



GRENOBLE  
AIR • ENERGIE • CLIMAT



# L'îlot de chaleur urbain grenoblois



# Lexique

## Albédo :

part de l'énergie solaire réfléchie par une surface en fonction de sa couleur : plus la couleur est claire, plus la lumière est réfléchie ce qui limite le stockage/déstockage de la chaleur ; privilégier les couleurs claires pour les toitures, façades, sols permet de diminuer la température de surface, en particulier la journée.

## Bâti dense :

lorsque le bâti occupe plus de 40 % de la surface au sol (quartier Championnet par exemple).

## Effet de canyon :

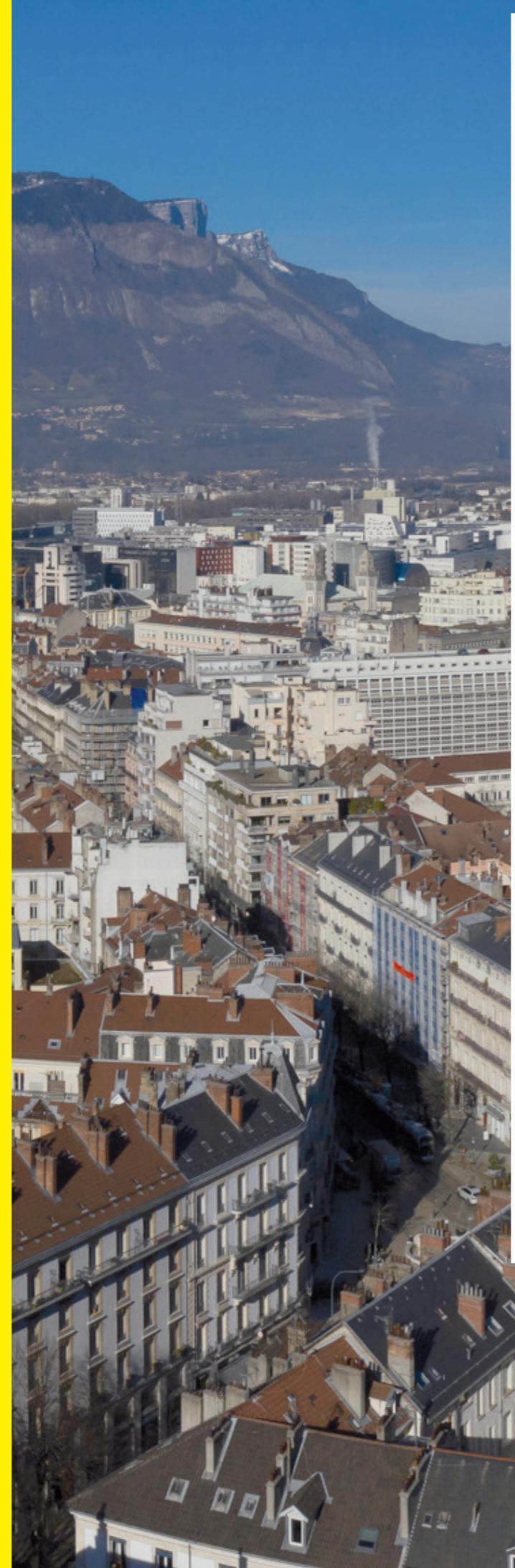
effet d'une forme urbaine avec des bâtiments hauts et rapprochés qui piègent le rayonnement solaire ; l'effet de canyon est mesuré par le Sky view factor (SVF).

## Gradient de température :

désigne la variation de la température de l'air (qui s'installe la nuit) selon les différents quartiers, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre-ville.

## Sky view factor (SVF) :

le degré d'ouverture du ciel depuis le sol correspond à la portion de ciel observable depuis le sol. Il varie de 0 (bâtiments très serrés) à 1 (prairie dégagée).



# L'îlot de chaleur urbain grenoblois

Les vagues de chaleur plus nombreuses et plus intenses exposent les villes à des températures extrêmes, en particulier la nuit où la température reste plus élevée qu'à la campagne.

Cette différence de température nocturne ville/campagne correspond à l'**îlot de chaleur urbain (ICU)**. L'absence de rafraîchissement nocturne répétée, associée à la forte chaleur de la journée constitue un enjeu sanitaire élevé. Les organismes s'épuisent au fil des jours, en particulier pour les populations vulnérables (personnes de la rue, personnes âgées, enfants).

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène climatique dont l'étude est relativement récente en particulier pour les villes de taille moyenne. Les travaux de recherche révèlent

qu'elles sont néanmoins exposées au phénomène d'autant plus lorsqu'elles connaissent une croissance démographique : l'îlot de chaleur urbain potentiel est amplifié par l'urbanisation, la densification et l'activité humaine elle-même (climatisation, circulation automobile...).

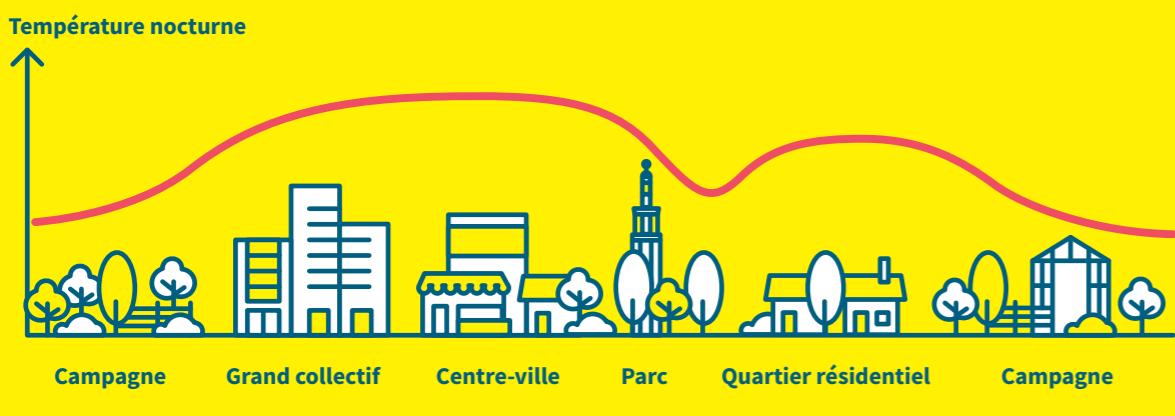
Avec son plan climat, la Ville de Grenoble est engagée depuis 2005 dans des actions **d'atténuation** du dérèglement climatique (économies d'énergie, efficacité énergétique, énergies renouvelables), mais depuis quelques années, il est nécessaire d'engager des mesures **d'adaptation** en intégrant la nouvelle donne climatique : une compréhension plus fine du **climat urbain** peut orienter les choix d'aménagement.



