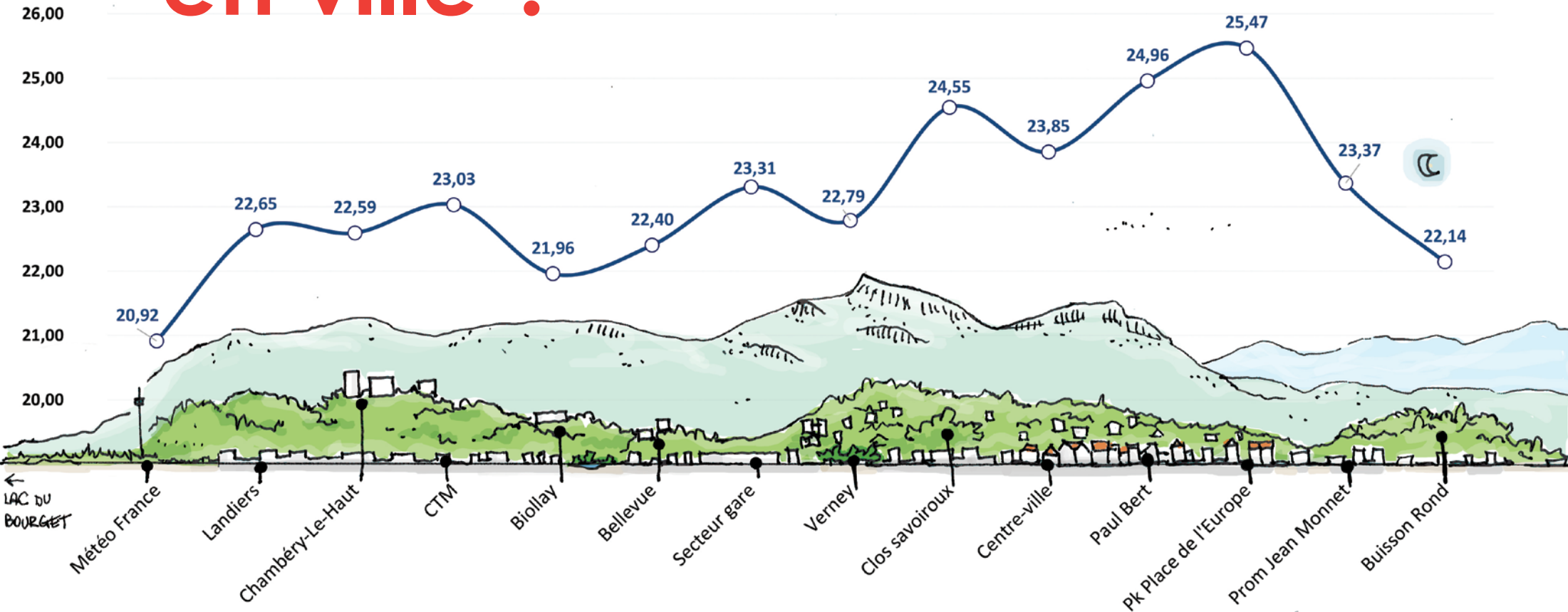
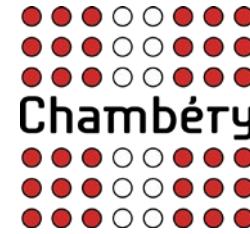


# Pourquoi fait-il plus chaud en ville ?





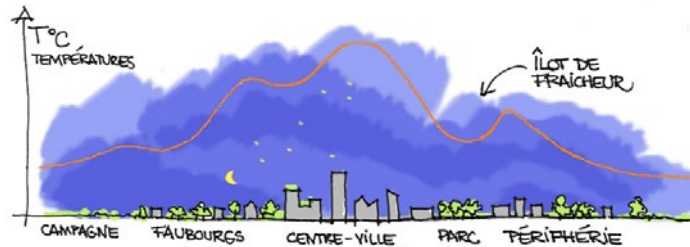
# Enjeux

## 3 enjeux imbriqués



// Echelle globale  
**Changement climatique**  
>> Augmentation des températures et des vagues de chaleur

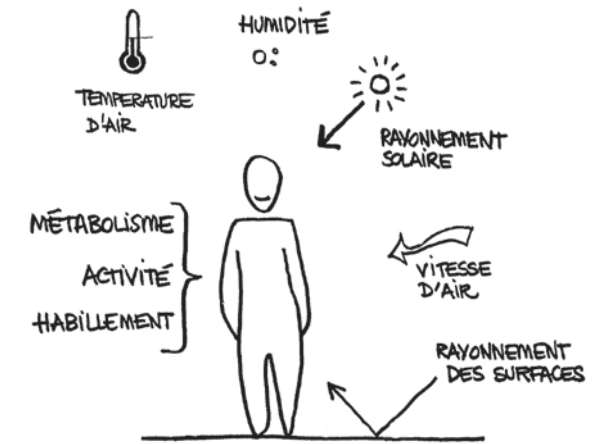
Phénomène planétaire qui se répercute à toutes les échelles du climat



// Échelle ville, quartiers  
**Îlot de chaleur urbain**

>> Surchauffe surtout la nuit

Phénomène à l'échelle des villes et quartiers où les températures sont plus élevées qu'à la campagne.



// Echelle piéton  
**Confort thermique des espaces extérieurs publics**  
>> Surchauffe le jour

Problématique de jour en extérieur

# Le changement climatique à Chambéry

## Constat

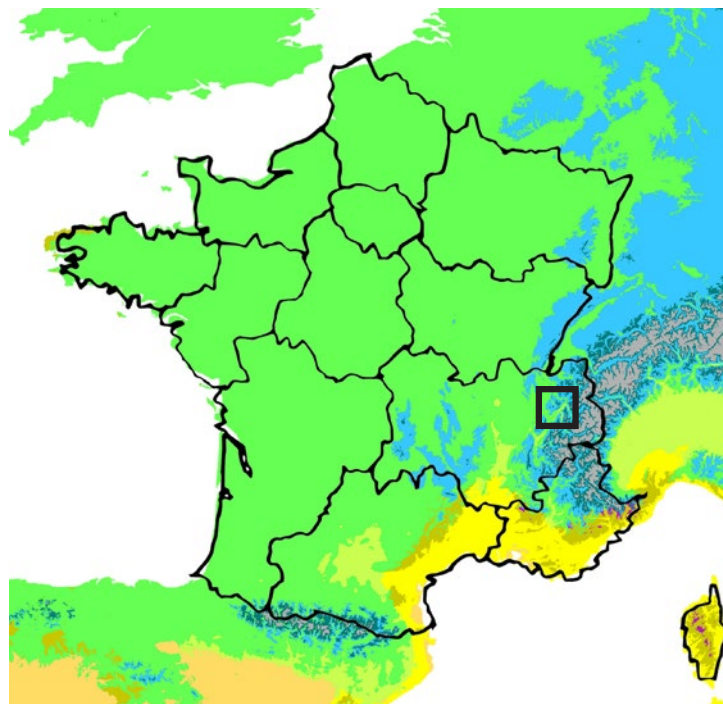
A Chambéry, les modèles climatiques prédisent un passage d'un climat tempéré humide (Cfb) à un climat tempéré humide à été chaud (Cfa).

Se caractérise par :

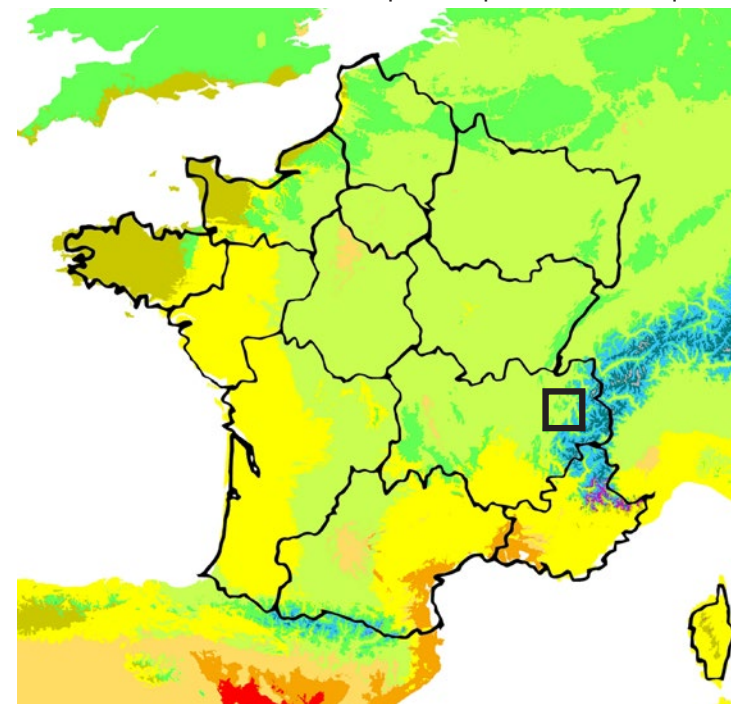
- hausse moyenne des températures, plus de journées chaudes et de vagues de chaleur ;

- plus grande fréquence des évènements extrêmes.

**Climat actuel**  
Référence 1980–2016



**Climat futur 2071–2100**  
RCP 8,5 scénario sans politique climatique



Zones climatiques selon la classification des climats de Köppen-Geiger (Beck et al. 2018)

- BWh Climat désertique chaud
- BSh Climat semi-aride chaud
- BSk Climat semi-aride froid
- Csa Méditerranéen chaud // Climat tempéré chaud à été chaud et sec
- Csb Méditerranéen tempéré // Climat tempéré chaud à été sec
- Cfa Subtropical humide // Climat tempéré chaud sans saison sèche et à été chaud
- Cfb Océanique tempéré // Climat tempéré chaud sans saison sèche et à été tempéré
- Cfc Océanique froid // Climat tempéré chaud sans saison sèche à été court et frais
- Dfb Climat continental froid, sans saison sèche et à été tempéré
- Dfc Climat continental froid, sans saison sèche et à été court et frais
- ET Climat polaire

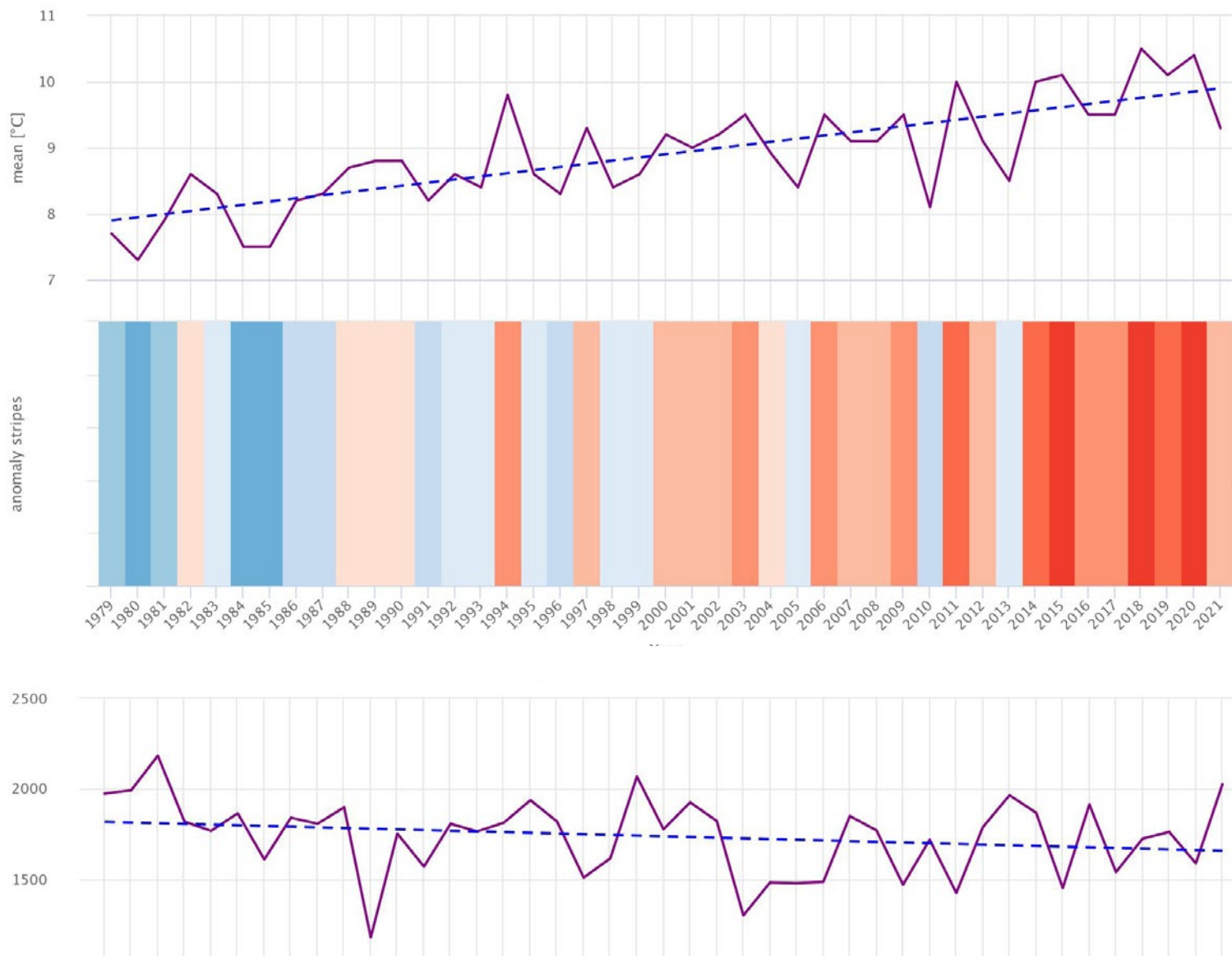
# Le changement climatique à Chambéry

## Constat / températures moyennes annuelles

A Chambéry,  
+ 2°C d'augmentation des  
températures moyennes  
annuelles par rapport à  
1979

Par ailleurs, les  
précipitations ont  
légèrement baissé.

Source : Meteoblue,  
station Chambéry-le-vieux



# Le changement climatique à Chambéry

## Prospectives climatiques / températures moyennes annuelles

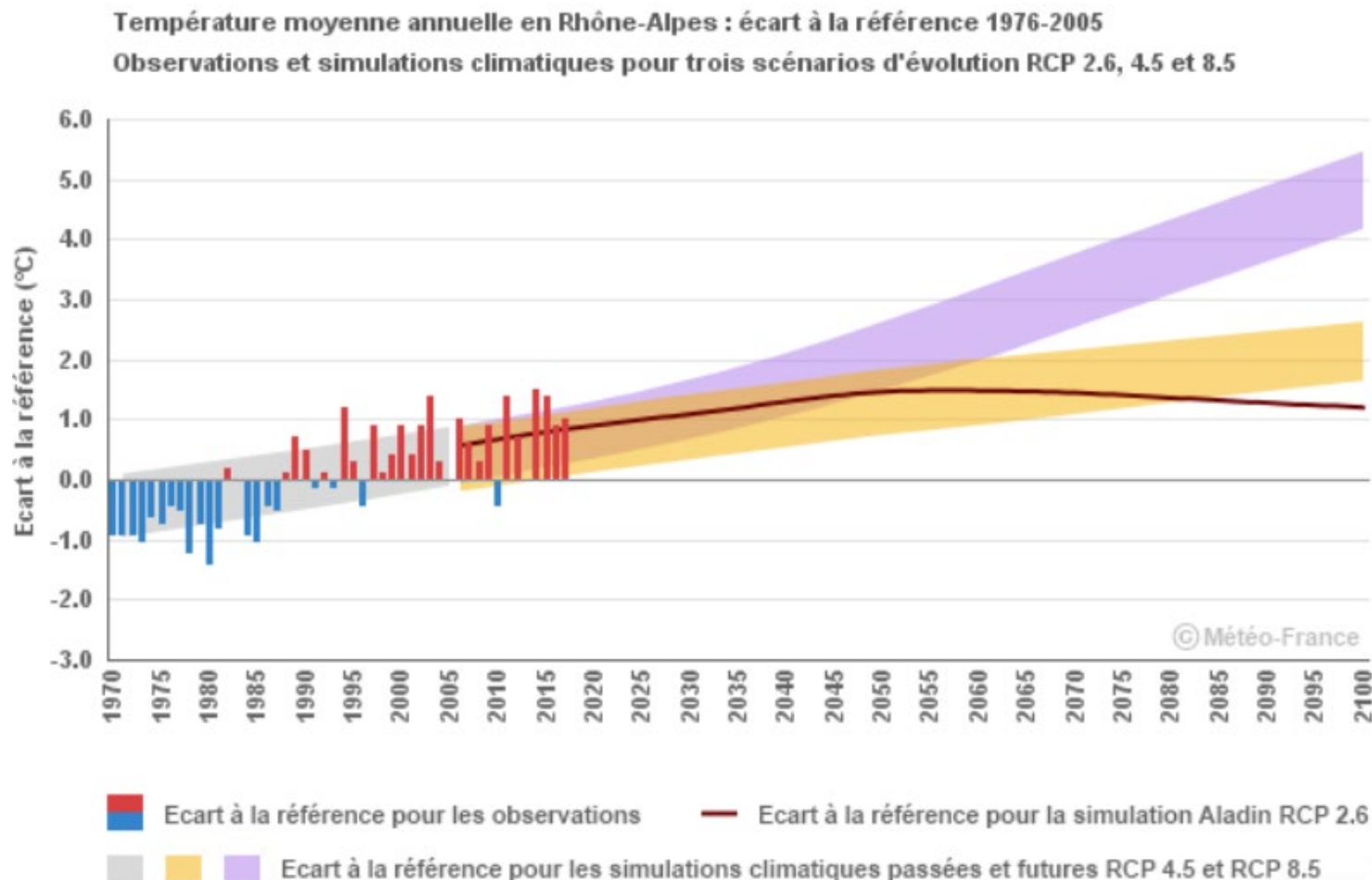
En secteur Rhône-Alpes, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement annuel jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario.

Source : climatHD

3 scénarios du GIEC :

- scénario RCP 8.5 : scénario sans politique climatique, le plus pessimiste ;
- scénario RCP 4.5 : scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO<sub>2</sub> ;
- scénario RCP 2.6 : scénario maîtrisé qui intègre les effets d'une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le plus optimiste.

\*RCP « Representative Concentration Pathways » ou « Profils représentatifs d'évolution de concentration »



# Le changement climatique à Chambéry

## Prospectives climatiques / températures moyennes annuelles

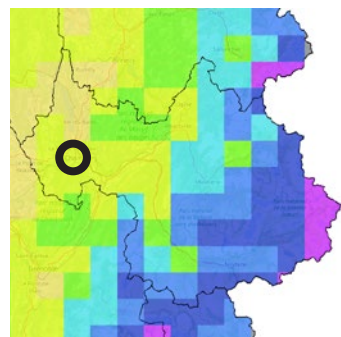
Température moyenne [°C]

RCP2.6 : Scénario avec une politique climatique

RCP8.5 : Scénario sans politique climatique

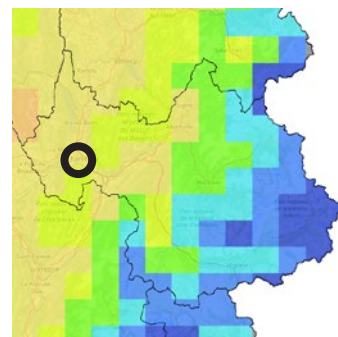
Source : DRIAS

1976-2005



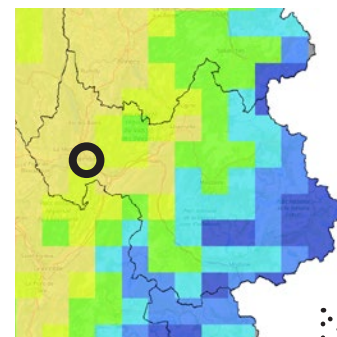
10.34 °C  
(valeur de référence)

2041-2070

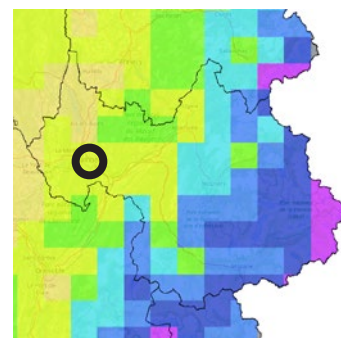


11.84 °C  
↗ + 1.54 °C

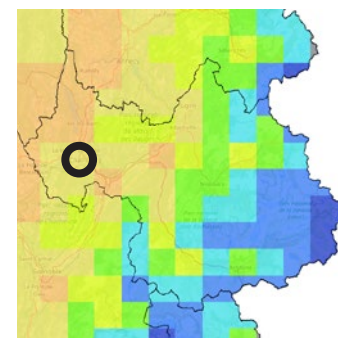
2071-2100



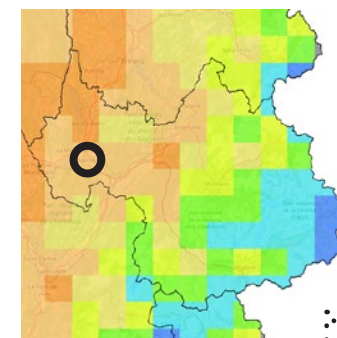
11.64 °C  
↗ + 1.32 °C



10.34 °C  
(valeur de référence)



12.47 °C  
↗ + 2.13 °C



14.20 °C  
↗ + 3,86 °C



# Le changement climatique à Chambéry

## Constat / les vagues de chaleur

**Vague de chaleur : des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs.**

**Canicule : dépassements de températures diurnes et nocturnes dont le seuil varie en fonction des départements pour 3 jours consécutifs minimum.**

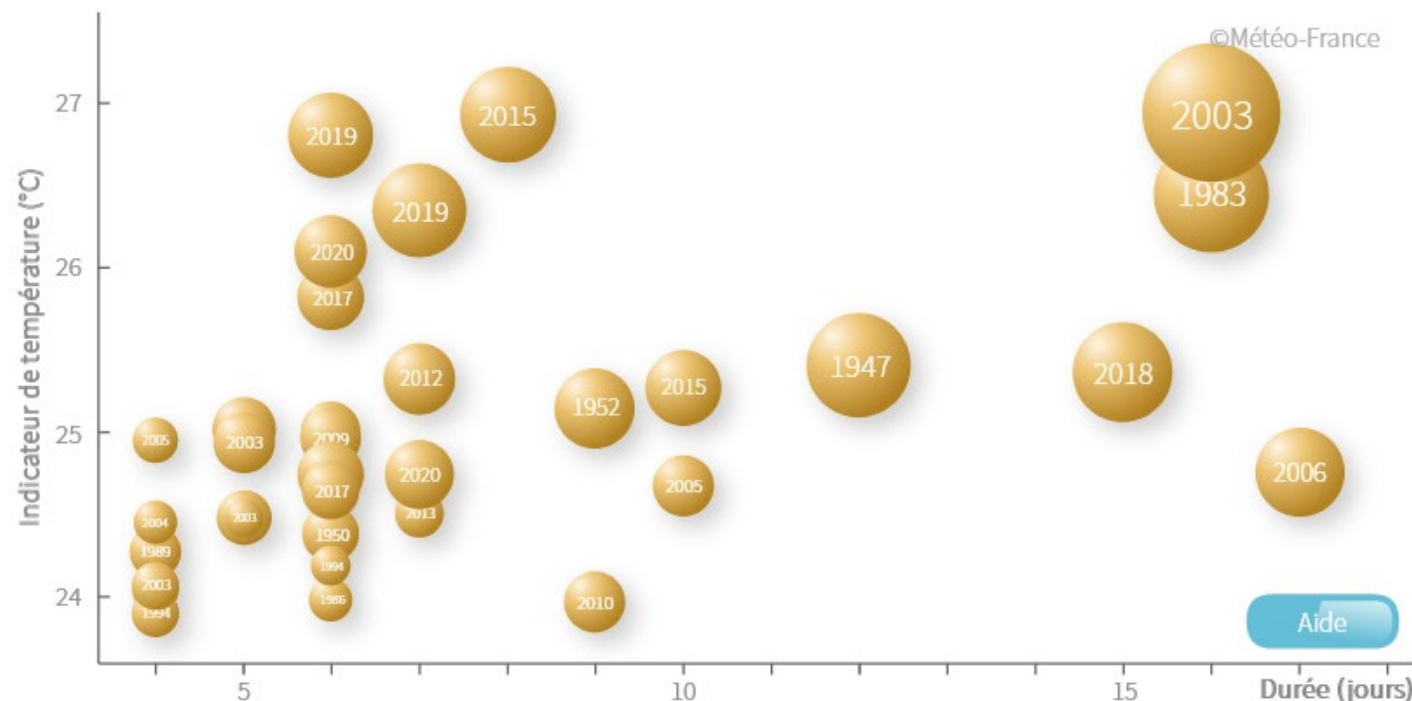
**A Chambéry, les seuils de canicule sont 34°C le jour et 19°C la nuit.**

**Les vagues de chaleur les plus longues et les plus sévères se sont produites après 1983.**

**Impact sanitaire : Risque de déshydratation et d'hyperthermie parfois mortel pour les publics sensibles**

(plus de 65 ans, nourrissons, enfants de moins de 4 ans, femmes enceintes, personnes malades...)

