→ Scénarios à personnaliser et à créer

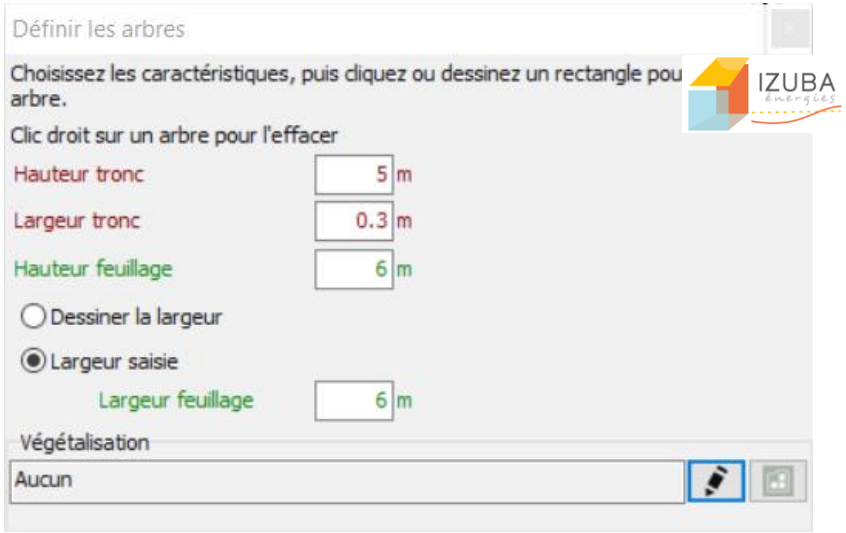
L'évapotranspiration n'est pas simulée.

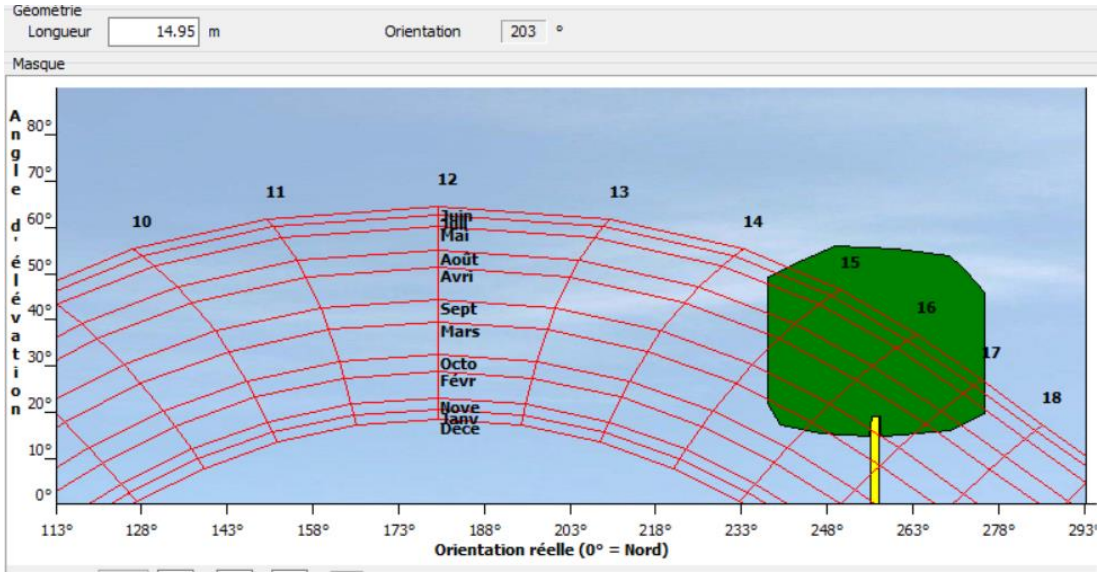


La végétation… ce que permettent les logiciels du thermicien

Extraction du logiciel Pléiades + Comfie - fonction arbres







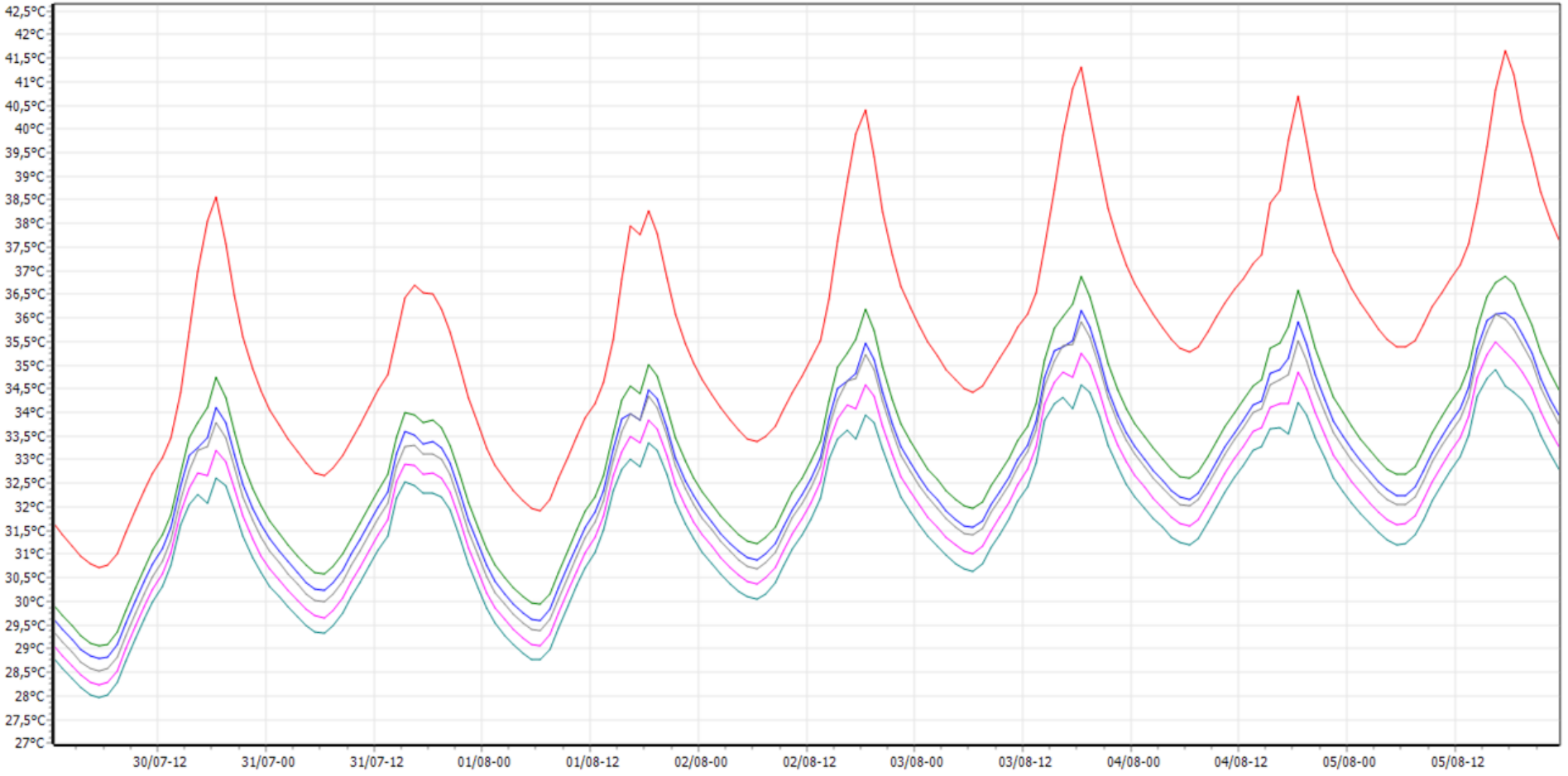
La végétation… ce que permettent les logiciels du thermicien

Exemple de simulation paramétrique - impact d'un masque en végétation

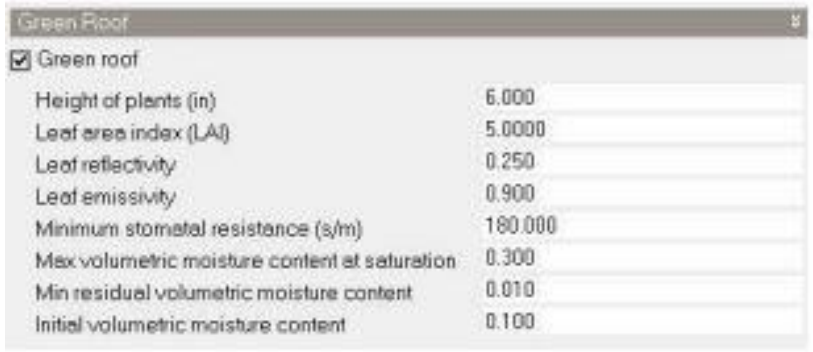
Étude confort d'été sur une maison individuelle

Ici on essaye différents scénarios d'opacité afin de voir leur influence sur le confort d'été

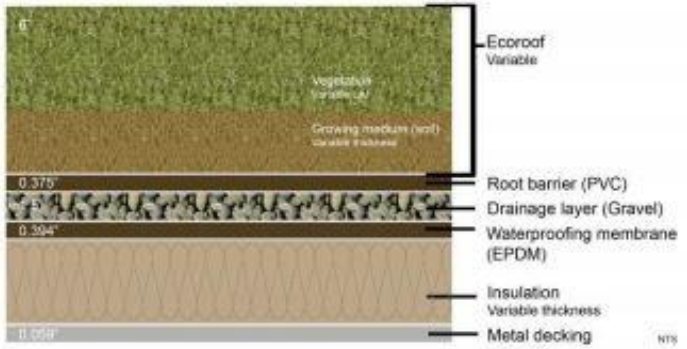
- **Pas d'occultation**
- **Coefficient transparence : 40%**
- **Coefficient transparence : 30%**
- **Coefficient transparence : 20%**
- **Coefficient transparence : 10%**
- **Coefficient transparence : 0%**

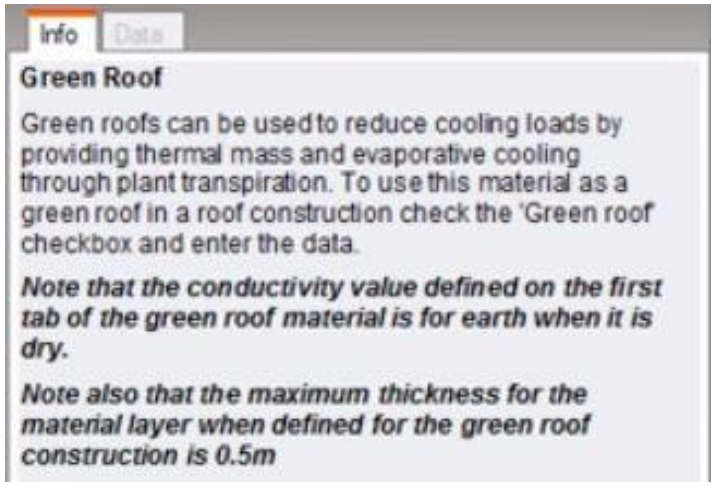


Végétation – Logiciels STD



Design Builder est un logiciel de simulation thermique dynamique proposant des outils similaires à Pleiades.
Il propose dans l'onglet **Matériaux** de créer une toiture végétalisée.