# L'îlot de chaleur urbain : de quoi s'agit-il ?

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène climatique local exclusivement nocturne dont l'échelle d'influence varie d'une centaine de mètres à 1 km. Il apparaît lors des conditions météorologiques stables avec un ciel clair et dégagé et en l'absence de vent fort. La présence de l'îlot de chaleur urbain est directement liée à l'occupation du sol. Ainsi les quartiers fortement imperméabilisés, avec une faible part de végétation,

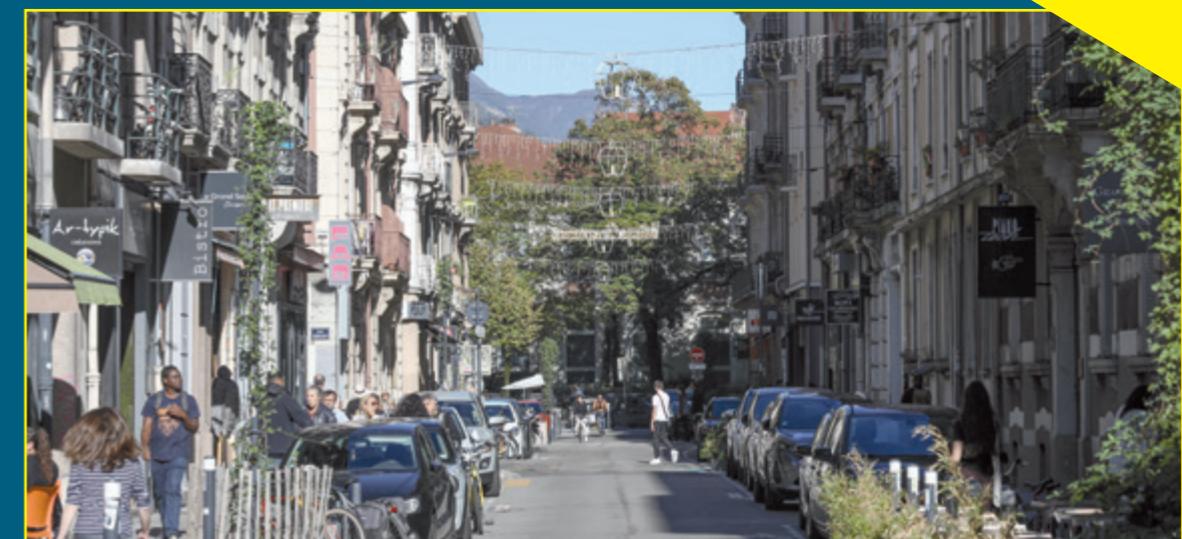
un bâti dense et un effet de canyon important (bâtiments hauts et rapprochés) vont engendrer un fort ICU. À contrario, les parcs urbains de grande emprise (à partir d'une dizaine d'hectares) constitueront des « îlots de fraîcheur » au sein de la ville. L'organisation spatiale de la ville avec un tissu bâti plus dense dans le centre qu'à la périphérie engendre des gradients de température avec un ICU plus intense dans le centre et qui décroît vers la périphérie.



Le gradient de température nocturne lié à l'ICU (température de l'air), adapté de T.R. Oke, 1987.

Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (nocturne) est à distinguer du confort thermique de journée. Celui-ci est également pris en compte par les collectivités pour aménager l'espace

public et permettre un usage confortable par les habitants même en période de fortes chaleurs (végétalisation, désimperméabilisation du sol, présence d'eau pour se rafraîchir, ombrages...)



## L'effet de canyon

La rue canyon est un exemple de « piégeage » des rayonnements infrarouges et d'obstacle à la circulation des masses d'air; les surfaces verticales