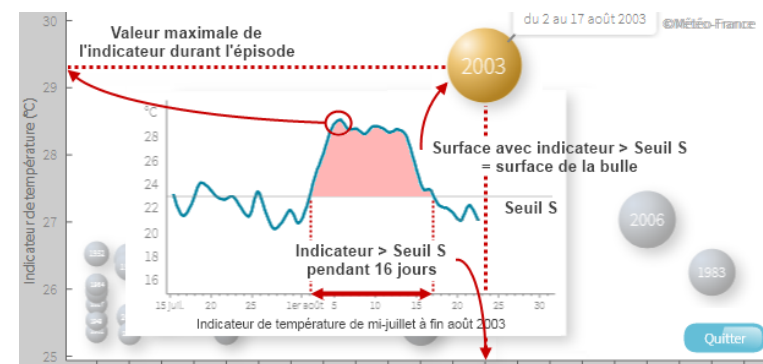
### Vagues de chaleur



Source : ClimatHD, Météo France Rhône-Alpes

Le graphique caractérise les vagues de chaleur entre 1947 et 2020 :

- La durée en jours en abscisse ;
- L'intensité par un indicateur de température, en ordonnées ;
- La sévérité : la dimension des bulles représente le cumul de chaleur.





# Le changement climatique à Chambéry

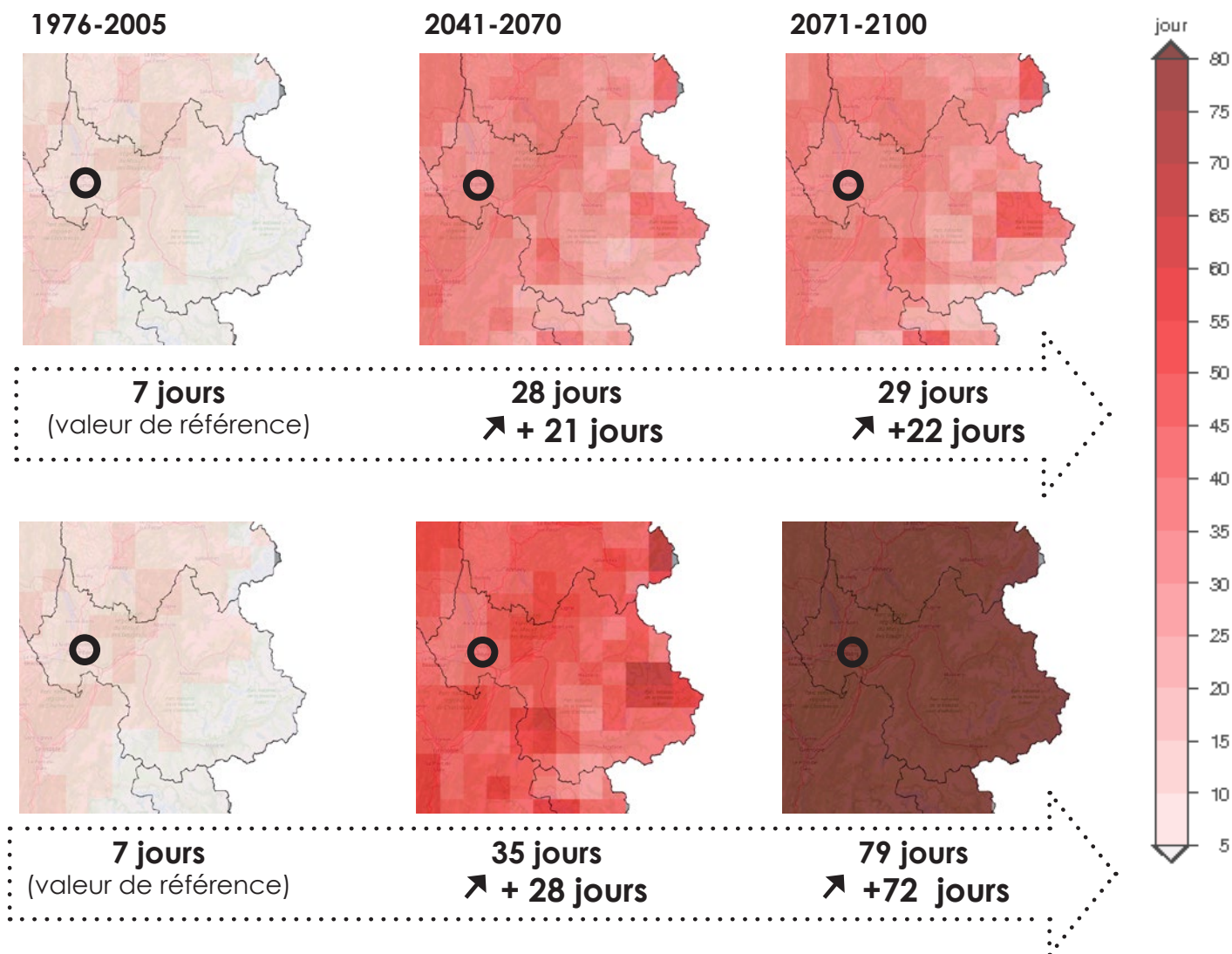
## Prospectives climatiques / vagues de chaleur

Nombre de jours de vague de chaleur par an

RCP2.6 : Scénario avec une politique climatique

RCP8.5 : Scénario sans politique climatique

Source : DRIAS



# L'effet d'îlot de chaleur à Chambéry

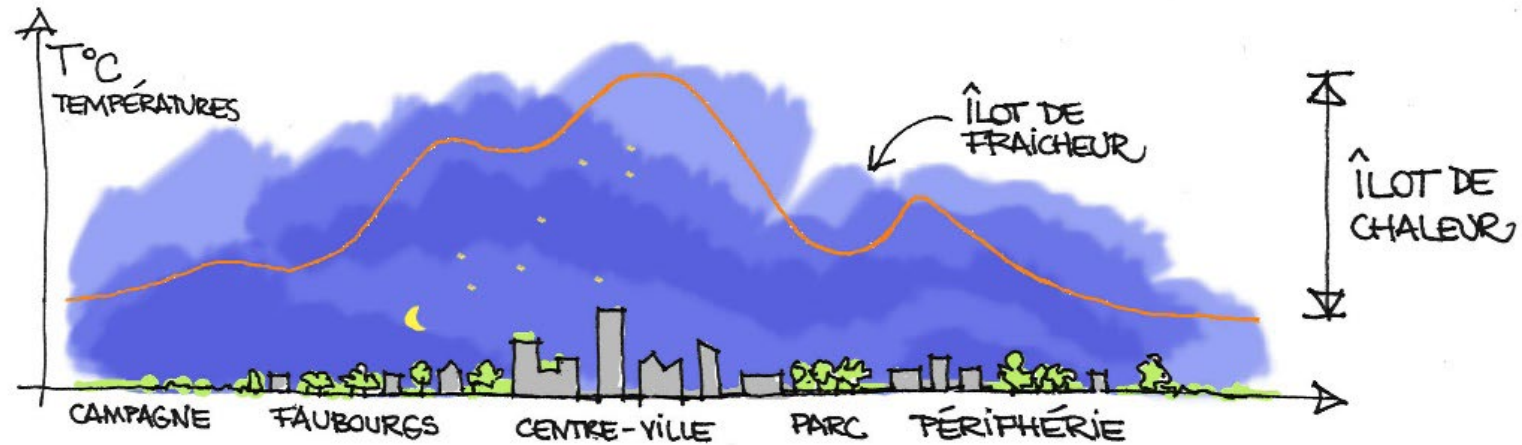
## Définition

Phénomène à l'échelle des villes et quartiers où les températures sont plus élevées qu'à la campagne.

En été, il se manifeste principalement la nuit particulièrement problématique pour les habitants dans leur logement.

Impacts sanitaires aggravés en cas de vague de chaleur.

Lors de la canicule de 2003, la surmortalité a été de 141% à Paris, alors qu'en zones rurales, elle était de 40%. (Cadot, 2006)



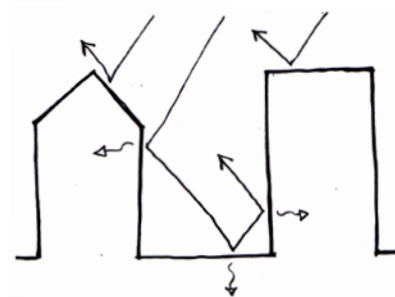
# L'effet d'îlot de chaleur à Chambéry

## Les causes de l'îlot de chaleur

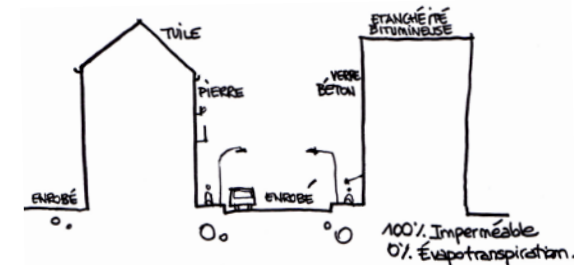
Les causes de l'îlot de chaleur urbain sont multiples et se cumulent entre elles.



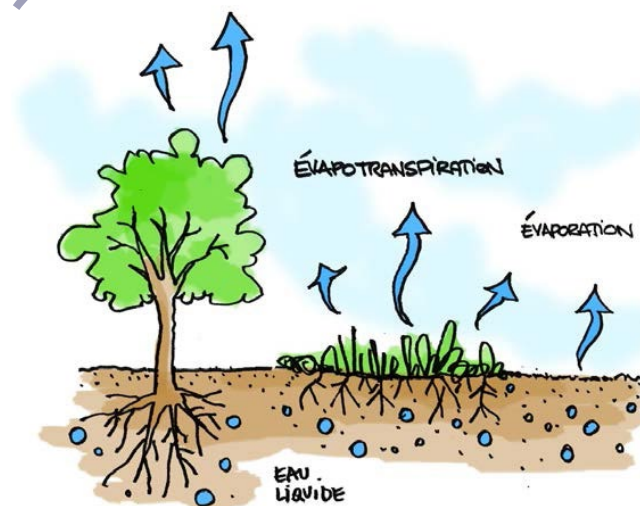
Emissions de chaleur anthropiques  
(Climatisation, voitures)



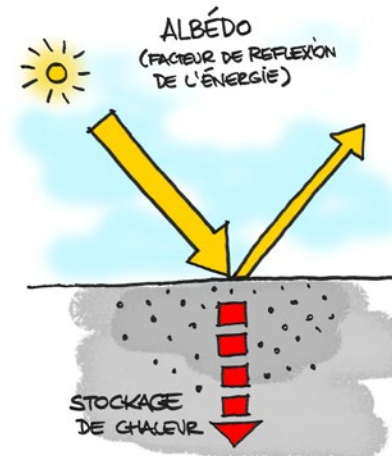
Rugosité aux vents du bâti  
Piégeage de la chaleur par le bâti



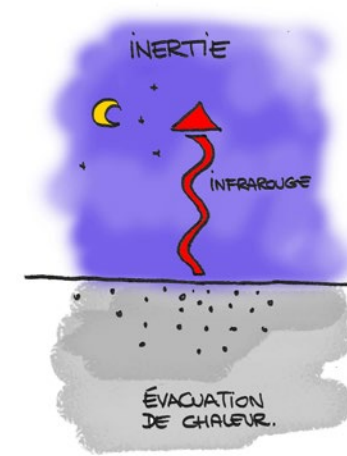
Surfaces urbaines fortement minérales



Faible part d'évapotranspiration du végétal, de la terre, de l'eau



Matériaux à faible albédo et forte inertie thermique



# Le confort en été des espaces extérieurs

## Définition

Problématique de jour, dans les espaces extérieurs à l'échelle du piéton.

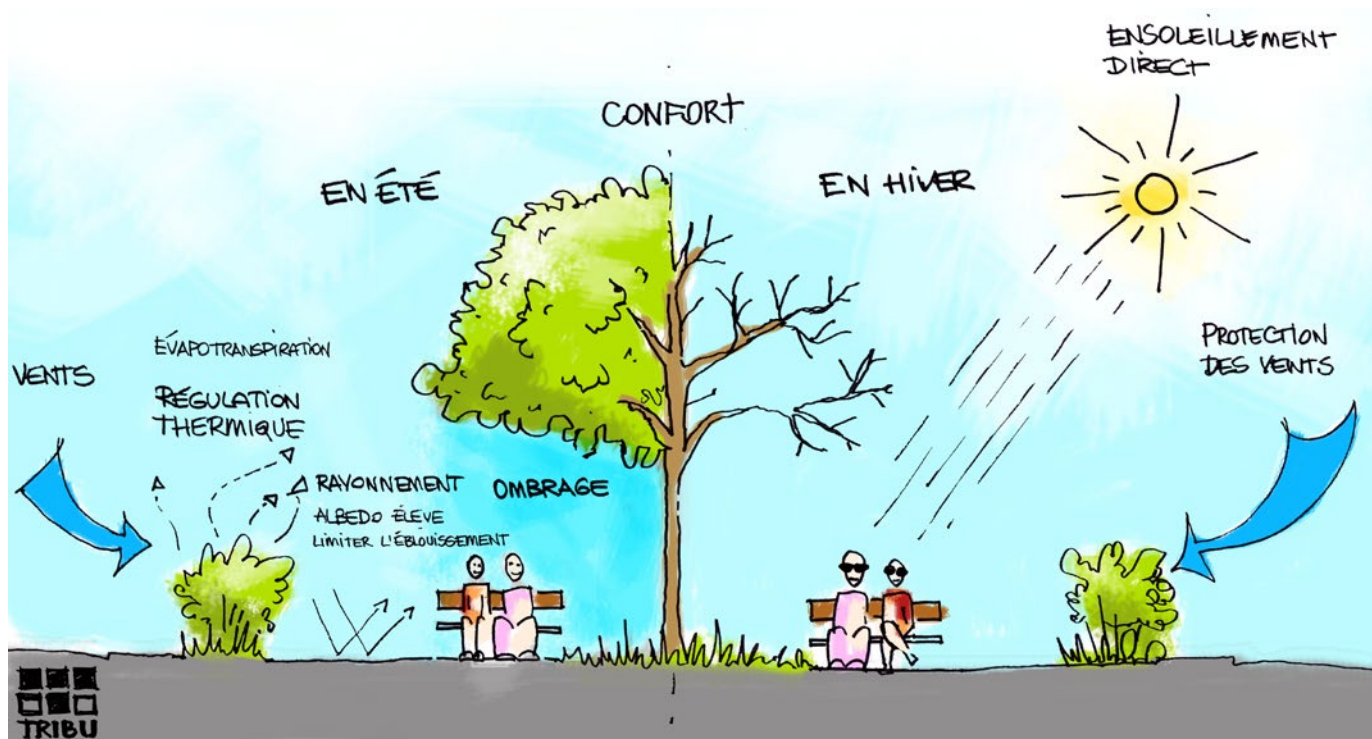
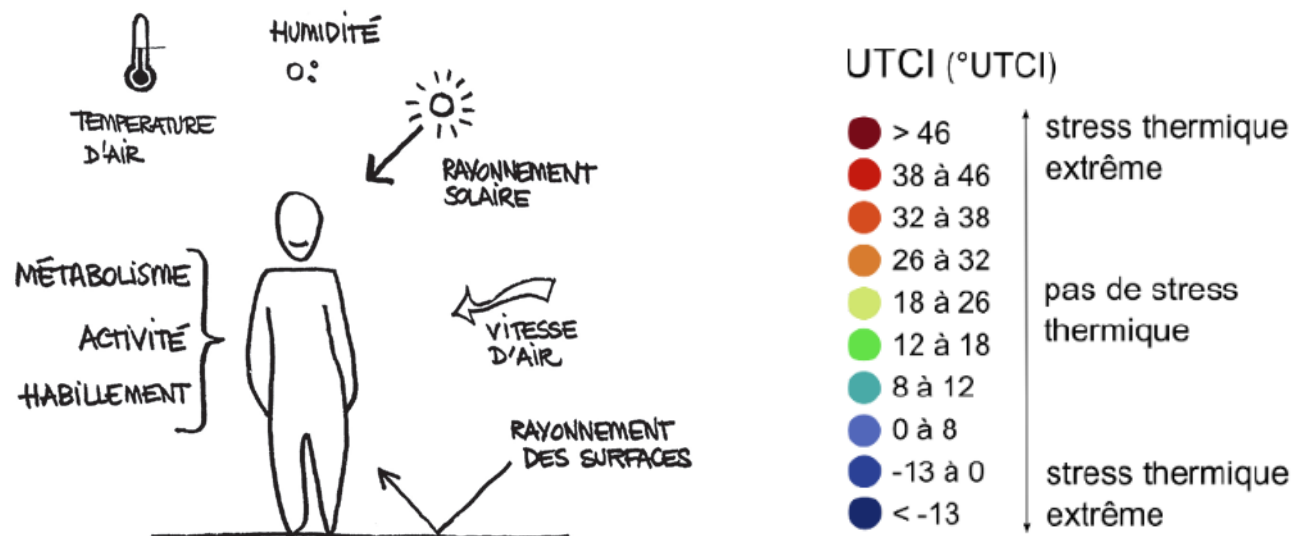
Le confort thermique d'un individu dépend de :

- paramètres propres à l'individu (métabolisme, activité, habillement...)
- paramètres relatifs à l'environnement dans lequel il est la température, de l'humidité et de la vitesse de l'air, ainsi que le rayonnement thermique des surfaces

Indice de confort : l'UTCI, Universal thermal climate index prend en compte tous les paramètres du confort.

Impact sanitaire :

- risque de cancer de la peau (UV)
- hyperthermies, des déshydratations notamment pour les plus fragiles et ceux qui ont une activité physique.



