



L'ADAPTATION AUX VAGUES DE CHALEUR À PARIS



Sommaire

AVANT PROPOS

Paris face au risque climatique
Agir face aux vagues de chaleur

LES VAGUES DE CHALEUR A PARIS

L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

AMENAGER LA VILLE POUR LUTTER CONTRE LES VAGUES DE CHALEUR

Le rôle prédominant du végétal
L'eau, une ressource stratégique pour s'adapter aux vagues de chaleur
Vers des matériaux bioclimatiques
Dessiner la Ville de demain
Pour une ville apaisée

COMMENT RAFRAICHIR PARIS ?

VERS UN ESPACE PUBLIC PARISIEN RAFRAÏCHI ADAPTE AUX VAGUES DE CHALEUR

Développer le végétal à Paris
Renforcer la place de l'eau à Paris
Utiliser de nouveaux matériaux
Les revêtements de voirie
Agir sur les toits
Fabriquer de l'ombre à Paris

QUELS OUTILS POUR LES CITOYENS ?

Information et communication
La formation citoyenne

CONCLUSION

4
4
4

5

6

7
7
8
8
9
9

10

12
12
13
14
15
16
17

18
18
21

22



Conception : Ville de Paris
Direction des Espaces Verts
et de l'Environnement

Maquettage : Bleu Carmin

Publication : 1^{ère} édition 2021
Imprimé sur papier 100 % recyclé

Photo de couverture : © Matthieu-Unsplash

© Rad Pozniakov-Unsplash

DAN LERT

ADJOINT À LA MAIRE DE PARIS EN CHARGE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE, DU PLAN CLIMAT, DE L'EAU ET DE L'ÉNERGIE

L'accélération des phénomènes liés au changement climatique observé ces dernières décennies n'épargne aucune région du globe, et Paris n'échappe pas à la règle. En 2019, Paris a été marquée par un épisode de canicule d'une intensité exceptionnelle, avec un record à 42,6°C à la station centenaire du Parc Montsouris et 2020. Année après année, les canicules se multiplient et deviennent plus longues, plus intenses. Face à ce constat, Paris agit non seulement pour contenir le changement climatique en limitant l'empreinte carbone, mais aussi pour anticiper ses effets et adapter la ville aux futurs du climat.

Nous savons que les épisodes caniculaires frappent de plein fouet les personnes les plus fragiles et accentuent les inégalités, par exemple dans les quartiers populaires. Notre mission est de permettre à toutes les Parisiennes et les Parisiens de pouvoir se protéger en période

de forte chaleur, en multipliant les îlots de fraîcheur et en développant la solidarité entre habitants, mais aussi en changeant la manière dont nous faisons la ville pour les décennies à venir. Développement de la végétalisation, ombre sur l'espace public, renforcement de la place de l'eau en ville, expérimentations de nouveaux matériaux de voirie et de construction pour les rendre plus clairs, transformation des cours d'école... Les solutions sont connues, développées et mises en œuvre partout à Paris depuis maintenant plusieurs années.

Cette mandature est essentielle et nous sommes déterminés à poursuivre nos efforts et accélérer l'action pour adapter Paris et protéger ses habitants.

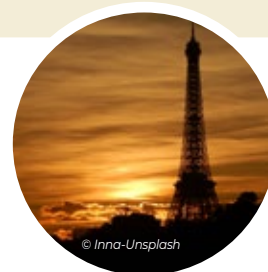


> AVANT PROPOS

Paris face au risque climatique

Du fait des impacts directs du changement climatique et des conséquences qu'il peut engendrer sur les ressources, Paris encourt des risques sur son territoire, pour sa population et pour ses activités. Depuis 2012, la Ville de Paris mesure les impacts du changement climatique sur son territoire. Vagues de chaleur, inondations, sécheresses, et pluies violentes, tous ces phénomènes connus vont s'aggraver au fil des années. Le Plan Climat et la stratégie d'adaptation de Paris apportent des réponses opérationnelles aux enjeux d'adaptation : agir plutôt que subir, mieux connaître et appréhender ces enjeux afin de renforcer la résilience du territoire parisien. Les mesures adoptées visent à coordonner les initiatives à l'échelle du territoire parisien, à mobiliser les acteurs concernés et à proposer de nouvelles actions dans l'objectif d'adapter Paris aux effets du changement climatique et à la raréfaction des ressources tout en la rendant plus attractive, plus agréable à vivre et plus résiliente.

Bien que le territoire parisien soit considéré comme robuste face à la majorité de ces impacts, il présente une vulnérabilité importante face aux vagues de chaleur. Celles-ci représentent un risque immédiat et nécessitent une attention toute particulière de la part des pouvoirs publics.



Agir face aux vagues de chaleur

Le climat change à Paris comme dans le reste du monde. Les températures moyennes annuelles vont continuer d'augmenter tout au long du 21^e siècle de +2°C à +4°C. Dans ce contexte, les vagues de chaleur seront plus régulières et plus intenses. Leurs effets seront accentués par le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Et la canicule historique de 2003 sera considérée comme un été « normal » d'ici 2030. Face à ce constat, la Ville de Paris et ses partenaires expérimentent, évaluent et déploient tout un arsenal de mesures permettant de renforcer la résilience du territoire et d'améliorer les conditions de vie

des Parisiennes et Parisiens et en particulier des plus vulnérables. Cette brochure propose un inventaire des solutions d'adaptation face aux vagues de chaleur actuellement mises en œuvre sur le territoire parisien qu'elles soient d'ordre réglementaire, financier, de l'aménagement du territoire ou de la mobilisation des acteurs du territoire. Ces solutions font l'objet d'un suivi et d'une évaluation qualitative et quantitative de leur impact afin de renouveler et repenser sans cesse les réponses du territoire face aux évolutions du climat.

> LES VAGUES DE CHALEUR A PARIS

Les vagues de chaleur sont aujourd'hui une des manifestations du changement climatique parmi les plus fortes à Paris.

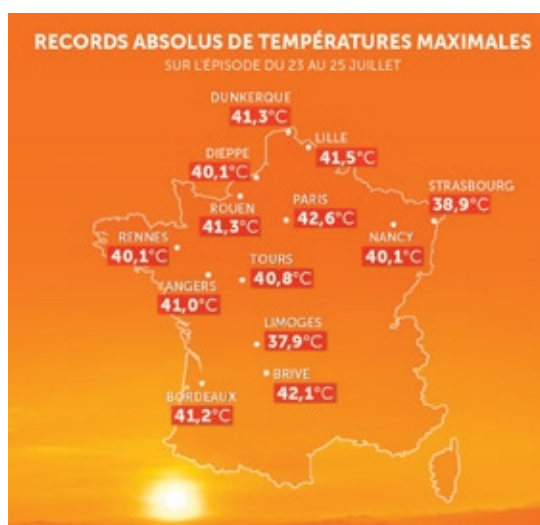
Le nombre de jours chauds

(températures max supérieures ou égales à 25°C) observés par Météo-France sur la période 1971-2000 est de 41 jours en moyenne par an. Le nombre de jours très chauds (températures max supérieures ou égales à 30°C) est de 8 jours en moyenne. Dans les projections climatiques actuelles, le nombre de jours chauds et très chauds serait respectivement autour de 73 par an et 34 par an d'ici 2080.