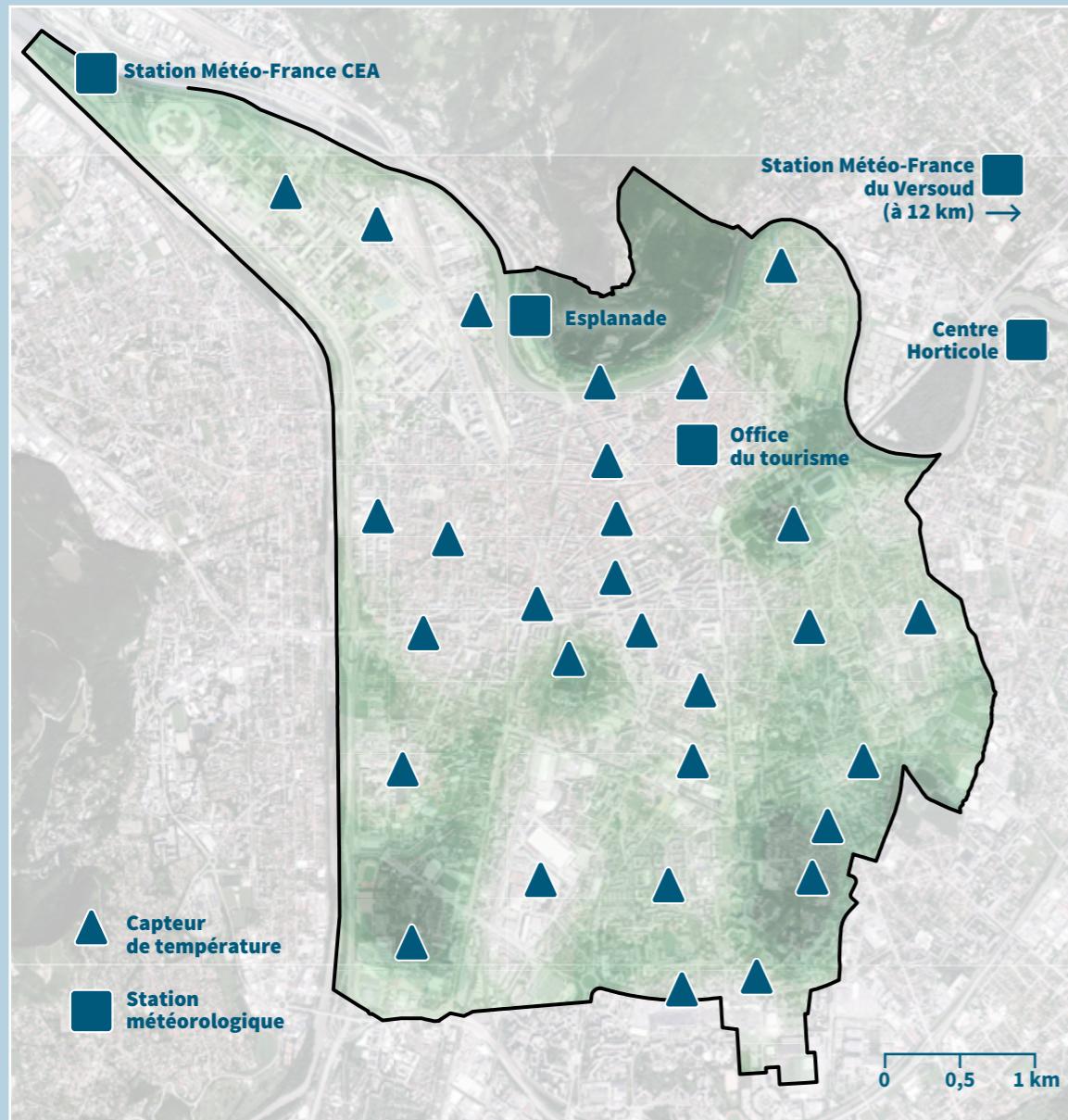
et le sol imperméabilisé sont des éléments fondamentaux dans la formation de l'îlot de chaleur urbain.

## Les facteurs responsables de l'îlot de chaleur urbain par ordre hiérarchique d'influence :



1. Les surfaces verticales (murs exposés au soleil)
2. « L'effet de canyon » (bâtiments hauts et rapprochés qui piègent le rayonnement), décrit par le degré d'ouverture du ciel depuis le sol (sky view factor)
3. L'inertie thermique associée à la nature des matériaux (dont l'effet de l'albédo) et la réduction des flux d'air par la rugosité des bâtiments
4. L'absence de végétation
5. Les surfaces imperméabilisées (parking, voiries, places minéralisées)
6. L'activité humaine (circulation automobile, climatisation...).

# Observer l'îlot de chaleur urbain par la mesure de la température de l'air

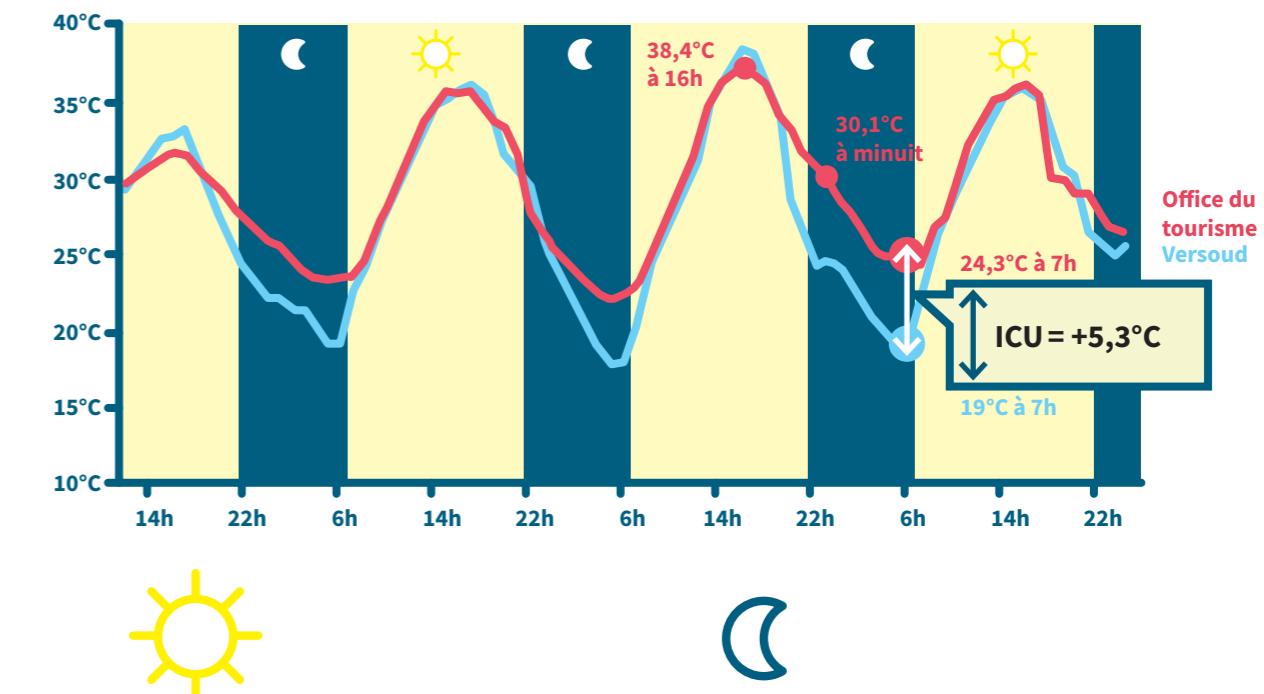


Le réseau d'observation : 35 points de mesure.