# Le confort en été dans les bâtiments

## Enjeux sur les bâtiments

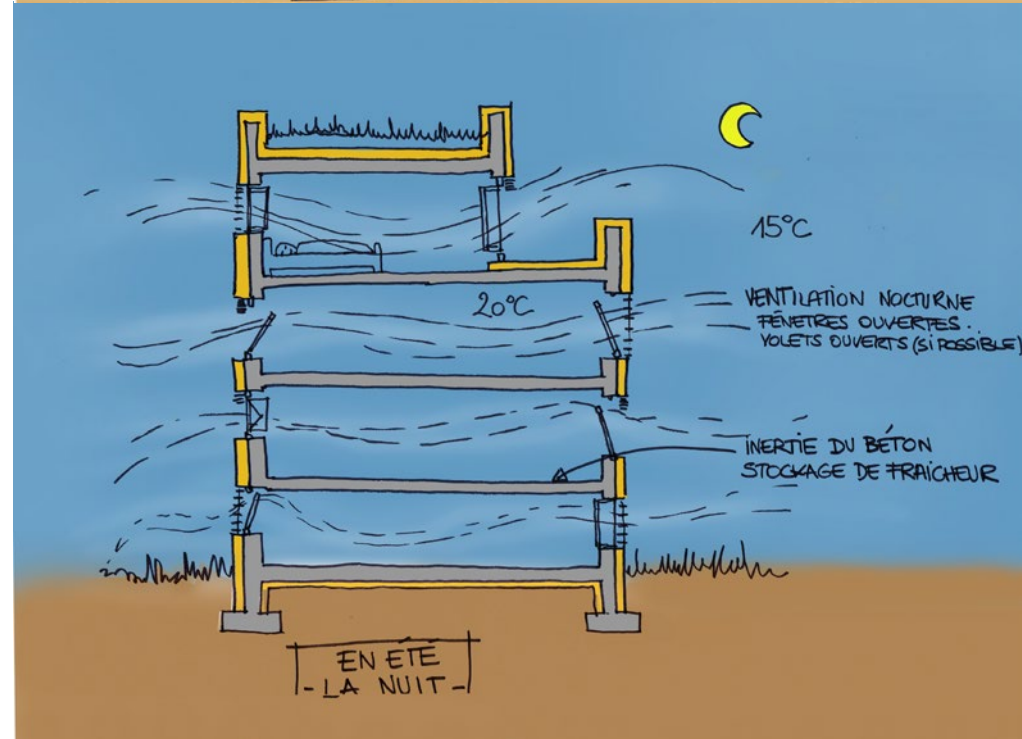
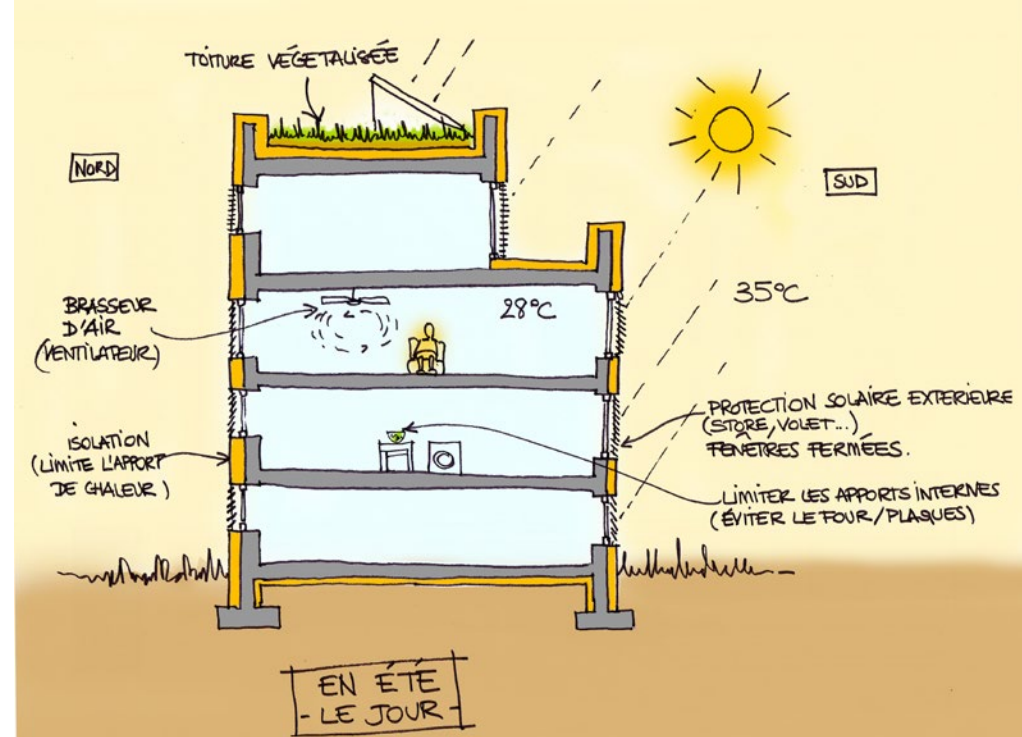
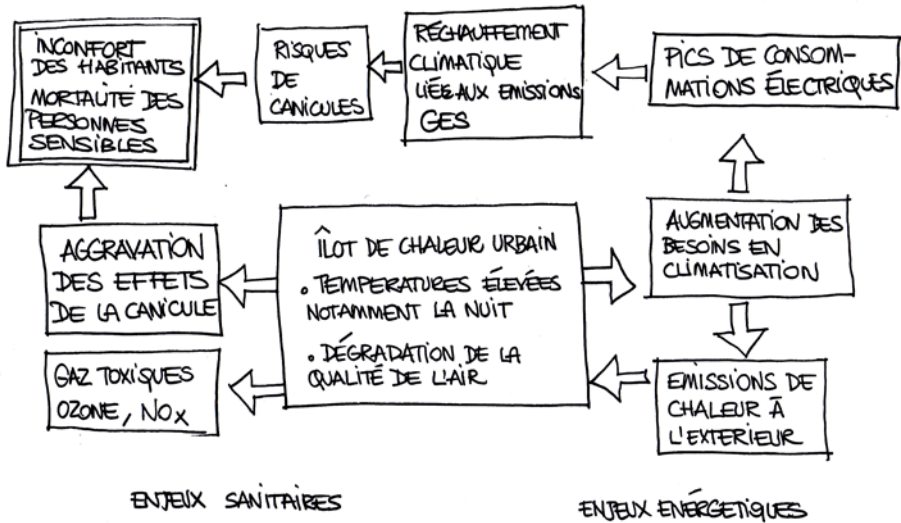
Le confort thermique des bâtiments en période de forte chaleur est un enjeu aussi important que l'effet d'îlot de chaleur.

Le confort d'été des bâtiments varie selon :

- la performance d'isolation en particulier la toiture ;
- la dimension des baies vitrées et l'ensoleillement en été ;
- la qualité des protections solaires extérieures ;
- l'apport d'inertie thermique à l'intérieur qui stocke la fraîcheur.

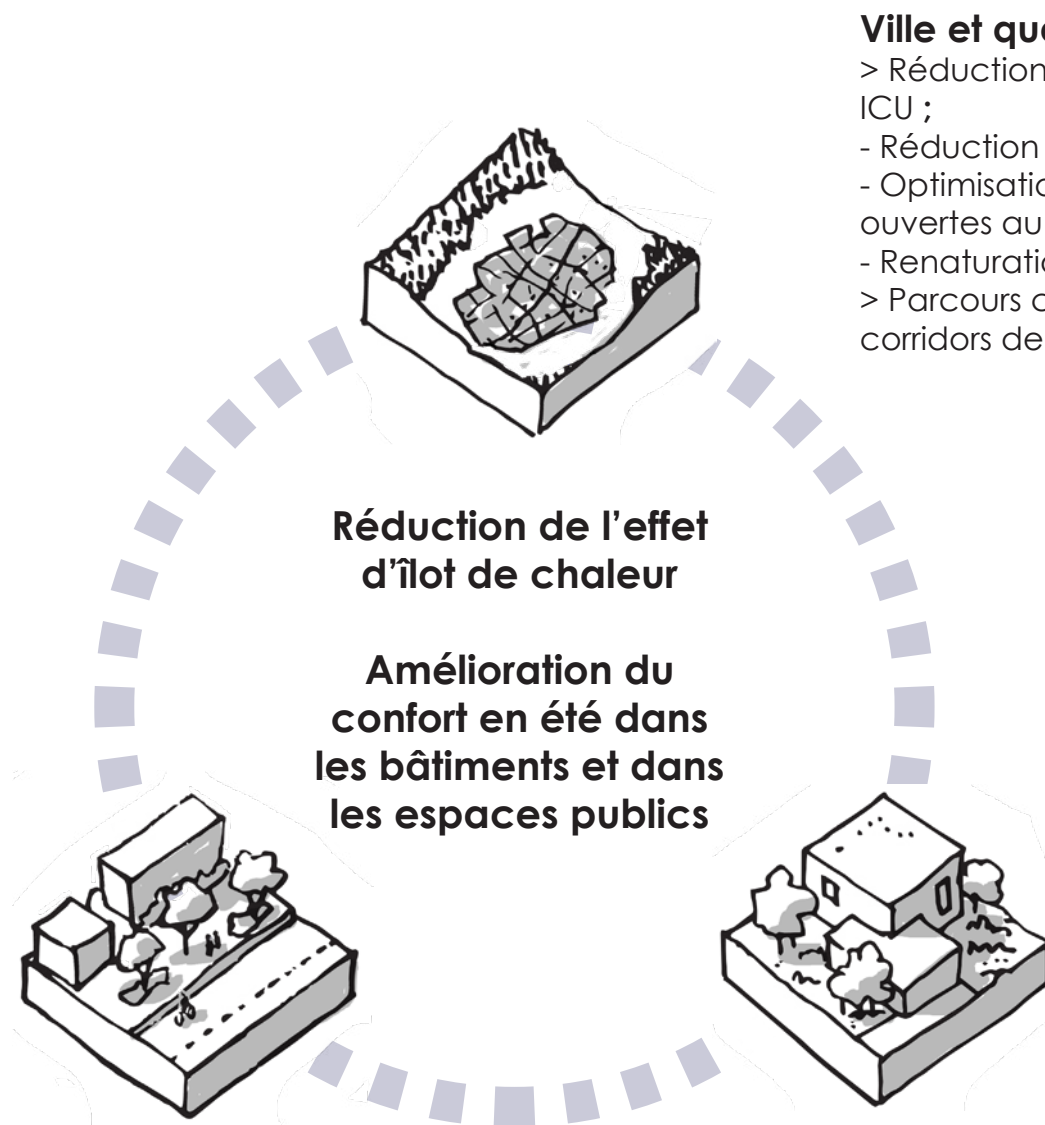
D'autre part, les logements sous combles ou sous toiture s'échauffent plus que les logements dans les étages bas. Les orientations ouest sont plus problématiques.

L'enjeu de confort des bâtiments est également énergétique avec la réduction de consommation d'énergie lié aux systèmes de climatisation.



# Les solutions pour rafraîchir la ville

## Des solutions de rafraîchissement à chaque échelle



### Ville et quartiers

- > Réduction de l'effet d'îlot de chaleur ICU ;
- Réduction du trafic ;
- Optimisation des formes urbaines ouvertes au vents ;
- Renaturation, désimperméabilisation ;
- > Parcours confortables : création de corridors de fraîcheur, végétal, eau...

### Espaces extérieurs

- > Améliorer le confort en été et en cas de forte chaleur par l'ombrage, la végétalisation, l'eau...
- > Réduire la contribution à l'ICU par la végétalisation, l'eau....

### Bâtiments

- > Améliorer le confort en été et en cas de forte de chaleur des bâtiments : protections solaires, ventilation...
- > Réduire la contribution à l'ICU via les revêtements de toiture, de façade, l'absence de climatisation...

# Les solutions pour rafraîchir la ville

## Les solutions vertes

Les solutions vertes font intervenir les solutions fondées sur la nature (végétal, eau).



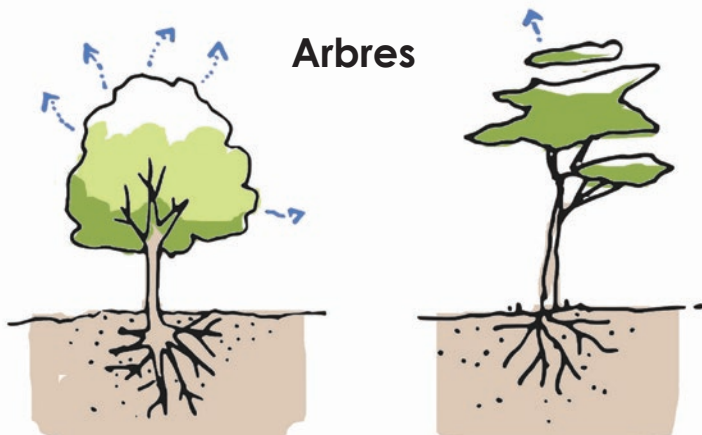
Avenue à Barcelone



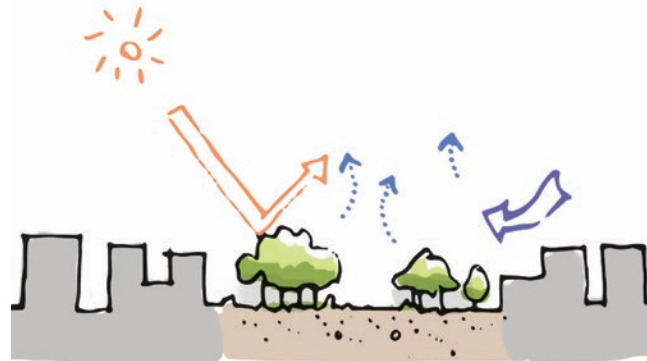
Annecy



Renaturation de cours d'eau  
Quartier Bottière-Chenaie à Nantes

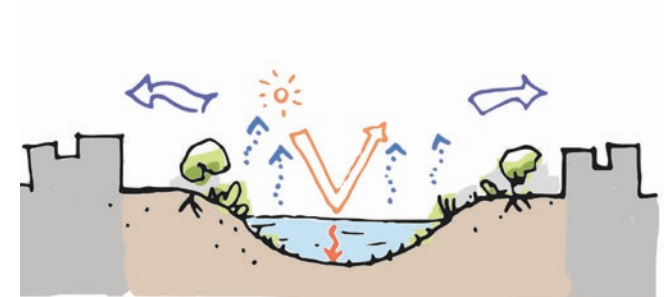


Arbres



Parcs

Cours d'eau et plans d'eau



Extrait du guide « Rafraîchir les villes des solutions variées », TRIBU, Cerema, ADEME

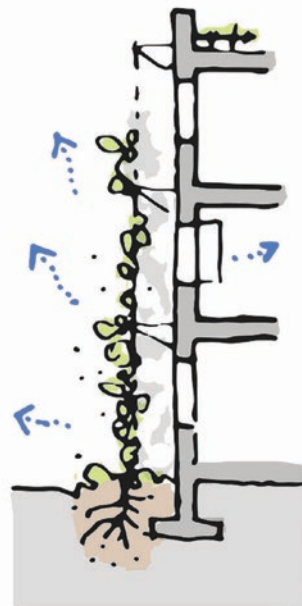
# Les solutions pour rafraîchir la ville

## Les solutions vertes

Les solutions vertes font intervenir les solutions fondées sur la nature (végétal, eau).



Façades végétalisées



Villeurbanne



groupe scolaire Rilleux La Pape

Toitures végétalisées



groupe scolaire Paris



Turin



# Les solutions pour rafraîchir la ville

## Les solutions grises

Les solutions grises rassemblent les solutions techniques relatives aux infrastructures urbaines : revêtements, mobilier urbain, bâtiments.



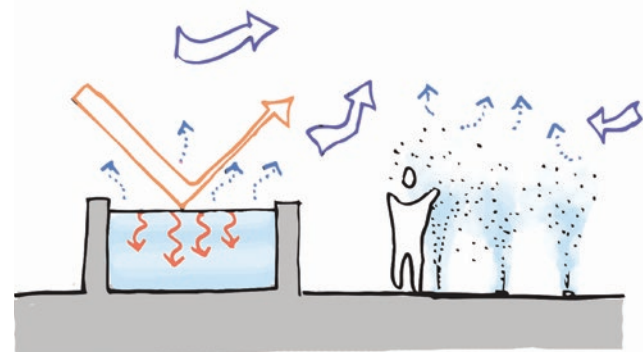
Brumisateurs Pérols



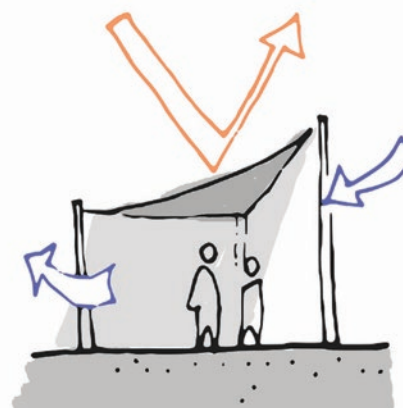
Chicago



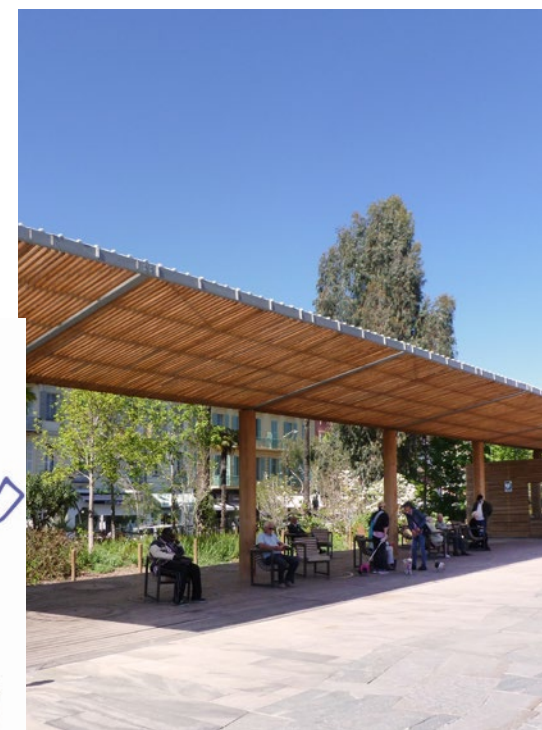
Saint-Christol



Fontaines, jets d'eau



Structures d'ombrage

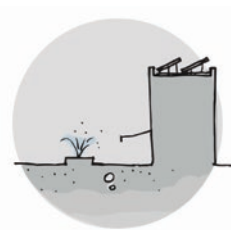


Nice

# Les solutions pour rafraîchir la ville

## Les solutions grises

Les solutions grises rassemblent les solutions techniques relatives aux infrastructures urbaines : revêtements, mobilier urbain, bâtiments.



## Revêtements à albédo élevé Revêtements drainants



Rue devant école, Lyon



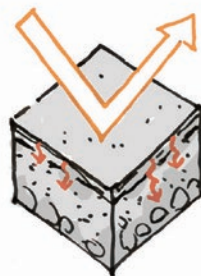
Cours d'école Tandou, Paris



Paris



COOL



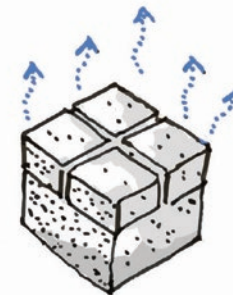
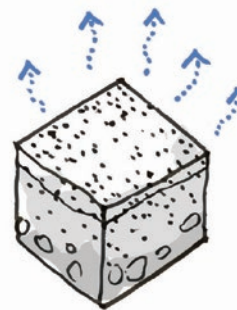
BÉTON CLAIR



STABILISE



ENROBE



# Les solutions pour rafraîchir la ville

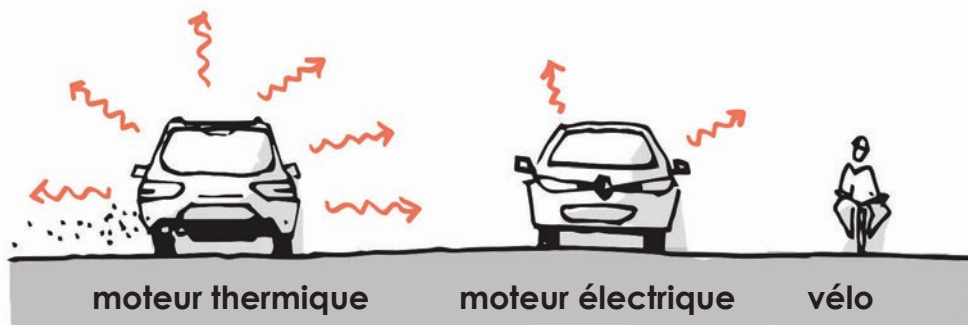
## Les solutions douces

Les solutions douces relèvent des comportements et de la gestion urbaine.

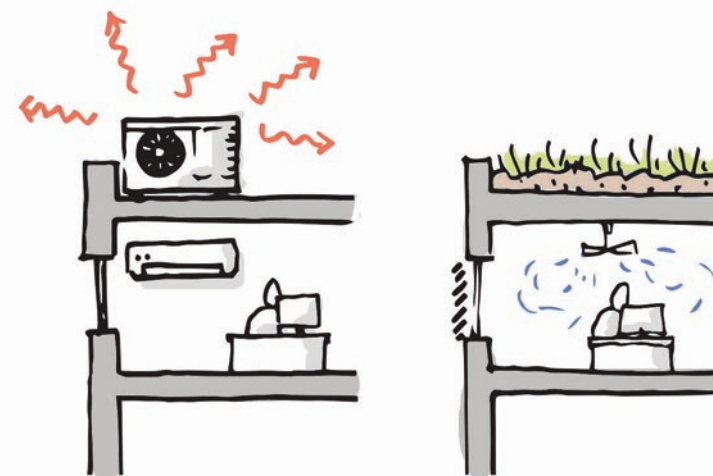


### Réduction du trafic routier, des moteurs thermiques

transports en commun, mobilités douces



### Réduction de l'utilisation de la climatisation



### Adaptations individuelles et sociétales aux fortes chaleurs

plans canicule  
bonnes pratiques :  
s'hydrater, vêtements adaptés, etc.