Autre indicateur de l'évolution de la chaleur ressentie à Paris, le nombre de nuits tropicales, qui se caractérisent par une température supérieure ou égale à 20°C sur toute la nuit, passerait de 5 par an actuellement (période 2001-2019) à environ 35 nuits à l'horizon 2080.

Les vagues de chaleur se caractérisent par deux principaux facteurs : leur intensité et leur durée. Or, les observations de Météo France mettent

en évidence un renforcement du phénomène. Ainsi, le 25 juillet 2020, un record de température à Paris de 42,6°C a été enregistré. Dans le même temps, les épisodes caniculaires sont de plus en plus nombreux et de plus en plus précoces. C'est pourquoi, les vagues de chaleur constituent à ce jour **la première source de vulnérabilité sanitaire et sociale du dérèglement climatique de Paris.**



Records absolus de températures maximales sur l'épisode du 23 au 25 juillet (2019)

© Météo France

et LES CANICULES ?

Ces vagues de chaleur de plus en plus fréquentes se traduisent par des périodes de canicule plus marquées. La canicule est définie comme un niveau de très fortes chaleurs le jour et la nuit pendant au moins trois jours consécutifs. Elle se caractérise à Paris par des températures dépassant les 31°C le jour et 21°C la nuit. D'un point de vue météorologique, de l'air très chaud et très sec en provenance du sud de la Méditerranée se retrouve bloqué sur le territoire par les hautes pressions qui forment un barrage au passage des perturbations orageuses. L'air chaud est emmagasiné par le tissu urbain qui conduit à un phénomène de bulle de chaleur sur le territoire. Dans le même temps, un fort

ensoleillement et des températures élevées constituent des conditions particulièrement propices au maintien et à la formation d'ozone. De fait, parallèlement à la vague de chaleur, on observe donc de façon concomitante un épisode de pollution à l'ozone important.

On se souvient avec émotion des conséquences de la canicule de 2003, qui a affecté tout le pays et qui s'est soldée par un lourd bilan sanitaire et social avec une surmortalité exceptionnelle de près de 190% à Paris entre le 1^{er} et le 20 août 2003 par rapport aux années antérieures. Depuis cette date, les épisodes de forte chaleur sont régulièrement observés dans la capitale (2006, 2015, 2018, 2019, 2020) et cette tendance va s'accroître dans les années à venir.

1-Données issues de l'actualisation de l'étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources. Modélisation projet, données Météo-France (station Paris-Montsouris), CMIP6 (projections climatiques), 2020.

> L'ILOT DE CHALEUR URBAIN



Renforcé par les vagues de chaleur, l'effet d'îlots de chaleur urbain (ICU) représente aujourd'hui le phénomène le plus connu sur les territoires urbanisés, renforcé par le changement climatique. Le maintien de forte chaleur la nuit est favorisé par l'environnement urbain où les revêtements des rues et des immeubles emmagasinent la chaleur. Ce phénomène explique l'existence de températures plus élevées dans les villes que dans les campagnes environnantes. Ainsi à Paris, l'îlot de chaleur urbain se traduit par une différence de température de l'ordre de 2,5°C avec les zones rurales alentour.

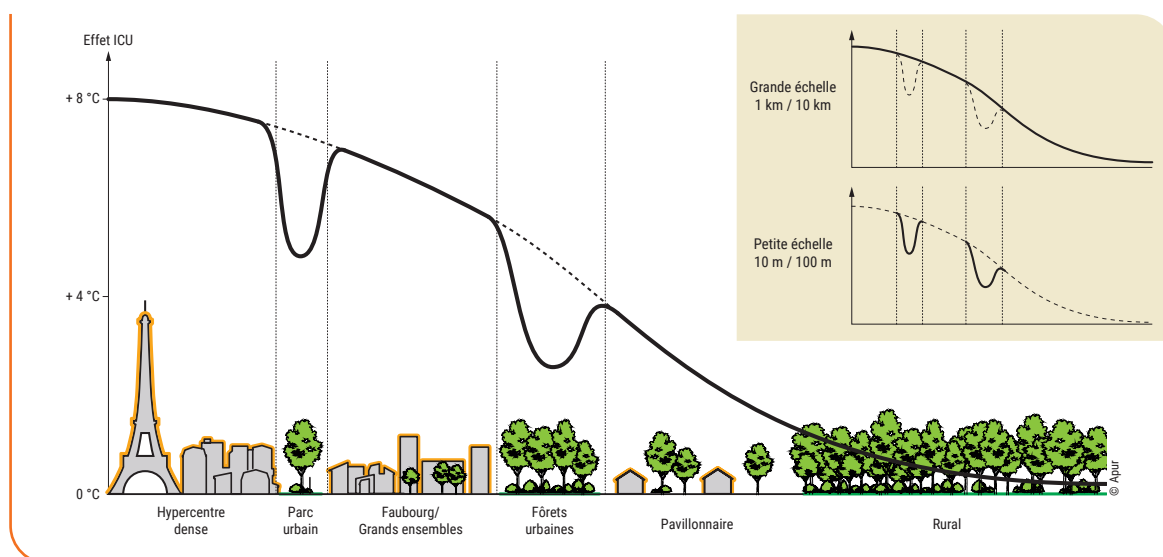
L'ICU est largement dépendant des conditions climatiques. Ainsi, lors de la canicule de 2003 on pouvait observer une variation de température de près de 8°C entre le cœur de Paris et le reste de l'agglomération. L'ICU n'est pas constant toute l'année, il apparaît davantage sous certaines conditions météorologiques (vent faible, ciel dégagé) qu'on retrouve généralement l'été entre juillet et août. À l'inverse, les saisons comme l'automne ou l'hiver, sont défavorables à l'apparition d'ICU en raison d'un régime de précipitations plus abondant.

Autre facteur déterminant, la morphologie urbaine rend compte de disparités au

sein même du territoire parisien. Les arrondissements les plus denses sont aussi les plus impactés par l'ICU, en comparaison la température dans les bois de Boulogne et Vincennes, plus végétalisés, est de 2°C à 4°C inférieure à ces arrondissements. Ce résultat confirme l'existence de variations de températures intra-urbaines liées à des environnements différents selon les quartiers. Certaines caractéristiques urbaines (rues étroites et encaissées, végétation peu abondante, orientation des rues au regard des vents dominants) accentuent localement le phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Les impacts des ICU sont multiples et s'aggravent en fonction des conditions climatiques comme vu précédemment. Ils entraînent ainsi un inconfort thermique pour les populations que ce soit dans le milieu professionnel ou les lieux de vie. Ils génèrent une pression sur les ressources stratégiques de la ville, par exemple en eau et en énergie, pour assurer le rafraîchissement des lieux et la distribution d'eau potable. Ils concourent à la dégradation de la qualité de l'air intérieur et extérieur. Et plus globalement, ils renforcent les conséquences sanitaires des épisodes caniculaires.