Ce modèle prend en compte:

- Les échanges radiatifs CLO et GLO avec les plantes
- L'effet de la végétation sur le transfert convectif de chaleur
- L'évapotranspiration du substrat et des plantes
- La conduction thermique (et stockage de chaleur) dans la couche de terre

MAIS pour l'instant les murs végétalisés ne peuvent pas être créés.
L'évapotranspiration des plantes grimpantes n'est pas prise en compte.

La végétation… comment mieux étudier

Pour mieux étudier l'impact thermique de la végétation sur un projet il faut alimenter le thermicien :

- l'aider à créer de nouvelles bibles de végétation en corrélation avec le projet : densité possible de végétation mois par mois

  → peut potentiellement être un sujet de PFE croisé entre architecte, paysagiste et ingénieur génie climatique dont les résultats permettront d'alimenter les BET
- l'informer sur les dimensions et implantations possibles des différents types de végétaux pour éventuellement faire des simulations paramétriques

La végétation... microclimat

- Les logiciels de STD utilisent des fichiers météo qui peuvent être créés/modifiés...
- Il est possible d'intégrer le microclimat réel d'un site si on dispose d'enregistrements de températures
- De manière générale il faut :
  - un fichier météo "décennal" pour approcher les notions de consommation de chauffage
  - un scénario caniculaire extrême pour approcher les notions de stratégie estivale
- Tant que l'on ne cherche pas à faire de l'engagement de résultat il n'est à priori pas nécessaire d'avoir LE fichier du site, un fichier local est suffisant → le but du calcul est de tester des solutions pour ajuster la conception et faire des choix - pas de garantir une température
- → Les arbres sont considérés comme des masques solaires. Leur présence n'est pas intégrée en termes d'évapotranspiration, ni en termes de biodiversité

Mesures

Températures ambiantes mesurées à 14h un jour de canicule

Mulhouse centre ville

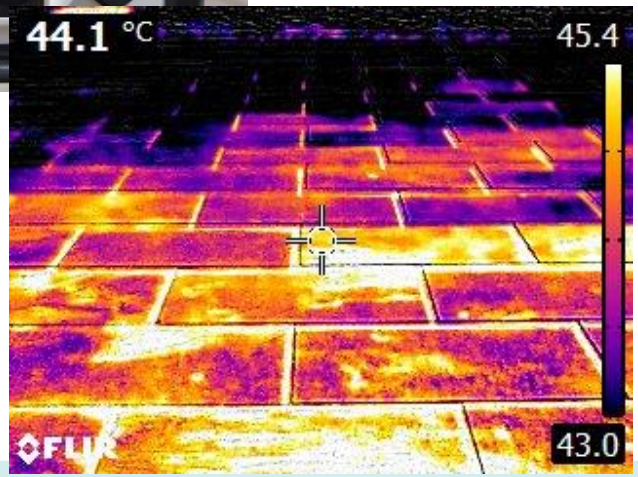
Quartier du Nouveau Bassin - zone arborée + pelouse