Montpellier

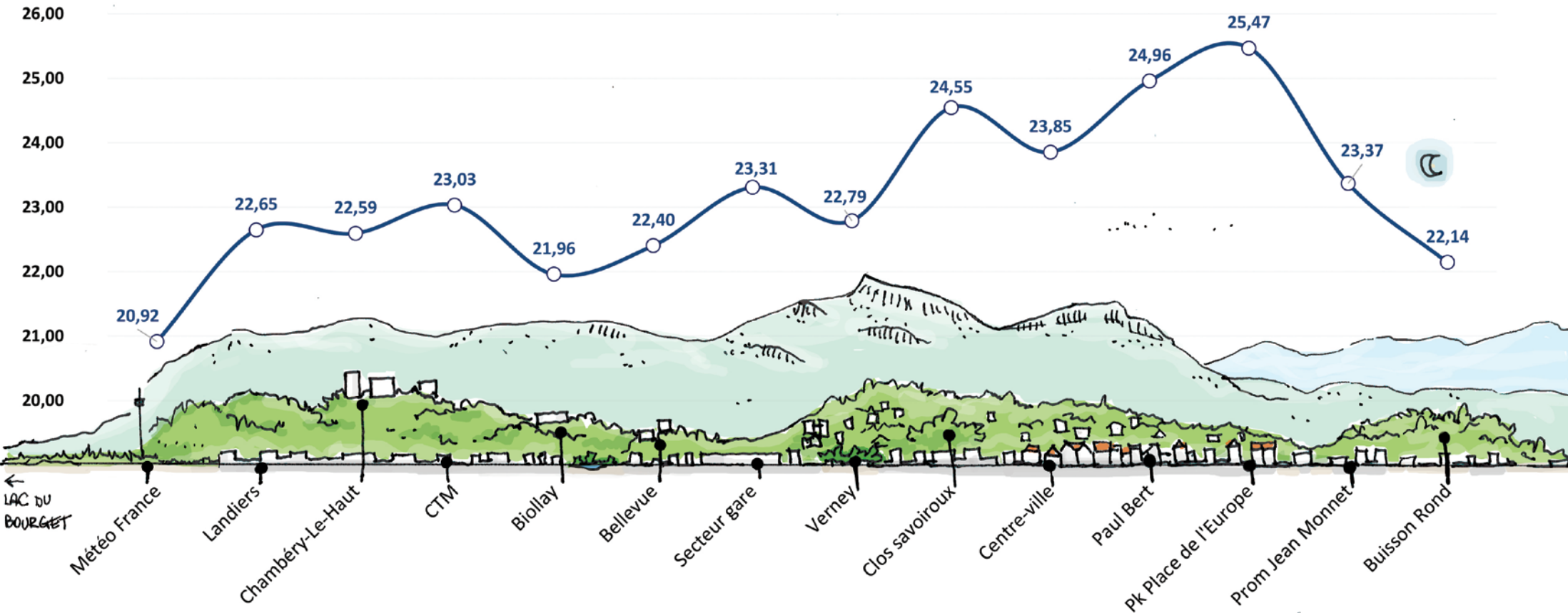
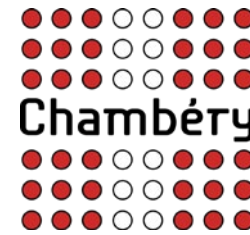
augmenter la température de la clim à 28°C

ventilateurs, brasseurs d'air plutôt que la climatisation

rénover les bâtiments

Protection solaire volets persiennes

# Où fait-il plus chaud à Chambéry ?



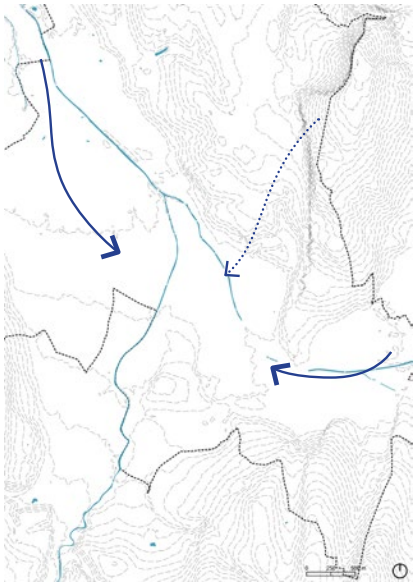
# Cartographie de l'îlot de chaleur à Chambéry

## Méthode de modélisation de l'îlot de chaleur

### Analyse croisée et multicritères

- Croisement des paramètres de l'îlot de chaleur urbain
- Extrapolation des mesures météo sur l'ensemble du territoire

**Topographie**  
influence de  
l'altitude et vents



**Chaleur anthropique**  
trafic routier,  
climatisations, process  
industriels



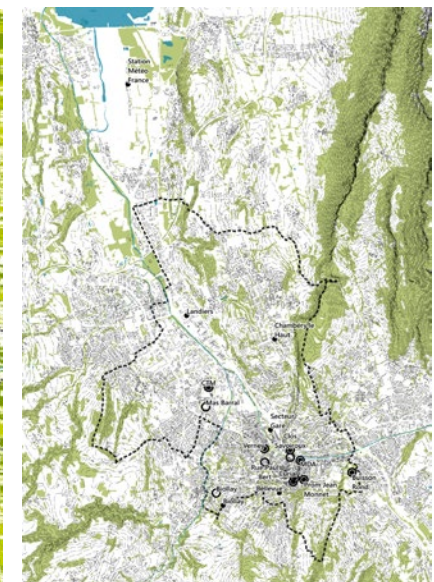
**Densité bâtie**  
rugosité aux vents,  
piégeage du  
rayonnement solaire



**Occupation des sols**  
végétal, albédo,  
inertie thermique,  
perméabilité des sols



**Mesures météorologiques**  
données de température  
sur 14 point de mesures



# Mesures météo à Chambéry

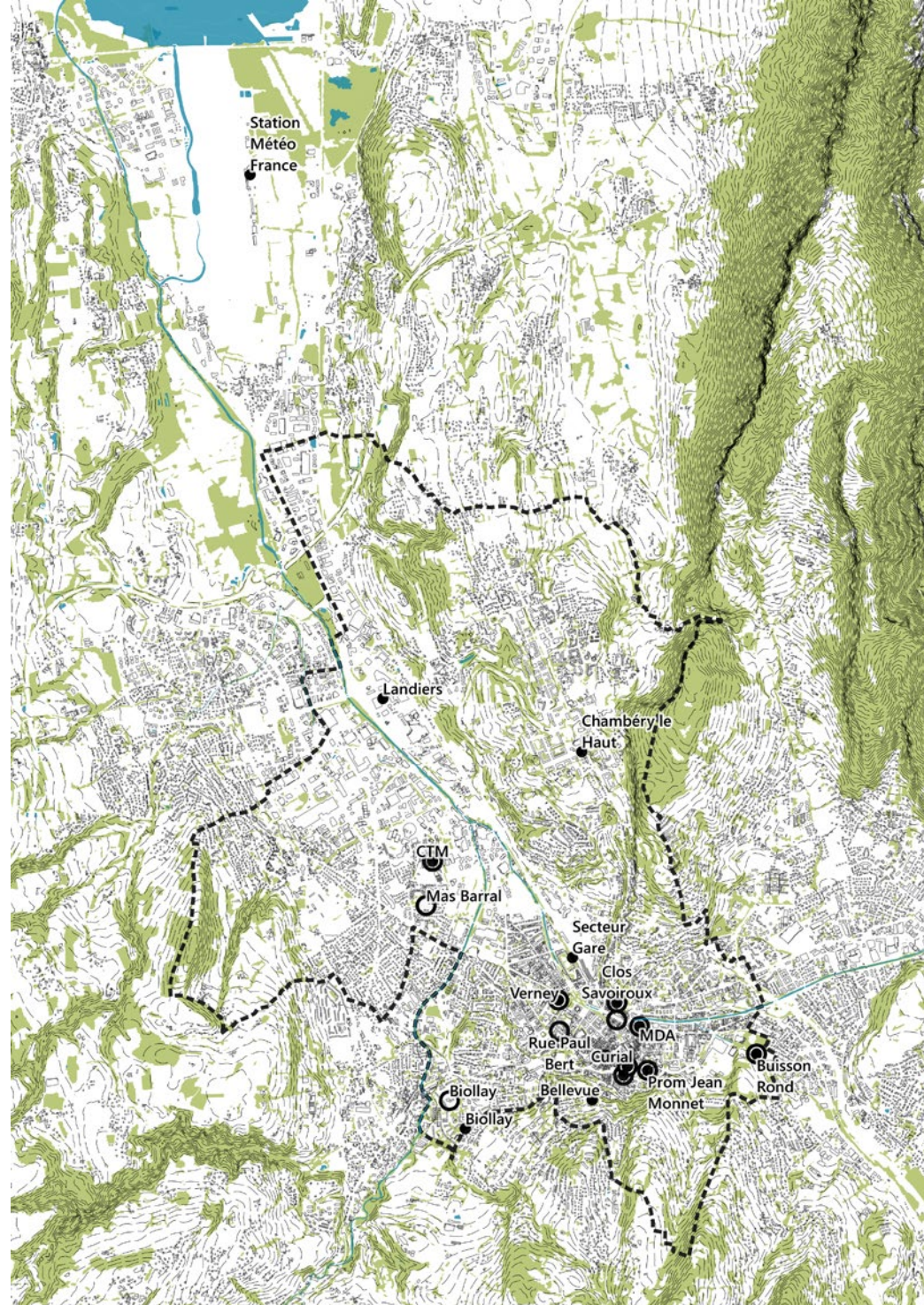
## Données météo été 2022

Période de mesure analysée  
1 juillet au 21 septembre 2022

### 14 capteurs

#### Prise en compte des biais d'analyse :

- Deux modèles de capteurs utilisés : MCF88 sans abris (+/-0,5°C) et Decentlab DL-SHT35 avec abris (+/-0,1°C) .
- L'analyse prend en compte une marge d'erreur de + ou - 0,5°C
- Les capteurs sans abris ont été installés à l'ombre mais ont pu être soumis à un rayonnement ponctuel ;
- Les stations : Maison des associations MDA et Curial ont été retirés : les données sont anormalement élevées car se situent dans un lieu trop peu ventilé



# Mesures météo à Chambéry

## Capteurs météo été 2022

14 capteurs



Station Météo France  
Chambéry-Aix-les Bains

> Prairie



Landiers

> Zone d'activités



Chambéry-le-Haut

> Gds ensembles barres



Centre Technique  
Municipal

> Zone d'activités



Biollay

> Grds ensembles barre



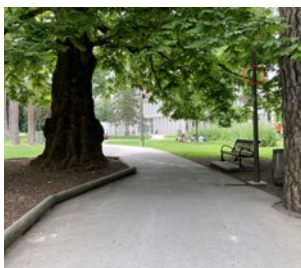
Bellevue

> Pavillonnaire dense



Secteur gare

> Centre-ville



Verney

> Parc dans tissus de  
faubourg



Clos-Savoiron

> Parc proche de tissus  
urbain dense



Centre historique

> Centre-ville dense



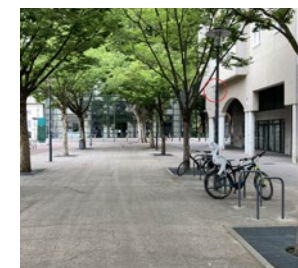
Rue Paul-Bert

> Faubourgs



Parking Place de  
l'Europe

> Faubourgs



Promenade Jean  
Monnet

> Faubourgs

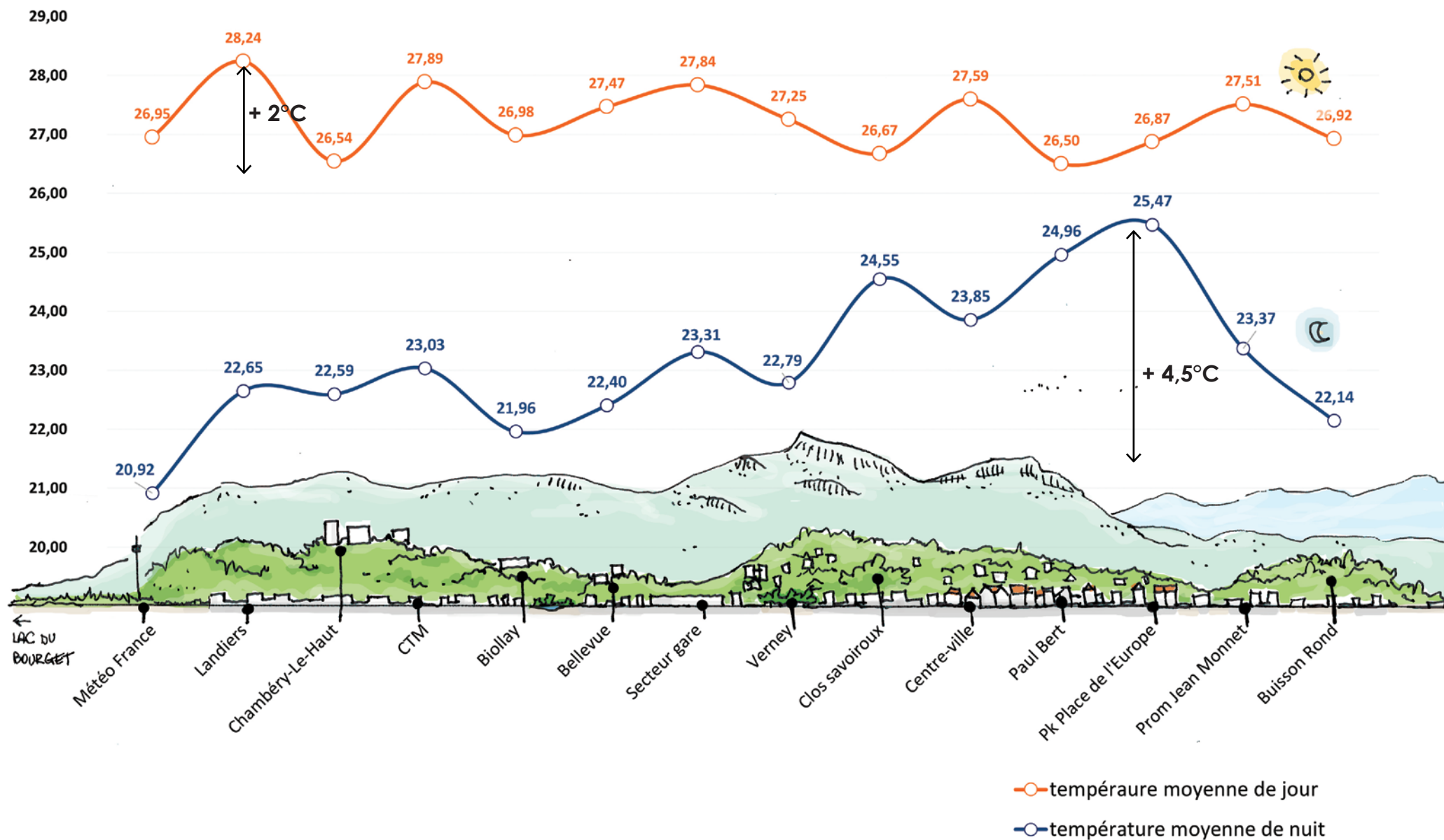


Buisson Rond

> Zone arborée

# Mesures météo à Chambéry

## Résultats été 2022 / moyennes de températures





# Mesures météo à Chambéry

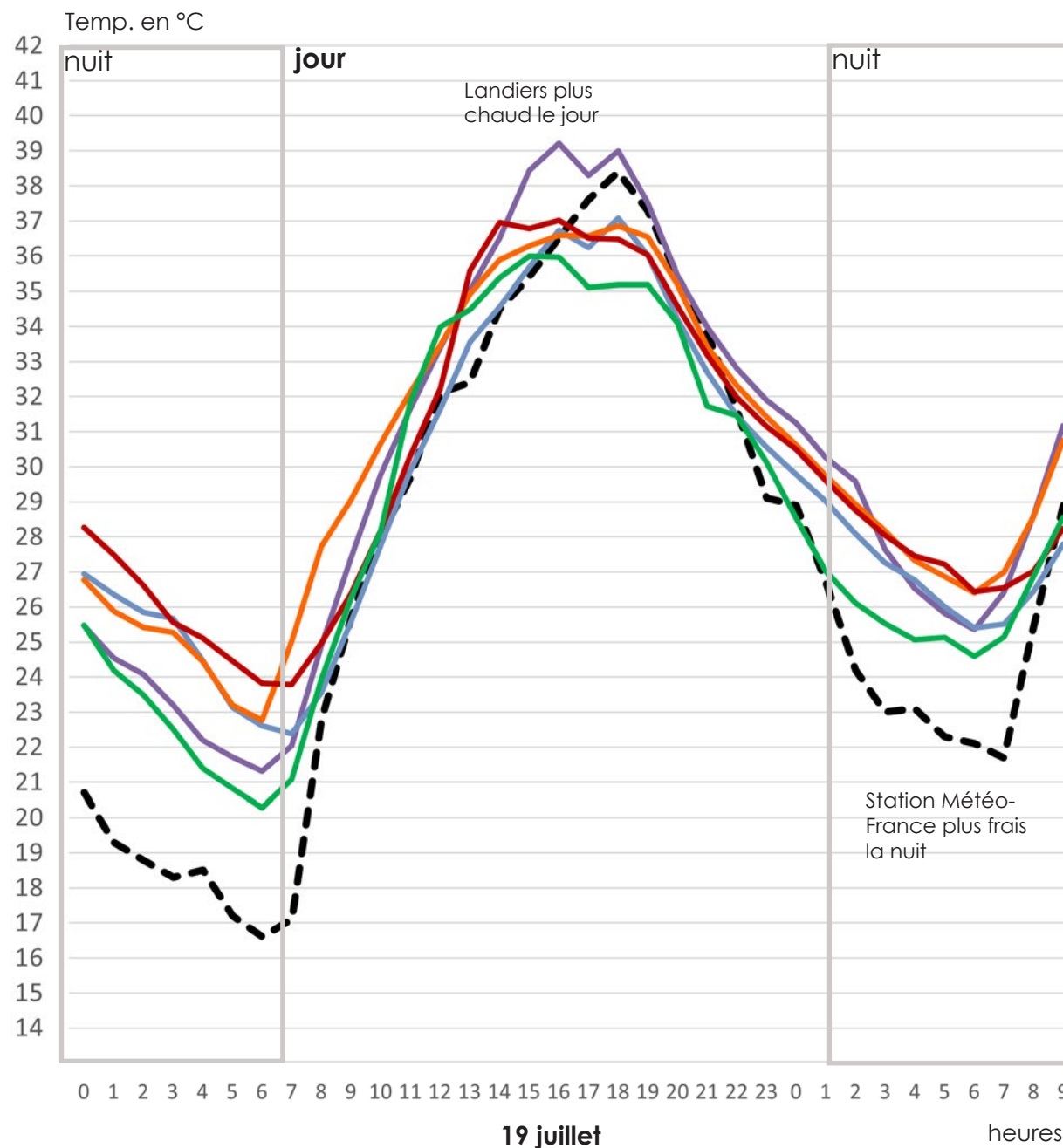
## Résultats été 2022 -

Zoom sur le 19 juillet 2022

**Le jour,**  
les températures ne  
sont pas forcément plus  
chaudes en ville

**La nuit,**  
une différence de  
température de 4 à 7°C  
en ville par rapport à la  
campagne

- Météo France
- Landiers
- Chambéry-Le-Haut
- Secteur gare
- Centre-ville
- Buisson Rond



# Cartographie de l'îlot de chaleur à Chambéry

## Cartographie des « LCZ »

Les différents quartiers de Chambéry n'ont pas les mêmes comportements avec la chaleur.

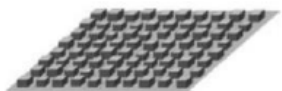
La méthode des LCZ « Local Climate Zones » ou zones climatiques locales catégorisent les tissus urbains selon leur comportement climatique.

Cette méthode simplifiée et fait référence a été développée par les scientifiques Stewart et Oke.

