RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

METEO
FRANCE
À VOS CÔTÉS, DANS UN
CLIMAT QUI CHANGE

CLIMADIAG
CHALEUR EN VILLE

un service pour comprendre la surchauffe
urbaine et adapter le territoire

Contact presse
presse@meteo.fr | **01 77 94 71 32**
05 61 07 80 34

Sommaire

Les villes face au changement climatique 3

6 questions pour comprendre la surchauffe urbaine 4

1. Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain ? 4
2. Est-ce que cela impacte toutes les villes ? 5
3. Quel est l'impact du changement climatique sur l'îlot de chaleur urbain ? 6
4. Comment connaître l'amplitude de la surchauffe urbaine ? 7
5. Comment évaluer le confort thermique des habitants ? 8
6. Comment adapter les villes à la surchauffe urbaine ? 9

Comment diagnostiquer l'îlot de chaleur urbain ? 10

Météo-France accompagne les collectivités pour caractériser la surchauffe urbaine et adapter son territoire 11

Exemple de la ville de Strasbourg 12

Exemple de la ville de Lille 13

La recherche sur le climat urbain 14

Les villes face au changement climatique

Les villes sont des territoires particulièrement vulnérables au changement climatique, car elles concentrent les populations, les infrastructures et une grande partie des activités socio-économiques majeures.

À l'heure où plus de 50 % de la population mondiale vit en zone urbaine, la connaissance du climat urbain est un enjeu majeur pour rendre les villes plus résilientes. En France, c'est près de 80 % de la population qui habite en ville. Une meilleure compréhension de notre environnement et de ses vulnérabilités permet d'élaborer en connaissance de cause des stratégies d'adaptation bénéfiques pour tous.

Parmi les principaux impacts du changement climatique, la hausse des températures menace particulièrement nos modes de vie urbains. Les projections climatiques prévoient d'ici la fin du siècle une augmentation de l'intensité, de la fréquence et de la durée des vagues de chaleur.

En ville, l'intensité des vagues de chaleur est exacerbée par le phénomène d'îlot de chaleur urbain, se traduisant par une température plus élevée qu'à la campagne particulièrement la nuit et pouvant impacter le confort et la santé des habitants. Ces nuits chaudes empêchent les organismes (déjà éprouvés en journée lors des épisodes caniculaires) de se reposer et de se régénérer pendant le sommeil.

Météo-France travaille depuis plus de 20 ans sur les microclimats urbains afin de mieux les comprendre et les modéliser. Il s'agit ainsi d'aider les acteurs de la ville à prendre les meilleures décisions d'adaptation.

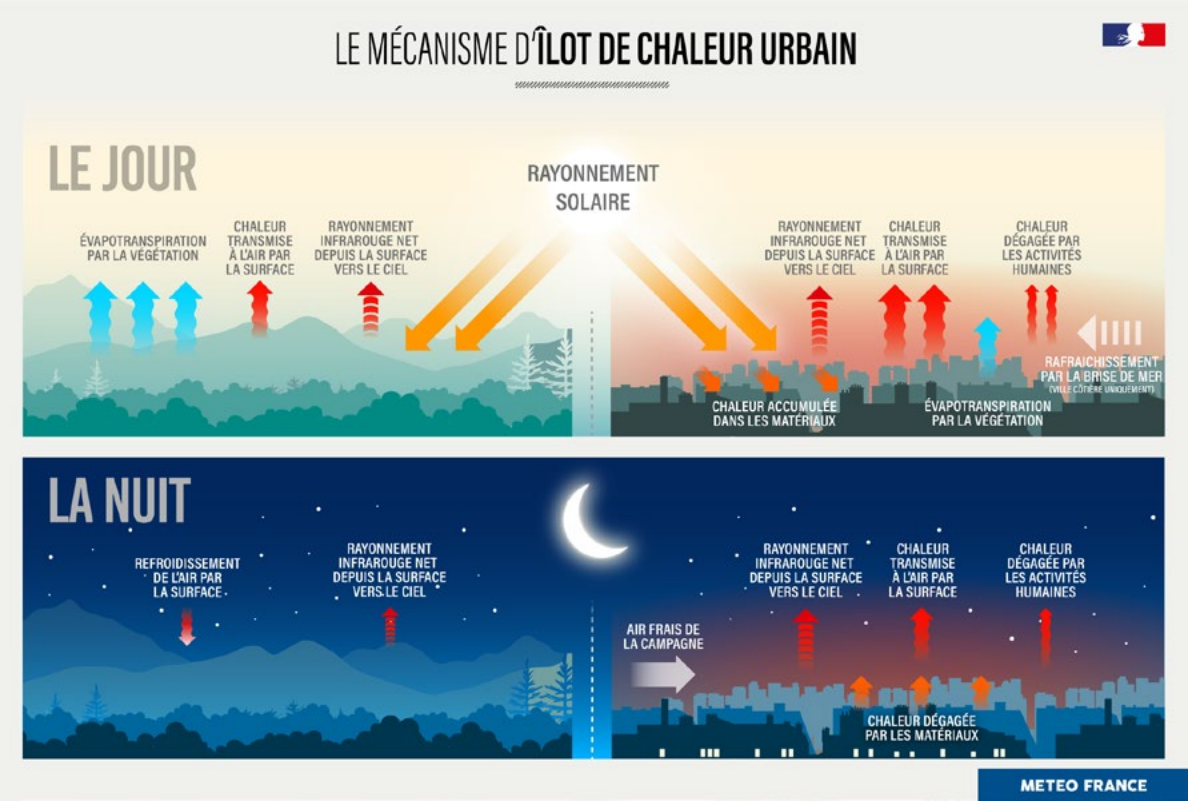
Notre établissement propose le service « Climadiag Chaleur en ville » à destination des collectivités avec deux principaux objectifs : d'une part, caractériser la surchauffe urbaine sur le territoire d'une collectivité ; d'autre part, modéliser l'impact de scénarios d'adaptation sur cette surchauffe en climat futur (augmentation d'espaces végétalisés, création d'espaces aquatiques, utilisation de matériaux réfléchissants…) pour aider au choix des stratégies les plus efficaces.