30 capteurs de température (à 3 mètres du sol) et 3 stations météorologiques ont été installés par la Ville de Grenoble pour créer un réseau d'observation et mesurer

les gradients de température relatifs à l'îlot de chaleur urbain. Les données des stations Météo-France du Versoud et du CEA viennent compléter ce réseau.

Mesure de la température de l'air à l'Office du Tourisme et au Versoud du 29 juillet au 1<sup>er</sup> août 2020



**En journée**, les écarts de température entre le centre-ville et le Versoud ne dépassent pas ici 1°C, confirmant que le phénomène d'îlot de chaleur urbain caractérisé par l'écart de température entre le centre-ville et sa périphérie est un phénomène nocturne.



**Intensité de l'îlot de chaleur urbain :** le 1<sup>er</sup>/08/2020, l'écart de température entre la station météorologique du Versoud et celle de l'Office du Tourisme est de +5,3°C à 7h00 du matin ; la minimale nocturne est à 19,0°C centre-ville contre 24,3°C au Versoud ; cette température nocturne élevée faisant suite à une journée très chaude à 38,4°C.



À gauche : capteur de température

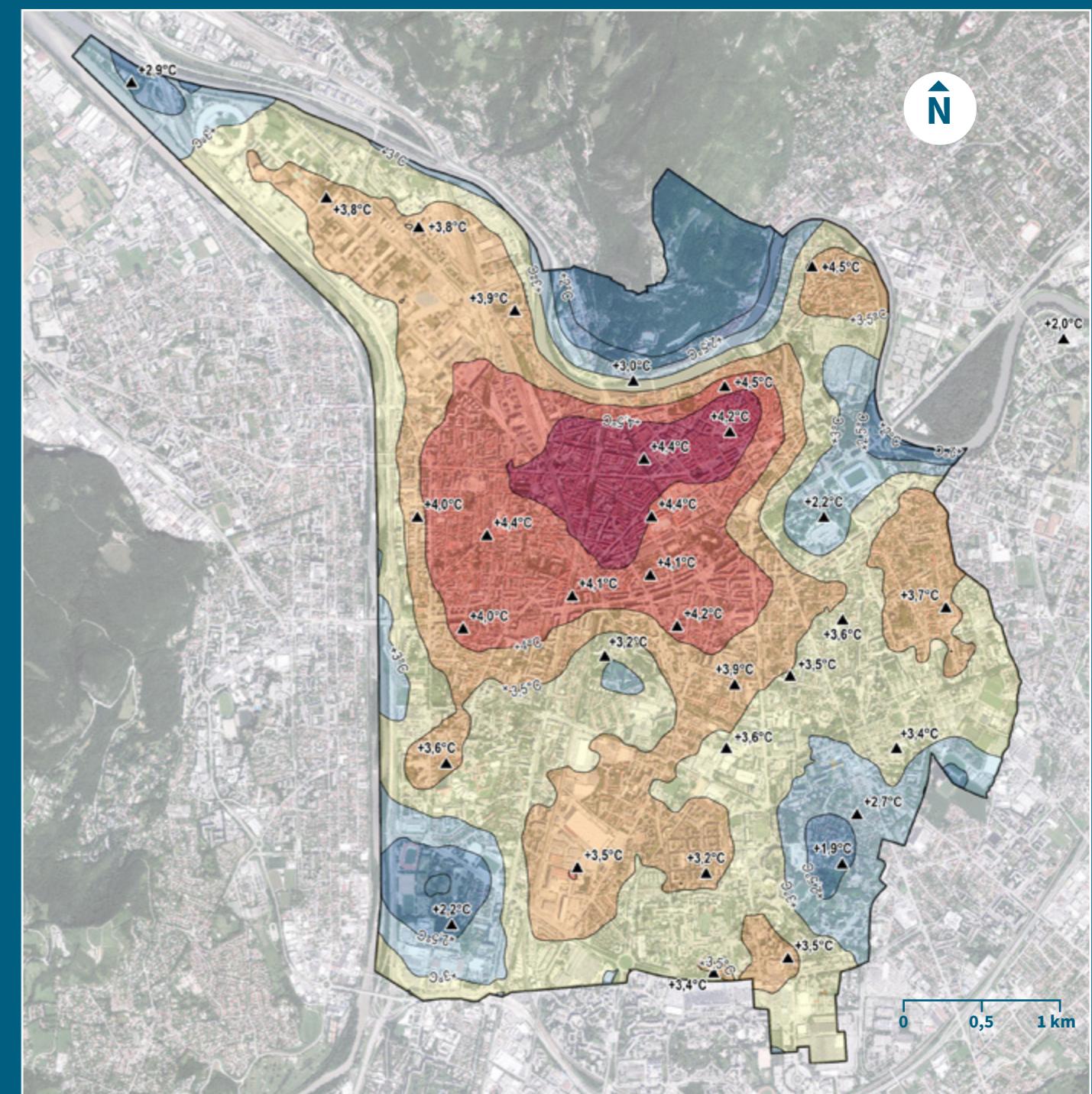
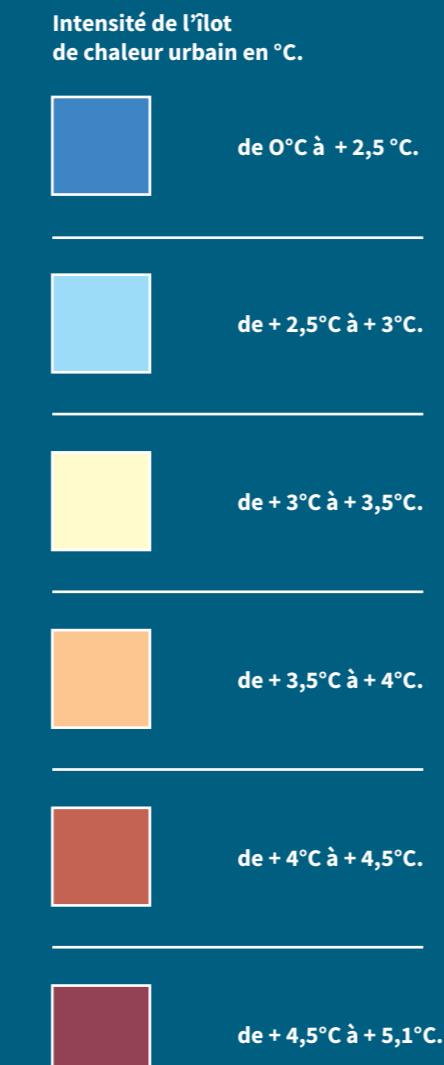
À droite : station météorologique Office du tourisme