Mesures

$T_{ambiance}$ et T_{sol} à 16h

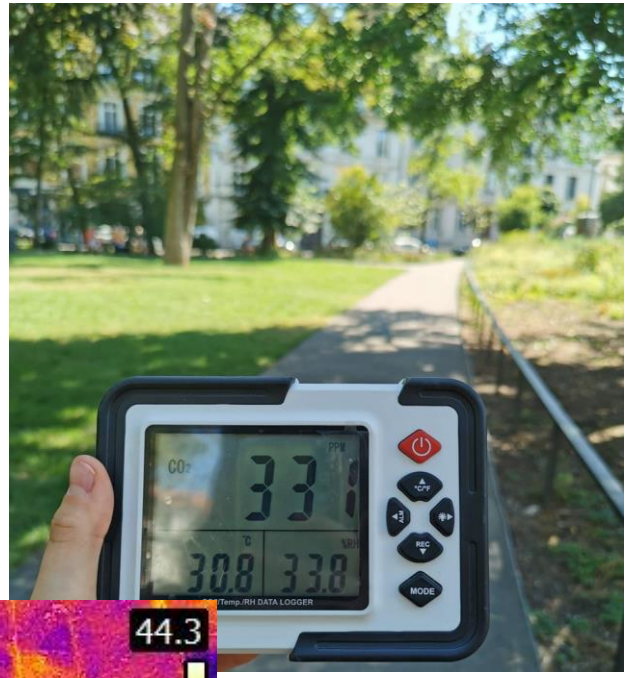
Au centre ville

$T_{ambiance}$=31,4°C

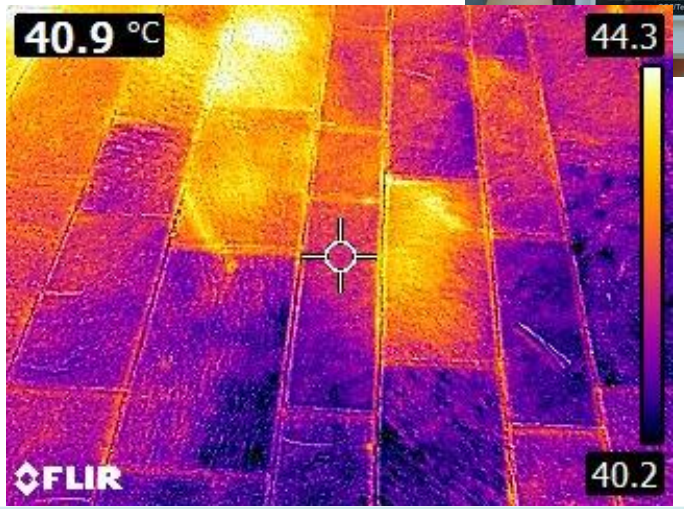


T_{sol}=44°C

Parc Steinbach

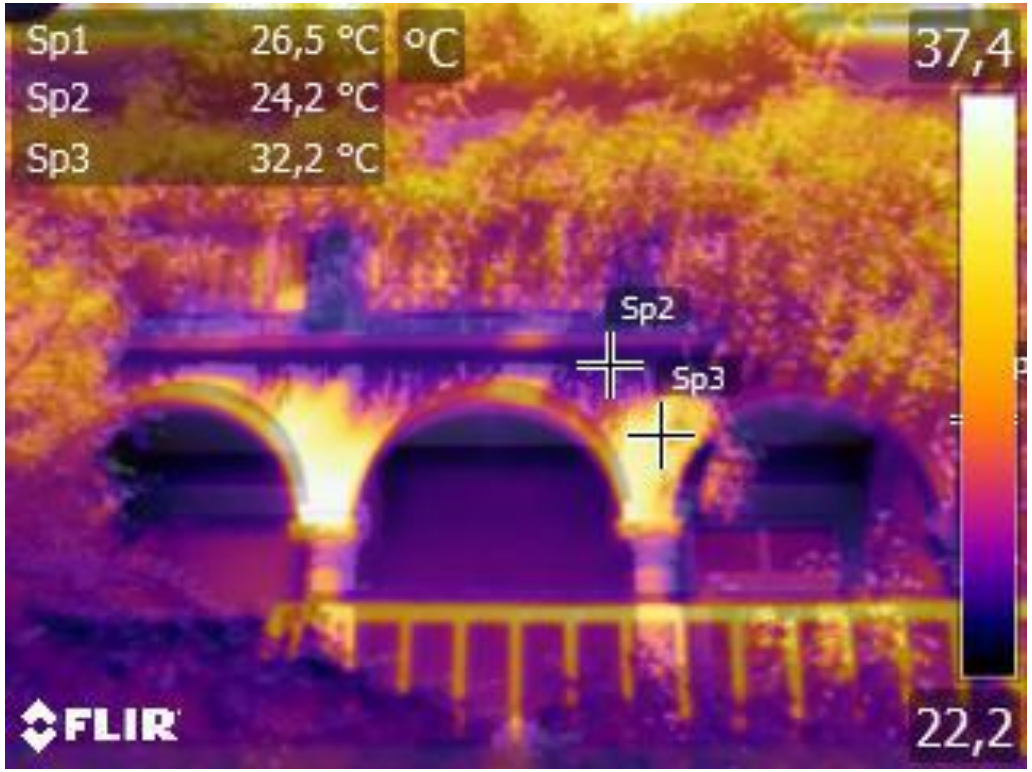


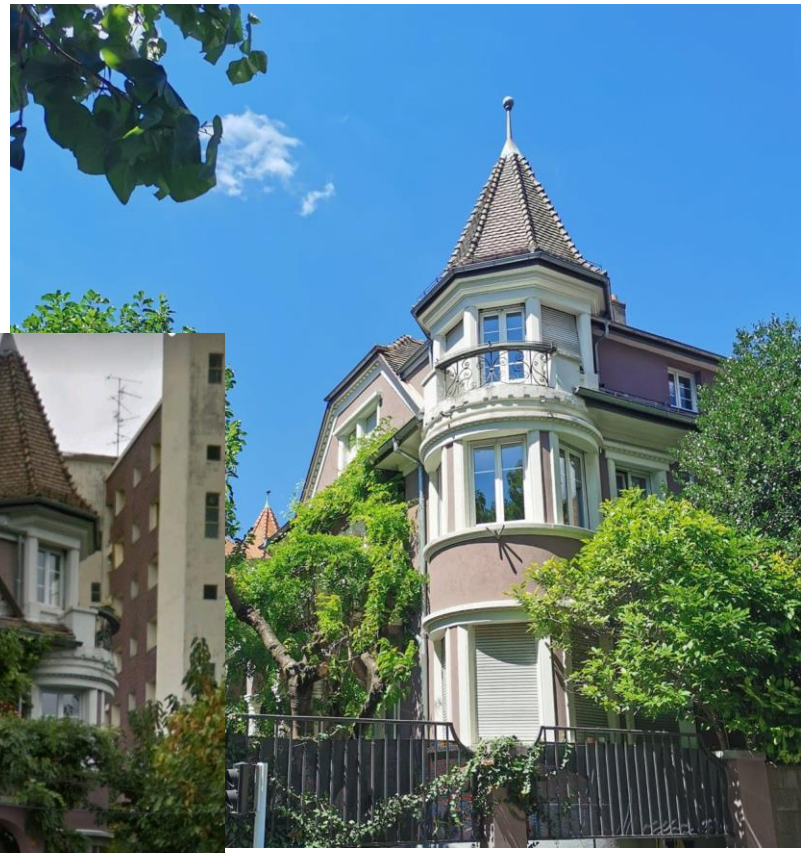
A l'ombre
$T_{ambiance}$=30,8°C



Au soleil
T_{sol}=41°C

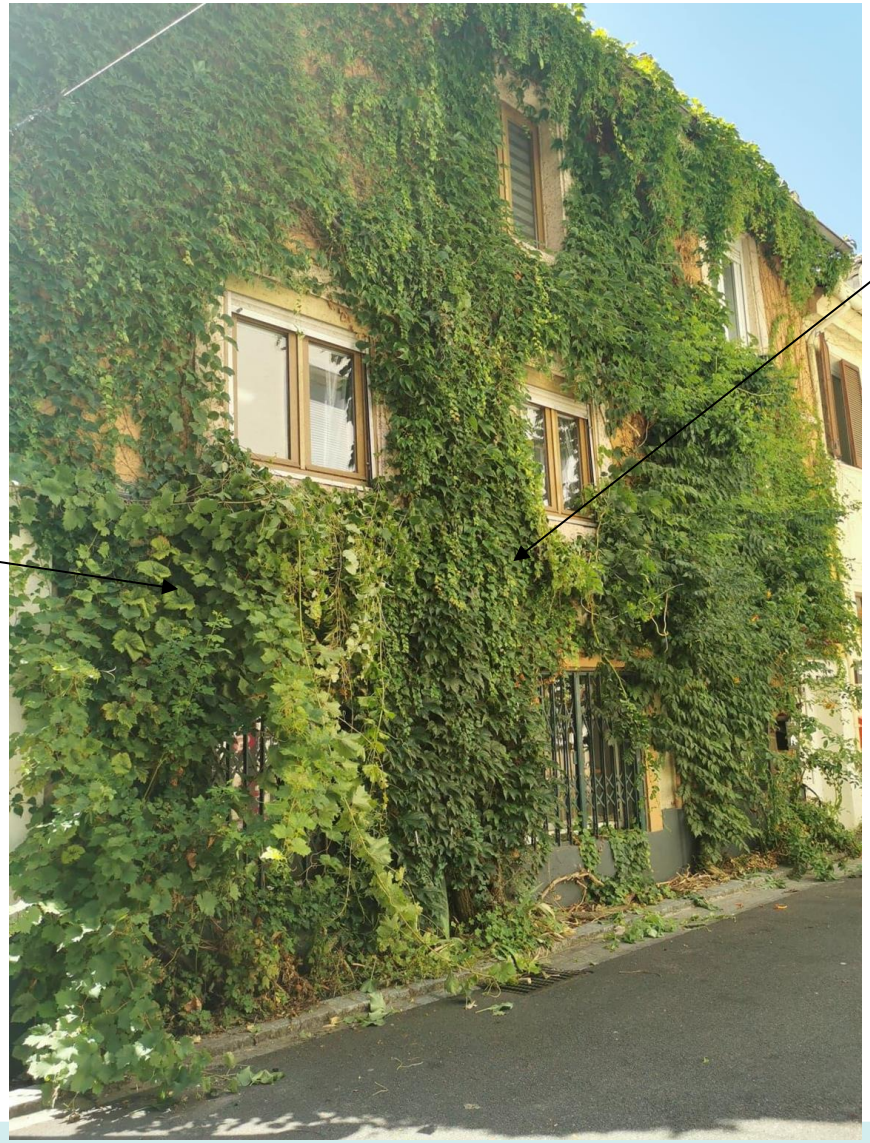
Mesures

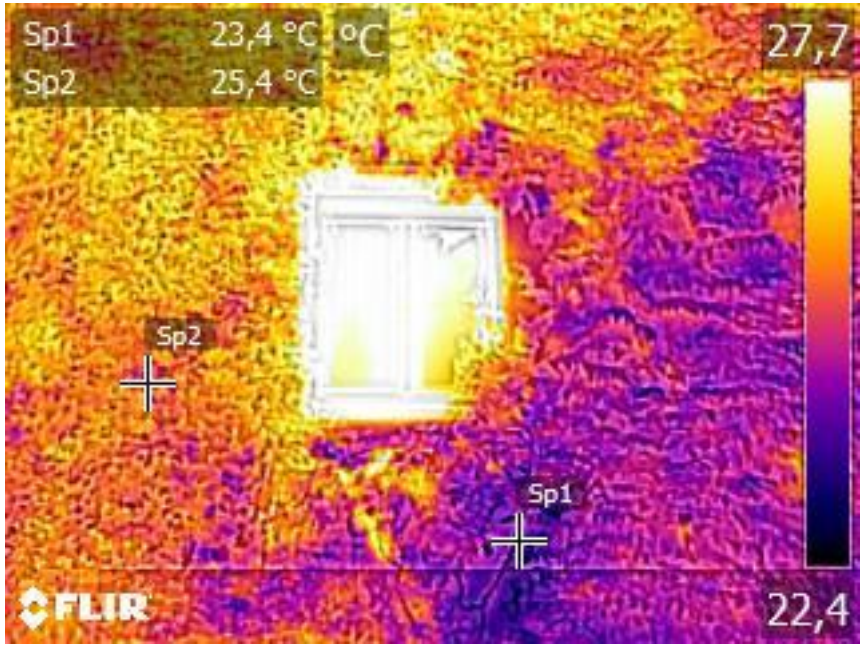




Maison quartier Nordfeld avec balcon végétalisé
ΔT=8K entre le mur protégé par la végétation et l'autre non

Mesures





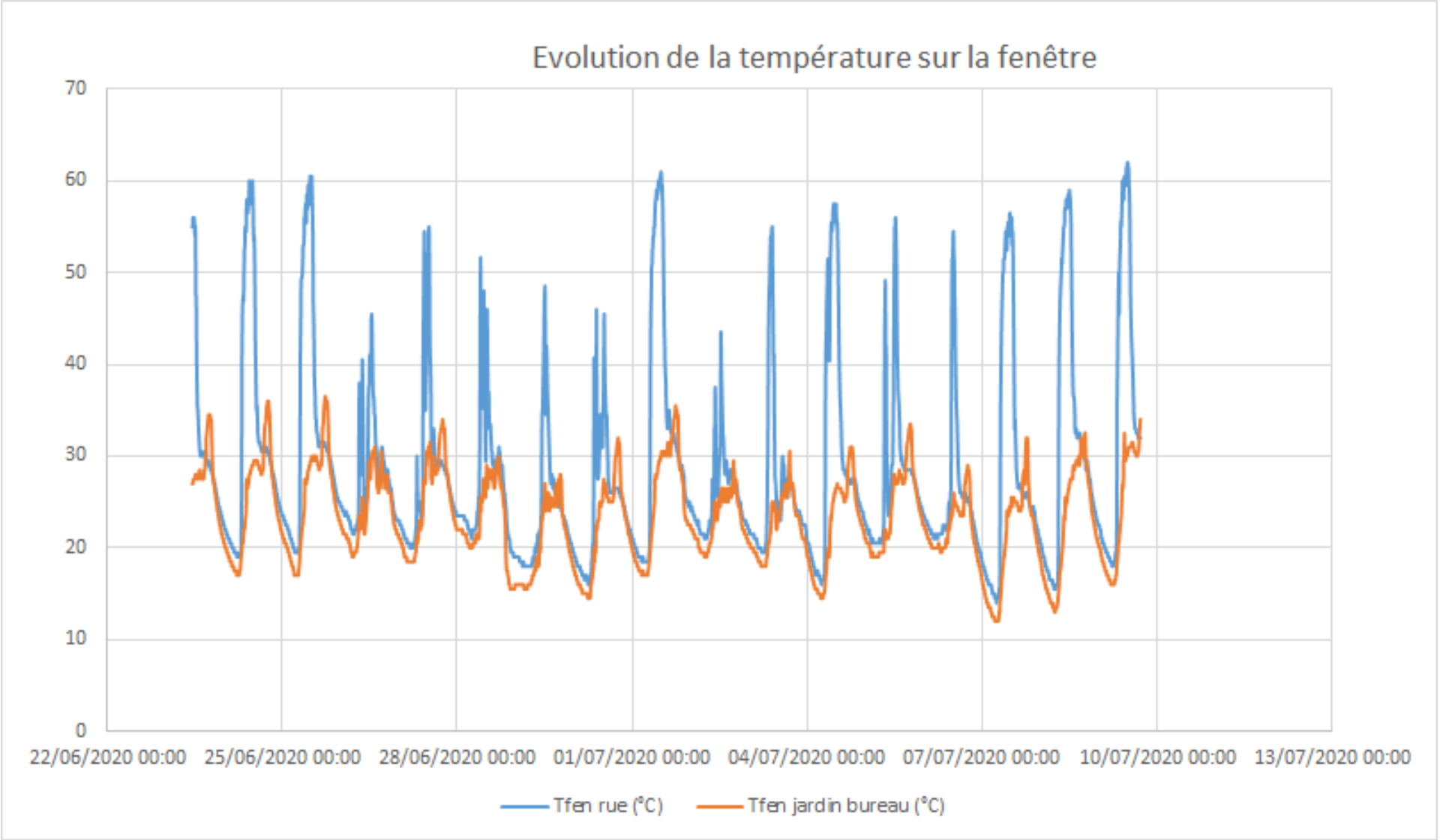
 Différence de températures selon le type de végétaux et la densité de feuillage - de 22,4 à 27,7°C avec une ambiance à 31°C

Mesures

Mise en place et analyse de différentes sondes de température autour de notre bureau à Mulhouse

Ici on regarde l'évolution des températures devant les fenêtres côté rue (Sud) et côté jardin (Nord)

