



Comment adapter le territoire parisien aux futures canicules

Pistes et stratégies d'adaptation
au changement climatique

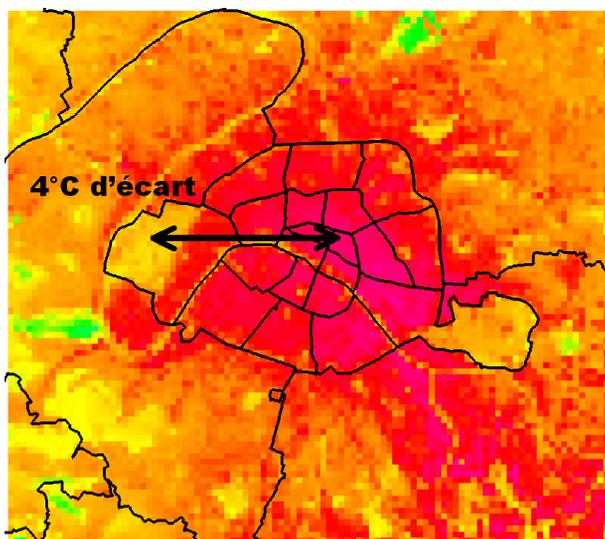
Qu'est-ce qu'une canicule dans une ville dense ?

Qu'est-ce qu'une canicule ?

Le mot « canicule » désigne un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée. La différence avec un épisode de chaleur « classique », c'est cette absence de refroidissement pendant la nuit. Une forte chaleur qui dure plus de trois jours constitue un danger pour la santé de tous.

Les villes plus sensibles aux canicules à cause de l'effet d'îlot de chaleur urbain

Par nuit calme, on observe que la température en ville reste souvent plus élevée que dans les zones rurales alentour ; il se crée une sorte de « bulle de chaleur » sur la ville appelée « îlot de chaleur urbain » (ICU).



ICU simulé lors de la nuit du 12 au 13 août 2003, nuit la plus chaude de l'épisode caniculaire. Source : Météo-France, EPICEA*.

Avec son tissu urbain très dense, la ville de Paris influe sur son environnement météorologique en générant un micro climat urbain. Cet îlot de chaleur se traduit par des différences de température nocturne, de l'ordre de 2,5°C en moyenne annuelle entre Paris et les zones rurales alentour (comme les forêts de Meudon ou Fontainebleau). Lors de canicules, ces différences peuvent atteindre près de 10°C. La ville de Paris est particulièrement sensible aux fortes chaleurs en raison de ce phénomène.

La canicule de 2003 à Paris

Du 2 au 14 août 2003, la France a connu une canicule exceptionnelle par son intensité et sa durée. Des températures très élevées ont été relevées à Paris : elles ont atteint 40°C le jour et ne sont pas descendues au-dessous de 20°C la nuit. Lors de cet épisode caniculaire, une surmortalité a été enregistrée.

Pendant cette canicule, un ICU de l'ordre de 4 à 8°C apparaissait en fin de nuit entre le centre de Paris et les zones moins urbanisées alentour. On a également observé la formation de « micro ICU » au sein même de la capitale, d'une intensité de 2 à 4°C. Les simulations de Météo-France ont permis d'identifier les zones les plus sensibles aux fortes températures pendant la canicule d'août 2003 à Paris. Ce sont les arrondissements fortement urbanisés du centre (2^{ème}, 3^{ème}, 8^{ème}, 9^{ème}, 10^{ème} et 11^{ème}) ainsi que les zones situées dans ce que l'on appelle le « panache urbain » (arrondissements périphériques et communes proches).

Prévention des risques sanitaires liés aux canicules

Quelles conséquences sanitaires ?

Une forte chaleur devient dangereuse pour la santé dès qu'elle dure plus de trois jours.

Les personnes déjà fragilisées (âgées, atteintes d'une maladie chronique, nourrissons, etc.) sont particulièrement vulnérables. Elles risquent une déshydratation ou un coup de chaleur. Ce dernier survient lorsque le corps n'arrive plus à contrôler sa température qui augmente alors rapidement. Il doit être signalé aux secours dès que possible. Les personnes en bonne santé (notamment les sportifs et travailleurs exposés à la chaleur) ne sont cependant pas à l'abri des effets des canicules.

Plan canicule et vigilance canicule

A la suite de la canicule de 2003, les pouvoirs publics ont mis en place un Plan national canicule pour anticiper et réduire les effets sanitaires des vagues de chaleur exceptionnelles. Il est activé chaque année par le Ministère de la Santé du 1^{er} juin au 31 août.