> Permet d'extrapoler les mesures sur l'ensemble du territoire



**LCZ 2 - centre ville moyen, dense**  
R+2 à +7



**LCZ 3 - faubourgs**  
< R+2



**LCZ 5 - grands ensembles barres**  
R+2 à +7



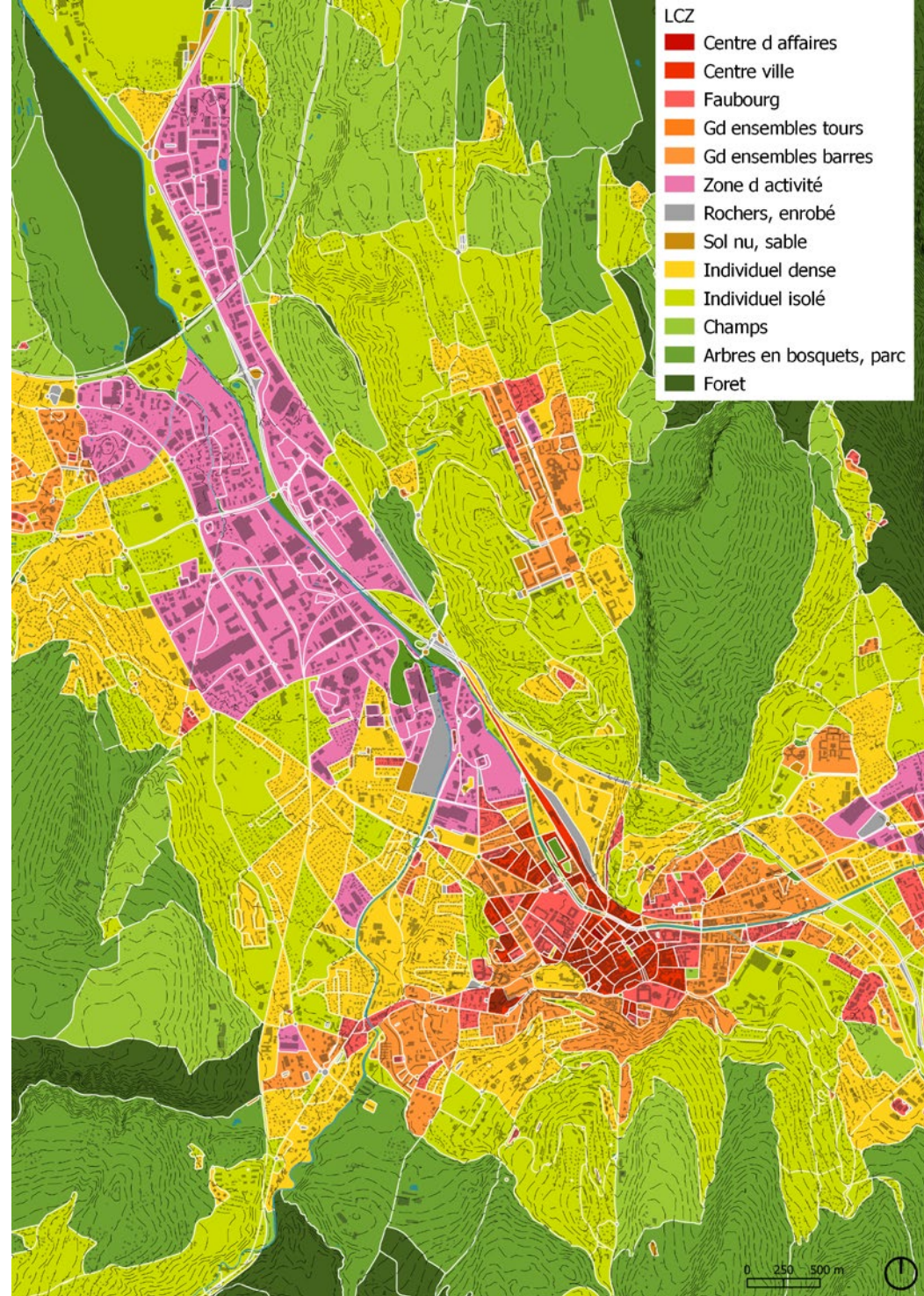
**LCZ 6 - individuel dense**  
< R+2



**LCZ 8 - zone d'activités**  
< R+2



**LCZ 9 - individuel isolé**  
< R+2



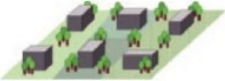





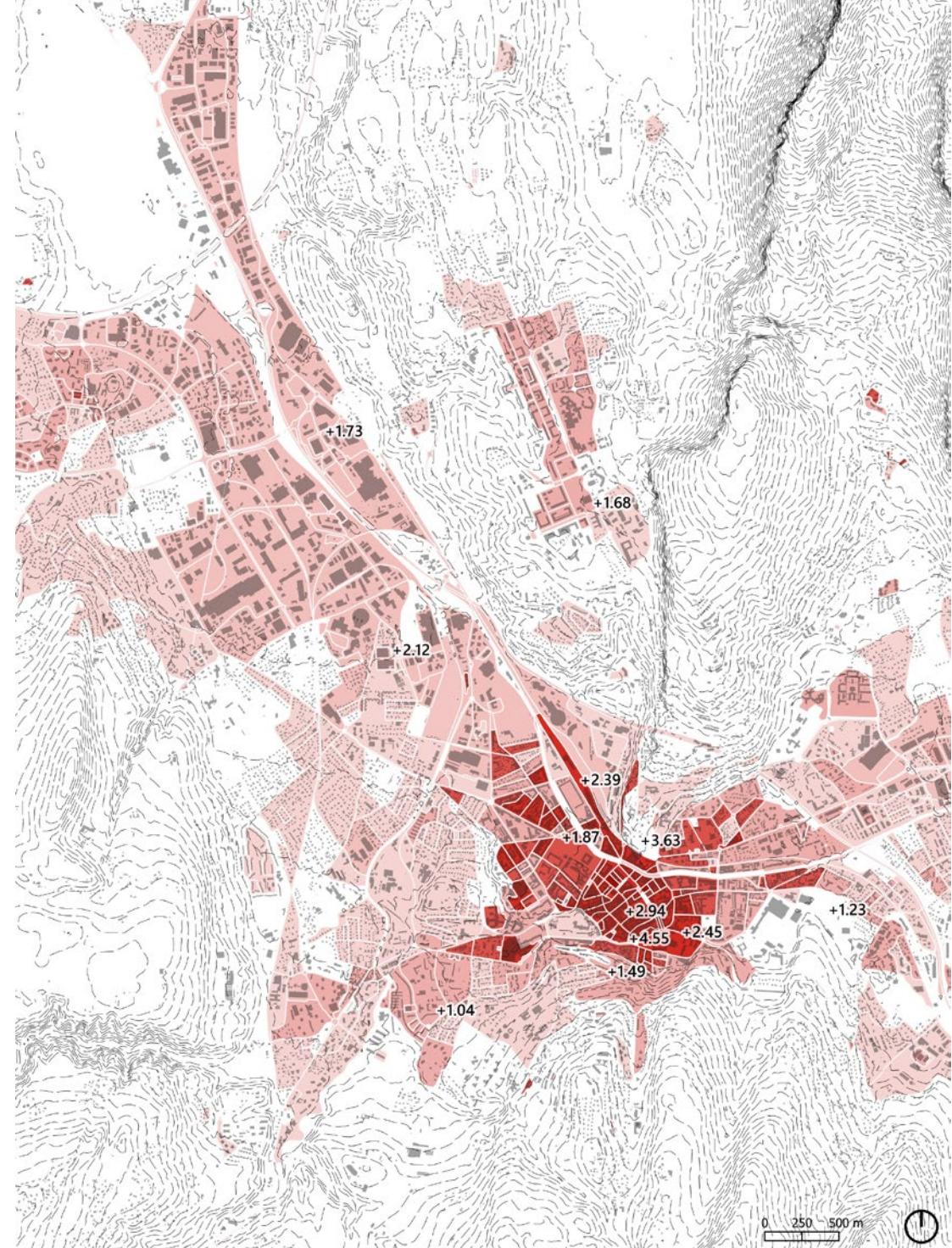
# Cartographie de l'îlot de chaleur urbain

## Carte de la surchauffe, la nuit

Le nuit, le secteur du centre ville est le plus problématique du point de vue de la chaleur.

Classification LCZ croisée avec la différence de température moyenne avec la station Météo France :

		Nuit
LCZ 2 - centre ville moyen R+2 à +7		+2 à +4,5°C
LCZ 3 - faubourgs < R+2		+2 à +4,5°C
LCZ 5 - grands ensembles barres R+2 à +7		+2 à +2,5°C
LCZ 6 - individuel dense < R+2		+0,5 à 1°C
LCZ 8 - zone d'activités < R+2		+1 à +2°C
LCZ 9 - individuel isolé < R+2		0 à +1°C



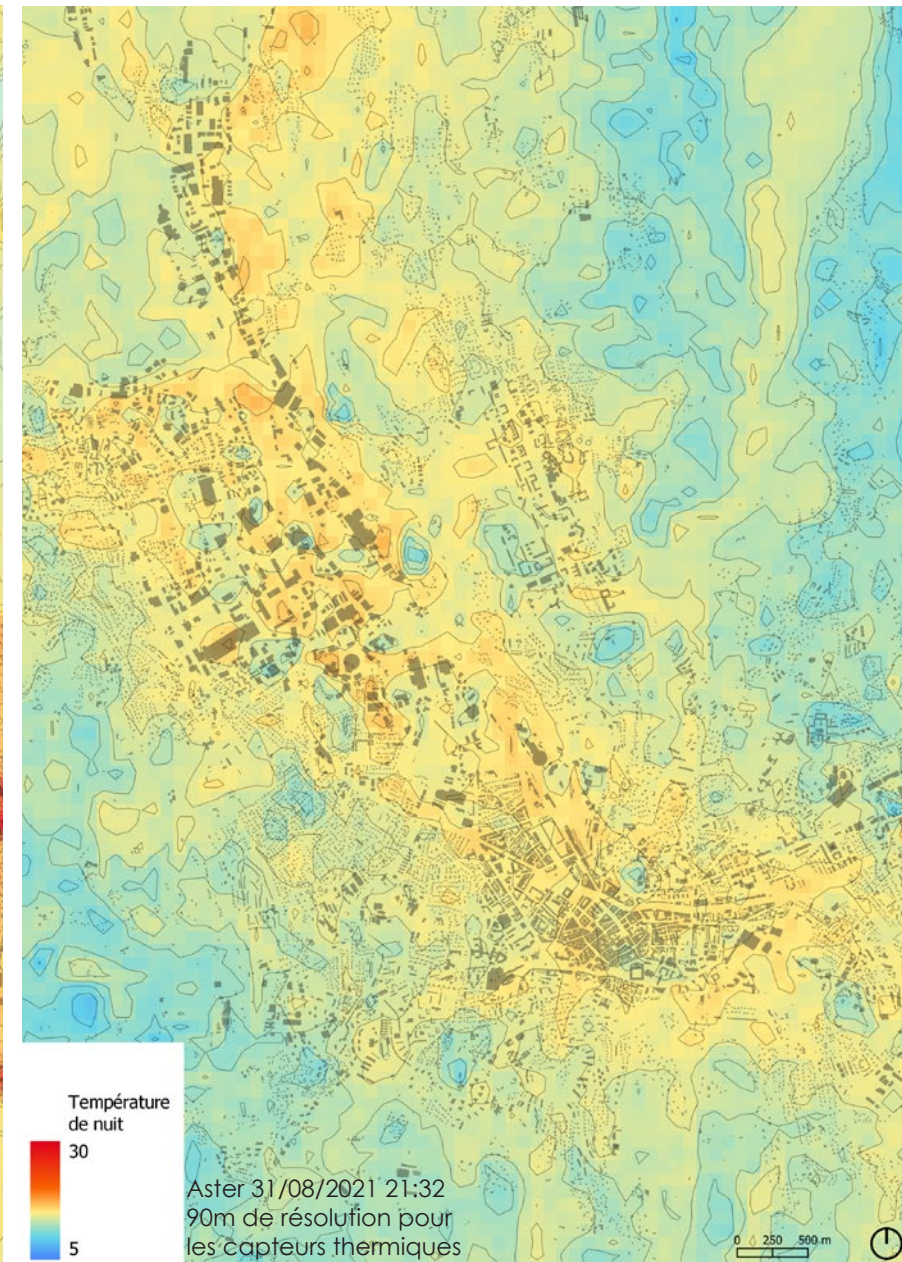
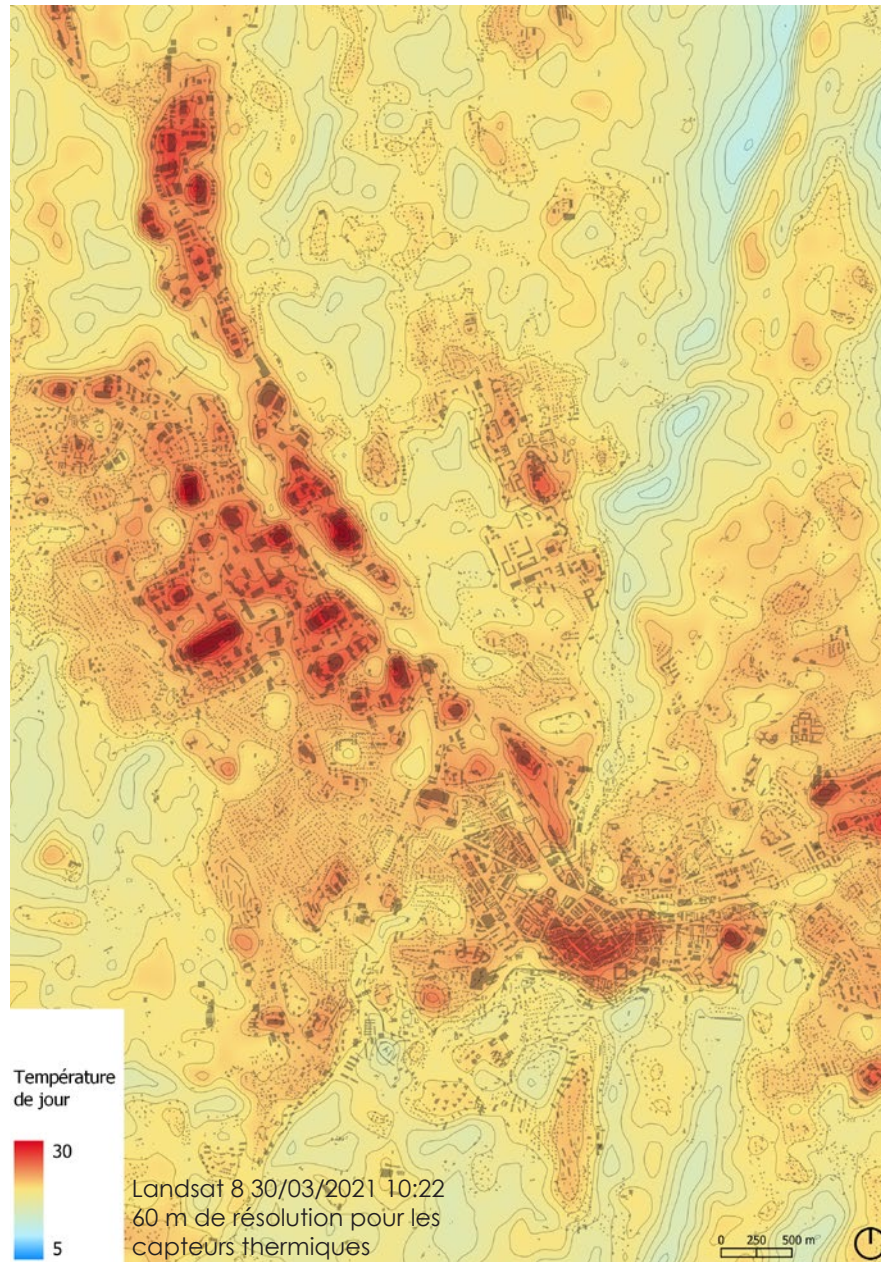
# L'effet d'îlot de chaleur à Chambéry

## Thermographie satellite

La thermographie de jour mesure la température de surface en journée. Cette cartographie ne représente pas l'effet d'îlot de chaleur mais un paramètre influent lié aux matériaux de toitures ou de sol (albédo).

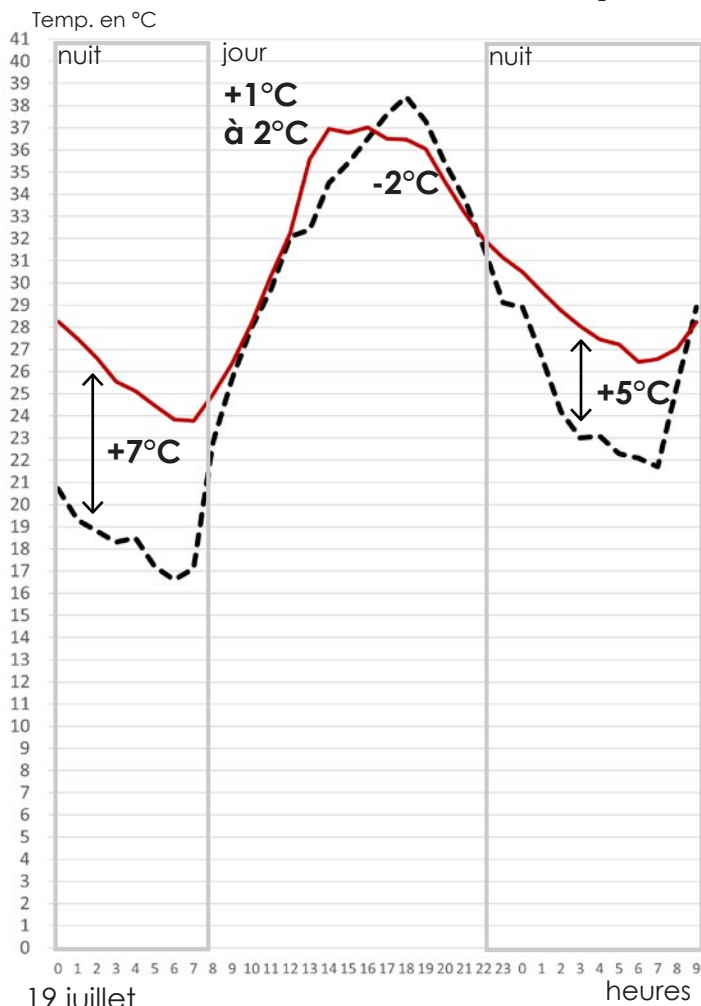
La thermographie de nuit mesure la température de surface la nuit. Il s'agit d'un facteur influent l'îlot de chaleur.

> Ces cartes permettent de conforter le modèle



# Analyse par secteurs

## Centre / Secteur Historique



--- Météo France

— Centre-ville

Zone climatique locale

LCZ 2 - centre ville moyen  
R+2 à +7

LCZ 3 - faubourgs  
< R+2



## Analyse par secteurs

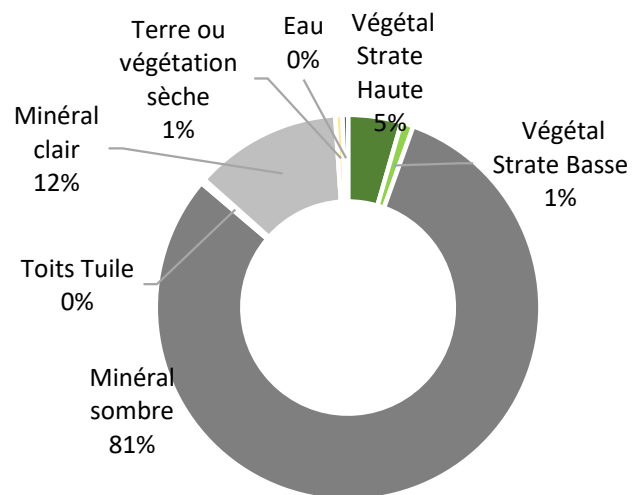
### Centre / Secteur Historique

Faible ventilation et faible ouverture du tissu urbain, forte minéralité.

> Îlot de chaleur fort : la nuit

> Confort thermique de jour variable selon les microclimats créés

#### Occupation des sols



Canopée

**5 %**

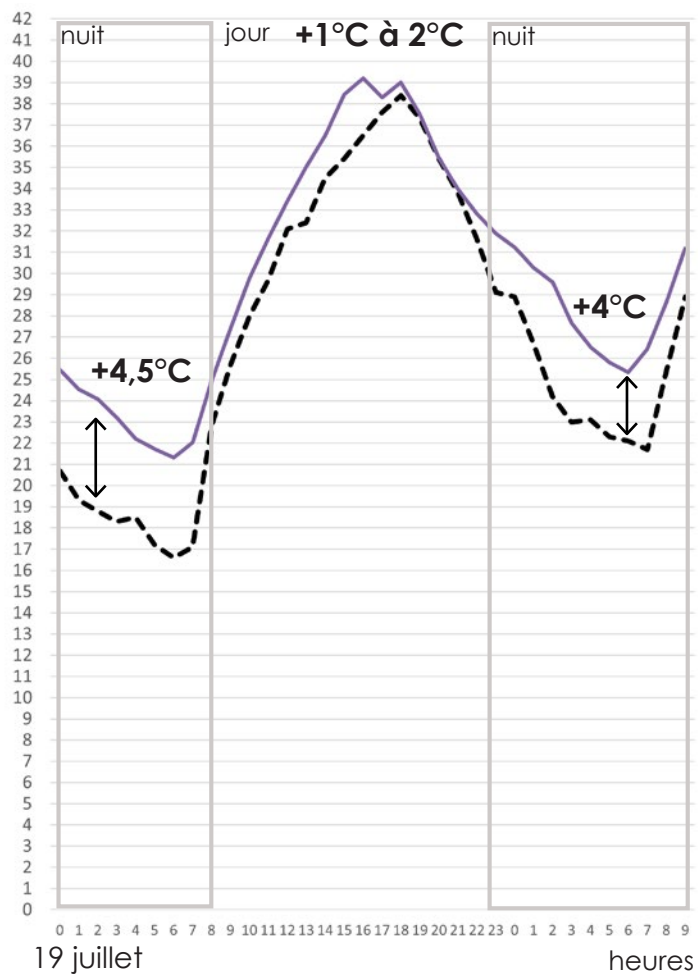
#### légende

- végétal strate haute
- végétal strate basse
- sol nu ou végétal sec
- eau
- toit tuiles
- minéral clair
- minéral foncé



# Analyse par secteurs

## Nord / Zone d'activités



19 juillet

heures

--- Météo France

— Landiers

Zone  
climatique  
locale



LCZ 8 - zone  
d'activités  
< R+2



# Analyse par secteurs

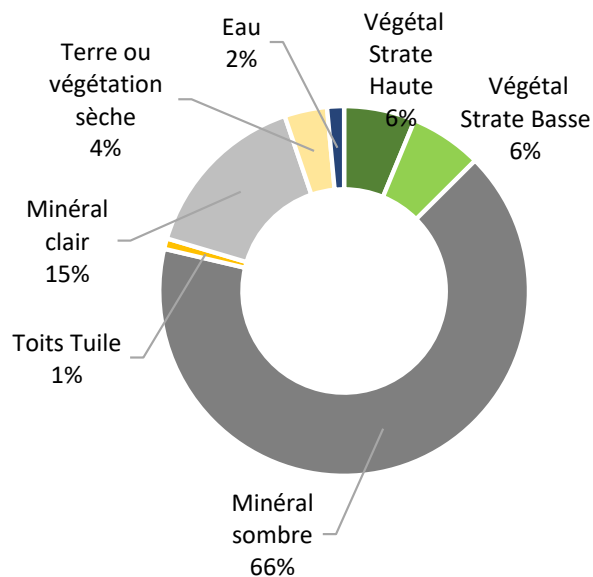
## Nord / Zone d'activités

ZAE Chamnord, Les Landiers, Chantabord, etc.