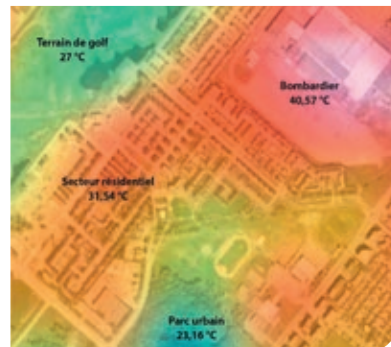
Courbe de température de l'îlot de chaleur urbain



> AMENAGER LA VILLE

POUR LUTTER CONTRE LES VAGUES DE CHALEUR

La conception des villes est à l'origine des ICU. Densité du bâti, concentration des activités humaines, minéralisation des espaces, imperméabilisation des sols, tous ces éléments contribuent à rendre les villes plus vulnérables face aux vagues de chaleur. Pour pouvoir adapter la ville aux évolutions du climat, il est nécessaire de comprendre les interactions entre le milieu urbain et les phénomènes climatiques. Repenser la Ville à l'aune du changement climatique, c'est avant tout renforcer la résilience du territoire face aux chocs en adoptant des principes tels que la perméabilité des sols et la végétalisation.



© Martin P.

Îlot de chaleur et de fraîcheur Communauté Métropolitaine de Montréal.

Le rôle prédominant du végétal

Le végétal constitue à différents égards une réponse opérationnelle pour limiter les effets des vagues de chaleur dans les villes. Des mesures ont démontré que les espaces verts étaient moins impactés par une hausse des températures que les zones minéralisées.

A l'inverse des sols minéralisés et imperméables, les espaces végétalisés emmagasinent peu de chaleur et renvoient une faible part du rayonnement solaire. De plus, grâce à la transpiration ou évapotranspiration, les végétaux contribuent à réduire la température de l'air environnant. Cet effet rafraîchissant est plus significatif au printemps et durant l'été où l'évapotranspiration est plus importante. On constate également que ce phénomène est maximal vers 15h et qu'il est moins important durant la nuit, où les écarts de température n'excèdent pas 1°C. Enfin, les études démontrent que ce pouvoir rafraîchissant est largement dépendant de l'arrosage des espaces végétalisés. Ainsi des végétaux en stress hydrique ne jouent pas de rôle rafraîchissant en période de forte chaleur. De même, la conception de ces espaces végétalisés est un paramètre essentiel pour renforcer le pouvoir rafraîchissant des espaces végétalisés. Les arbres contribuent au rafraîchissement urbain par l'ombrage qu'ils génèrent. Ainsi la multiplication des strates végétales (arbustes et arbres) contribue à diminuer la température ressentie en fonction de la hauteur et de la densité foliaire. Le choix des essences adaptées au stress hydrique et les pratiques de taille ont donc un impact conséquent sur les propriétés rafraîchissantes des espaces végétalisés.



© Clément Dorval-Ville de Paris



© Elisabeth Beseil-Ville de Paris

L'eau, une ressource stratégique pour s'adapter aux vagues de chaleur



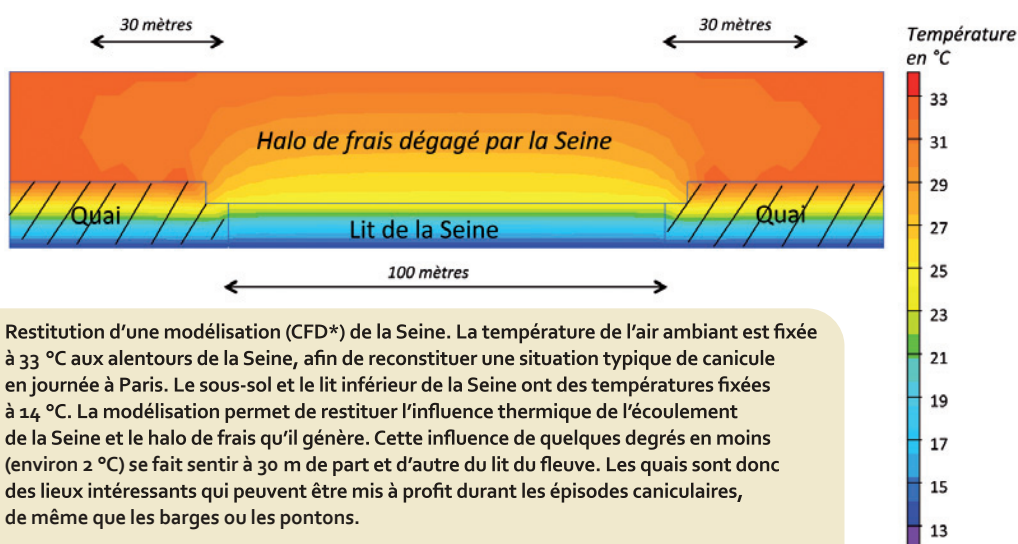
© JP Viguière-Ville de Paris

L'eau est présente sous différentes formes dans la ville. A Paris, les principaux cours d'eau que constituent la Seine et les canaux jouent un rôle primordial dans le rafraîchissement urbain.

Par sa position stratégique au cœur de la ville et son gabarit, la Seine joue un rôle thermorégulateur de la ville. En effet, par son inertie thermique, la Seine emmagasine la chaleur extrait de l'air environnant et l'évacue par la circulation de l'eau. Cette dynamique est moins efficace s'agissant des canaux du fait de l'absence relative de circulation de l'eau.

Courbe de température de l'îlot de chaleur urbain

Températures d'une vue en coupe de l'écoulement de la Seine



Restitution d'une modélisation (CFD*) de la Seine. La température de l'air ambiant est fixée à 33 °C aux alentours de la Seine, afin de reconstituer une situation typique de canicule en journée à Paris. Le sous-sol et le lit inférieur de la Seine ont des températures fixées à 14 °C. La modélisation permet de restituer l'influence thermique de l'écoulement de la Seine et le halo de frais qu'il génère. Cette influence de quelques degrés en moins (environ 2 °C) se fait sentir à 30 m de part et d'autre du lit du fleuve. Les quais sont donc des lieux intéressants qui peuvent être mis à profit durant les épisodes caniculaires, de même que les barges ou les pontons.

* CFD : Computational Fluid Dynamics

© APUR

Toutefois, les canaux et la Seine participent également au rafraîchissement urbain par le phénomène d'évaporation. Le passage de l'état liquide à l'état de vapeur de l'eau contribue à abaisser la température ambiante. Ce principe est également utilisé dans les différentes solutions de rafraîchissement urbain que sont les brumisateurs, les miroirs d'eau et autres fontaines.

Vers des matériaux bioclimatiques

Le choix des matériaux dans la conception de la ville que ce soit au niveau des bâtiments ou de l'espace public impacte directement la capacité de rafraîchissement des milieux urbains. Deux paramètres sont à prendre en compte : la capacité réfléchissante et l'inertie thermique.

La capacité réfléchissante permet à un matériau de renvoyer l'énergie solaire qu'il reçoit et d'éviter ainsi de stocker de la chaleur localement, on parle d'albedo. A Paris, les albédos des principaux matériaux de voirie sont faibles (0,3 pour le béton, 0,25 pour les pavés et



© Thierry Guillaume-Ville de Paris

0,15 pour l'asphalte), dès lors ces matériaux ont tendance à fortement emmagasiner de la chaleur par rapport à des matériaux clairs (stabilisé, peinture blanche...).

L'inertie des matériaux quant à elle caractérise l'emmagasinement plus ou moins grand de chaleur et la restitution

plus ou moins retardée de cette chaleur. Ainsi des matériaux à forte inertie vont avoir tendance à emmagasiner de grande quantité de chaleur pendant les journées chaudes et à restituer cette chaleur la nuit augmentant de fait la température extérieure.