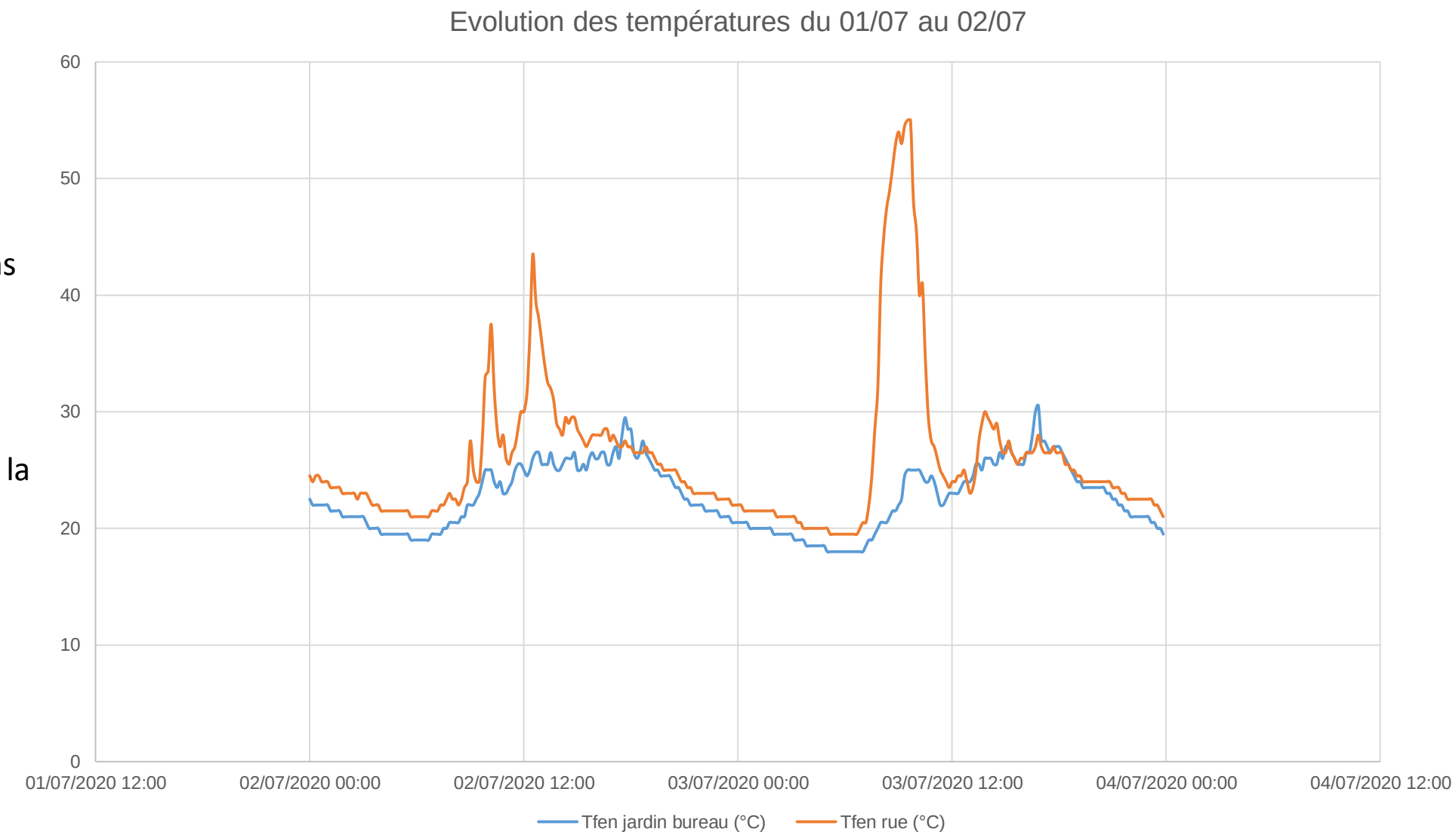
 ΔT=30K aux pics



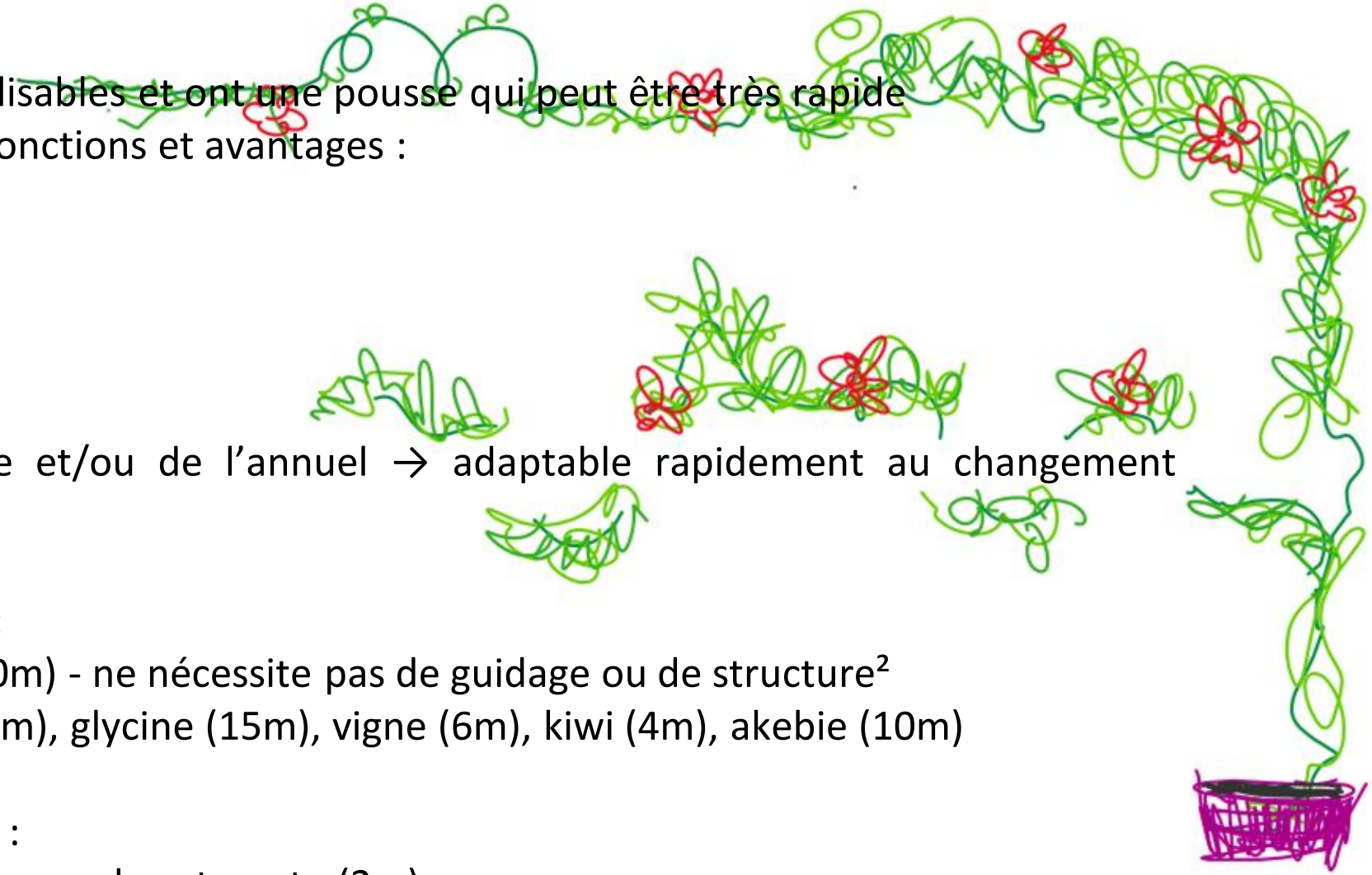
Mesures

Analyse de différentes sondes de température dans le bureau à Mulhouse

Zoom sur deux journées chaudes et comparaison de la vitesse d'abaissement de la température



Végétation - focus sur les grimpantes



Les grimpantes sont facilement utilisables et ont une pousse qui peut être très rapide
Elles permettent de mélanger les fonctions et avantages :

- feuillage caduque
- pollinisation/fleurs/fruits
- ombrage au sol
- réversibilité
- besoin de peu de place au sol
- possibilité d'avoir du durable et/ou de l'annuel → adaptable rapidement au changement climatique

Exemples de grimpantes durables :

- lierre (30m) et vigne vierge (20m) - ne nécessite pas de guidage ou de structure[2]
- clématites (10m), passiflore (5m), glycine (15m), vigne (6m), kiwi (4m), akebie (10m)

Exemples de grimpantes annuelles :

- haricots (3m), courges (3m), concombre, tomate (2m)
- houblon (10m)

Végétation - focus sur les grimpantes

Plante	Apperçu	Feuillage	Hauteur à maturité	Support	Distance entre les plants	Ensoleillement	Plantation/semis	Floraison/récolte	Type de climat	Emplacement	Type de sol	Entretien
Glycine du Japon (Wisteria Floribunda)		Caduc	10m	Pleine terre avec support (treillis, gillage, pergola)	2,5-3m	De plein soleil à mi-ombre	De Février à Mai et de Septembre à Décembre	Mai	Climat tempéré, plante rustique (-20°C) adaptée à toutes régions	Extérieur	Tout type	Arrosage modéré
Clématite (Clematis Texensis)		Caduc	3 à 4m	Pleine terre avec support (treillis, gillage, pergola)	1,5m	De plein soleil à mi-ombre. Protéger le pied du soleil	De Février à Mai et de Septembre à Décembre	De Juin à Septembre	Climat tempéré, plante rustique adaptée à toutes régions	Extérieur	Tout type pourvu qu'il soit enrichi en terreau ou compost et bien drainé. Evitez les sols trop calcaires	Arrosage modéré

Végétation - une grimpante c’est têtu… il faut penser comme elle!

Végétation - points complexes

En construction neuve :

- la bande stérile de 3m en périphérie de bâtiment… est stérile → revitalisation à grands frais
- après un chantier, le sol est tassé, parfois pollué (terrains de plus en plus contraints)
- les plantations arrivent en dernier dans un projet donc n'ont pas ou peu poussé pour l'ouverture du site

En rénovation :

- trouver du sol vivant
- comment faire avec les constructions en limite

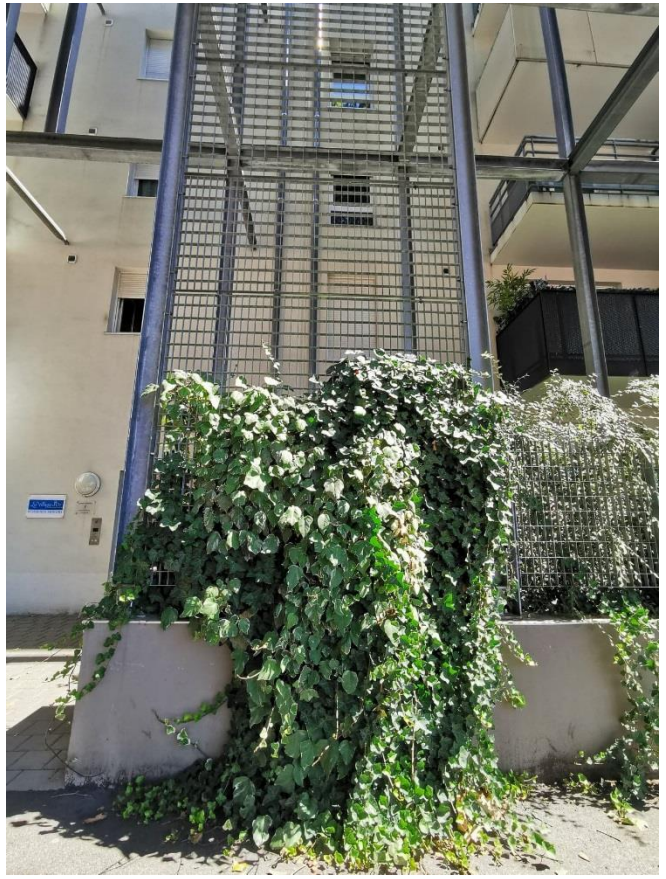
L'acceptabilité :

- depuis 2006 aucun collaborateur d'IMAEE n'a réussi à faire passer l'idée à un architecte ou un client de faire pousser une vigne vierge ou un lierre : "ça abime les bâtiments". On préfère payer des structure métalliques, des câbles, des fondations… pour faire pousser des plantes qui sont plus fragile que le lierre ou la vigne
- on préfère dépenser pour de l'entretien et de l'énergie dans une clim plutôt que de l'entretien de végétation.
- demande sur un projet actuel : "mettez de la végétation qui pousse lentement et demande le moins d'entretien possible"