6 questions pour comprendre la surchauffe urbaine

1. Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain ?

Dans un environnement urbain, les matériaux des bâtiments et des surfaces urbaines emmagasinent l'énergie solaire le jour et la restituent à l'atmosphère urbaine une fois le soleil couché.

L'air au-dessus de la ville se refroidit ainsi moins qu'à la campagne, générant ainsi un « îlot de chaleur urbain » (ICU). Ce phénomène, essentiellement nocturne, conduit à un écart de température observé entre une agglomération et les zones moins urbanisées aux alentours.



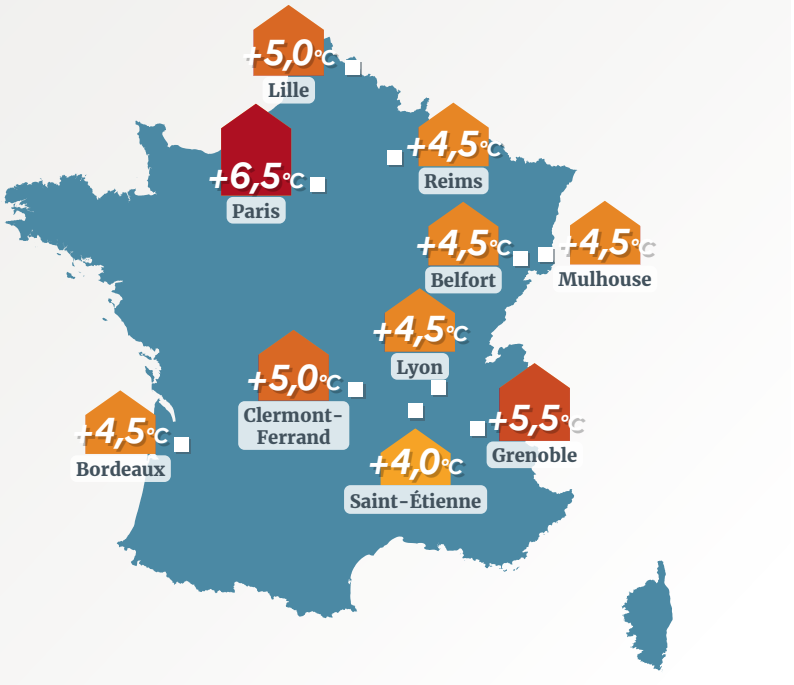
2. Est-ce que cela impacte toutes les villes ?

Dans le cadre d'un projet de recherche, nommé MapUCE (2021), Météo-France et le CNRS ont modélisé les effets d'îlot de chaleur dans 42 villes. Les résultats confirment que toutes les villes sont touchées par ce phénomène, mais son intensité va être plus ou moins forte selon la morphologie urbaine (concentration et forme des bâtiments par exemple), la nature des matériaux urbains utilisés et le mode d'occupation des sols (surface imperméable, végétation…). La plage horaire où l'ICU est le plus fort se situe entre 4 et 6 heures du matin.