Dessiner la Ville de demain

La forme urbaine des villes est également un facteur de vulnérabilité des villes face aux vagues de chaleur. On oppose deux situations où la morphologie urbaine agit sur la capacité d'échauffement des quartiers :

• **Les quartiers très denses** et compacts qui laissent peu d'accès à la lumière au niveau de la rue sont moins sensibles au flux solaire et vont avoir tendance à moins surchauffer en été. Par contre, cette forme repliée sur elle-même ne permet pas une évacuation de la chaleur la nuit. On retrouve classiquement cette configuration dans les quartiers historiques anciens de Paris avec des rues étroites et des bâtiments très proches. Dans ces espaces, les premiers signaux des vagues de chaleur se font moins ressentir mais si le phénomène perdure dans le temps, l'absence d'évacuation naturelle de la chaleur conduit à un échauffement des espaces au niveau de la rue.



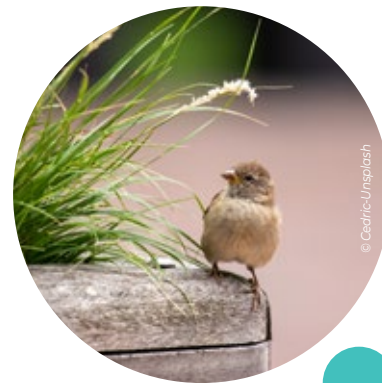
• **Les quartiers plus ouverts** articulés autour de grandes esplanades, vont recevoir plus intensément les rayons du soleil en journée avec pour conséquence une élévation rapide de la température dans les rues. Toutefois, cette forme ouverte permettra une plus grande évacuation de chaleur la nuit venue par la circulation des vents. Cet urbanisme est typique des aménagements d'après-guerre, on en retrouve de nombreux exemples aux portes de Paris. A l'inverse de l'urbanisme de compacité, dans cette situation, les quartiers sont plus exposés en journée et des solutions de rafraîchissement actives (brumisation, ombrage) sont nécessaires pour rafraîchir l'espace, alors que la nuit les températures sont plus acceptables avec une circulation d'air plus importante.

Pour une ville apaisée

Dernier facteur de vulnérabilité des centres urbains, la densité anthropique qui produit un apport de chaleur supplémentaire. Les villes regroupent de grands centres d'activités humaines qui dégagent de la chaleur en complément des paramètres environnementaux. On peut citer la circulation motorisée (essentiellement thermique), les activités économiques (rejets d'air chaud des pressings, climatisation) ou encore les réseaux urbains comme le réseau de chaleur situé sous la chaussée et dont une partie de la chaleur dissipée dans le sol réchauffe l'air au niveau de la rue.



> COMMENT RAFRAICHIR PARIS ?



Bien consciente que ces vagues de chaleur vont aller en **s'intensifiant** et constituent l'une des manifestations du changement climatique d'ores et déjà amorcé, la Ville de Paris, dans le cadre de sa Stratégie d'Adaptation au changement climatique (2015), et de son nouveau Plan Climat (2018), mène une politique ambitieuse pour construire une ville accueillante et adaptée. Ainsi, elle s'est engagée à lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) en agissant de façon holistique sur son territoire. Dès 2008, la Ville de Paris finance un programme de recherche (EPICEA²) pour étudier l'impact des ICU mais également -entre autres- les effets thermiques de la végétation et de la présence de l'eau sur son territoire (ce qui permet de confirmer l'effet rafraîchissant du végétal et de l'eau).

2-Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne Programme de recherche financé par la Ville de Paris coordonné par Météo France et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment en partenariat avec l'Agence Parisienne d'Urbanisme et l'Agence Parisienne du Climat (rapport disponible sur : <http://www.cnrm-game.fr/projet/epicea>)

Cet objectif de rafraîchissement nécessite d'agir à différents niveaux en déployant **des mesures pour « limiter » ce phénomène inévitable d'îlot de chaleur urbain** (inhérent à l'urbanisation) et **des actions qui permettent de s'y adapter** en agissant à la fois sur la fabrique de l'espace public et sur les bâtiments.

Pour répondre aux enjeux climatiques et adapter son territoire aux différents aléas climatiques, la Ville de Paris innove dans ses pratiques organisationnelles (en adaptant les horaires de travail de ses agents les plus exposés à la chaleur, en augmentant le nombre de parcs et jardins ouverts la nuit) mais également dans son aménagement. La Ville de Paris a identifié plusieurs grands leviers pour rafraîchir son territoire :

- **le levier réglementaire** permettant d'inscrire des prescriptions fortes répondant aux enjeux d'adaptation au changement climatique (Plan Local d'Urbanisme bioclimatique, Plan canicule, Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs...) et offrant un cadre d'action favorable à ces enjeux (à l'instar de l'article 15 du PLU consacré à l'environnement),
- **le levier financier**, lequel doit permettre la construction de budgets nécessairement pensés au prisme climatique, soutenus par le cadre réglementaire évoqué plus avant,
- **le levier relatif à l'aménagement du territoire** dont la réalisation des projets est permise par l'évolution du cadre réglementaire et l'inscription de lignes budgétaires adaptées,
- **et enfin le levier d'information** et de formation permettant d'accompagner les changements dans nos modes de vie ainsi que l'évolution de nos pratiques professionnelles, induits par le changement climatique.

© DR Météo France-CSTB-APUR-APC

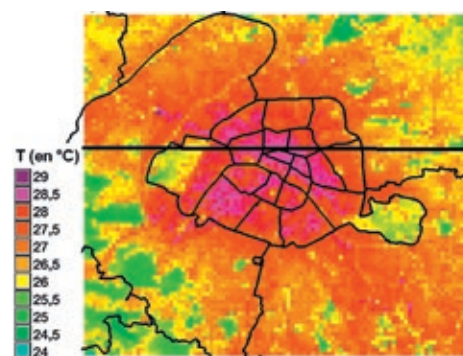
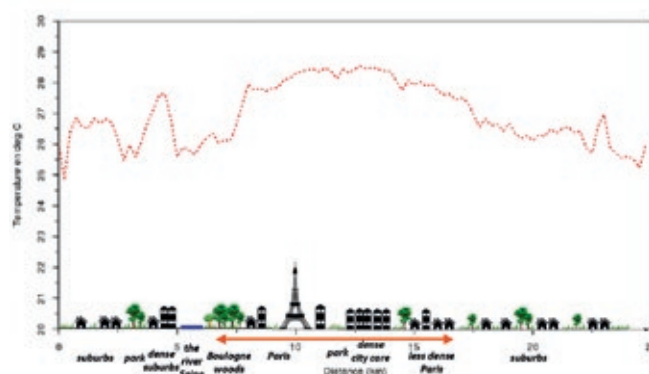


figure 1 : îlot de chaleur urbain simulé au-dessus de l'agglomération parisienne (moyenne des températures de l'air à 2m à 4h, 5h et 6h locales pour les 5 nuits de la canicule).

figure 2 : Coupe transversale de l'îlot de chaleur urbain (traversant les 16^e, 8^e, 9^e, 10^e et 20^e arrondissements d'Ouest en Est selon l'axe indiqué au dessus dans la figure 1).