Depuis le 1^{er} juillet 2004, la carte de vigilance intègre le risque de canicule. Accessible en permanence sur Internet et via des applications mobiles, elle signale les départements concernés et renseigne sur les précautions à prendre pour se protéger.

La vigilance météorologique est conçue pour informer la population et les pouvoirs publics. Les services de la sécurité civile et les autorités sanitaires peuvent ainsi alerter et mobiliser respectivement les équipes d'intervention, les professionnels et structures de santé. Pour cela, une veille météorologique est activée pendant toute la saison estivale.

A la suite de la canicule d'août 2012, le plan canicule a été revu afin de renforcer l'adéquation des niveaux de vigilance météorologique et les niveaux du Plan national canicule.

Si un épisode de fortes chaleurs est prévu, Météo-France met en vigilance le ou les départements concernés. Les autorités décident de mettre en œuvre les mesures prévues par le Plan national canicule (renforcement de l'accueil aux urgences, information des acteurs locaux et des populations, contact téléphonique régulier au niveau communal auprès des personnes fragiles isolées, etc.).

En cas de vigilance rouge, c'est-à-dire de canicule exceptionnelle par sa durée, son intensité et ses effets, une cellule interministérielle de crise coordonne les services de l'Etat et des mesures de mobilisation maximale peuvent être prises au niveau national.

En savoir plus sur les canicules et chaleurs extrêmes : www.sante.gouv.fr/canicule-et-chaleurs-extremes

En 2100, un été sur deux sera aussi chaud qu'en 2003

L'évolution du climat à Paris

D'après les simulations climatiques élaborées par Météo-France dans le cadre de l'actualisation du Plan Climat Energie de Paris, la capitale devra faire face à un **réchauffement renforcé d'ici la fin du siècle**.

L'îlot de chaleur urbain, particulièrement intense en période de fortes chaleurs, va amplifier localement le risque de stress thermique associé.

Stress thermique

Le confort thermique correspond à un état d'équilibre entre le corps humain et les conditions extérieures. Il dépend de la température de l'air, du vent et de l'humidité, mais aussi de l'habillement, de l'activité physique et de la sensibilité des individus. Une personne subit un stress thermique lorsqu'elle ne parvient plus à réguler la température de son corps. Lors d'une canicule, elle risque ainsi une déshydratation, l'aggravation de ses éventuelles maladies chroniques ou encore un « coup de chaleur » qui peut être mortel.

L'Organisation météorologique mondiale a développé un indice universel du climat thermique (Universal Thermal Climate Index, UTCI), utilisé dans le cadre du projet VURCA*. Cette échelle associe à une température ressentie un niveau de stress thermique subi.

Température ressentie au sens UTCI (°C)	Niveau de Stress
Au-dessus de +46	Stress thermique extrême
+38 à +46	Stress thermique très élevé
+32 à +38	Stress thermique élevé
+26 à +32	Stress thermique modéré
+9 à +26	Pas de stress thermique

L'attention est ici portée sur les températures élevées mais l'échelle complète décrit le stress subi lors d'une exposition à la chaleur ainsi qu'au froid.

Davantage de vagues de chaleur et canicules

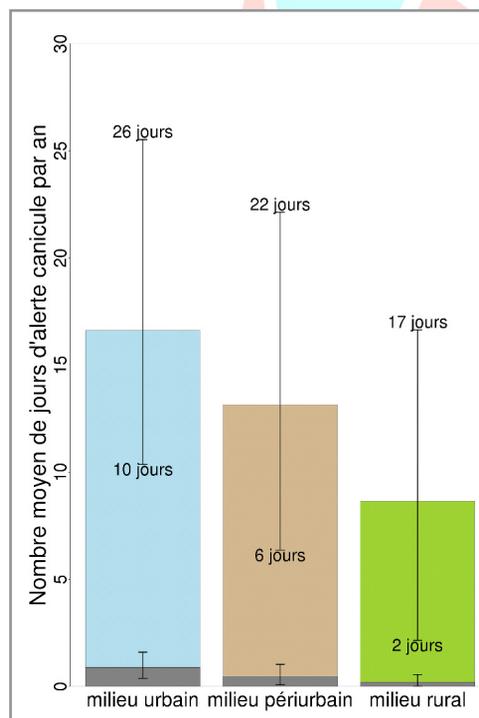
Les simulations climatiques de Météo-France réalisées dans le cadre du projet EPICEA* pour Paris prévoient une augmentation des températures moyennes quotidiennes de l'ordre de +2 à 4°C. L'augmentation de la température de l'air sera plus importante l'été que l'hiver.