Ces intensités peuvent être encore plus fortes en cas de situation anticyclonique par vent faible et ciel clair, comme durant les canicules. À titre d'exemple, Paris avec son tissu urbain très dense, génère un ICU qui se traduit par des différences de températures nocturnes de l'ordre de 2,5 °C (en moyenne annuelle) avec les zones rurales voisines. Ces différences peuvent atteindre 10 °C en été en cas de canicule.

Qu'est-ce que l'îlot de chaleur urbain ?
meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/quest-ce-que-lilot-de-chaleur-urbain

Les 10 villes françaises les plus exposées à l'ICU (ordre de grandeur moyen après une journée d'été bien ensoleillée)



3. Quel est l'impact du changement climatique sur l'îlot de chaleur urbain ?

D'après le dernier rapport du GIEC, l'écart de température entre la ville et la campagne a tendance à rester stable avec le changement climatique. Son évolution va plutôt dépendre de l'expansion éventuelle de la ville et des actions menées pour réduire l'ampleur de l'îlot de chaleur urbain.

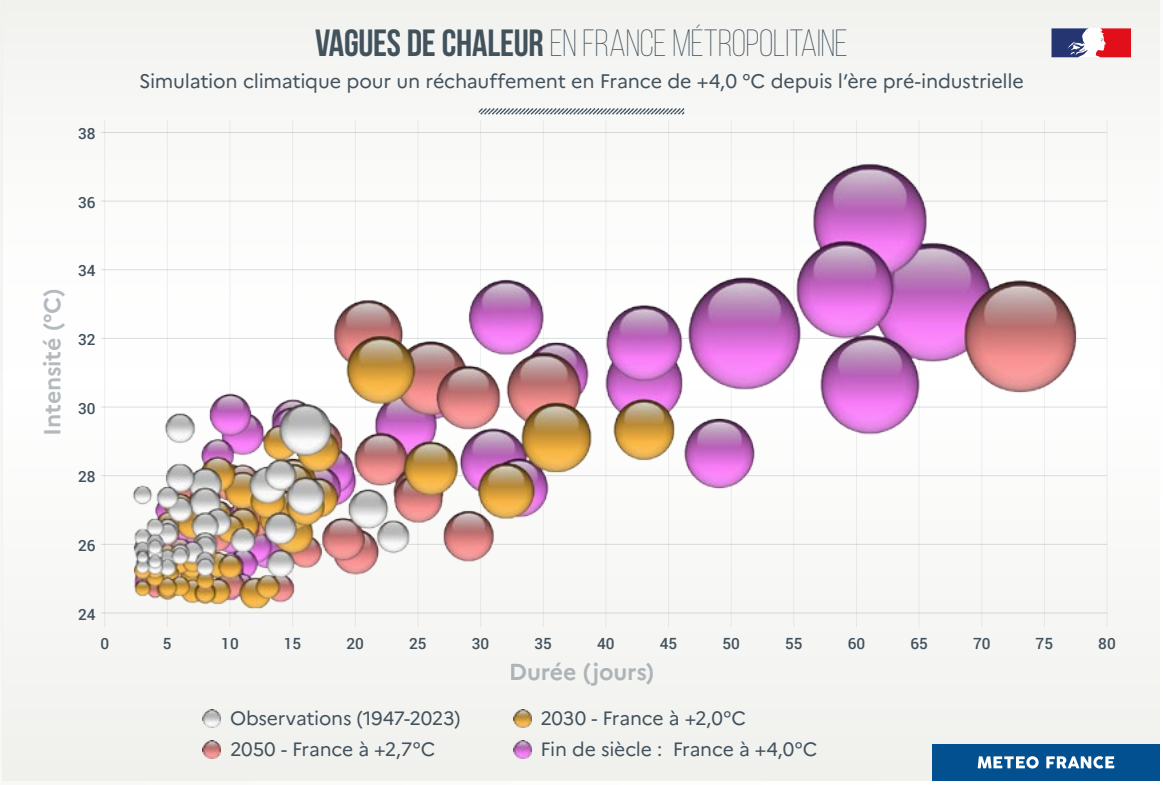
Sous l'effet du changement climatique, que ce soit en ville ou à la campagne, les températures vont augmenter. Combiné à l'effet d'îlot de chaleur urbain, il faut s'attendre à plus de nuits chaudes pouvant impacter la santé et le confort thermique des habitants.

Des vagues de chaleur dont le nombre attendu double d'ici à 2050

Le recensement des vagues de chaleur depuis 1947 indique clairement que la fréquence et l'intensité de ces événements ont augmenté.

L'occurrence de vagues de chaleur en France, qui était en moyenne d'un été tous les 5 ans avant 1989, est devenue annuelle depuis l'an 2000. Il y a eu 4 fois plus de vagues de chaleur ces 38 dernières années que les 38 précédentes et elles sont de plus en plus longues. Le nombre de jours de vagues de chaleur a été multiplié par 9.