# Cartographie de l'îlot de chaleur urbain

L'analyse des températures sur 71 nuits de l'été 2020 est doublée d'un travail de modélisation\* pour mettre en évidence **l'intensité, l'étendue et la fréquence de l'îlot de chaleur urbain** à Grenoble sur la période du 22/07/2020 au 30/09/2020 :

- Fréquence :** l'îlot de chaleur urbain est présent une nuit sur deux
- Intensité moyenne de l'îlot de chaleur urbain centre-ville :** +4,4°C
- Intensité maximum observée :** +6,2°C (le 10 août 2020)
- Température minimale :** lorsque la température minimale, la nuit, ne descend pas en dessous de 20°C, on parle de nuit tropicale : 16 nuits tropicales enregistrées en centre-ville contre zéro nuit tropicale au Versoud ; la température minimale nocturne est enregistrée à 7h00 du matin pour ces situations.

\*Modélisation géostatistique : une analyse de l'occupation du sol en fonction des températures observées a été réalisée pour construire un modèle de spatialisation de l'ICU.



## Données enregistrées lors de l'épisode caniculaire de l'été 2022

- Au Versoud :** 67 jours  $\geq$  à 30°C ont été enregistrés de mai à juillet 2022 contre une moyenne de 42 jours observés de 2005 à 2020.

- Centre-ville :** le pic de température a été atteint le 19 juillet 2022 en journée avec 36,9°C.

Associé à ces journées chaudes, l'îlot de chaleur urbain engendre des températures nocturnes élevées en ville avec 20 « nuits tropicales » enregistrées en centre-ville de mai à juillet 2022 (température qui ne descend pas en dessous de 20°C).

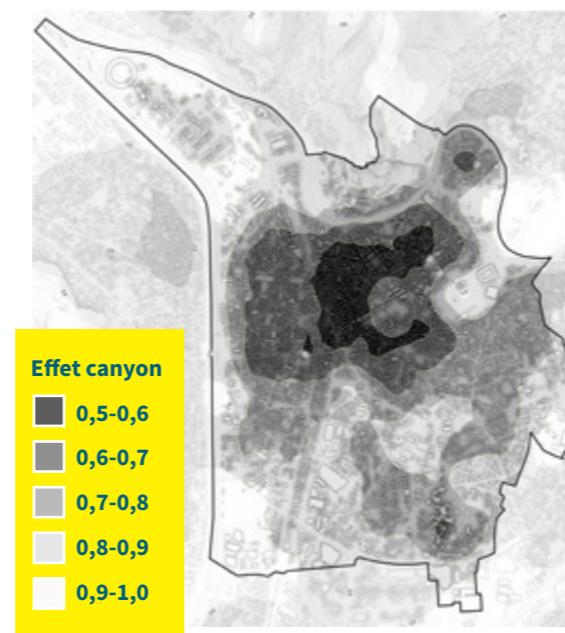
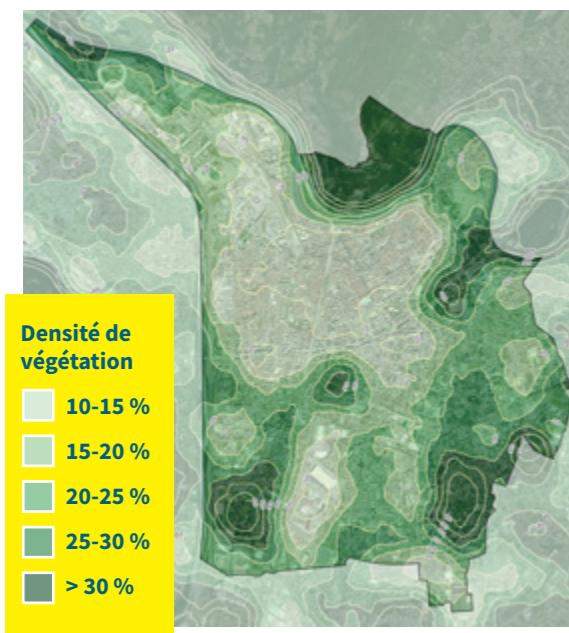
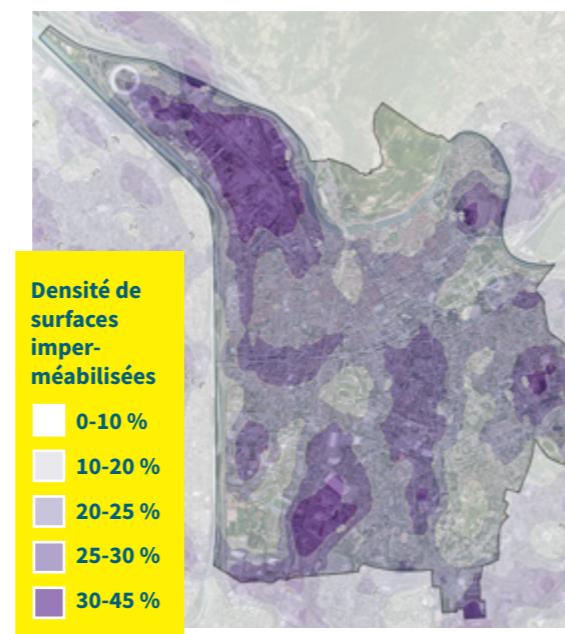
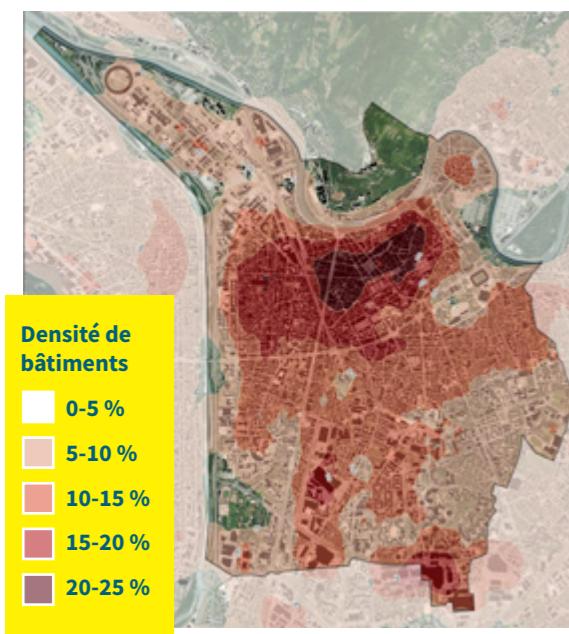
Intensité moyenne de l'îlot de chaleur urbain de Grenoble (été 2020)  
(source : Ville de Grenoble, X.Foissard, 2021, IGN BD Ortho).