Pour suivre cette évolution, les climatologues utilisent les indices climatiques de température suivants pour les situations estivales :

- le nombre de **jours chauds** ($T_{MAX} \geq 25^{\circ}C$),
- le nombre de **jours très chauds** ($T_{MAX} \geq 30^{\circ}C$),
- les jours de **vigilance orange pour la canicule** (déterminée à l'aide d'indices biométéorologiques et de températures ; $T_{MAX} > 31^{\circ}C$ et $T_{MIN} > 21^{\circ}C$ sur au moins 3 jours consécutifs).

A Paris, **ces trois indicateurs seront en nette augmentation** dans le contexte du changement climatique. Ainsi à la fin du 21^{ème} siècle, le nombre de jours de vigilance orange pour canicule passe de 1 jour par an en moyenne à :

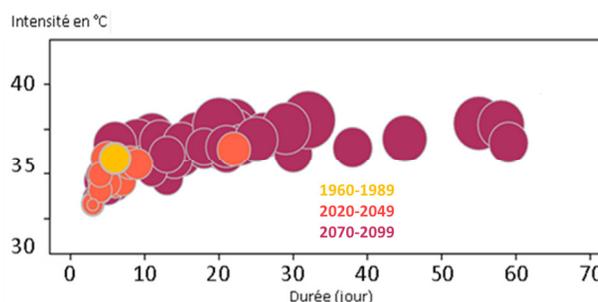
- 10 à 26 jours par an dans les zones urbaines,
- 6 à 22 jours par an dans les zones périurbaines,
- 2 à 17 jours dans les zones rurales.



Nombre de jours de vigilance orange pour la canicule, en moyenne annuelle sur l'agglomération parisienne, aujourd'hui (en gris) et pour la période 2079-2099 (en couleur). Source : Météo-France, EPICEA.

Des canicules plus fréquentes et plus longues

Les climatologues de Météo-France ont établi, dans le cadre du projet VURCA*, que **les vagues de chaleur les plus extrêmes pourraient, à la fin du siècle, durer 2 à 3 fois plus longtemps que celles d'aujourd'hui**, soit jusqu'à une soixantaine de jours !



Evolution de l'intensité et de la durée des canicules sur Paris, dans le cadre d'un scénario pessimiste d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre. Source : Météo-France, VURCA.

Vers une aggravation du stress thermique

L'agglomération parisienne, comme l'ensemble des grandes villes, devra faire face à une amplification du stress thermique en raison de son îlot de chaleur urbain particulièrement intense en période de fortes chaleurs. Les résultats du projet VURCA indiquent qu'à la fin du 21^{ème} siècle, les Parisiens pourraient subir en moyenne (en l'absence de développement de la climatisation) :

- un « stress thermique élevé » dans les logements de près de 7h30 par jour, c'est-à-dire une température ressentie (UTCI) supérieure à 32°C en cas de canicule,
- un « stress thermique élevé » dans la rue, même à l'ombre, de près de 15h par jour.

Dans cette perspective, des mesures d'adaptation sont indispensables.

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

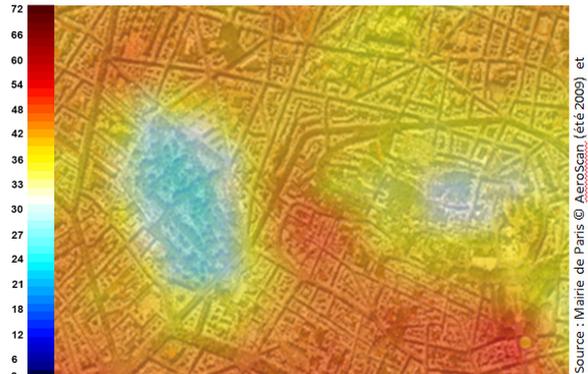
Adapter Paris aux canicules et aux ICU

Comment adapter un territoire dense et construit comme Paris aux canicules et aux îlots de chaleurs ? C'est l'un des défis du Plan Climat Energie de Paris. Le premier axe de travail depuis 2007 a été de renforcer et améliorer les connaissances dans ce domaine, en particulier :

- en soutenant des programmes de recherche comme le projet EPICEA mené par Météo-France et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB),
- en travaillant étroitement avec l'Agence Spatiale Européenne (développement d'outils satellitaires),
- en échangeant sur des pratiques innovantes ou expérimentales avec des grandes villes du monde : New-York (toits blancs), Chicago (repérage des hot spots), Buenos-Aires (végétalisation...).