Pour adapter la ville aux vagues de chaleur, il convient d'actionner l'ensemble de ces leviers pour permettre à la fois d'anticiper correctement les risques et de minimiser les crises sanitaires et leurs conséquences.

Ainsi, le cadre réglementaire doit-il faire l'objet d'une évolution pour une prise en compte des risques liés aux canicules. La Ville de Paris a amorcé la révision de son Plan Local d'Urbanisme et travaille d'ores et déjà à l'inscription de prescriptions fortes en matière de confort d'été (isolation des bâtiments, protections solaires, ventilation naturelle...) qui s'exprimeront dans les projets d'aménagement (qu'il s'agisse de rénovations ou de constructions neuves). L'évolution réglementaire doit également concerner l'ensemble des documents de prévention et de protection des citoyens.

Concernant le levier budgétaire, la Ville de Paris s'engage dans une transition socio-écologique multidimensionnelle et l'ensemble de ses projets répond aux enjeux de cette transition dont l'adaptation aux vagues de chaleur. Ce principe s'applique d'ores et déjà dans la mise en œuvre de projets d'aménagement. Ainsi, la Ville de Paris s'engage pour le rafraîchissement de son territoire et

notamment de ses espaces publics en travaillant sur :

- **la végétalisation** (qu'il s'agisse des bâtiments ou de ses espaces publics),
- **le renforcement de la place de l'eau** dans la ville (valorisation des abords des cours d'eau, baignade naturelle, accès à l'eau potable et aux dispositifs de rafraîchissement),
- **l'utilisation de nouveaux matériaux** pour les bâtiments et la voirie (plus clairs, drainants...),
- **le développement d'espaces ombragés.**



© Edalie Junior-Unsplash

L' INNOVATION AU SERVICE DU RAFRAÎCHISSEMENT

La Ville de Paris s'engage dans de nombreux partenariats pour expérimenter de nouveaux mobiliers, de nouveaux dispositifs qui participent à l'amélioration du confort urbain et répondent à l'urgence sanitaire en cas de crise telles que les vagues de chaleurs. Un certain nombre de dispositifs expérimentaux ont été déployés sur le territoire parisien. La plupart de ces dispositifs sont temporaires et font l'objet d'une évaluation (mesures physiques & évaluation psychosociale). Ils permettent de diversifier l'offre existante et peuvent, à terme, s'intégrer aux projets de réaménagement.



© SETEC



© DR-Ville de Paris

> VERS UN ESPACE PUBLIC PARISIEN RAFRAICHI

ADAPTE AUX VAGUES DE CHALEUR



Développer le végétal à Paris

La végétalisation de l'espace public concourt directement au rafraîchissement de l'espace public.

La canopée végétale joue un rôle prédominant dans le rafraîchissement de la ville, en ce qu'elle absorbe une partie des radiations solaires d'une part et en ce qu'elle offre un ombrage bienvenu en cas de forte chaleur. La Ville de Paris a lancé une étude scientifique pour améliorer sa connaissance des essences les mieux adaptées au changement climatique et en particulier aux vagues de chaleur (résistance à la sécheresse, évapotranspiration).

Cette démarche est très soutenue depuis plusieurs années à Paris. Ce développement se manifeste par des programmes de végétalisation importants (création de 100 hectares végétalisés, 30 hectares dédiés à l'agriculture urbaine, principalement sur des toits & murs, « débitumisation » de l'espace public et plantation de 20 000 arbres entre 2014 et 2020).

La Ville de Paris s'est donné un objectif de végétalisation ambitieux à horizon 2026. En effet, 170 000 arbres seront plantés et des forêts urbaines seront créées, renforçant ainsi les corridors de biodiversité et les espaces de fraîcheur.

Par ailleurs, chaque été, la Ville de Paris renforce l'accessibilité nocturne de ses parcs et jardins en ouvrant plus d'une dizaine de ses espaces supplémentaires au public et encore davantage en cas d'activation du plan canicule (environ $\frac{1}{4}$ des parcs et jardins sont d'ores et déjà ouverts 24h/24 à l'année).



Le changement climatique affecte profondément l'ensemble de la biodiversité (dont les humains) qui est, à Paris, particulièrement vulnérable aux vagues de chaleur et aux sécheresses.

Le plan biodiversité de Paris soutient fortement la « désimperméabilisation » de ses sols et s'est fixé un objectif de conversion de 35% du territoire parisien en surfaces perméables et végétales à horizon 2024. Un sol perméable végétalisé permet de diminuer localement la température de 2 à 3°C ce qui concourt à la préservation de la faune et de la flore nécessaires à l'équilibre écologique de la ville.



© DR-Ville de Paris

Renforcer la place de l'eau à Paris

La création de lieux de baignade (baignades naturelles, création de piscines...), l'implantation de nouvelles fontaines (à boire ou ornementales) et de brumisateurs de même que les jeux d'eau concourent également au rafraîchissement de la ville. Certains de ces dispositifs offrent par ailleurs un usage ludique qui contribue fortement à renforcer l'appropriation de l'espace public par les Parisiennes et les Parisiens.



© Joséphine Bueder-Ville de Paris

L'opérateur public de l'eau à Paris, Eau de Paris, s'inscrit dans une stratégie de développement et d'innovation pour répondre aux enjeux actuels et futurs liés à l'eau tout en améliorant la qualité de service public rendu à l'usager. En partenariat avec le Comité Richelieu, Eau de Paris a inauguré sa plateforme d'open-innovation³ en octobre 2018. Elle proposait aux candidats de répondre à trois challenges et notamment le défi n°3 : « Rafraîchir les usagers avec des fontaines double usage, boisson et brumisation, pour lutter contre les îlots de chaleur à Paris ». Une seconde vague de défis innovation en 2019, proposait aux candidats d'innover sur cinq problématiques et notamment le défi n°2 : « La fontaine universelle du 21^{ème} siècle ». Des expérimentations sont en cours et les informations relatives à celles-ci sont disponibles sur la plateforme.



© Bruno Mazodier-Eau de Paris

3-Plateforme développée dans le cadre du décret n°2018-1225 du 24 décembre 2018 relatif aux dispositions relatives à l'expérimentation en matière d'achats innovants

« **Paris est une ville dense** sur laquelle les effets du changement climatique se font déjà sentir. L'imperméabilisation croissante des sols, la suppression des écoulements naturels et la régression de la végétation modifient fortement le cycle naturel de l'eau et engendrent des « îlots de chaleur » où l'élévation des températures nuit à la qualité de vie et à la santé des plus vulnérables. À l'échelle de la ville, l'eau de pluie, qui ne peut plus s'infiltrer, s'écoule majoritairement par le « tout à l'égout ». Les épisodes de fortes pluies peuvent saturer ce réseau et les stations d'épuration, générant occasionnellement des inondations et des déversements d'eau polluée en Seine. Le constat est clair : le « tout à l'égout » d'hier ne sera plus viable demain.

Pour faire de Paris une ville durable, agréable à vivre et adaptée au changement climatique, une nouvelle gestion de l'eau de pluie représente donc un enjeu essentiel. Pour anticiper ces évolutions, la Ville de Paris a donc décidé d'adopter une stratégie plus respectueuse de l'environnement en se dotant d'un plan intitulé « ParisPluie », qui vise à restaurer le cycle naturel de l'eau et à renforcer la présence de l'eau et de la nature à Paris. Le principe ? Faire de l'eau de pluie une ressource. La méthode ? Valoriser l'eau de pluie au plus près de l'endroit où elle tombe. C'est une petite révolution dans la manière de concevoir la ville. Le mouvement est d'ores et déjà lancé, il reste à diffuser et adopter les nouvelles façons de composer avec l'eau de pluie, pour le bénéfice de tous ».