Situé dans la vallée avec une forme urbaine peu dense et exposée aux vents dominants.  
Faible part de végétal et de canopée même si'il ya des plantations récentes

- > Îlot de chaleur moyen à faible (nuit)
- > Confort le jour très dégradé

### Occupation des sols



Canopée

**6 %**

Chamnord

### légende

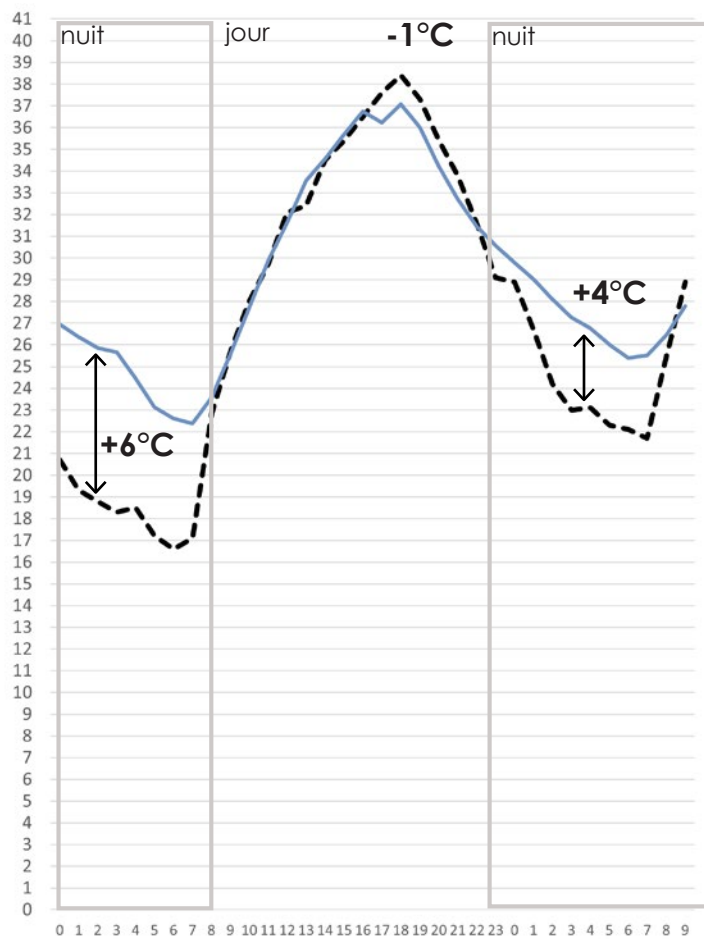
- végétal strate haute
- végétal strate basse
- sol nu ou végétal sec
- eau
- toit tuiles
- minéral clair
- minéral foncé





# Analyse par secteurs

## Nord-est / Hauts-de-Chambéry



19 juillet

heures

--- Météo France

— Chambéry-Le-Haut



**Zone climatique locale**  
**LCZ 5 - grands ensembles barres**  
 R+2 à +7



**LCZ 9 - individuel isolé**  
 < R+2

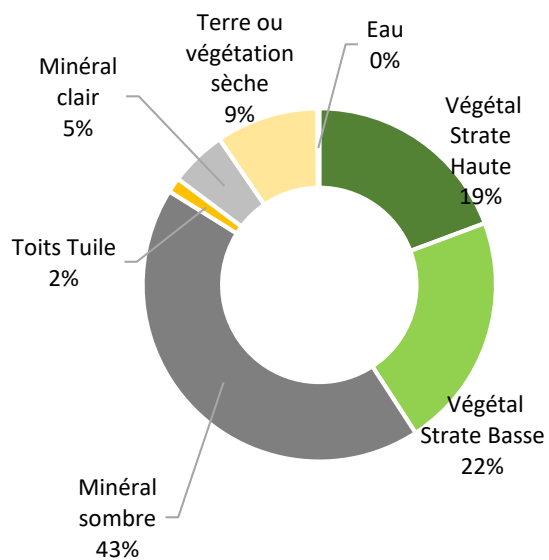


## Analyse par secteurs

### Nord-est / Hauts-de-Chambéry

Secteur en altitude,  
forme urbaine dense mais bien ventilée  
avec des espaces verts de proximité.  
> Îlot de chaleur moyen à faible.  
> Confort de jour moyen à bon

#### Occupation des sols



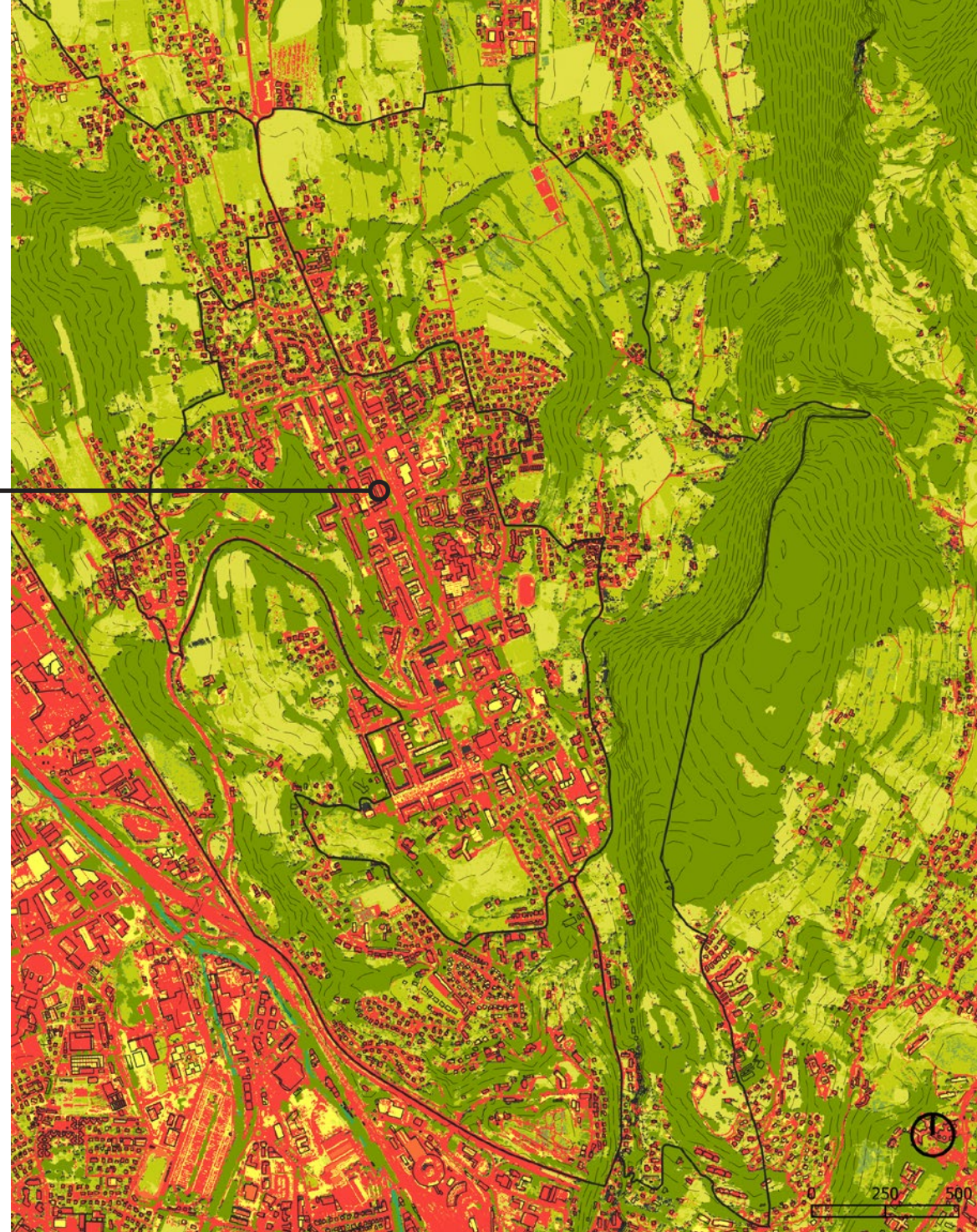
#### Canopée

19 %

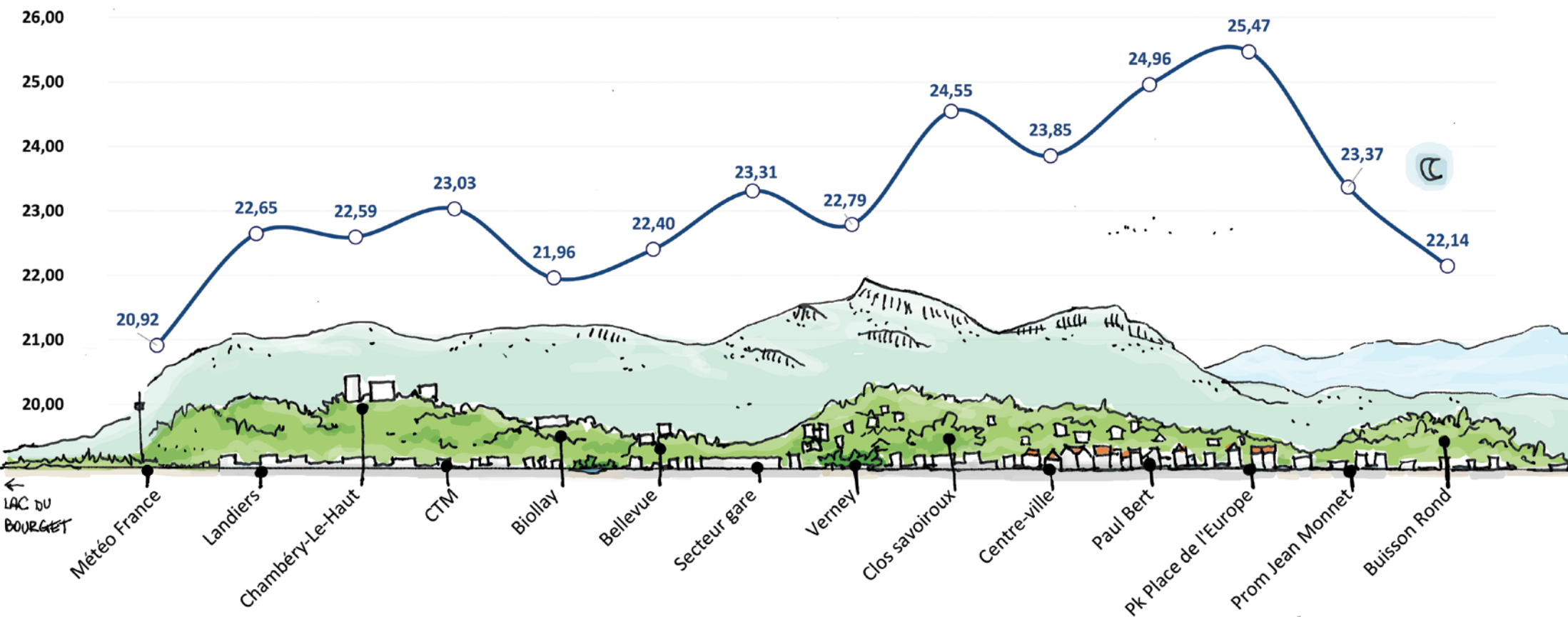
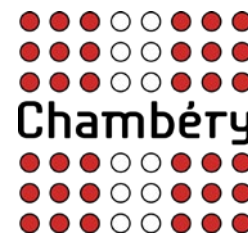
#### Hauts-de-Chambéry

#### légende

- végétal strate haute
- végétal strate basse
- sol nu ou végétal sec
- eau
- toit tuiles
- minéral clair
- minéral foncé



# Confort des espaces publics dans le centre-ville



# Le confort en été des espaces extérieurs

## Campagne de mesures dans le centre-ville

### 5 espaces publics

18 juillet 2022

Approche croisée pour évaluer le ressenti thermique :

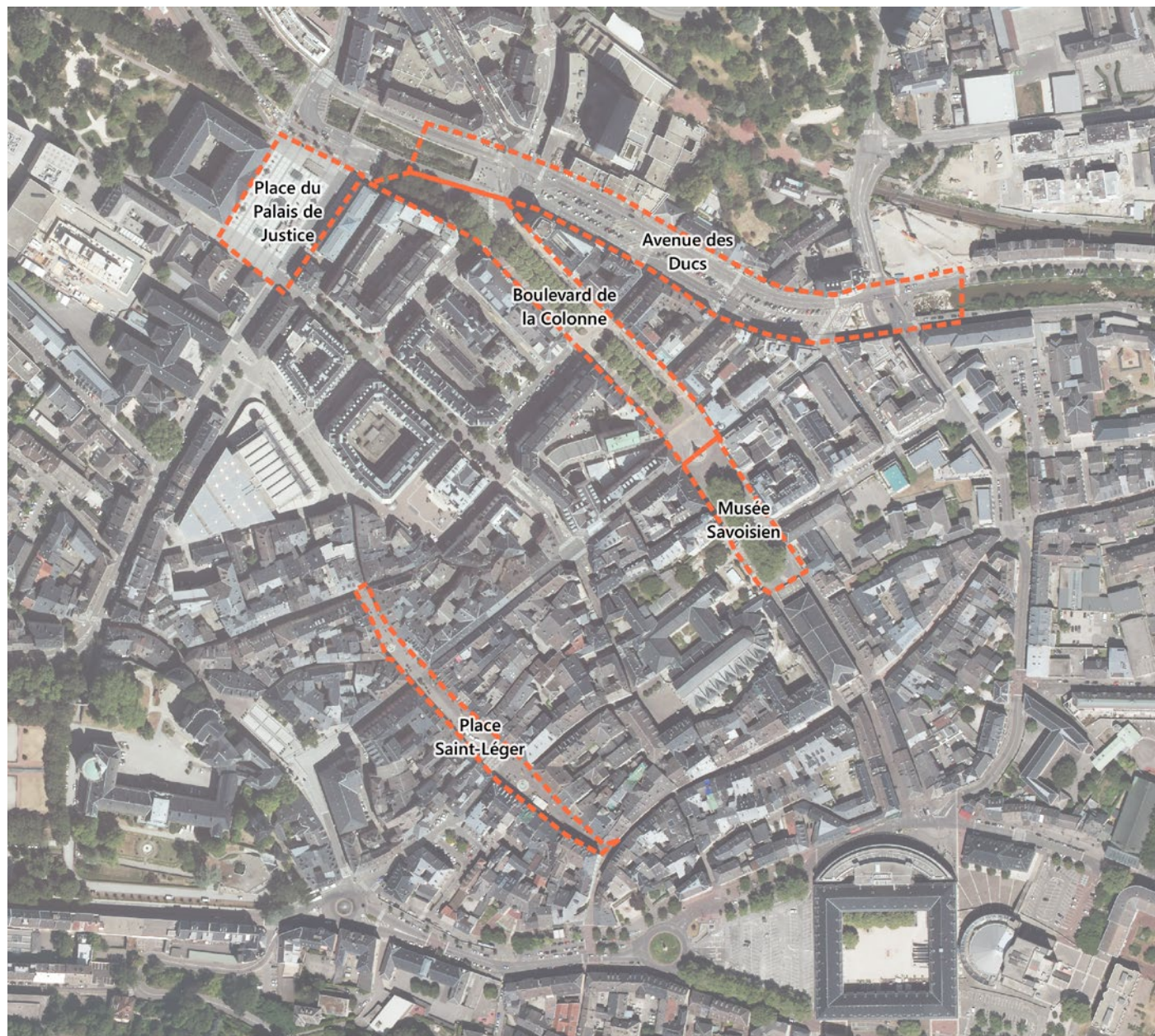
- mesures confort en indice de confort en °C UTCI (Universal Thermal Climate Index);
- mesures de températures de surfaces ;
- enquêtes auprès des passants ;
- observations des usages.



Thermomètre et Anémomètre  
Indice °C UTCI

Caméra thermique  
Température de surface

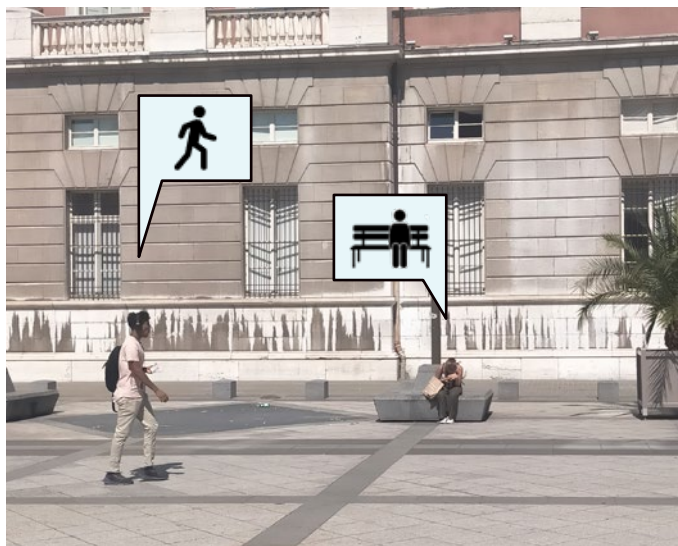
- > Température globe noir
- > Température d'air
- > Hygromètre
- > Vitesse de vent



# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Place du Palais de Justice

### Observation des usages



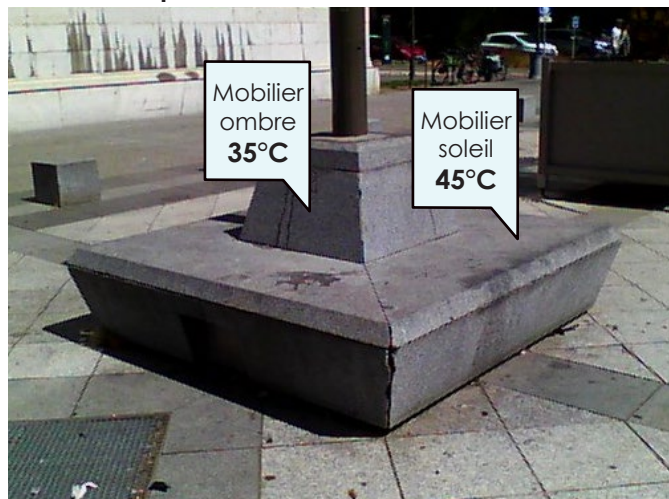
# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Place du Palais de Justice

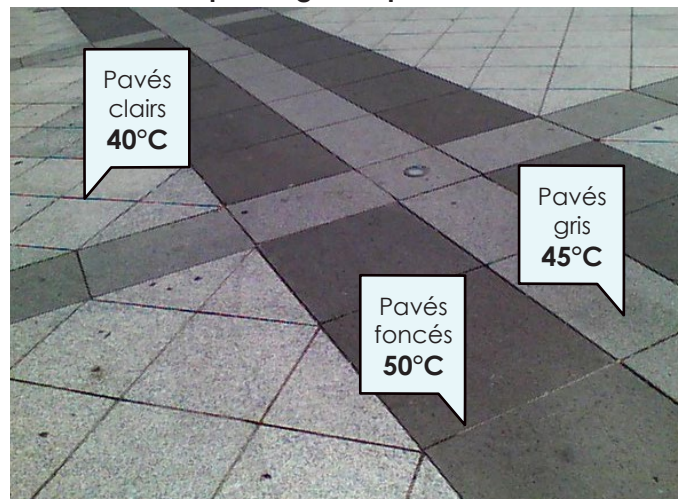
11:00 à 12:00

Températures de surface

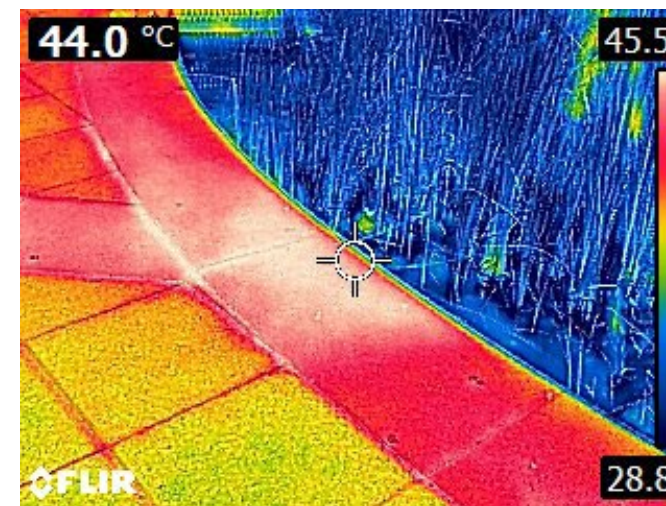
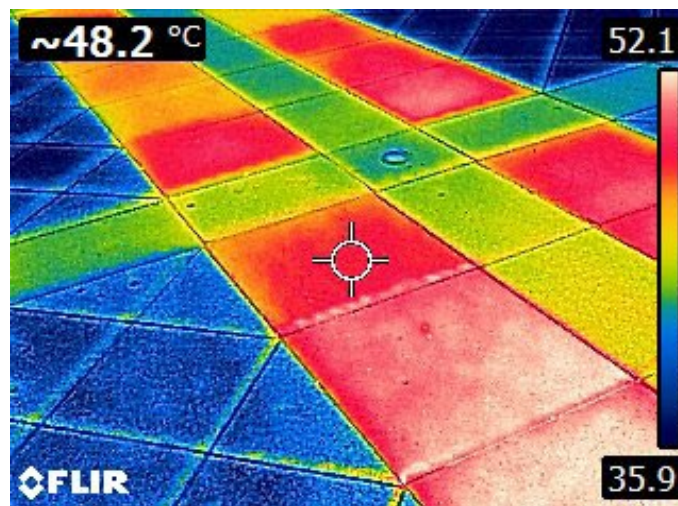
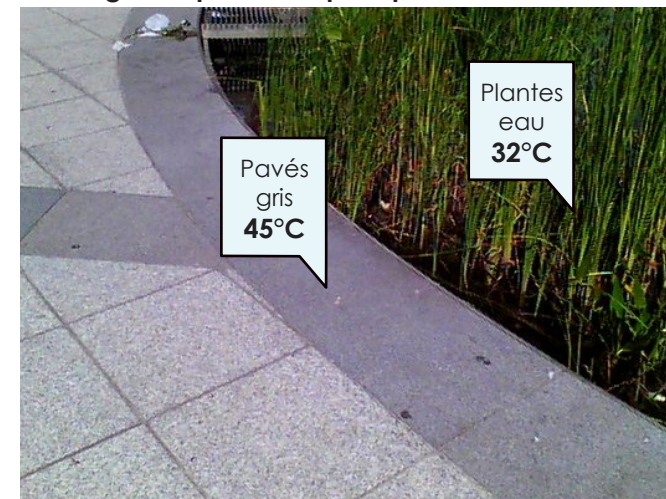
Mobilier en pierre ombre VS soleil



Pavés clairs VS pavés gris VS pavés foncés



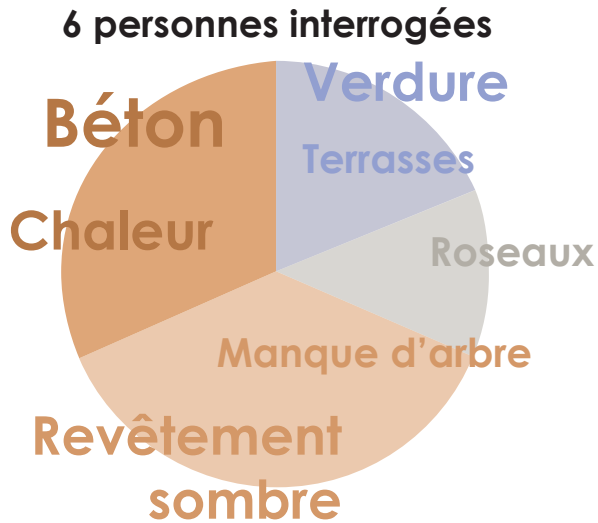
Pavés gris VS plantes aquatiques



# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

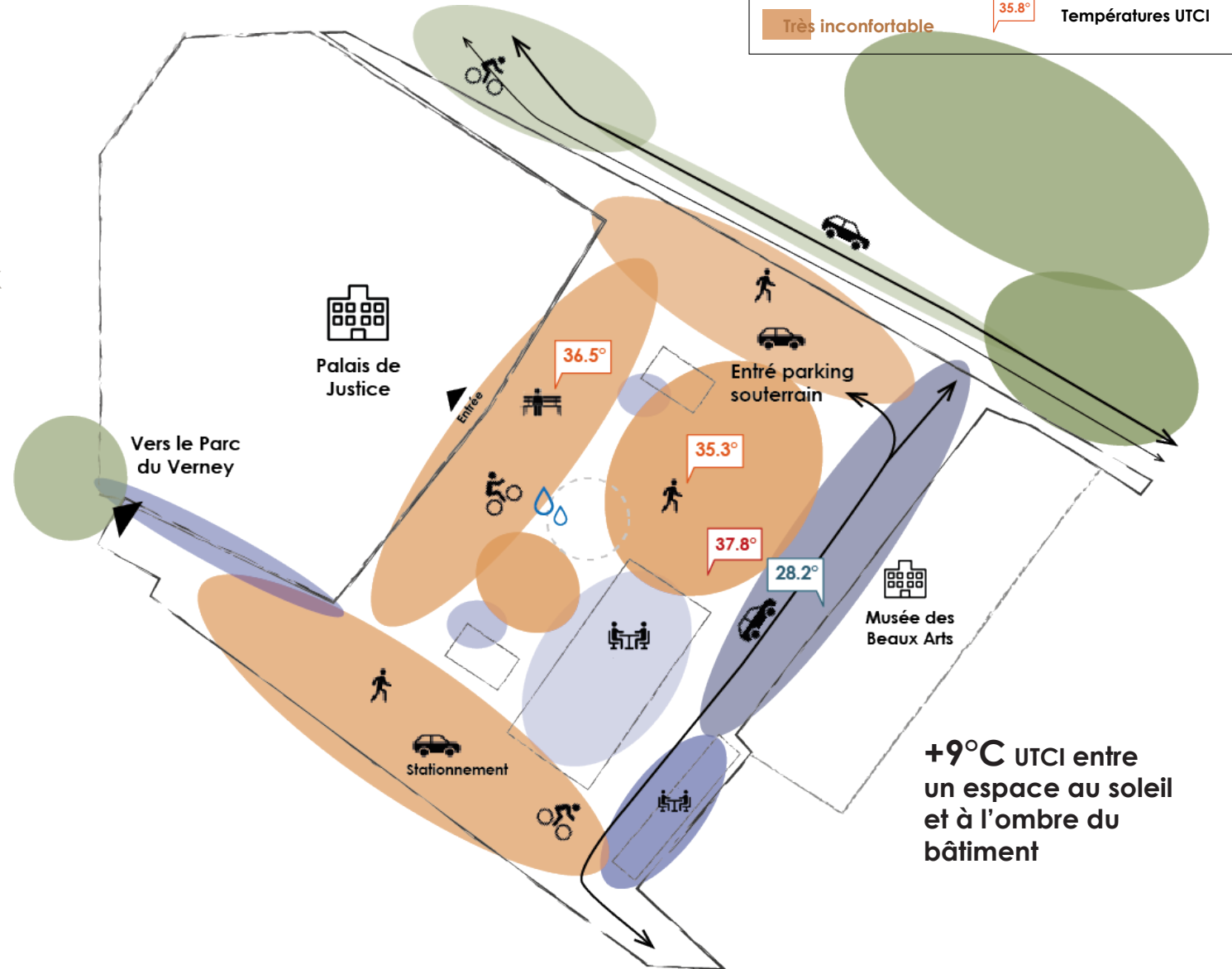
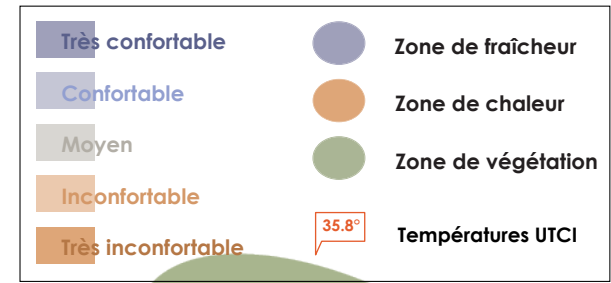
## Place du Palais de Justice