L'Europe et la France se réchauffent plus vite que la moyenne planétaire. Si les politiques existantes de réduction des émissions de gaz à effet de serre se poursuivent sans mesures additionnelles, le réchauffement pourrait atteindre +4 °C en 2100 en France. C'est le niveau retenu par la Trajectoire de Réchauffement de Référence pour l'Adaptation au Changement Climatique (TRACC). Dans une France à +4 °C, les vagues de chaleurs seraient plus nombreuses, plus longues, plus intenses et plus sévères. La vague de chaleur d'août 2003, qui constitue une référence jusqu'à aujourd'hui, deviendrait anecdotique dans une France à +4 °C.

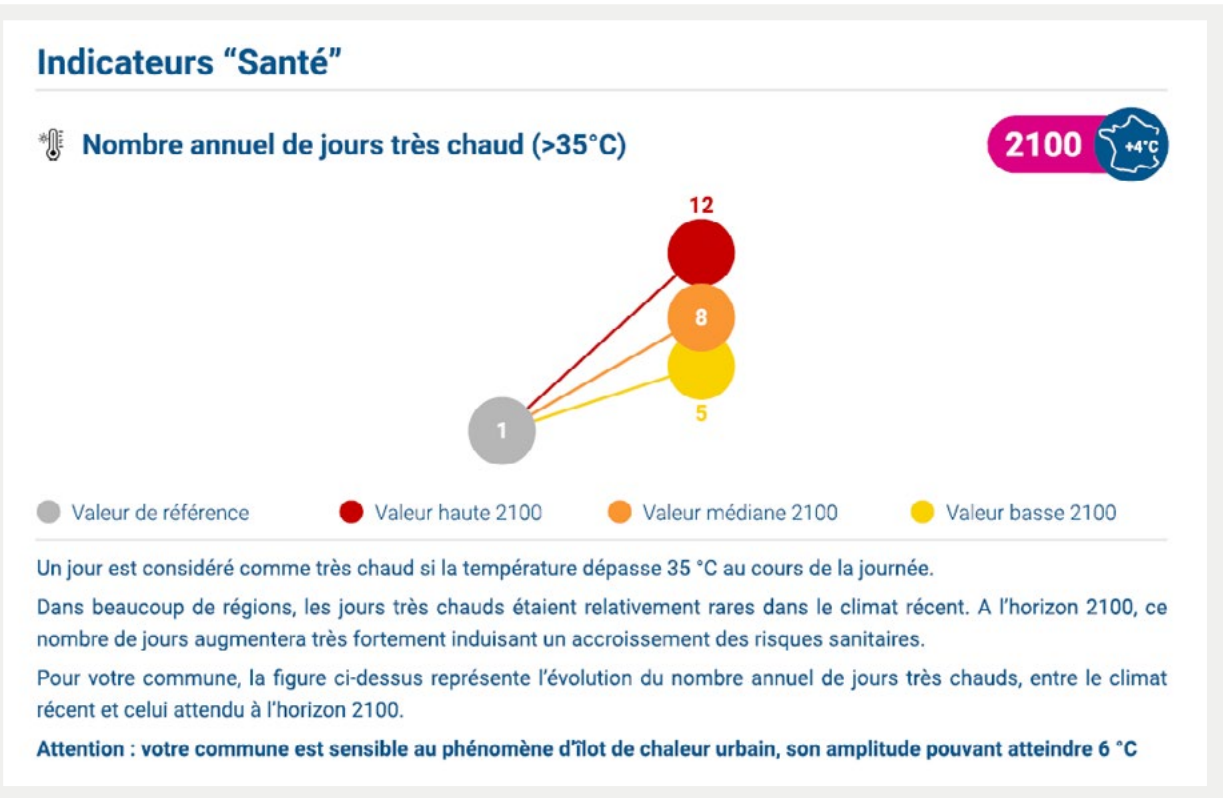


4. Comment connaître l'amplitude de la surchauffe urbaine ?

Météo-France met à disposition un service en ligne Climadiag Commune qui décrit par territoires les risques d'évolutions climatiques futures en 2030, 2050 et 2100. On y trouve une synthèse des informations avec une liste d'indicateurs climatiques ciblés et organisée en cinq familles (Climat, Risques naturels, Santé, Agriculture, Tourisme). Chaque indicateur est présenté sous forme d'une infographie résumant de façon synthétique son évolution avec la valeur de référence, la valeur haute, médiane et basse pour chaque horizon.

Parmi les indicateurs, Climadiag Commune indique le nombre annuel de jours très chaud (>35°C). Il est précisé si la ville est sensible au phénomène d'ICU et une estimation de son amplitude est fournie.