© DR Ville de Paris

CHANGER DE REGARD SUR LA PLUIE, ÇA CHANGE TOUT

Se rapprocher du cycle naturel de l'eau enclenche un véritable cercle vertueux, profitable à de nombreux aspects de la vie urbaine.



La biodiversité se déplace.



La ville s'embellit.



Les îlots de fraîcheur se développent grâce à un sol plus perméable et plus de végétation.



L'eau de pluie est récupérée pour l'arrosage, le nettoyage, etc. C'est un moyen d'économiser l'eau potable.



Le risque de saturation des égouts est réduit grâce à la baisse des rejets d'eau de pluie dans les égouts.



La qualité de la Seine s'améliore. Les efforts conjugués de tous permettront bientôt de s'y baigner.



© Antoine Potez-Ville de Paris

Utiliser de nouveaux matériaux

Le plan ParisPluie, évoqué plus avant, offre un outil de planification urbaine -carte du zonage pluviale- pour perméabiliser le territoire parisien partout où cela est possible.

Cependant, certains espaces du territoire parisien présentent des contraintes techniques qui empêchent et/ou limitent la déminéralisation et la perméabilisation des sols (lorsque les réseaux de raccordement énergétique et/ou de transport tel le métro sont trop proches de la surface par exemple). Pour pallier ces contraintes et pour lutter efficacement contre l'effet d'ICU, c'est bien sur l'ensemble de son cadre bâti que la Ville de Paris entend intervenir. Aussi, depuis quelques années, elle expérimente l'utilisation de nouveaux matériaux, qu'il s'agisse de revêtements des sols (chaussées, trottoirs...), de matériaux utilisés pour rénover et/ou construire les murs des bâtiments ou encore leur toiture.

Les revêtements de voirie

Les revêtements de trottoir ont une durée de vie d'environ 20 ans, il y a donc urgence compte tenu du réchauffement climatique à rechercher des revêtements qui accumulent le moins de chaleur possible. L'asphalte (quasi noir) sur béton utilisé sur 82% des trottoirs parisiens n'est pas la meilleure solution car il chauffe rapidement et augmente le stockage de la chaleur par le béton.

La Ville de Paris teste différents matériaux dans des armoires climatiques simulant des alternances jour/nuit en période de canicule. L'objectif est de trouver des structures et des revêtements de trottoir qui accumulent le moins de chaleur possible. Le produit offrant le meilleur compromis gain de chaleur, prix, « réparabilité », fabrication, respect de l'environnement, propreté etc... deviendra la nouvelle référence des revêtements de trottoir parisien. Par ailleurs, la Ville de Paris expérimente également des peintures réfléchissant les infrarouges lesquelles présentent l'avantage de pouvoir traiter nos trottoirs en asphalte les plus exposés jusqu'à leur renouvellement. Ces peintures pigmentables composées à 80% de billes de céramique ont la particularité de renvoyer les infrarouges et de baisser la température du support d'une dizaine de degrés. Les structures accumulent ainsi moins de chaleur la journée et en restituent donc beaucoup moins la nuit limitant les phénomènes d'îlot de Chaleur Urbain. La Ville a installé en juillet et août 2020, un démonstrateur public de structures climatiques de trottoir présenté quai des Célestins dans le IV^e arrondissement sur Paris Plage. Il consiste en l'affichage de la température en sous face du revêtement de 3 structures. Un second test a été réalisé pour évaluer les rendements et les consommations, rue du Chevaleret dans le XIII^e arrondissement à l'angle de la rue Alphonse Boudard devant l'entrée de la Station F.

Le projet expérimental LIFE Cool & Low Noise asphalts, cofinancé par la Commission Européenne et coordonné par la Ville de Paris, associe des partenaires industriels et scientifiques (Bruitparif, Colas, Eurovia, Laboratoire LIED). L'objectif est de développer des asphaltes permettant de réduire la pollution sonore émise par la circulation routière et d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain. Cette expérimentation, qui a démarré en 2017, est réalisée *in situ* sur 3 sites et donne lieu à une évaluation thermique et acoustique jusqu'en 2027.

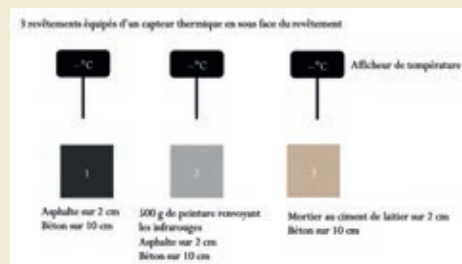
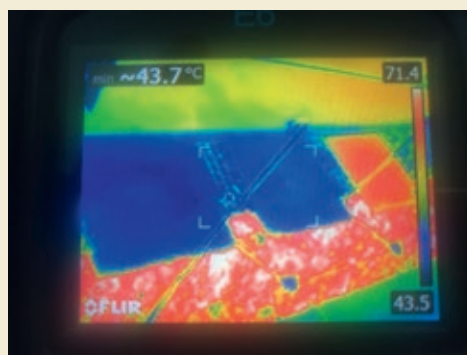