11:00 à 12:00



> Confort thermique insatisfaisant dû au manque d'ombre et aux revêtements sombres

> Lieu de passage où les gens s'arrêtent peu, sauf en terrasse



+9°C UTCI entre un espace au soleil et à l'ombre du bâtiment

# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Boulevard de la Colonne

### Observation des usages

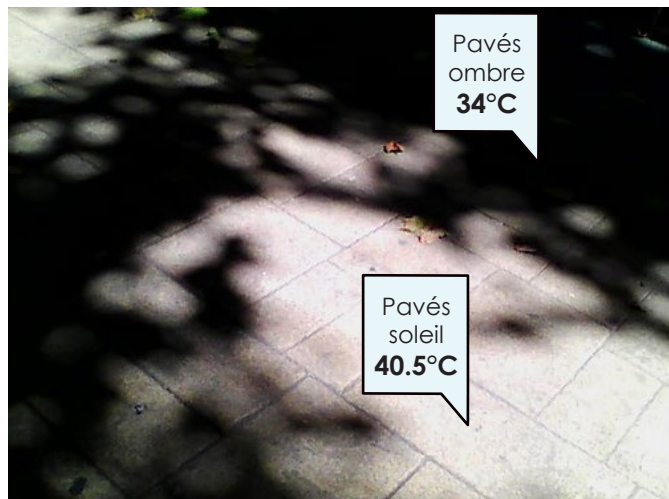




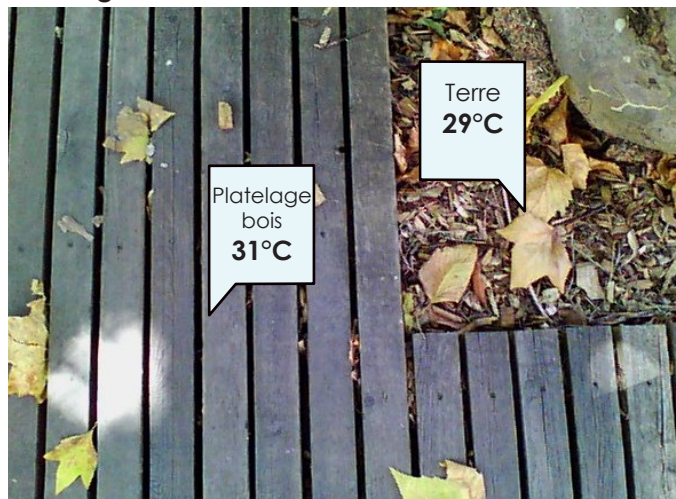
# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics Boulevard de la Colonne

## Températures de surface

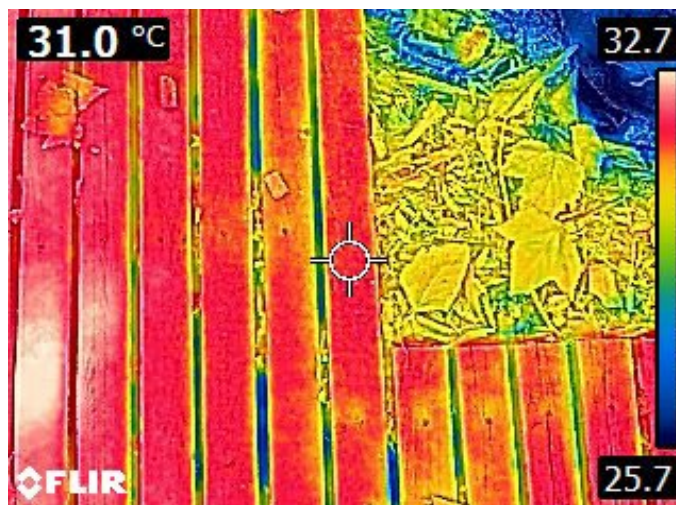
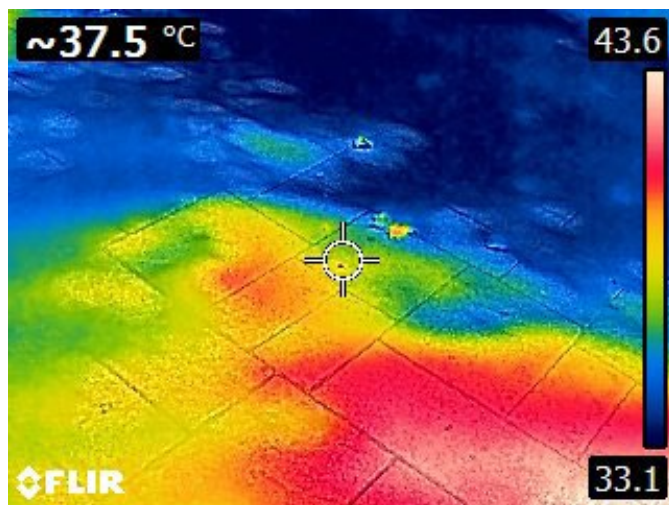
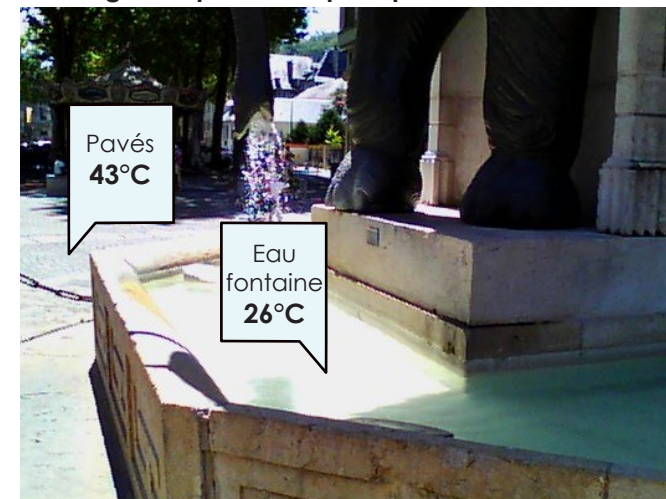
Pavés soleil VS ombre



Platelage bois VS terre



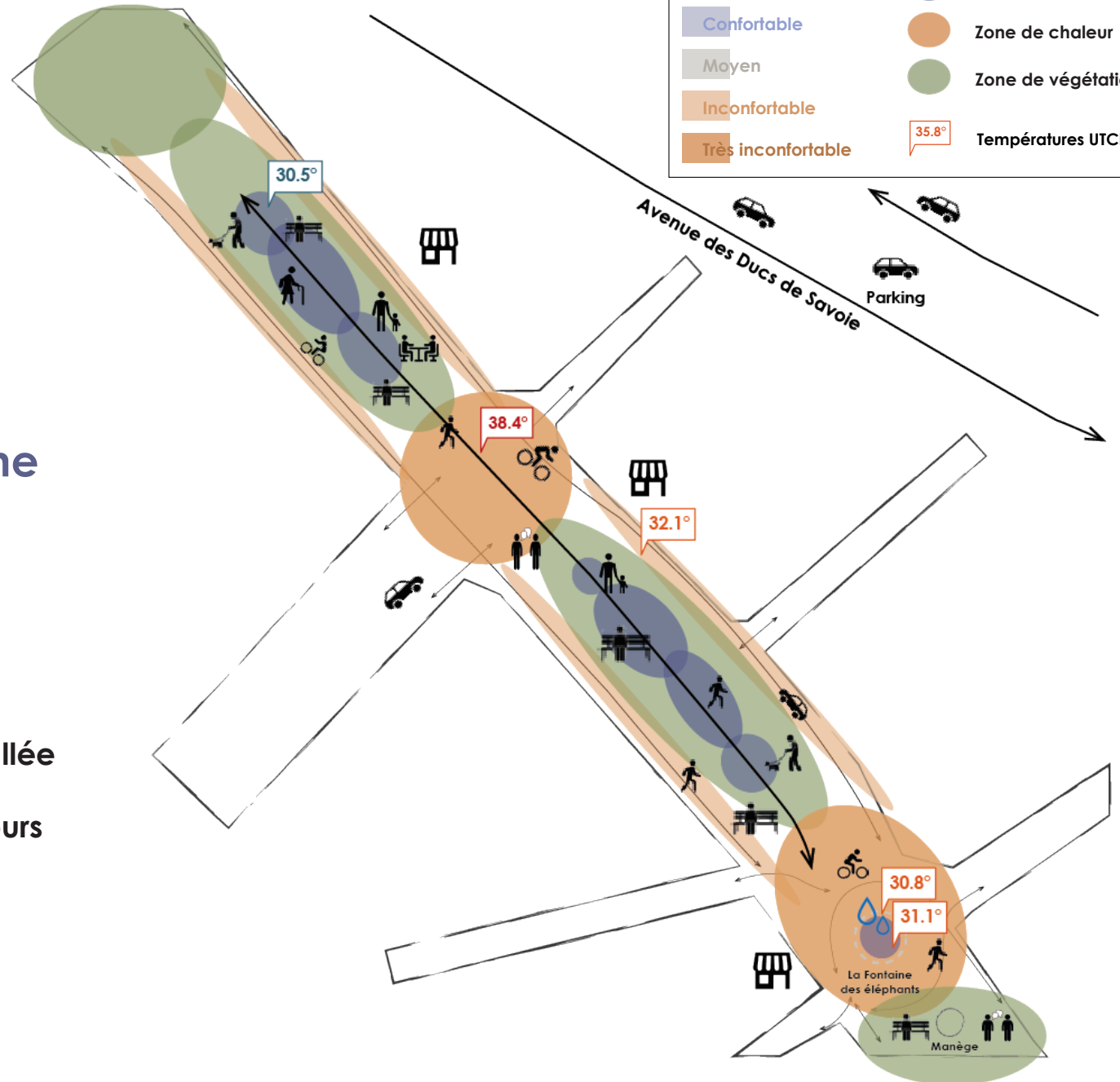
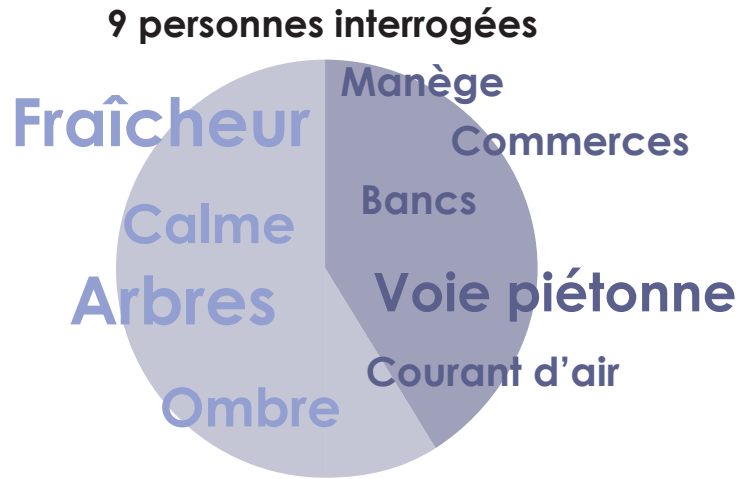
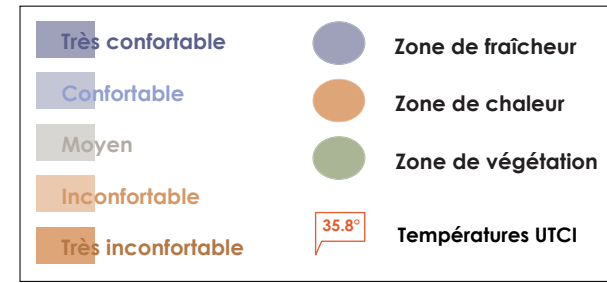
Pavés gris VS plantes aquatiques



# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Boulevard de la Colonne

12:30 à 13:00



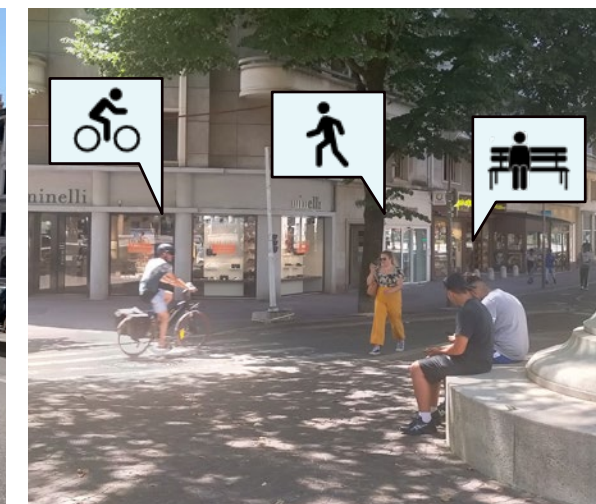
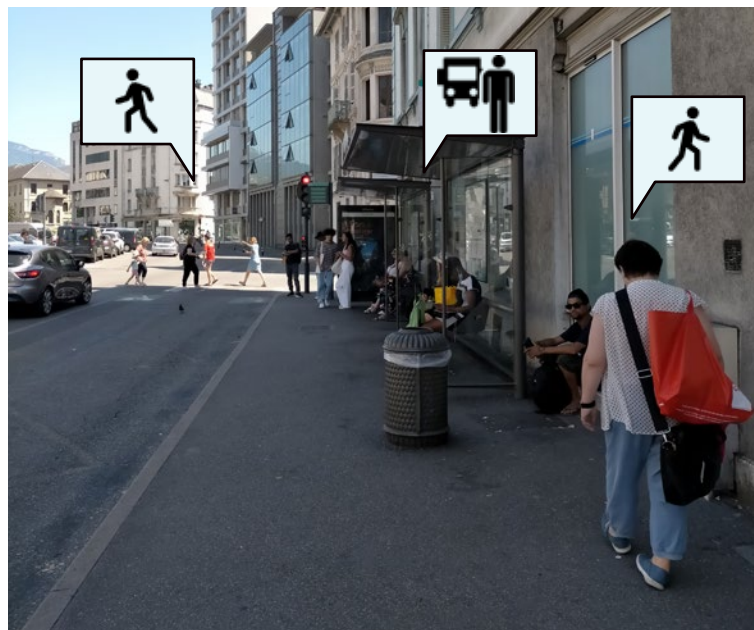
- > Confort thermique satisfaisant dans l'allée arborée
- > Espaces peu confortables aux carrefours (malgré la fontaine)

- > Espace apaisé (flux doux)
- > Lieu de flânerie et de repos

# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Avenue des Ducs

Observation des usages

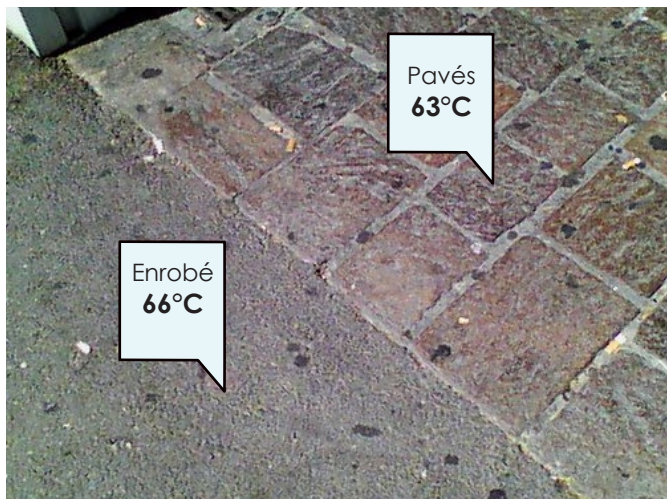


# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

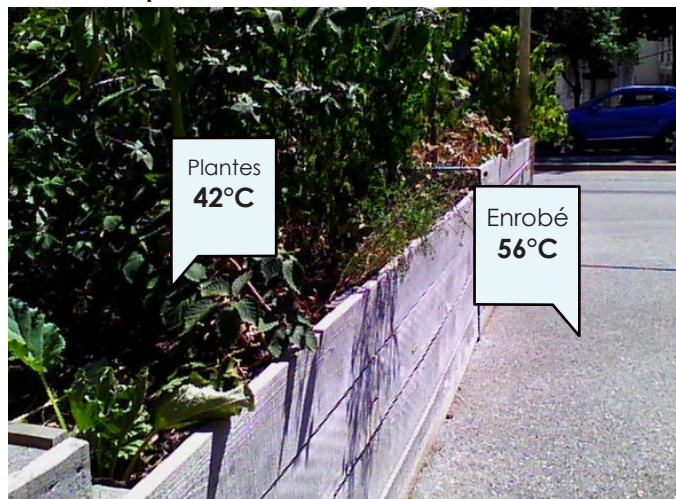
## Avenue des Ducs

### Températures de surface

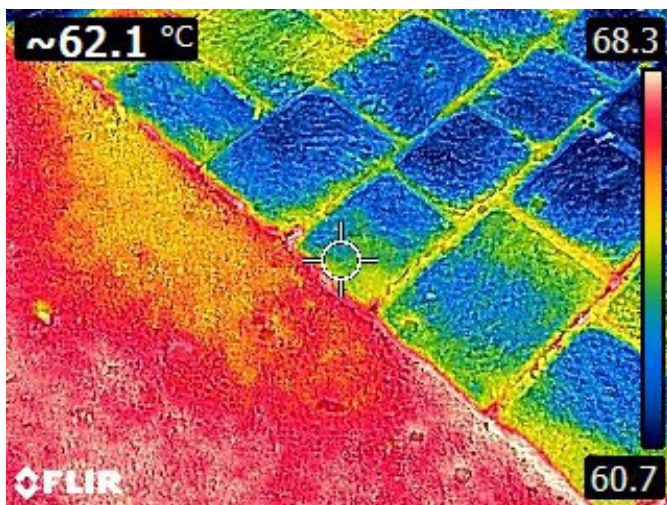
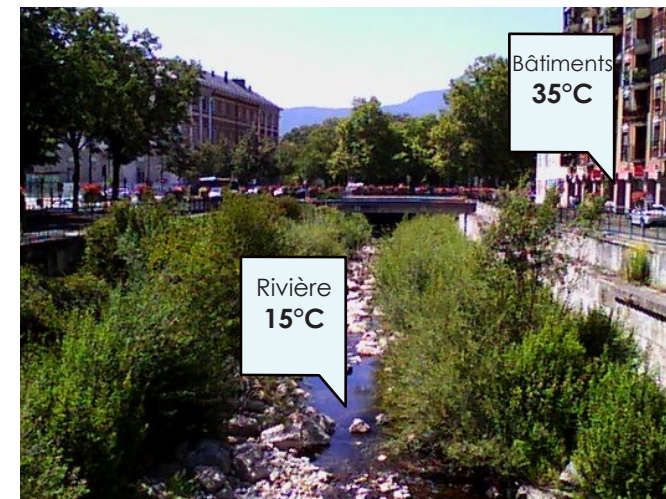
Pavés VS enrobé



Enrobé VS plantes



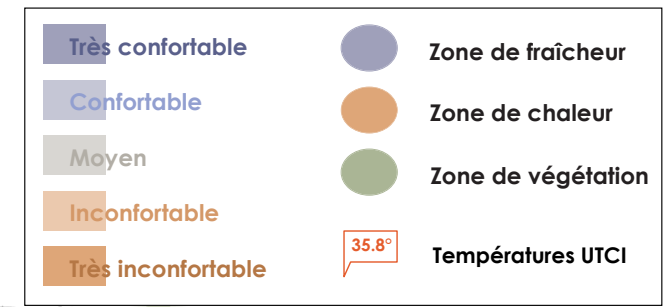
Rivière VS bâtiments



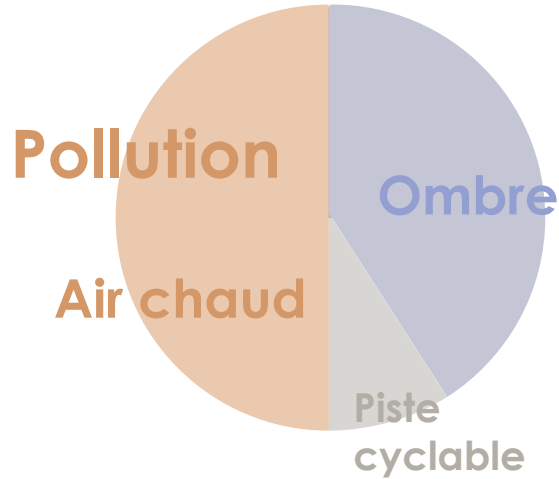
# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Avenue des Ducs