Végétation – Références

Saint-Louis
Création d'ombre au dessus d'entrées communes de logements

Végétation – Références



Lierre théoriquement grimpant... mal guidé

Végétation – Références

Green City Hotel Vauban – Freiburg
Barkow Leibniger

Plantes : Glycine grimpante

Support de la végétation : Câbles métalliques

Végétation – Références

Berlin

Végétation – Références

Protection solaire des balcons

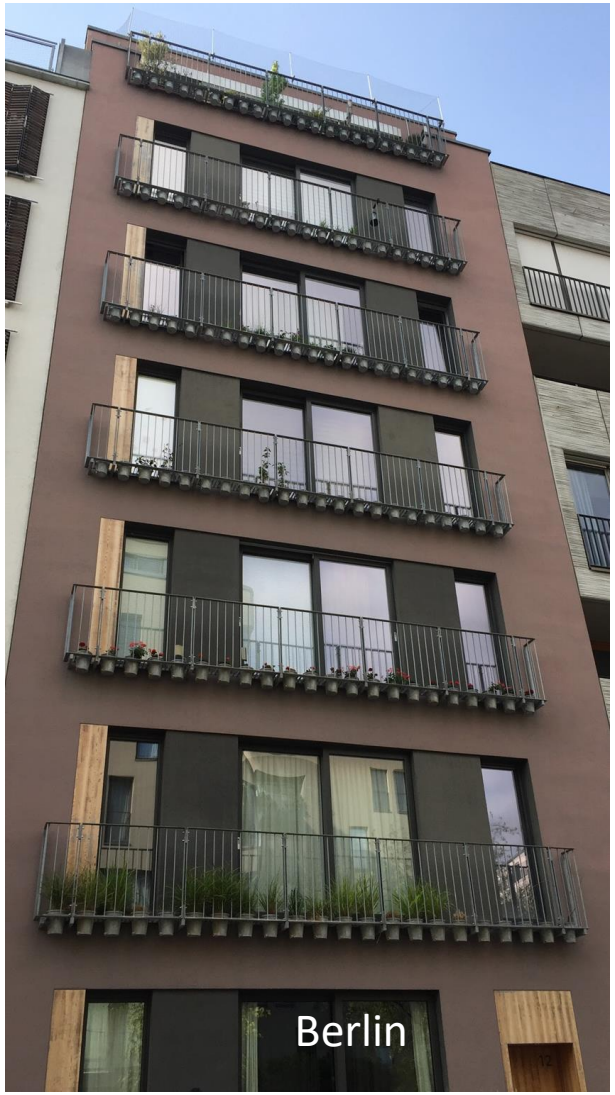
The Sun Path House – Miami
Maison individuelle
Christian Wassmann

Support de la végétalisation :
Câbles métalliques

Végétation – Références

Dimensionner les bacs de terre…
Prévoir de l'arrosage

Amsterdam


Berlin

Végétation – Références

Gesamtansicht Gebäude © Ton Desar

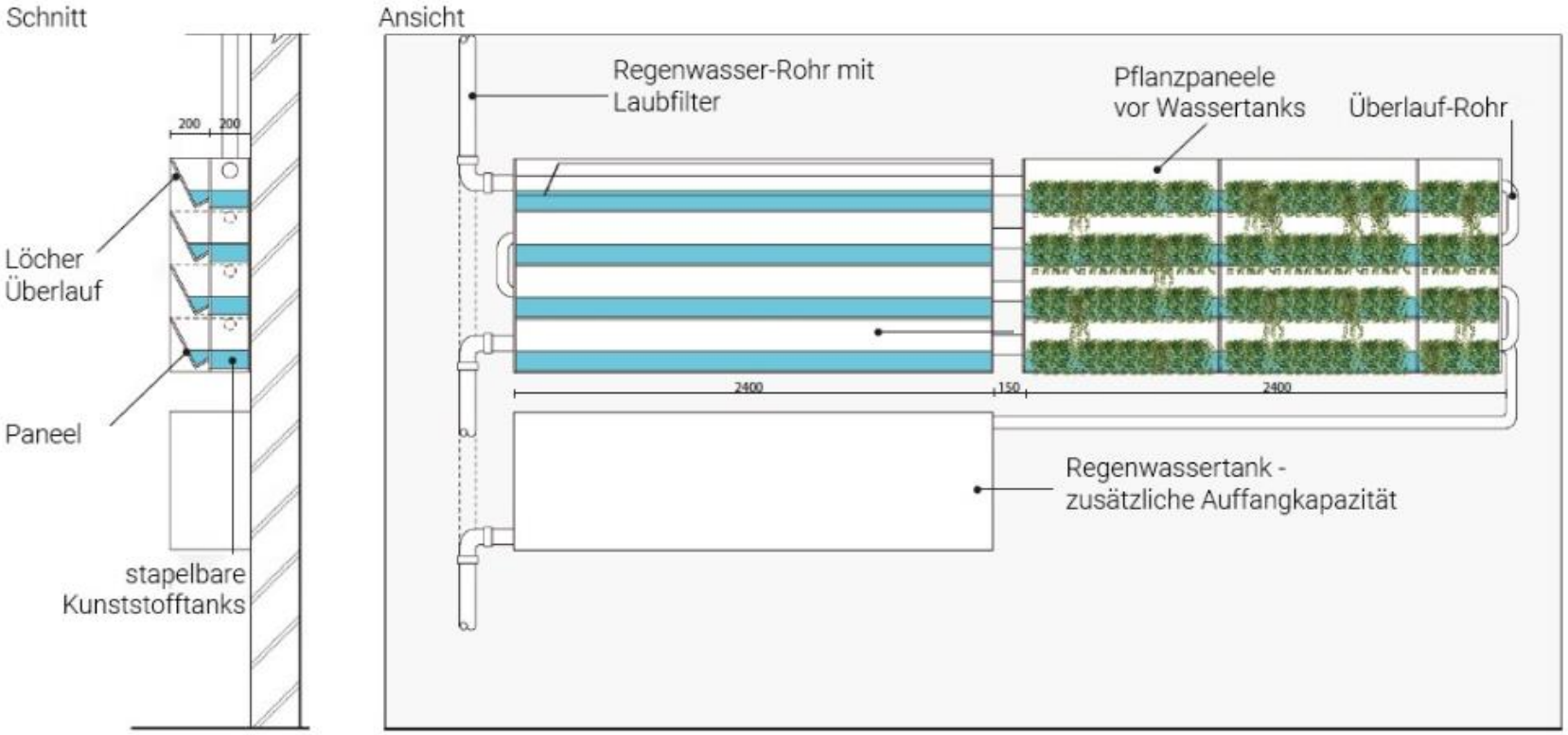
Nahaufnahme modulare Fassadenbegrünung © Ton Desar

Murs végétalisés

Bureaux de la ville de Venlo – Pays Bas

Kraaijvanger Architects

eau de pluie, eau grise



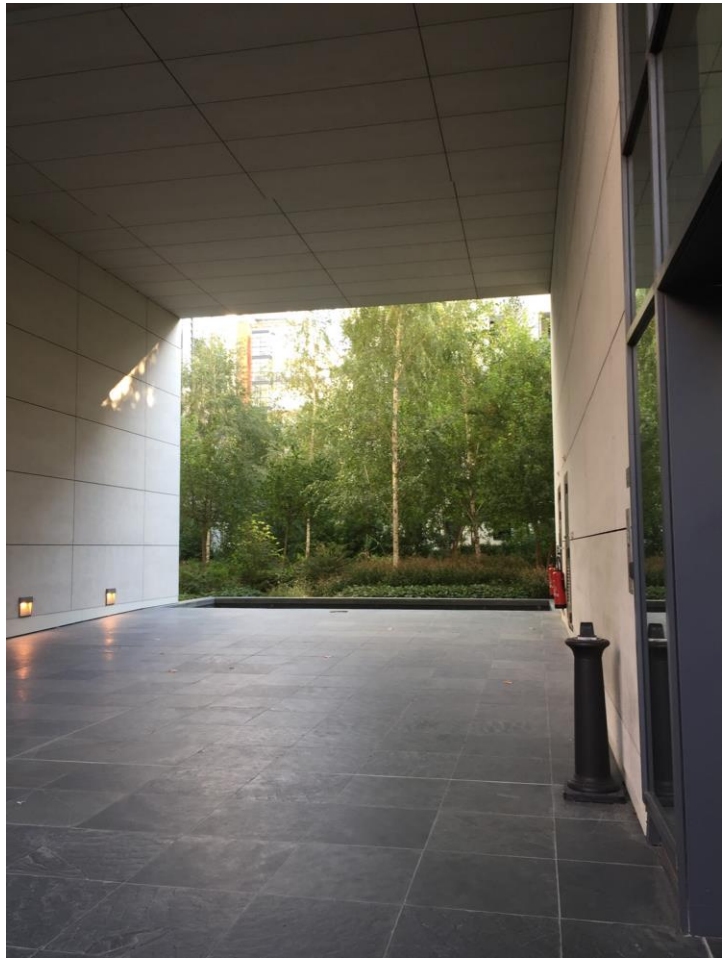
Végétation – Références

Sihlcity Shopping Center – Zurich
Parking du centre commercial
Theo Hotz
Support : Grilles métalliques

Stücki Shopping Center – Bâle
Architecte : Diener & Diener
Support : Grilles métalliques arrosage automatique

Parkings

Végétation – Références



Lyon : végétalisation des cours

Végétation – Références

Amsterdam : végétalisation des ruelles

Berlin : accès aux logements

VEGETATION ET CONFORT D'ÉTÉ ou COMMENT PREPARER LES VILLES AUX LENDEMAINS ?

Sur le pont de Brooklyn, à New York, le 29 juin 2018. | Drew Angerer / Getty images North America / AFP

Comment parvenir à une ville bas-carbone, avec en ligne de mire l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 ?

Objectif majeur: adaptation des villes au changement climatique

\+ permettre aux habitants de vivre sans suffoquer

> modifier les formes urbaines

> favoriser la nature = **rôle protecteur**.

Les réflexions urbaines évoluent. Elles intègrent des notions:

- de climatologie,
- d'écosystèmes,
- de compacité pour libérer le sol
- de potentiel d'adaptation

La **renaturation des villes** est un des leviers principaux.

La résilience: capacité d'un système à se remettre d'une perturbation importante

Perte de biodiversité + changement climatique + crise sanitaire, mettent à l'épreuve notre capacité de résilience.

Les parcelles les plus riches en biodiversité (15 à 20 espèces au minimum) s'avèrent les plus résilientes face à la sécheresse, par rapport à celles ne contenant qu'une ou deux espèces….

>>> Elaborer une stratégie de résilience: plusieurs mécanismes / **la manière d'aménager nos territoires,** sur le mode cependant de la **sobriété**

>>> Ne pas verdir uniquement l'urbanisme, mais le transformer !