Schéma du démonstrateur

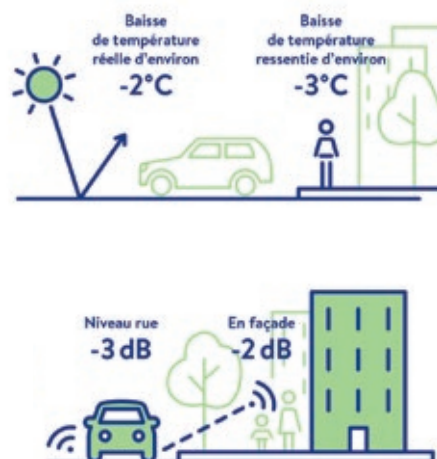


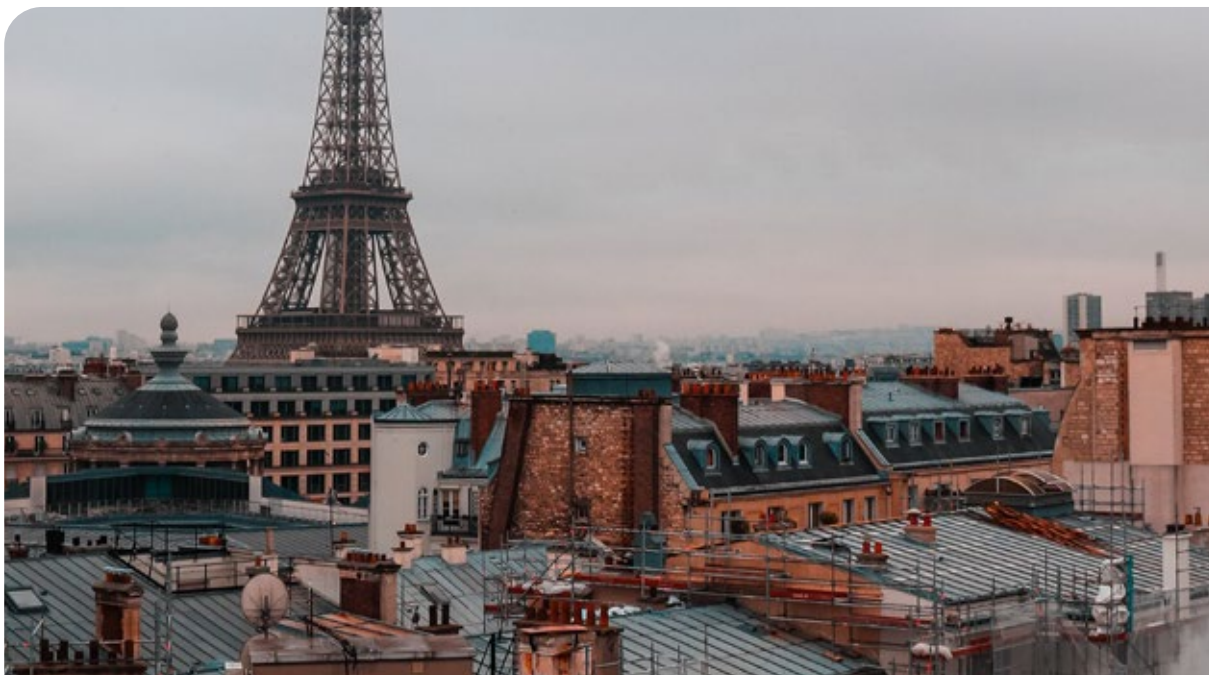
© DR Ville de Paris



© DR Ville de Paris

Photo thermique, 31 juillet 2020, Quai des Célestins, Paris.



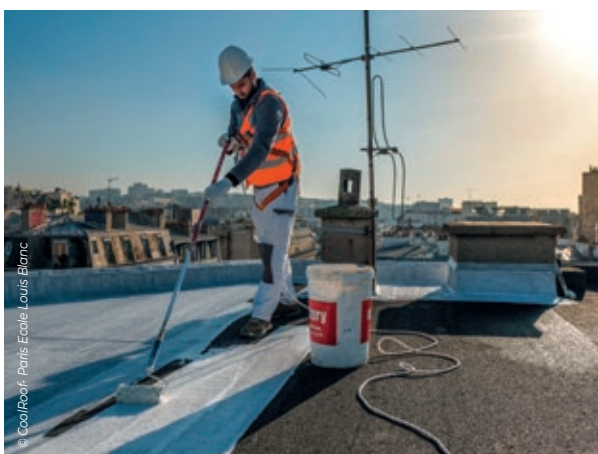


© Adrien-Unsplash

Agir sur les toits

Les toits, comme les sols, absorbent les rayonnements solaires et contribuent à rendre les logements inconfortables voire inhabitables et participent également à renforcer l'effet d'ICU. Aussi, la Ville de Paris expérimente des solutions permettant d'abaisser les températures au sein des bâtiments. La résine Coolroof, testée sur les toits de Paris pour améliorer le confort d'été des bâtiments, s'inspire des maisons grecques, dont les toitures recouvertes d'une peinture blanche renvoient une partie des UV et permettent de maintenir la fraîcheur des intérieurs.

En 2017 des températures supérieures à 30°C ont été relevées dans les salles de classe du dernier étage de l'école primaire Louis Blanc dans le X^e arrondissement. L'expérimentation de la résine Coolroof sur le bâtiment de l'école a mis en évidence une baisse de température pouvant atteindre 6,1°C dans la salle de classe et la suppression des températures au-dessus de 28°C.



© CoolRoof-Paris École Louis Blanc



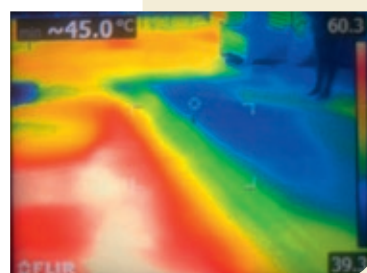
© CoolRoof-Paris Berlemont



Fabriquer de l'ombre à Paris

Pour répondre encore davantage au besoin de rafraîchissement des usagers du territoire parisien et diminuer l'effet d'îlot de chaleur urbain, le Plan Climat propose d'expérimenter la mise en œuvre d'ombrières sur l'espace public, parmi l'ensemble des mesures qui concourent au rafraîchissement urbain. La Ville de Paris a souhaité tester des ombrières en toile tendue pour créer des zones ombragées dans des espaces minéraux et particulièrement chauds. Ces ombrières offrent un espace ombragé permettant aux usagers de faire une halte ou de s'abriter momentanément du soleil lors de leurs déplacements à pied. Les prototypes ont été installés durant l'été 2020, place Jeanne d'Arc dans le XII^e arrondissement et à l'angle de l'avenue de la Porte de St Ouen et de la rue Henri Huchard dans le XVIII^e arrondissement. Des photographies thermiques ont été prises pour quantifier l'effet de ces installations sur la température au sol. Ces opérations permettront de mieux qualifier les lieux pour lesquels cette solution pourrait être efficace afin d'envisager un déploiement à plus grande échelle à l'été 2021.

Les premières analyse démontrent que les espaces ombragés par ces ombrières sont bien plus frais que les espaces exposés au soleil. Ces prototypes, en protégeant de l'exposition directe du soleil, provoquent très rapidement un abaissement des températures mesurées au sol. Cet effet est par ailleurs renforcé par l'utilisation de matériaux innovants (matériaux utilisés pour la fabrication des toiles tendues) pour lesquels la Ville de Paris souhaite développer l'utilisation dès l'été 2021.



> QUELS OUTILS

POUR LES CITOYENS ?

La diffusion, la compréhension et l'appropriation du vaste sujet climatique et tout particulièrement le volet « adaptation » par l'ensemble de la société civile apparaît comme le levier majeur d'une transition socio-écologique réussie. La Ville de Paris entend développer des campagnes de communication et une offre de formation relatives à l'adaptation au changement climatique.



Information et communication

L'un des premiers enjeux est de proposer aux Parisiennes et Parisiens des lieux et des parcours frais pour faciliter leurs déplacements dans la ville et des aires de repos en période de fortes chaleurs. Dans le cadre de la Stratégie d'Adaptation au changement climatique et de son Plan Climat de Paris, la Ville de Paris a initié la démarche d'identification des **îlots et parcours de fraîcheur à Paris**. Il s'agissait de définir, repérer, cartographier puis diffuser largement les lieux et itinéraires les plus frais à Paris en période de fortes chaleurs. Ce travail permet par ailleurs de compléter et de valoriser les différents dispositifs mis en œuvre par la Ville de Paris dans le cadre du Plan Canicule.



Îlot de fraîcheur, parcours de fraîcheur, qu'est ce que c'est ?



► **Un îlot de fraîcheur à Paris** est un lieu d'accueil, de halte et/ou de repos, accessible au grand public et repéré comme source de rafraîchissement à Paris par rapport à son environnement proche en période chaude ou caniculaire. Il s'agit à la fois de :

- espaces verts et boisés dont jardins, parcs, bois, cimetières intramuros,
- lieux de baignade dont piscines, centres aquatiques, baignades extérieures,
- lieux brumisés et jeux d'eau, fontaines sèches, brumisateurs,
- établissements ouverts au public et naturellement frais dont églises, musées,
- établissements ouverts au public et rafraîchis dont musées, bibliothèques, salles rafraîchies du Plan Canicule.