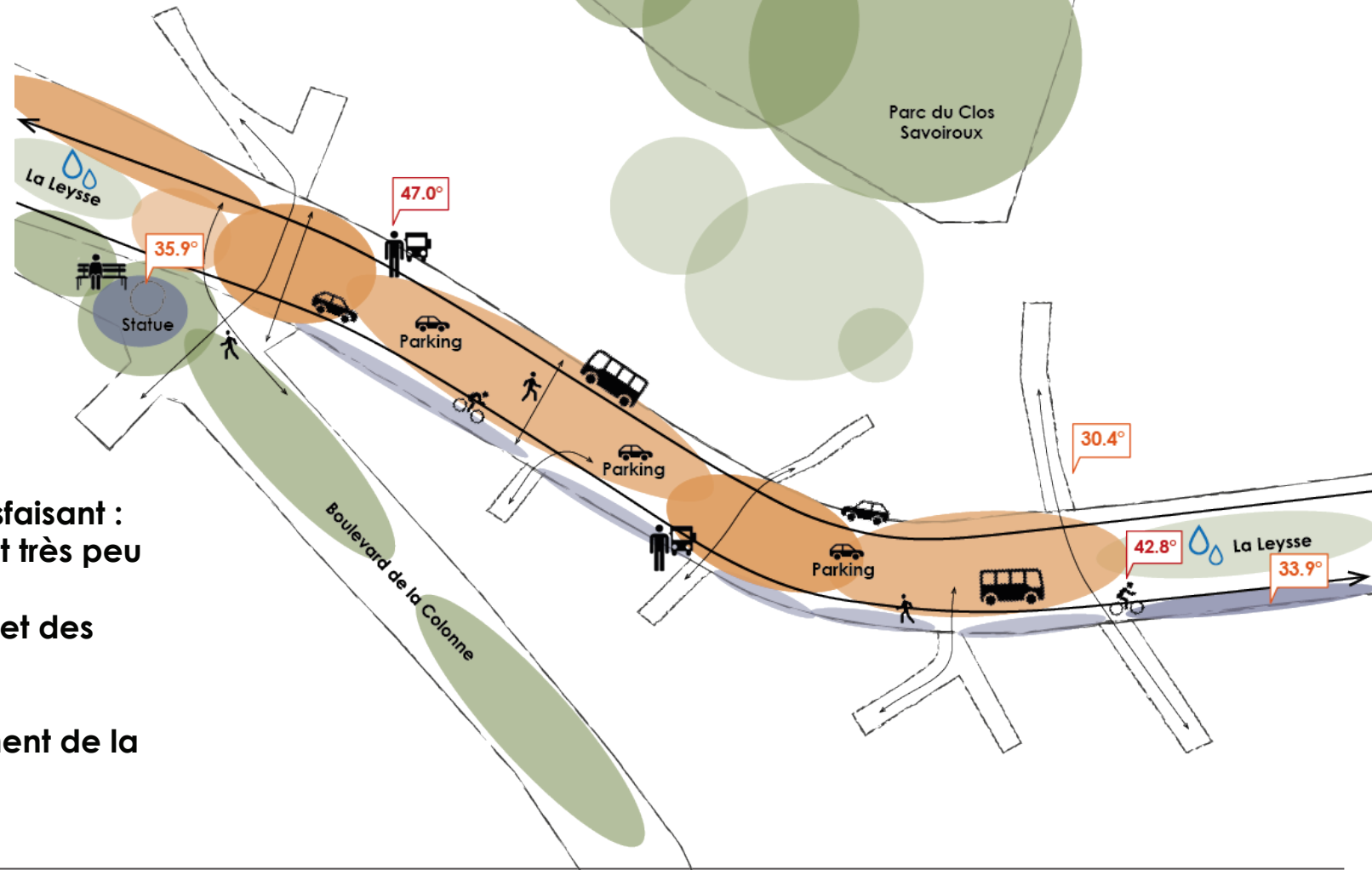
14:45 à 15:30



6 personnes interrogées



+10°C UTCI entre l'arrêt au soleil et l'arrêt à l'ombre du bâtiment



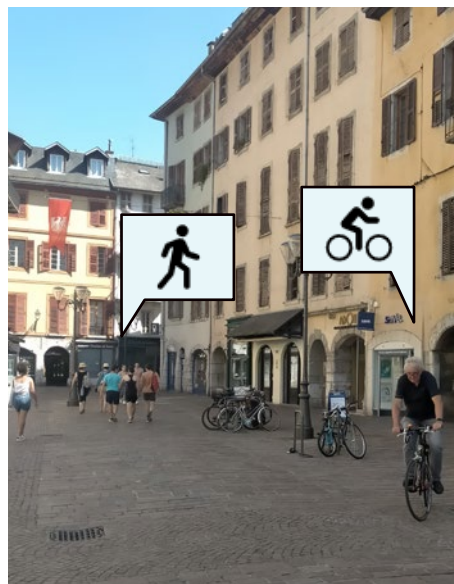
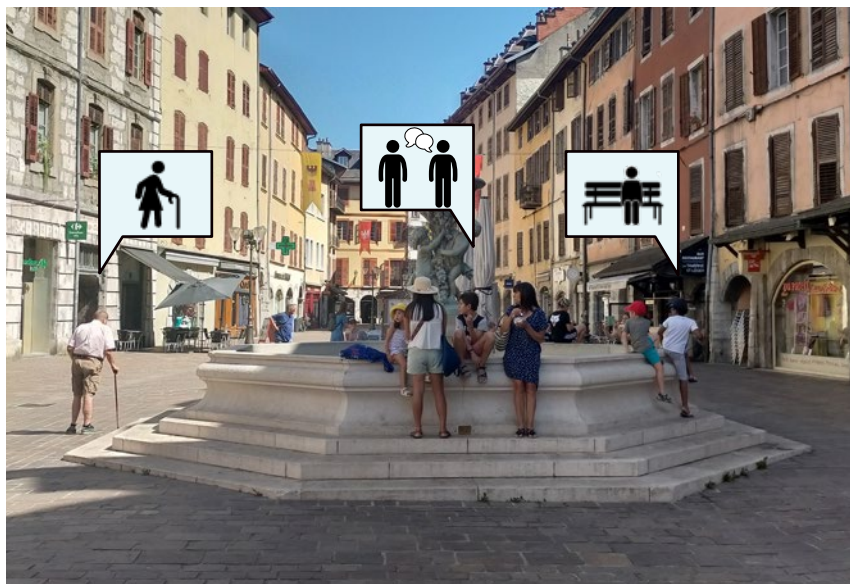
> Confort thermique très insatisfaisant : pas de présence de verdure et très peu d'ombre

> Omniprésence de la voiture et des parkings

> Le potentiel de rafraîchissement de la rivière n'est pas exploité

# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Place Saint Léger

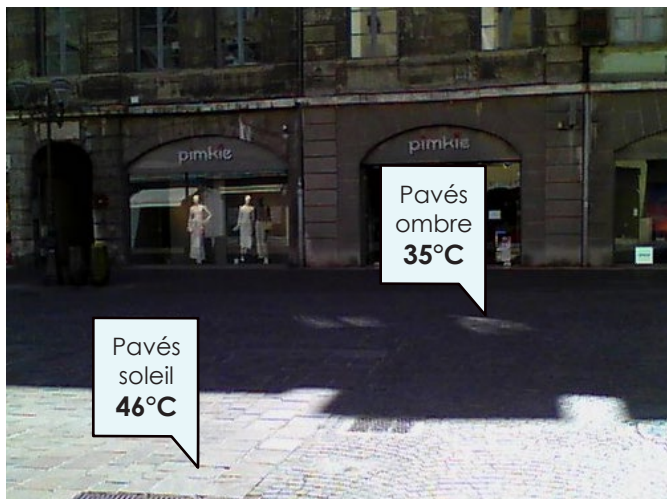


# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

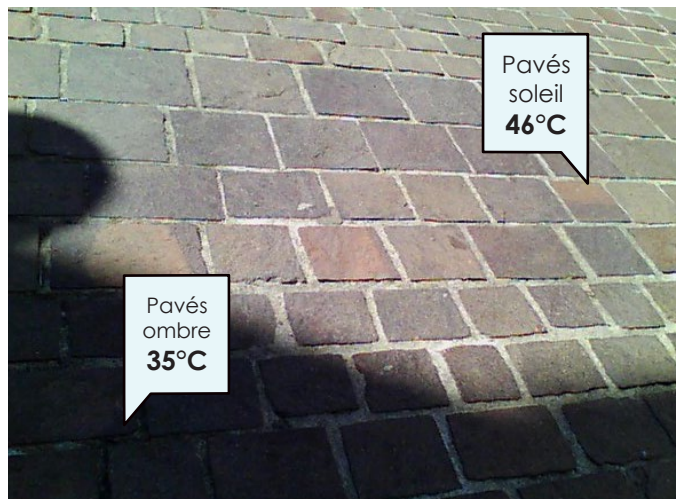
## Place Saint Léger

### Températures de surface

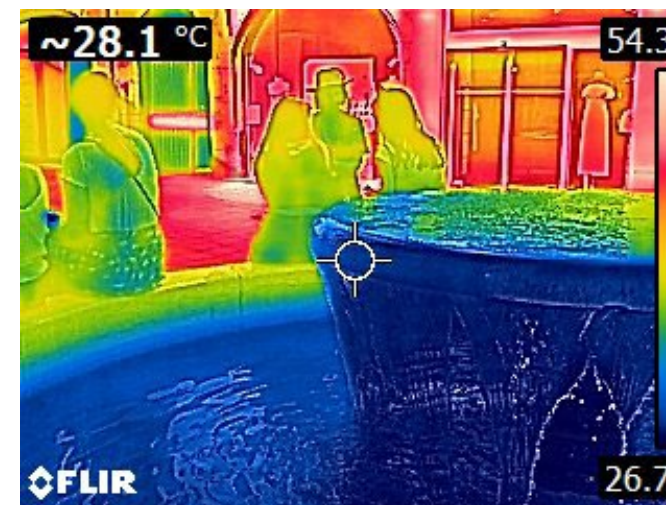
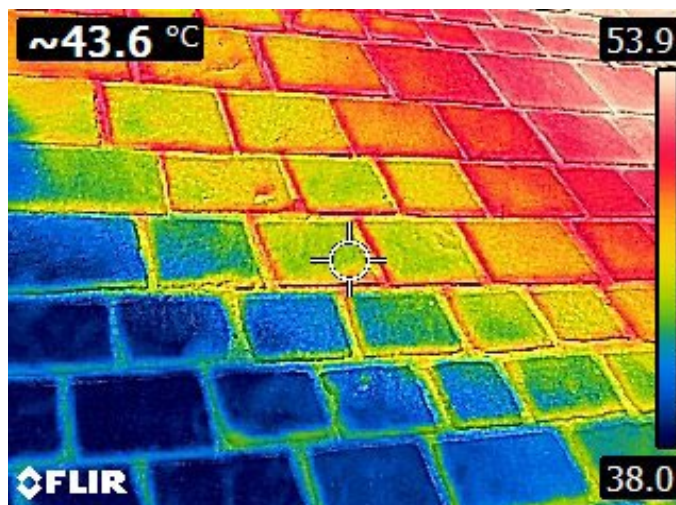
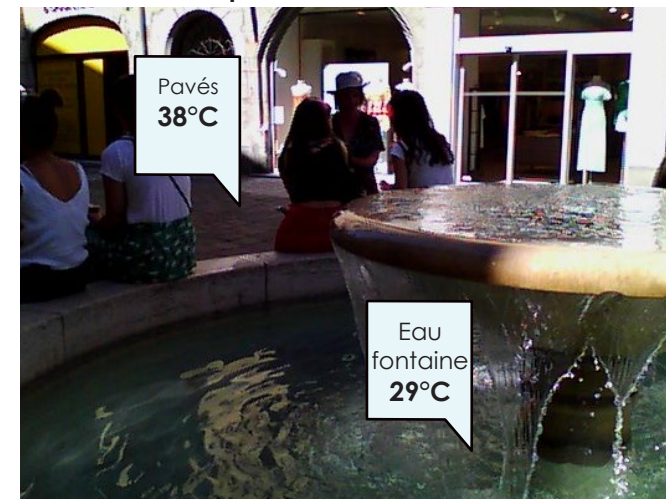
Pavés soleil VS ombre



Pavés soleil VS ombre



Eau fontaine VS pavés

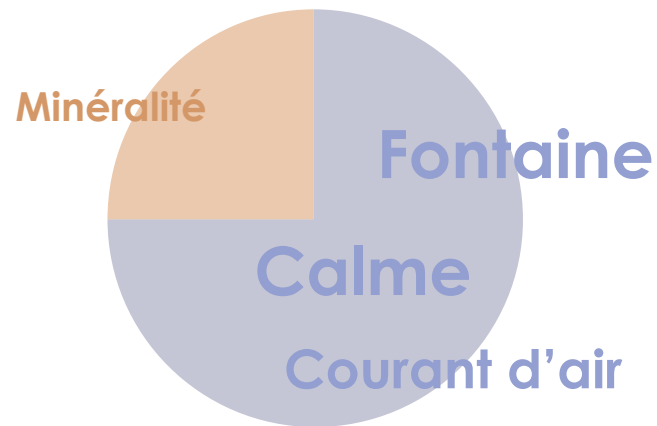


# Campagne de terrain du confort en été des espaces publics

## Place Saint Léger

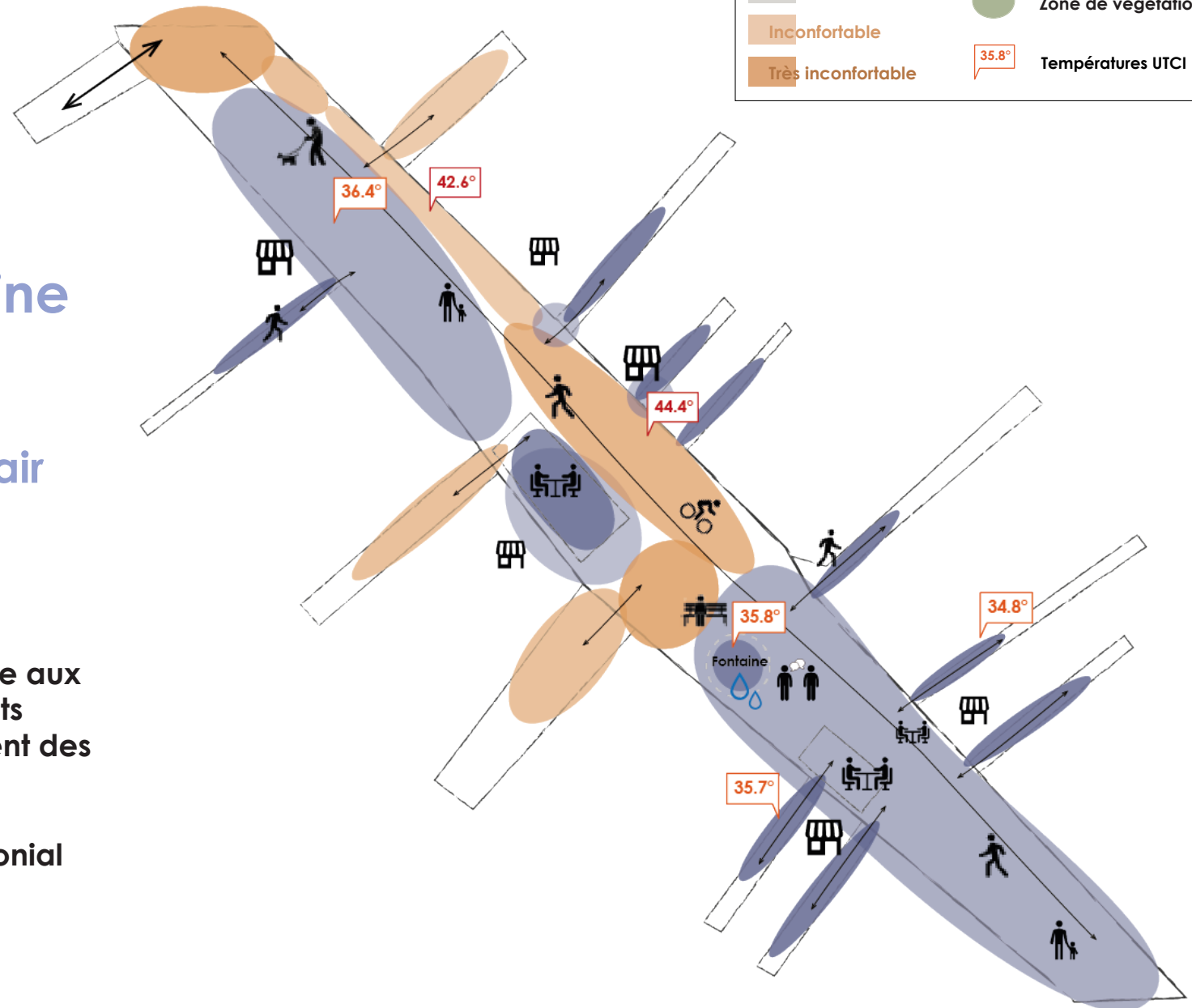
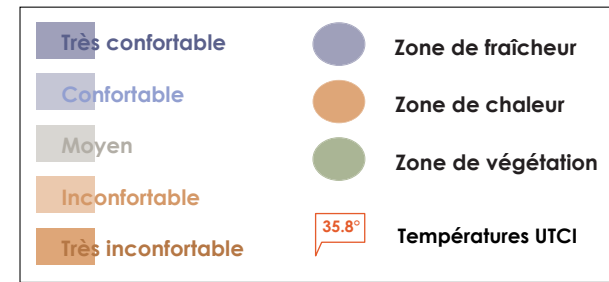
14:45 à 15:30

8 personnes interrogées



- > Confort thermique amélioré grâce aux fontaines et à l'ombre des bâtiments
- > Présence des allées qui constituent des passages frais

- > Commerces et caractère patrimonial appréciés

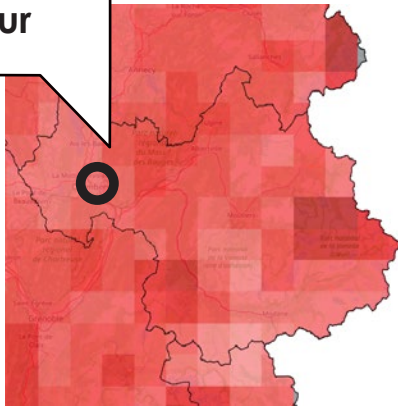




## Rappel

# 3 enjeux imbriqués

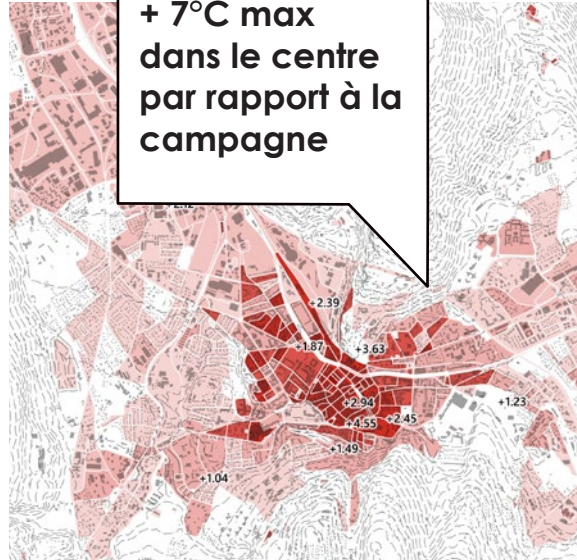
2050  
35 jours/an  
de vague de  
chaleur dans  
le secteur



// Echelle globale  
**Changement climatique**  
>> Augmentation des  
températures et des vagues de  
chaleur

Phénomène planétaire qui se  
répercute à toutes les échelles du  
climat

La nuit + 4,5 °C  
en moyenne et  
+ 7°C max  
dans le centre  
par rapport à la  
campagne

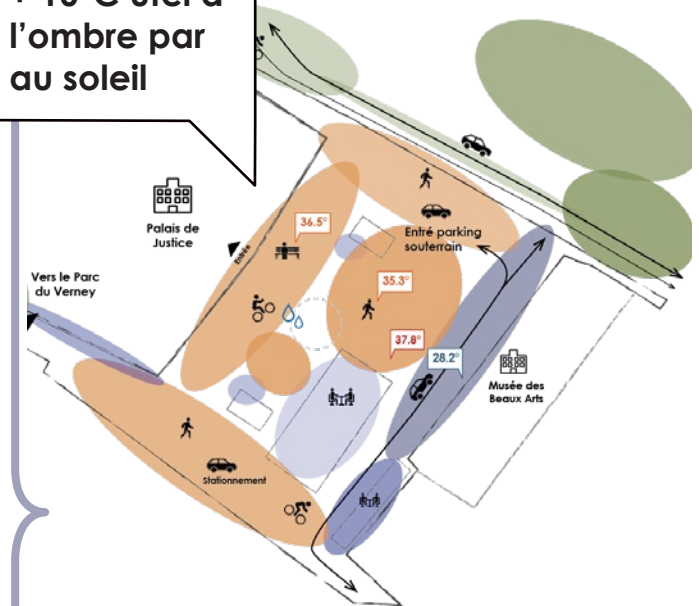


// Échelle ville, quartiers  
**Îlot de chaleur urbain**

>> Surchauffe surtout la nuit

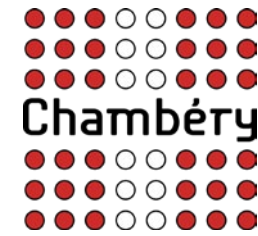
Phénomène à l'échelle des villes et quartiers  
où les températures sont plus élevées qu'à la  
campagne.

Le jour  
environ  
+ 10°C utci à  
l'ombre par  
au soleil



// Echelle piéton  
**Confort thermique des  
espaces extérieurs publics**  
>> Surchauffe le jour

Problématique de jour en extérieur



# Des questions ?