Quand je suis allé à l'
être quand je
Ils m'ont dit qu
J'ai répondu
ils m'ont demandé ce que je voulais
grand. J'ai écrit "HEUREUX"
n'avais pas compris la question
ils n'avaient pas compris la vie...

Quelques degrés en moins grâce à la végétation

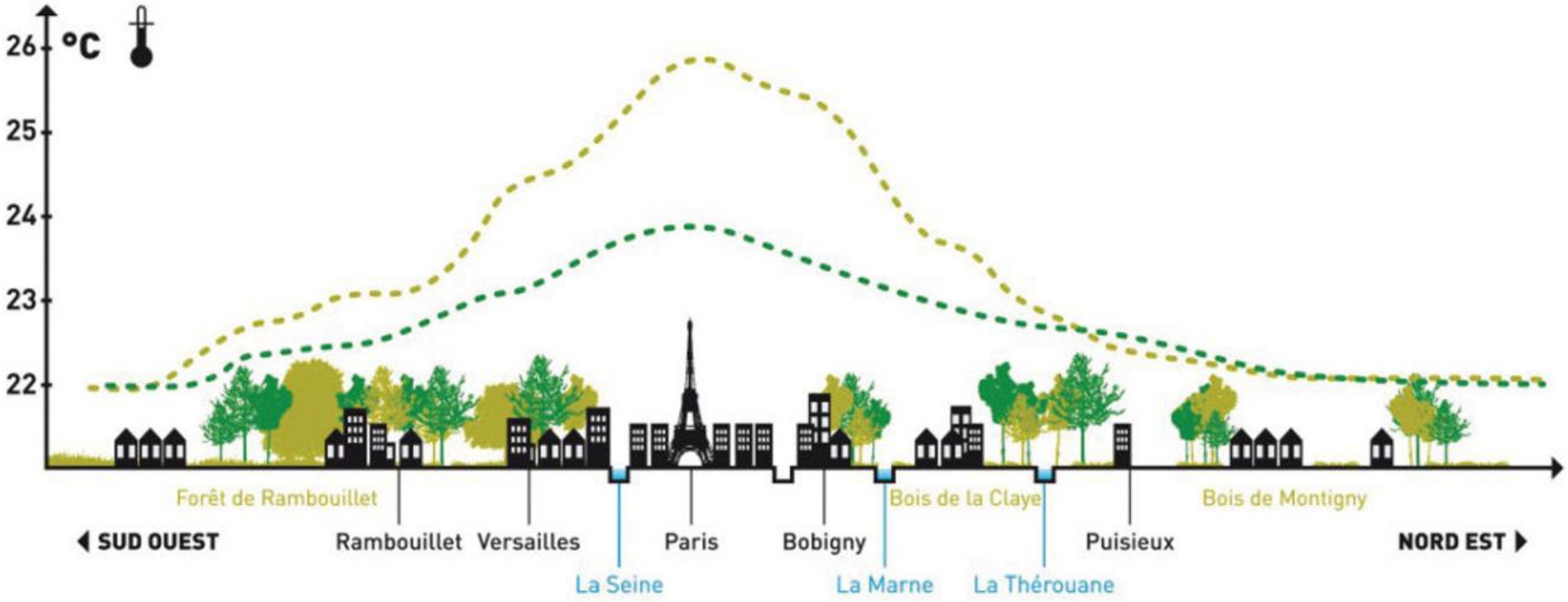
Plus de végétation permet de rendre la chaleur plus supportable.

Végétaliser une ville peut permettre de rafraîchir l'air ambiant et lutter contre l'ICU.

L'arbre joue un rôle fondamental: évaporation + ombre portée

Ex: Canicule 2003 en Ile-de-France, mesures Météo France:
>>> écart de 8°C entre le la ville centre et la banlieue
>>> ce qui confirme l'importance du COUVERT VEGETAL mais aussi des COULEES VERTES ARBOREES, qui jouent ce rôle de climatiseur

Planter des arbres, encore et encore….



Source CSTB - Météo France

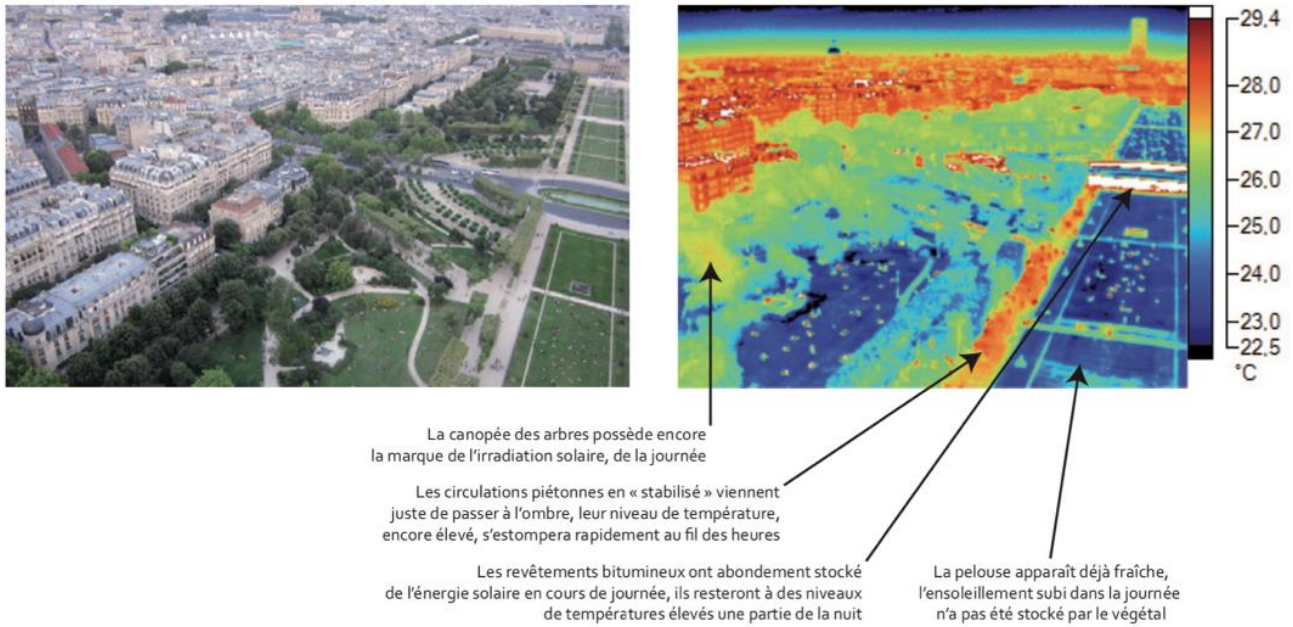
Les grands espaces verts, générateurs de brise thermique urbaine

En végétalisant une ville, on pouvait parvenir à **diminuer de 1 à 3 °C la température de l'air** en cas de canicule. Une réduction de la température de 5 °C serait même envisageable à certaines heures de la journée…..

Les grands espaces verts sont, tout comme les cours d'eau,, des générateurs de brises thermiques urbaines. **Le halo de froid qu'ils génèrent la nuit crée un contraste thermique** suffisamment fort avec leur proche environnement urbain **que l'air est appelé à s'écouler et à former une ventilation urbaine radiale bien particulière**.

Ils jouent pourtant un rôle essentiel dans l'expression du confort thermique urbain, **répartition de la pollution atmosphérique sur le territoire parisien lors des périodes anticycloniques sans vent**.

Figure 16 – Vues aériennes du champs-de-Mars prises le 2 août 2011 vers 20h (18 UTC) peu après le coucher du soleil



Forêts urbaines spacieuses / politiques forestières urbaine

Les forêts urbaines et périurbaines sont d'autant plus efficaces pour rafraîchir l'air ambiant qu'elles sont **spacieuses**.

Le Canada a lancé en 2006 une stratégie de forêt urbaine, qui a poussé plus de 20 municipalités à développer des politiques forestières urbaines.

Aujourd'hui, **30% de la superficie de la ville de Toronto est recouverte d'arbres**. Ce qui équivaut à 16.000 arbres en moyenne par kilomètre carré ou quatre arbres par riverain !

Vers un urbanisme météorologique ?

Pourquoi les villes anciennes sont plus fraîches ?
Vitruve explique que Néron a eu tort d'élargir les allées de Rome, alors que la taille des rues avait été calculée pour **créer l'ombre** et **entraîner le vent dans une bonne proportion**.
Il y a 2 éléments dont il faut tenir compte:
l'albédo* et le vent.
Les quartiers pollués, où l'air stagnent sont plus chauds et malsains bien entendu.

Un parc agit un **gigantesque filtre** formant une **barrière contre le vent chaud et la pollution.**
Il ventile la ville avec avec de l'air dépollué et frais, en créant un **nouveau vent urbain convectif.**

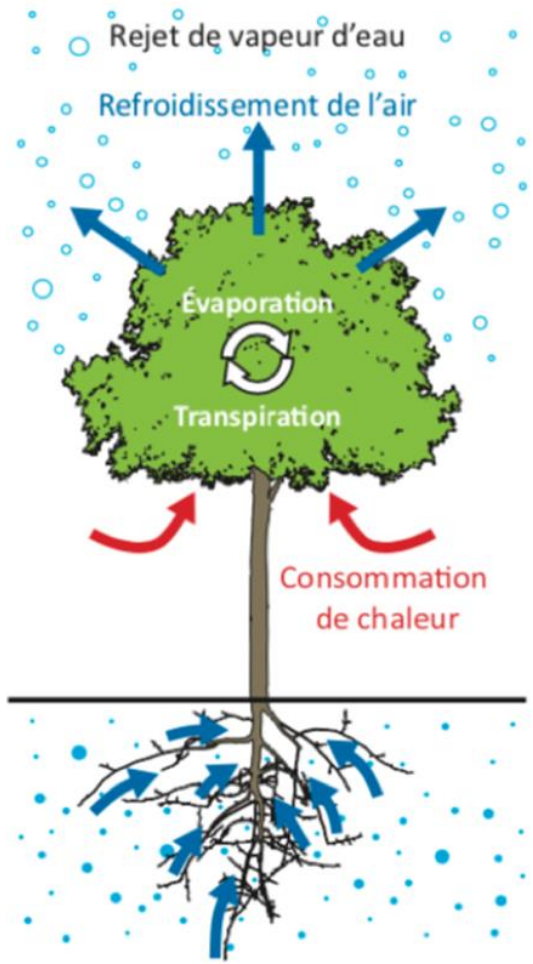
Le rôle de la matière organique de la couronne

Privilégier les **arbres de grande hauteur**

1_évapotranspiration: elle concerne tous les types de végétaux, pelouses, arbustes, arbres à grand développement, etc.

L'évapotranspiration qualifie la **transformation d'eau liquide en vapeur d'eau qui a lieu lors de la photosynthèse ou lors de la régulation thermique des tissus de la plante**.