Rendez vous sur Climadiag commune
meteofrance.com/climadiag-commune



Exemple de données climatiques sur Climadiag Commune pour la ville de Paris.

5. Comment évaluer le confort thermique des habitants ?

Le confort thermique des habitants est évalué avec des indices permettant d'évaluer la température ressentie par un individu. Cette dernière dépend de la température de l'air observée, du vent, du rayonnement et de l'humidité.

Dans des conditions chaudes, le corps doit libérer de la chaleur pour maintenir un équilibre thermique. L'effet de refroidissement est dû à l'évaporation de la sueur par la peau. Une humidité élevée, par exemple, réduit l'efficacité de l'évaporation de façon significative et affecte ainsi le confort thermique.

En milieu urbain, le confort thermique d'un individu est différent selon la rue dans laquelle il se trouve, son exposition, sa situation à l'ombre ou au soleil, sa ventilation ou non… Les propriétés des matériaux urbains environnants (murs des bâtiments, trottoirs…) ont également un impact, selon leur capacité à absorber ou réfléchir le rayonnement solaire.

La climatisation a-t-elle un impact sur la chaleur en ville ?

Pour la majorité des systèmes de climatisation, la chaleur extraite de l'intérieur des bâtiments est directement rejetée à l'extérieur, soit en façade (sur les balcons pour le cas de climatisations individuelles par exemple), soit sur les toits. L'utilisation de la climatisation a également un impact sur la consommation énergétique.

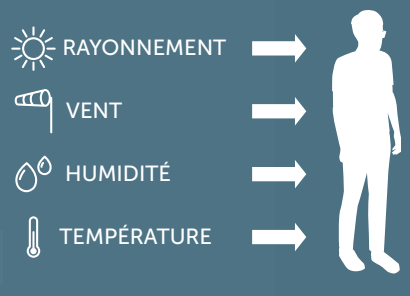
En période de canicule, les rejets de chaleur par la climatisation aggravent la surchauffe urbaine. Pour une canicule équivalente à 2003 à Paris, les simulations réalisées par Météo-France et le CNRS montrent un impact local de l'ordre de +0,25 à +2°C.

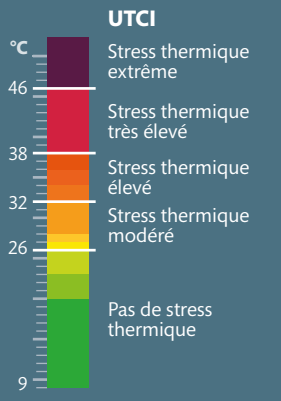
Il existe des solutions pour limiter l'utilisation de la climatisation et donc ses conséquences. Par exemple : fixer une température cible pour la climatisation de 26°C au lieu de 23°C pour diminuer les rejets de chaleur vers l'extérieur et réduire les consommations d'énergie liées à la climatisation de 80 %. Mais aussi : limiter le nombre de pièces climatisées (tout en maintenant un nombre suffisant de pièces refuges pour les personnes vulnérables), utiliser des systèmes de climatisation centralisés (tours aéroréfrigérées par exemple, qui rejettent de la vapeur d'eau), mieux isoler les bâtiments, végétaliser la ville, mettre en place des toitures réfléchissantes…

Qu'est-ce que la température ressentie ?
meteofrance.com/magazine/meteo-questions/quest-ce-que-la-temperature-ressentie

Comment est évalué le confort thermique des habitants, l'UTCI (Universal Thermal Confort Index) ?

C'est une estimation de la température ressentie par les habitants intégrant d'autres phénomènes (le vent, l'humidité et le rayonnement) et du niveau de stress thermique associé.





6. Comment adapter les villes à la surchauffe urbaine ?

Il existe plusieurs solutions d'aménagement d'espace public, de construction, de rénovation de bâtiment et d'adaptation de comportements pour diminuer la surchauffe en ville :

- les solutions vertes, fondées sur la nature (végétalisation, création de plan d'eau…),
- les solutions grises, relatives aux infrastructures urbaines (revêtements, mobilier urbain, bâtiments),
- les solutions douces, agissant sur les usages et pratiques de la ville (réduction du trafic routier et des moteurs thermiques, limitation de la climatisation…).

Lille a, par exemple, mis en place l'opération « Verdissons nos murs » dès 1996, un programme de végétalisation des façades porté par la commune et les habitants. Les plantations le long des façades et dans les rues permettent une atténuation locale des phénomènes de surchauffe urbaine et un rafraîchissement de l'intérieur des bâtiments de quelques degrés. En 20 ans, plus de 1 600 espaces ont été créés et le projet a été étendu à la Métropole Européenne de Lille.