L'îlot de chaleur urbain le plus intense est observé dans les quartiers du centre-ville composés d'un tissu bâti dense avec en moyenne 10% de fraction de végétation (+4,4°C enregistré en moyenne par rapport au Versoud). Les principaux parcs représentent des îlots de fraîcheur (en moyenne +2°C par rapport au Versoud) : Parc Paul Mistral (35 ha), parc des Champs Elysées (29 ha),

parc Jean Verlhac (14 ha). Dans certaines situations météorologiques, un déplacement de l'îlot de chaleur urbain est observé vers le nord-ouest du centre-ville.

# Comprendre la forme urbaine pour agir

Densité du bâti, hauteur des bâtiments, effet de canyon, surfaces imperméabilisées, part de végétation sont les facteurs qui influencent l'îlot de chaleur urbain. Cartographier ces indicateurs de forme urbaine permet



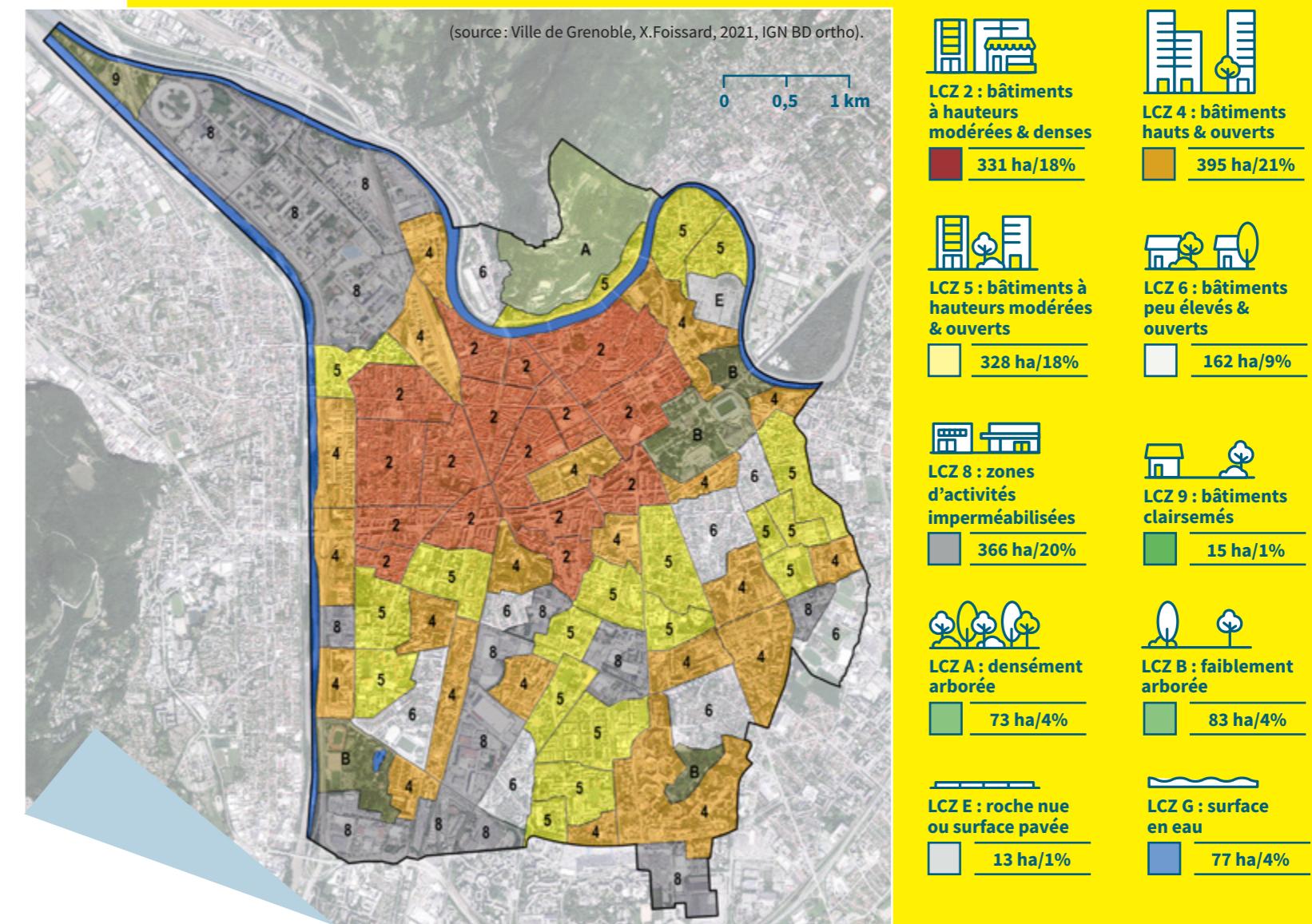
Les cartes d'occupation du sol sont produites à partir des bases de données de l'IGN (Institut national de l'information géographique) pour les informations relevant des bâtiments et de traitements d'images satellites (classification par machine learning) pour les données de végétation et les surfaces imperméabilisées. Sur cette base des formes urbaines se construit la carte des unités climatiques urbaines, les LCZ (Local Climate Zone) qui qualifient les différents quartiers et permettent de faire des comparaisons.