► **Un parcours de fraîcheur à Paris** est un itinéraire piéton à Paris reliant des îlots de fraîcheur en période chaude ou caniculaire, et sur lequel les températures ressenties sont plus fraîches par rapport à l'environnement proche. Il s'agit de linéaires :

- particulièrement arborés et/ou végétalisés dont rues végétales, tunnels végétaux,
- particulièrement ombragés par arbres, bâtiments, ombrières,
- souterrains naturellement frais dont tunnels piétons,
- aux abords directs d'espaces en eau dont berges de Seine, canaux et lacs,
- avec des matériaux ne stockant pas ou peu la chaleur : couleurs claires, propriétés thermiques spécifiques, perméables.

Une carte des îlots de fraîcheur, disponible sur le site de la ville, Paris.fr, renseigne sur les îlots de fraîcheur (tels que les parcs et jardins les plus frais), leurs horaires d'ouverture et les modalités d'accès (payant ou non). La carte des îlots de fraîcheur est également disponible à l'échelle de l'arrondissement. Il existe une carte de jour des îlots de fraîcheur et une autre de nuit. Elle dénombre en 2020 plus de 900 îlots de fraîcheur accessibles en journée et près de 250 de nuit.

Lors des pics de chaleurs la Ville de Paris mobilise à la fois les outils numériques et ses divers réseaux sociaux et contribue ainsi à l'acculturation du grand public quant au changement climatique et à son adaptation. Les panneaux lumineux de la ville affichent à cette occasion des messages d'information sur les îlots de fraîcheur en plus des recommandations sanitaires activées par le Plan Canicule.



Mairie d'arrondissement



Mairie d'arrondissement

Espaces verts

Très ombragé donc frais (plus de 50% de végétation haute)

Partiellement ombragé donc modérément frais (de 25 à 50% de végétation haute)

Très exposé au soleil donc plutôt chaud (moins de 25% de végétation haute)

Par ailleurs, la Ville de Paris a développé un plan de communication « canicule » annuel et diffuse depuis l'été 2020 un kit de communication à l'ensemble des acteurs du territoire (agents de la ville, travailleurs sociaux, services techniques, bailleurs sociaux, Volontaires de Paris...). Ce plan de communication couvre l'ensemble du prisme, de la prévention à la mobilisation en temps réel de l'ensemble des outils de la Ville en cas de crise, en fonction du niveau d'activation du plan canicule.

Différents supports de communication sont disponibles (affiches, flyers etc.) permettant d'informer et de sensibiliser à la fois les agents de la Ville et les usagers. Ces outils de communication délivrent de l'information concernant : les bons gestes face à la chaleur, les bons gestes dans son logement, les bons gestes pour les bébés et enfants, le dispositif REFLEX et les îlots de fraîcheur.



Le Plan Canicule à Paris

Paris met en place depuis 2004 un Plan Canicule qui vise à prévenir les risques sanitaires liés aux canicules et à organiser l'action municipale en matière de gestion de crise liée aux canicules. La Ville de Paris met en œuvre un certain nombre d'actions telle que la création du fichier CHALEX (Chaleurs Extrêmes) qui offre la possibilité aux personnes les plus vulnérables, en s'y inscrivant de façon volontaire, de bénéficier d'un suivi et d'un accompagnement durant les fortes chaleurs. En 2020, ce fichier est rebaptisé REFLEX. Ce dispositif permet également de répondre aux demandes d'accompagnement des personnes les plus vulnérables dans les « salles rafraîchies » (accessibles à tous les Parisien-n-e-s).

Les actions d'intervention de solidarité de la ville, sont adaptées selon le niveau activé du Plan Canicule et ont pour objectif de viser l'ensemble des personnes les plus vulnérables à la chaleur (personnes âgées, personnes à la rue, femmes enceintes, jeunes enfants, personnes en situation de handicap ou souffrant de maladies chroniques...).





© Adrien-Unsplash

La formation citoyenne

Depuis 2014, l'action citoyenne a pris une ampleur considérable à Paris comme en témoigne l'avènement du Budget Participatif. Les dispositifs permettant aux habitants et plus largement aux usagers de s'engager au service du territoire se sont multipliés.

La mobilisation des Parisiennes et Parisiens

quant aux sujets environnementaux, est forte. Une communauté de « Volontaires du Climat » s'est créée à l'issue de la votation citoyenne relative au Nouveau Plan Climat (2018). Cette communauté est composée de résidents ou d'usagers du territoire parisien souhaitant être tenus informés de l'action municipale (relative à la question climatique) et/ou souhaitant s'investir au quotidien dans la lutte contre le changement climatique. Les Volontaires du Climat bénéficient depuis 2019, d'une formation « Adaptation au changement climatique : les vagues de chaleur » à l'issue de laquelle il leur est proposé de relayer, via des supports de communication, les informations délivrées dans leurs cercles personnel et professionnel afin d'accroître la diffusion de la connaissance sur ce sujet ainsi que les comportements à adopter. La Ville de Paris entend poursuivre et développer encore davantage son action de formation citoyenne. La Maire de Paris a en effet annoncé la création de l'Académie du Climat à Paris pour permettre au jeune public (12-25 ans) de s'informer et de se former quant au changement climatique. Cette structure verra le jour dans les locaux de l'ancienne mairie du IV^e arrondissement à l'automne 2021.



© DR-Ville de Paris

> CONCLUSION

Le **rafraîchissement urbain** est un enjeu fondamental pour l'ensemble des grandes villes et d'autant plus pour la Ville de Paris dont la morphologie et les caractéristiques urbaines génèrent et renforcent encore davantage l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Les leviers d'actions et les solutions qui sont développés sur le territoire parisien tels que le renforcement de la présence de l'eau dans l'espace public, la végétalisation de l'espace public et du cadre bâti représentent une opportunité pour répondre à d'autres enjeux de résilience tels que la préservation de la biodiversité (création de corridors écologiques et/ou de réservoirs urbains de biodiversité) ou le renfort du lien social et de la solidarité (permis de végétaliser, jardins partagés...).

Les décisions relatives à l'adaptation aux vagues de chaleur doivent être éclairées et prendre en compte les risques corollaires tels que le développement de nouvelles maladies renforcées par l'installation du moustique tigre par exemple ou encore la raréfaction de la ressource en eau. La prise en compte de ces risques engage les territoires vers une nécessaire sobriété dans le déploiement de solutions d'adaptation, qui doivent s'articuler avec les mesures relatives à l'atténuation au changement climatique. Ceci encourage de fait le développement de solutions innovantes. Le partage des connaissances avec l'ensemble des acteurs du territoire et la sensibilisation aux enjeux de rafraîchissement urbain et plus généralement d'adaptation au changement climatique sont également des leviers à activer. La Ville de Paris va renforcer ses programmes de sensibilisation, de formation et développer des outils concrets telles que des cartographies interactives à destination du grand public, acteur majeur et indispensable à la réussite de la transition écologique d'un territoire.





ici, demain!

ensemble pour le climat

VILLE DE PARIS

DIRECTION DES ESPACES VERTS
ET DE L'ENVIRONNEMENT

AGENCE D'ÉCOLOGIE URBAINE