Toulouse a mis en place un plan de 30 actions qui s'étend de 2023 à 2030 pour rafraîchir la ville : multiplication des points de fraîcheur, adaptation des services municipaux, création de nouveaux espaces aquatiques, installation de dispositifs d'ombrage… En 2023, la Métropole a installé 7 ombrières qui ont permis d'abaisser localement la température jusqu'à 5 °C. Plus de 60 000 arbres ont également été plantés à Toulouse depuis 2020 (dont 20 000 en 2024).

Retrouvez toutes les solutions sur la plateforme numérique « Plus fraîche ma ville » de l'Ademe dédié aux élus et aux agents qui rafraîchissent durablement leur collectivité.
plusfraichemaville.fr/

Comment diagnostiquer l'îlot de chaleur urbain ?

Les villes sont des objets de « petite taille » comparés aux systèmes de grande échelle qui influencent les conditions météorologiques (anticyclones, dépressions) ainsi que les caractéristiques régionales du paysage (relief, zones côtières, etc.) qui modulent le climat local. Néanmoins, l'urbanisation peut fortement influencer les conditions météo locales ainsi que le climat local, comme le montre le phénomène de l'îlot de chaleur urbain.

Pour tenir compte de l'effet de l'urbanisation sur l'atmosphère pour des prévisions météorologiques ou des projections climatiques, il faut disposer d'outils de modélisation capables de tenir compte de l'influence de la ville sur les caractéristiques de la surface terrestre, ses échanges avec l'atmosphère et l'effet sur les conditions météorologiques. Météo-France a développé une forte expertise en la matière, et dès 2008, le modèle AROME de Météo-France a été le premier modèle de prévision météorologique au monde prenant en compte explicitement l'effet des surfaces urbanisées.

Pour simuler le climat urbain, Météo-France s'appuie sur une plateforme de modélisation tirant partie de cette expertise, qui lui permet de diagnostiquer le phénomène d'îlot de chaleur urbain à très haute résolution (100 m) à l'échelle de l'ensemble d'une agglomération. Cette plateforme tient compte de la situation météorologique et de la description la plus précise possible de la surface terrestre notamment de la ville. Cela permet ainsi de calculer les interactions de ces surfaces avec l'atmosphère et la prise en compte du pouvoir rafraîchissant de la végétation à l'intérieur ou à l'extérieur de la ville. Les conséquences de politiques d'aménagement pour lutter contre la chaleur en ville peuvent également être simulées, afin d'éclairer ces choix.

Météo-France accompagne les collectivités pour caractériser la surchauffe urbaine et adapter son territoire

Météo-France propose aux collectivités locales un service nommé « Climadiag Chaleur en ville » pour caractériser la surchauffe urbaine, dont l'îlot de chaleur urbain, et son évolution en climat futur. Il permet aussi de mesurer les bénéfices sur la réduction de la chaleur en ville qui pourraient être apportés par différentes politiques publiques d'adaptation.

Climadiag Chaleur en ville vise ainsi à apporter aux décideurs au sein de ces collectivités (communes, agglomérations de communes) les éléments quantitatifs liés à la problématique de surchauffe urbaine en climat actuel et futur, avec et sans scénarios d'adaptation. Ces indicateurs sont autant d'éléments d'appréciation des décideurs pour mesurer le risque sanitaire lié à l'effet de surchauffe urbaine, et permettent ainsi d'éclairer le choix de la politique d'adaptation à mettre en place par la collectivité.

Plus précisément, ce service permet de caractériser l'intensité actuelle de la surchauffe urbaine, et de connaître l'évolution du nombre de nuits chaudes et très chaudes, quartier par quartier, aux horizons 2030, 2050 et 2100 grâce à une modélisation à très haute résolution. Un des atouts de la modélisation employée par Météo-France est de pouvoir modifier les données décrivant l'occupation du sol en entrée du modèle, afin d'évaluer l'impact de scénarios d'adaptation comme l'ajout / l'augmentation de végétation, la création d'espaces aquatiques ou la pose de matériaux réfléchissants sur les toits ou les murs extérieurs par exemple.

Climadiag Chaleur en ville permet pour chaque commune étudiée de :

CHALEUR EN VILLE
climadiag
ÉVALUER POUR S'ADAPTER

- **obtenir un diagnostic actuel à haute résolution** (jusqu'à 100 mètres) de l'effet d'îlot de chaleur urbain de l'air et du confort thermique des habitants à l'échelle de leur territoire, permettant de cibler les quartiers les plus exposés et pouvant donc nécessiter des aménagements ou la mise en place de solutions plus ponctuelles pour lutter contre ces effets ;
- **évaluer l'impact de scénarios d'adaptation** (verdissement de la ville, changement d'albédo des matériaux, désimperméabilisation…) sur l'îlot de chaleur urbain et le stress thermique ;
- **connaître l'évolution de la température nocturne en ville** en climat futur avec ou sans scénario d'aménagement pour anticiper les politiques d'adaptation.