## Local climate zone (LCZ)

C'est un système de classification international mis au point par des chercheurs canadiens (Stewart & Oke) pour analyser le climat urbain. Il s'agit de zones d'une dizaine d'hectares, représentatives de l'échelle de l'ICU, classées en fonction de leur forme urbaine (part de végétation, hauteur des bâtiments, taux d'imperméabilisation des sols...).

Grenoble est représentée par 10 zones climatiques différentes sur les 17 que compte le référentiel. Par exemple la LCZ 2 caractéristique du centre-ville correspond à l'unité climatique

« bâtiments à hauteurs modérées et denses ». Grenoble est ainsi découpée en 88 zones. Il est précieux de connaître ces zones climatiques pour comparer leurs différences ou similitudes morphologiques et comprendre ainsi leur fonctionnement en termes d'îlot de chaleur urbain. C'est utile pour orienter des choix d'aménagement, définir des priorités ou des objectifs de végétalisation ou de désimperméabilisation. La carte des LCZ a permis de choisir le lieu d'implantation des capteurs de température.

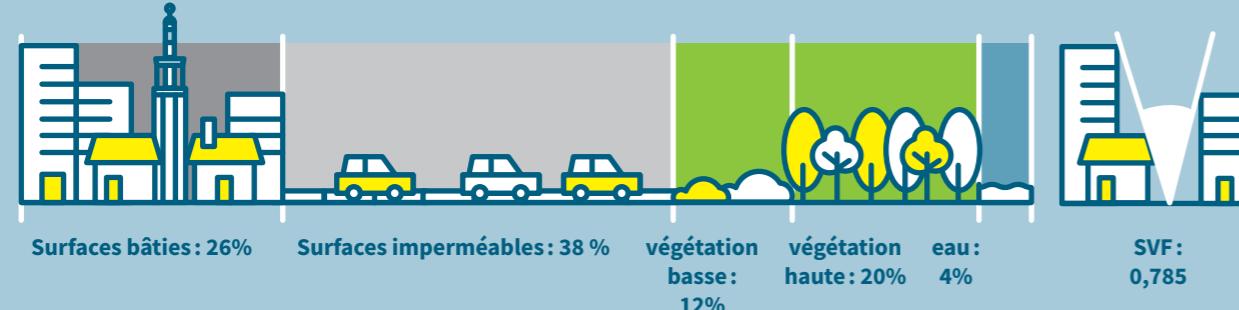


# Les indicateurs de formes urbaines de Grenoble

## GRENOBLE

La tâche urbaine de Grenoble (toute la ville sans la Bastille) a une fraction bâtie de 26% et une fraction de surfaces imperméabilisées de 38%. La part de végétation atteint 32%, soit 550 ha de surface de végétation.

Hauteur moyenne : 14,3 m



Ces indicateurs permettent de comprendre l'intensité de l'îlot de chaleur urbain plus élevé dans le secteur Alsace-Lorraine-Jaurès avec +4,8°C en moyenne contre +3,0°C dans le secteur La Bruyère-Malherbe. Ces deux quartiers remplissent des fonctions différentes au sein de la Ville. Étudier les quartiers à partir de ces unités climatiques, les LCZ, permet de comprendre et d'analyser les formes urbaines et de proposer des objectifs de mutation en adéquation avec le rôle de chaque quartier.

## SECTEUR ALSACE-LORRAINE-JAURÈS

Ce secteur correspond à la classe LCZ 2 avec une forte densité de bâtiments (51%), des bâtiments hauts (plus de 5 étages) engendrant un « effet de canyon » important (indice SVF, sky view factor). La part de végétation est faible avec seulement 9%.