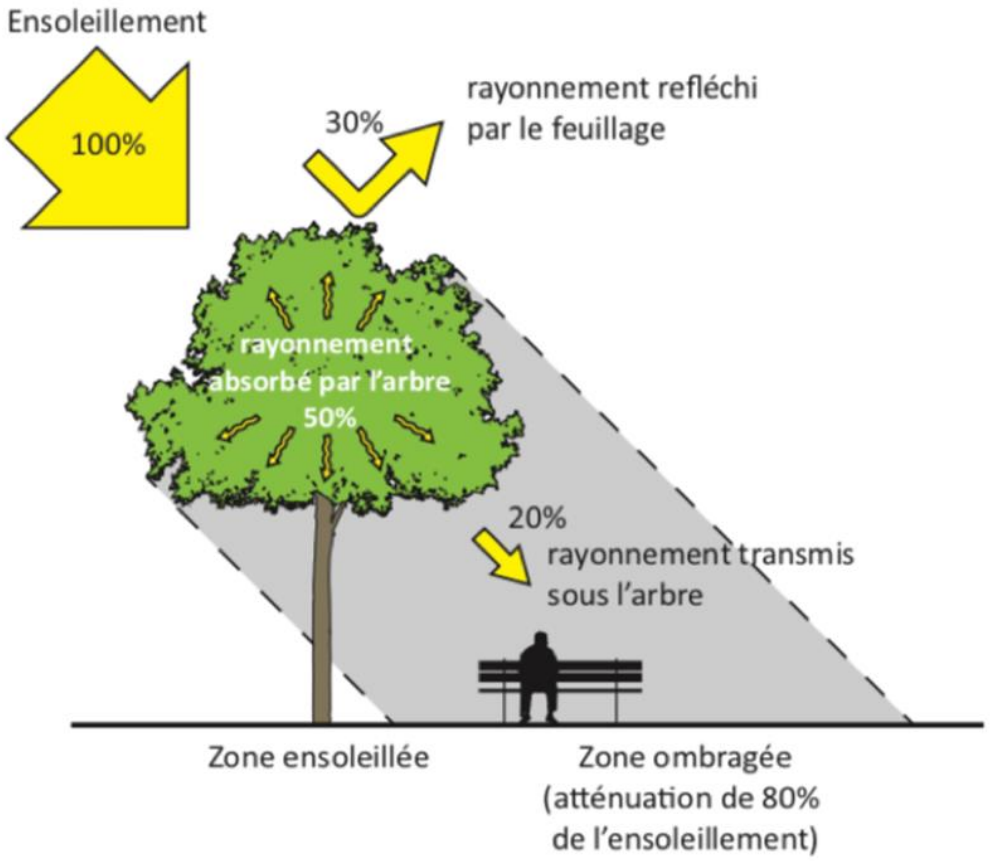
Ce processus consomme de l'énergie, prélevée dans l'environnement et participant ainsi à son refroidissement.
>>> Le végétal se comporte dans l'espace urbain un peu comme un climatiseur passif.



Le rôle de la volumétrie de l'arbre

2_volumétrie de la végétation: **Les arbres sont capables de créer des ombres et donc des zones de confort sur l'espace public.**

La qualité de l'ombre est tributaire de la **densité foliaire**.



Performances microclimatiques et environnementales

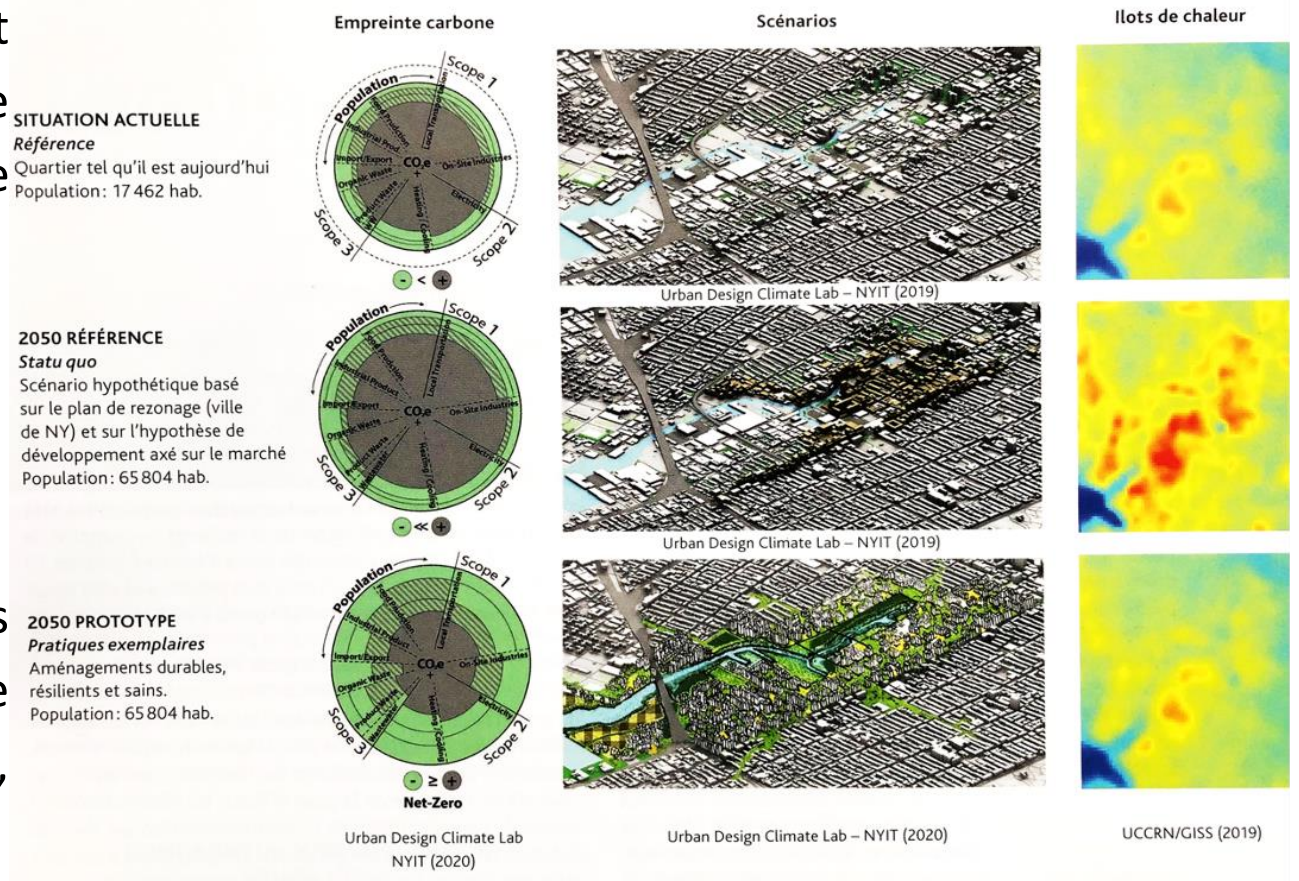
Des ateliers d'aménagement urbain lié au climat sont développés à New-York, Paris, Naples et Durban, se basant sur des mesures réalistes, développant une méthodologie pour évaluer les bénéfices acquis.

Actions pour la réduction des ICU:

-Surfaces réfléchissantes

-Solutions d'écologisation urbaine

-Optimisation de la ventilation urbaine par les échanges d'air et les couloirs de vent obtenus grâce aux variations de densité et de masse des bâtiments, et les systèmes de drainage urbain.



Le tiers-paysage:
rôle précieux du tiers-espace et de la friche

Refuges pour la diversité, constitués par la somme des délaissés, des réserves et des ensembles primaires.

Le tiers paysage correspond à **l'évolution laissée à l'ensemble des êtres biologiques** qui composent le territoire en l'absence de toute décision humaine.

Il se situe aux marges, et est essentiel, ne nécessitant pas la main de l'homme.

Privilégier une végétation autonome, en libre évolution

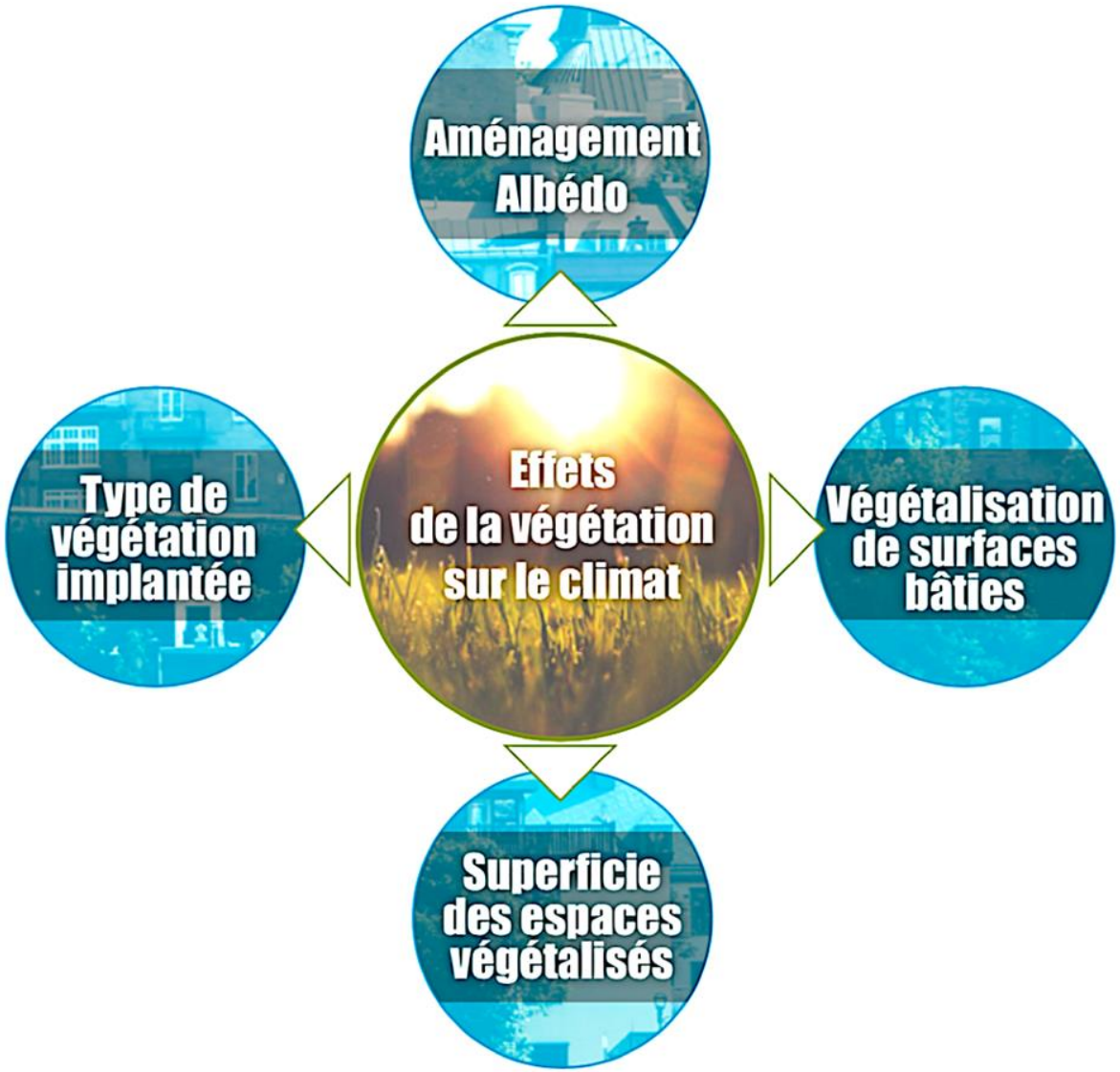
Installation d'un ensemble naturel selon le principe d'une dynamique naturelle, sur un terrain nu, dépourvu de concurrence pour que s'installent les pionniers

>>> Ces espaces en libre évolution ont développé une **richesse et une diversité écologique** (floristique et faunistique) bien supérieure au pacs et jardins gérés…..