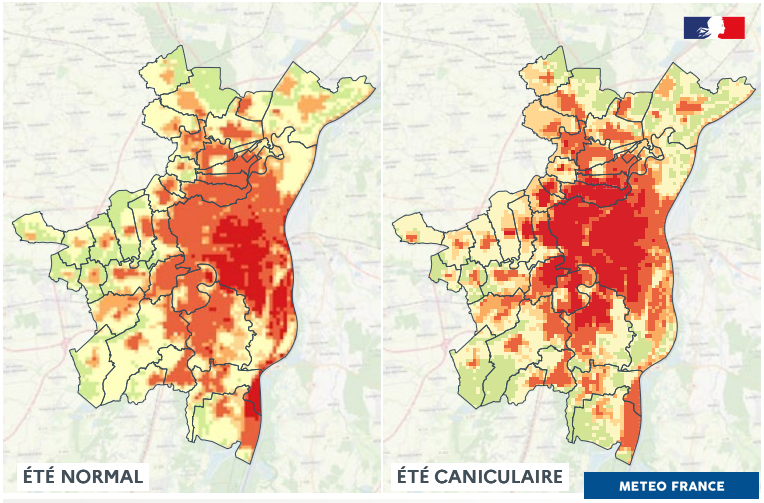
Climadiag Chaleur en ville, un service pour comprendre la surchauffe urbaine et adapter le territoire
meteofrance.com/le-changement-climatique/climadiag-chaleur-en-ville

Plusieurs collectivités comme Lille, Nice, Reims ou Strasbourg ont déjà fait appel à Météo-France pour diagnostiquer leur îlot de chaleur urbain et étudier les effets des solutions d'adaptation sur la surchauffe.

Exemple de la ville de Strasbourg

Météo-France a mené une étude pour l'Eurométropole de Strasbourg pour caractériser l'îlot de chaleur urbain et modéliser l'impact de solutions d'aménagement urbain.

L'étude montre que l'intensité de l'îlot de chaleur urbain est plus marquée en été caniculaire (> +3 °C) que lors d'un été normal (> +2 °C). Les zones les plus exposées correspondent aux secteurs les plus densément bâtis (centre-ville de Strasbourg et des communes de l'agglomération).



Répartition spatiale de l'ICU sur Strasbourg pour un été normal et caniculaire (simulation à 250 m de résolution)

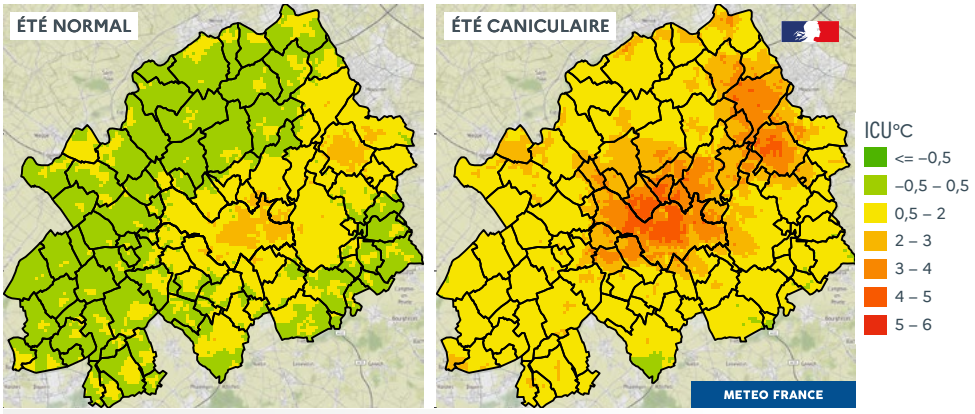
Des simulations ont été faites pour tester deux scénarios d'aménagement urbain : l'un en ajoutant jusqu'à 20 % de végétation dans chaque « maille » par rapport à l'existant (végétation irriguée), l'autre en ajoutant en plus de la végétation une couche extérieure réfléchissante sur les murs et les toits de tous les bâtiments.

L'introduction de végétation abaisse la température de l'air en particulier vers 1h et 14h et améliore le confort thermique extérieur sur la journée. Il faut irriguer la végétation pour qu'elle puisse jouer son rôle de régulateur thermique. L'ajout de matériaux réfléchissants permet de diminuer la température la nuit mais vient dégrader le confort thermique extérieur en journée, conduisant donc à privilégier les toits réfléchissants plutôt que les murs, et combiner avec une stratégie de végétalisation afin de limiter l'effet négatif en journée, grâce à l'ombrage des arbres.