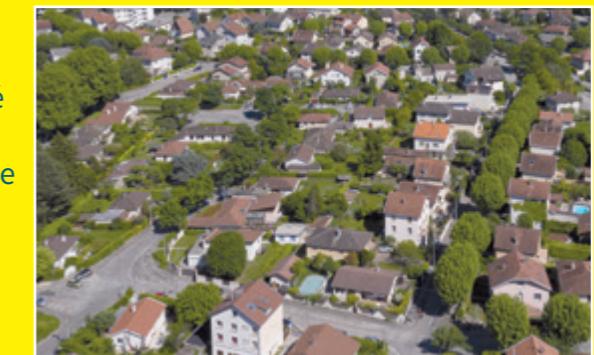


Hauteur moyenne : 17,7 m

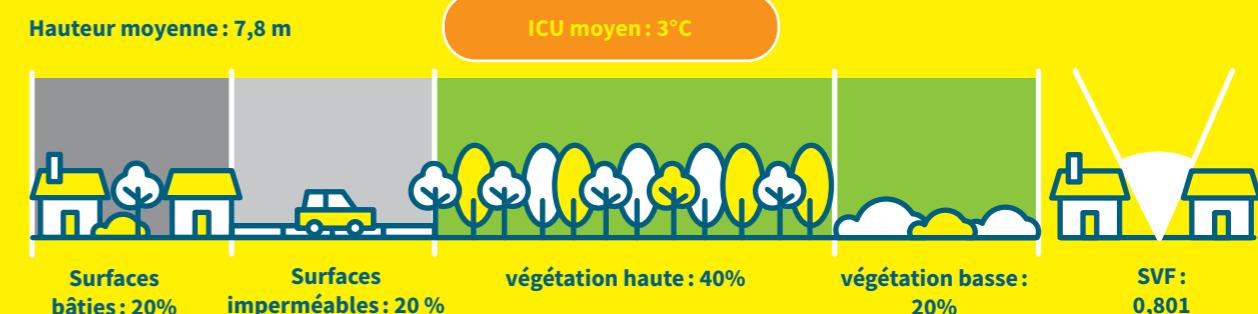


## SECTEUR LA BRUYÈRE-MALHERBE

À l'opposé, ce secteur pavillonnaire, classé en LCZ 6, révèle une plus faible densité de bâtiments avec seulement 20% et une forte présence de végétation avec 60%. Le tissu bâti est non seulement moins dense mais également moins haut (hauteur moyenne des bâtiments de 7,8 m) ce qui limite « l'effet de canyon ».



Hauteur moyenne : 7,8 m



# Et ensuite ?

La connaissance du climat urbain permet de prendre en compte le phénomène d'îlot de chaleur urbain dans les projets d'aménagement et dans la planification urbaine :

- détermination des zones prioritaires pour engager une démarche de réduction des îlots de chaleur urbains;
- croisement avec les données de vulnérabilité des populations (personnes âgées, établissements de santé);
- prise en compte du phénomène dans l'aménagement des nouveaux quartiers.

L'approche généralisée des quartiers favorables à la santé, avec les indicateurs de bien-être (Flaubert, Cambridge) intègre le phénomène d'îlot de chaleur urbain et oriente les choix d'aménagement:

- arbitrage sur les formes urbaines, hauteur, gabarit, orientation des bâtiments, sur la part de surfaces végétalisées, la couleur des matériaux, le traitement des façades (dont la toiture), sur le ratio de végétation haute/végétation basse;

- stratégie de gestion de l'eau et coefficient d'imperméabilisation;
- maîtrise de l'effet canyon (écartement entre les bâtiments);
- prise en compte des phénomènes de brises...

En parallèle, la Ville de Grenoble active sur tout son territoire les différents leviers qui jouent en faveur de la réduction de l'îlot de chaleur urbain :

- végétalisation de l'espace public,
- soutien à la végétalisation de l'espace privé;
- désimperméabilisation de rues, de cours d'écoles, de terrasses, de parking...

**Le défi est d'aménager la ville de demain sans augmenter l'îlot de chaleur urbain, voire en le réduisant et d'anticiper l'organisation de la cité face à la nouvelle donne climatique (rythmes de vie, accompagnement des habitants...).**



Eco-quartier Flaubert



Chantier ouvert au public, végétalisation



Désimperméabilisation de la cour de l'école Clémenceau et développement des places aux enfants.

## Grenoble agit déjà pour ses habitants



La présence de l'eau dans l'espace public, quand elle permet de se mouiller le corps, est un atout pour améliorer le confort thermique de journée des habitants.

### 1.

Végétaliser la ville

### 2.

Travailler la forme urbaine des nouveaux quartiers (densité et hauteur)

### 3.

Désimperméabiliser pour limiter voire atténuer l'îlot de chaleur urbain à moyen et long terme.



# Questions fréquentes

L'étude sur l'îlot de chaleur urbain grenoblois est menée pour la Ville de Grenoble par Xavier Foissard.

Le phénomène a été caractérisé selon la même méthodologie sur les villes de Grenoble et d'Echirolles et Grenoble Alpes Métropole poursuit le travail à l'échelle métropolitaine.

Xavier Foissard est géographe climatologue, expert du climat urbain, post-doc à l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), Université Grenoble Alpes dans le cadre du programme de recherche CASSANDRE (Canicule et santé en milieu urbain) financé par l'ADEME.

## La végétalisation des toitures et des façades a-t-elle un effet sur l'îlot de chaleur urbain ?

L'effet est marginal à l'échelle du climat urbain (à l'échelle du quartier), par contre, l'effet est positif à l'échelle du bâtiment. Le confort thermique des occupants est amélioré été comme hiver.

## Quand parle-t-on d'un îlot de chaleur urbain ?

L'îlot de chaleur urbain correspond aux écarts de température la nuit lorsque le ciel est clair et dégagé avec un vent faible ou absent. Ces gradients apparaissent significatifs à Grenoble à partir de +3°C d'écart entre le centre-ville et la campagne.

## Pourquoi les villes des pays méditerranéens sont construites avec des rues étroites pour lutter contre la chaleur alors que « l'effet de canyon » est un facteur qui aggrave l'îlot de chaleur urbain ?

Les rues étroites, par effet d'ombre, favorisent un confort thermique de journée, par contre, cette forme urbaine ne permet pas une évacuation de la chaleur la nuit.

## Peut-on caractériser l'îlot de chaleur urbain en mesurant des températures de surface ?

Les températures de surface sont généralement mesurées le jour, or le phénomène d'îlot de chaleur urbain est nocturne et il est caractérisé par l'étude de la température de l'air :

- une zone industrielle très minéralisée mais très ouverte, aura une température de surface très élevée le jour qui diminuera rapidement dès le soleil couché ;
- la température de surface d'une prairie peut être plus élevée que la température de surface d'une rue étroite et pourtant, l'îlot de chaleur urbain s'installera dans la rue et non dans la prairie.

Les températures de surface peuvent donner des informations sur le confort thermique de journée.