/// Visite le 17/11/20 à 9h00

Privilégier une végétation autonome, en libre évolution

Effets de la végétalisation sur le climat

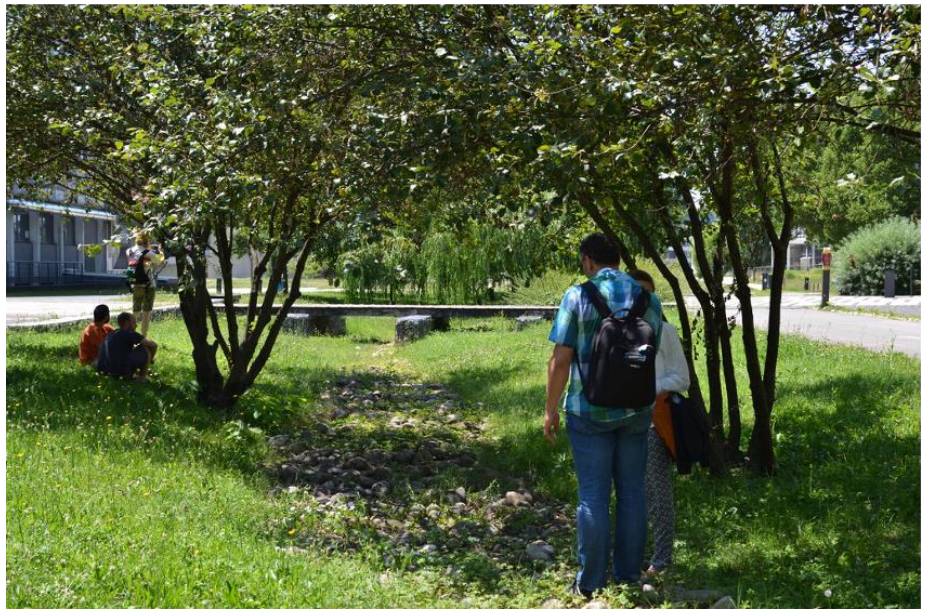


L’eau en milieu urbain comme régulateur thermique

Approche écosystémique: sol + végétal + eau + air

Jardins de pluie: luttent contre les inondations et la pollution des eaux de ruissellement (phytoremédiation).
Composés de:
- bandes enherbées,
- de nouveaux rideaux d’arbres,
- de revêtements poreux,
- de noues ou fossés

Exemple:
A Mendoza: *acequia*, servaient à l’irrigation / aujourd’hui elles drainent les pluies d’été



Le sol: capteur de carbone

- L'écosystème arbres + sol est un système important dans la lutte contre les émissions de CO2, puisque c'est l'un des systèmes **stockant le plus de carbone sur les 30 premiers centimètres du sol**

- Une augmentation accrue du carbone stocké dans le sol ou dans la biomasse forestière serait une solution pour compenser les émissions de CO2:
  > en boisant les terres arables (afforestation),
  > en augmentant l'âge d'exploitabilité des forêts

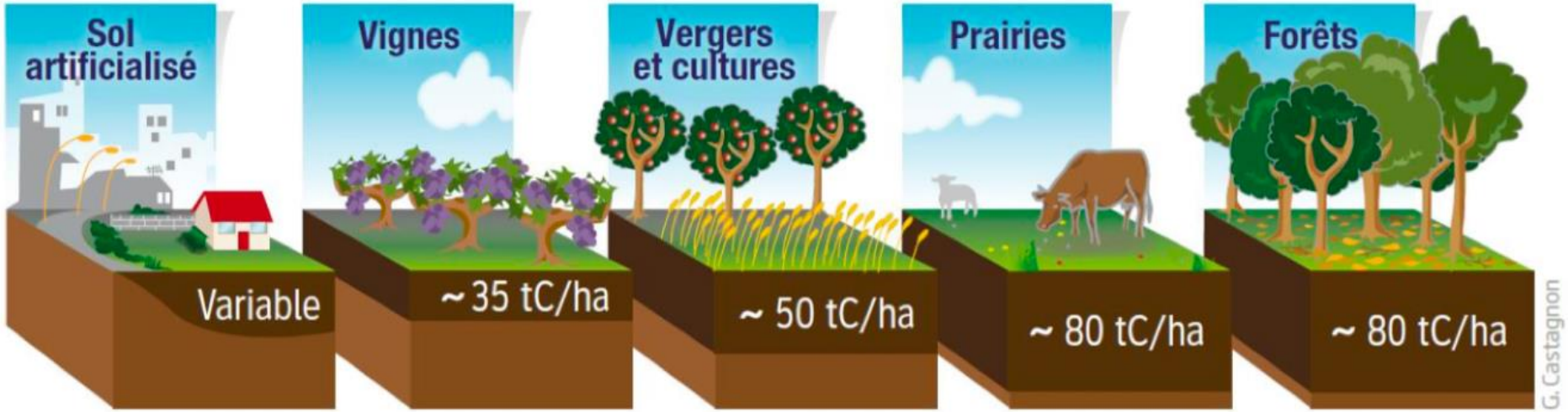


Figure 1: Stock de COS dans les grands systèmes, sur les 30 premiers centimètres (ADEME, 2014).

Conclusion

1_Réduction des ICU* par les îlots de fraicheur

Le phénomène d'îlot de fraîcheur entraîne :

- un rafraîchissement pendant les périodes estivales,
- une diminution de la consommation énergétique (clim / qui par ailleurs rejette la chaleur dans les rues et augmente les émissions de GES…….)
- une amélioration de la qualité de l'air

Il est rendu possible grâce à l'**amélioration de l'écosystème urbain**, de son métabolisme et de son microclimat:

- optimisation de l'efficacité énergétique (y compris les transports)
- des solutions d'écologisation urbaine **augmentant la part de végétation**
- l'optimisation de la **ventilation naturelle** par les échanges d'air et les couloirs de vent obtenus grâce aux variations de densité et des masses des bâtiments
- des **surfaces réfléchissantes** (sols urbains + façades et toitures)
- et des systèmes durables de **drainage urbain.**

*les temp élévées causent une augmentation des niveaux de polluants
>>> le phénomène d'ICU est de plus en plus cité comme cause de maladies respiratoires et de décès prématurés

Conclusion

2_Actions

1_**Agir sur la réduction du bilan carbone**

- libérer le sol (neuf)
- déminéraliser (existant)
- utiliser des matériaux poreux et clairs (sol + façade + toitures)
- déployer un sol fertile (écologiquement) et humide (dépressions légères)
- déployer la canopée
- développer toutes les strates végétales

+

2_**Augmenter les capteurs de carbone**

- plantation massive, toutes strates confondues
- sol fertile
- surfaces en eau (zones humides, retenues d'eau, sillons, fossés, etc)

Le défi fondamental du XXIe consiste à configurer des villes denses, bien conçues, équitables et efficaces, résilientes face à la crise climatique tout en contribuant à son atténuation.

Cette double perspective permet d'organiser les quartiers densément peuplés de façon à faire face à cette menace climatique.

Végétation – à voir - à lire

A voir :

- Hervé Coves, notamment “Le vieil arbre” https://www.youtube.com/watch?v=3rGRgEivXy4
- Francis HALLÉ - L'Arbre et sa Structure - Formation Intégrale https://www.youtube.com/watch?v=0PI1k1KZs7k

A Lire :

- Guide de végétalisation (façades / toitures / pieds de murs). Eurométropole Strasbourg https://www.strasbourgcapousse.eu/outils/
- Etude SESAME. Metz https://metz.fr/projets/developpement-durable/sesame.php

...et bien plus encore

Merci pour votre attention

Processus d'installation d'une forêt native (inspiré d'un botaniste allemand & Miyawaki)

1/ L'IDENTIFICATION DES ESSENCES AUTOCHTONES ET CIIMACIQUES

> identifier un minimum de **50 espèces autochtones et climaciques** à partir de l'étude de la végétation potentielle de la zone de reforestation, et **récolter les graines de ces essences en forêts naturelles locales** au cours de la période de germination.

2/ LA PRODUCTION EN PEPINIERE

> **graines semées et élevées en pépinière pendant deux ans**, à proximité du site de plantation. Il est recommandé également d'acclimater les jeunes plants à leur futur environnement en les y disposant pour une durée d'une semaine à un mois précédant la mise en terre.

3/ LA PREPARATION DU TERRAIN

> **monticules de terre meuble** à créer sur la parcelle pour servir de surface dédiée à la plantation

> **fertiliser le sol grâce à des amendements naturels**, tels que des **copeaux de bois pour favoriser le développement des mycorhizes** et des **végétaux décomposés pour y apporter des nutriments**.

+ 2 ans

Processus d'installation d'une forêt native (inspiré d'un botaniste allemand & Miyawaki)

4/ LA PLANTATION PARTICIPATIVE

C'est l'occasion d'impliquer les populations locales (enfants des écoles / habitants) et les sensibiliser à l'environnement. A la plantation, les arbres sont plantés de façon très dense :

3 à 5 jeunes pousses prennent racines au sein d'un même mètre carré.

« Dans une forêt primaire, plus de 900 graines tombent au sol par mètre carré mais seules 3 à 5 d'entre elles auront la chance de devenir arbre. Lorsque nous recréons une forêt native, nous veillons à respecter ce ratio »

> Le fait de disposer les graines de façon dense et aléatoire permet de reproduire la complexité d'un milieu naturel où opèrent émulation et coopération entre les essences.

5/ LE SUIVI

> Après plantation, un suivi est nécessaire durant 1 à 3 ans. La reprise des plants est souvent supérieure à 90% la première année.

> **Les jeunes arbres doublent leur taille en un an, et ce tous les ans**.

> Après 3 ans, la forêt est entièrement autonome et n'a plus besoin d'entretien. **Une canopée fermée est atteinte en 5 ans**, et une forêt adulte en 20 ans.

« **Les successions naturelles menant d'une friche à une forêt mature nécessitent environ 200 ans en climat tempéré**. Il est possible d'obtenir des résultats équivalents en 20 ans.