Exemple de la ville de Lille

En 2022, Météo-France a mené une étude pour la métropole de Lille afin de porter un diagnostic pour l'ensemble de l'agglomération. Météo-France a étudié l'ICU lors de la canicule de 2018 et lors de deux étés aux conditions climatiques plus habituelles. Cette étude a montré une intensité d'ICU pouvant atteindre jusqu'à 5 °C sur les secteurs les plus densément bâtis.

Les résultats confirment que la présence de végétation ou d'eau dans la ville permet de réduire localement l'effet de surchauffe urbaine, comme le montrent par exemple les valeurs d'îlot de chaleur urbain dans le parc de la Citadelle de Lille par rapport à celles estimées dans le centre-ville de Lille.



Répartition spatiale de l'ICU sur Lille pour un été normal et caniculaire (simulation à 250 m de résolution)

Le Fonds Vert, une aide pour financer les projets sur la transition écologique

L'État a mis en place le Fonds Vert pour accélérer la transition écologique dans les territoires suivant trois axes : le renforcement de la performance environnementale, l'adaptation au changement climatique et l'amélioration du cadre de vie. Parmi les mesures finançables, la renaturation des villes et le recyclage des friches pour limiter l'ICU par le verdissement des quartiers. Le service Climadiag Chaleur en ville rentre dans ce dispositif.

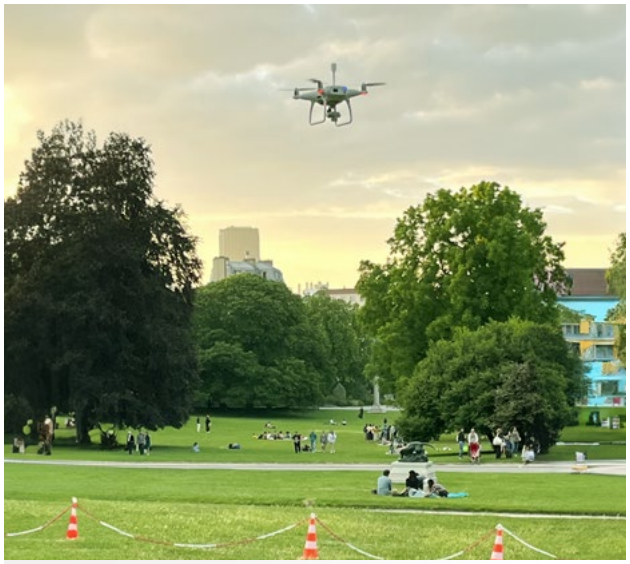
aides-territoires.beta.gouv.fr/aides/def1-financer-des-solutions-dadaptation-au-changem/

La recherche sur le climat urbain

Météo-France joue un rôle de premier plan dans le domaine de l'étude de la météorologie et du climat urbain. L'étude du climat urbain fait l'objet de nombreuses activités de recherche sur plusieurs domaines, principalement menées au Centre National de Recherches Météorologiques (Météo-France - CNRS).

Lâcher de ballon météorologique sur les quais de Bercy été 2022 dans le cadre du projet de recherche PANAME.

- Approfondir la connaissance de la variabilité du climat urbain à petite échelle par l'observation et améliorer les modèles atmosphériques numériques à échelle hectométrique en ville. Ceci s'inscrit notamment dans le cadre de collaborations internationales via le projet de recherche Research Demonstration Project « 2024 Paris Olympics » soutenu par l'Organisation Météorologique Mondiale dans le contexte de l'organisation des Jeux Olympiques et Paralympiques Paris 2024.
- Étudier l'impact des solutions basées sur la Nature sur le climat urbain, comprendre le rôle de la végétation et des parcs dans l'atténuation de la surchauffe urbaine en surface et dans les basses couches de l'atmosphère, par des observations directes sur le terrain ainsi que par modélisation numérique.



Mesure avec drone de la température dans les parcs parisiens et cours de récréation été 2023 dans le cadre du projet de recherche PANAME.

- Comprendre l'impact des fortes températures et de la pollution atmosphérique sur la santé, en collaboration avec les acteurs de la santé publique.

  Météo-France participe à un important programme de recherche nommé PANAME (PAris region urbaN Atmospheric observations and models for Multidisciplinary rEsearch) qui vise à mieux comprendre les déterminants de la variabilité des zones de surchauffe et de (relative) fraîcheur en environnement urbain, grâce à des campagnes intensives de mesure, réalisées en particulier lors de l'été 2022 et 2023 en région parisienne.