Photo aérienne du cimetière de Montmartre et de ses environs.



Thermographie d'été par satellite (°C à la surface) le 30 juin 2006 à 10h30 et photo aérienne.

Les chercheurs des projets EPICEA et VURCA ont réalisé des simulations afin de quantifier l'impact de différents paramètres sur le climat urbain parisien, dans les conditions de la canicule d'août 2003 :

- propriétés radiatives des surfaces (toitures, murs, rues),
- isolation des bâtiments,
- présence de "zones vertes" (végétales),
- présence de "zones bleues" (aquatiques),
- variation des températures de consigne pour la climatisation.

L'efficacité de différentes solutions a ainsi été évaluée. Certaines tendent à **réduire les effets d'îlot de chaleur urbain**, autrement dit à faire baisser la température nocturne en zone urbaine dense pour permettre à la population de récupérer, durant son sommeil, du stress thermique subi au cours de la journée. D'autres visent à **procurer aux citoyens des points de rafraîchissement durant la journée**.

Dès les premiers résultats, des expérimentations ont été menées pour confronter les modélisations aux résultats obtenus sur le terrain. Des travaux et aménagements divers se poursuivent pour limiter la formation des îlots de chaleurs urbains et mettre en place des îlots de fraîcheur.

Limiter les effets nocturnes de l'ICU

L'îlot de chaleur urbain

L'effet d'îlot de chaleur urbain n'est pas dû à la pollution. L'ICU se forme parce que l'air en ville se refroidit plus lentement qu'à la campagne ! L'effet d'ICU est plus marqué la nuit que le jour.

Des matériaux réfléchissants

Les climatologues du projet EPICEA ont simulé l'utilisation de **matériaux capables de réfléchir le rayonnement solaire** sur l'ensemble des façades et toitures d'immeubles parisiens durant la canicule de 2003. Cette mesure a pour effet de faire baisser nettement la température dans la capitale : 1°C de moins en moyenne sur toute la durée de la canicule ; 3°C de moins au maximum, à un instant donné de la nuit, dans les arrondissements du centre.



ADAPTATION

Le laboratoire des essais des matériaux de la Ville de Paris mène en 2014 des études pour préciser les propriétés thermiques des matériaux de revêtements de voiries et des trottoirs à Paris (asphalte, dalle de granit, stabilisé, gazon...). Ces informations seront ensuite inscrites dans les fiches techniques du catalogue des revêtements à destination des prescripteurs.

L'isolation des bâtiments

Une meilleure isolation des bâtiments permet de **ralentir leur réchauffement**, et ainsi de maintenir des températures relativement fraîches à l'intérieur pendant l'été. Ce levier, utile par ailleurs pour réduire la consommation d'énergie due au chauffage l'hiver, peut limiter la vulnérabilité aux canicules. Un scénario volontariste supposant de nouvelles réglementations thermiques strictes et des améliorations techniques au cours des années qui viennent permettrait de réduire le temps passé en stress thermique élevé de près de 2h par jour dans les logements, sans avoir recours à la climatisation (projet VURCA).

Le Plan Climat Energie de Paris prescrit des obligations thermiques (pour la rénovation ou pour le neuf) au-delà des réglementations nationales, insistant sur le confort thermique estival, le rafraîchissement naturel, l'intégration du bioclimatisme, ou encore la pose de protections solaires extérieures. Parmi les opérations exemplaires :



ADAPTATION

- le puits canadien de la Halle Pajol,
- les bâtiments bioclimatiques de la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) Clichy-Batignolles.



Photo : Pare-soleil dans l'école Lamoricière, école conforme au Plan Climat Energie de Paris, 12^{ème} arrondissement. © Marie Gantois/Mairie de Paris

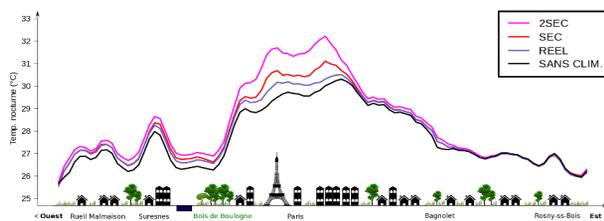
Cette mesure favorise également une baisse de l'ICU et de la température dans les rues. En effet, une meilleure isolation des bâtiments entraîne une utilisation moins fréquente de la climatisation et donc une diminution des rejets de chaleur associés.

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

La climatisation

Face à l'augmentation des besoins en froid (raisons sanitaires, commerciales, industrielles ou de confort), le recours à la climatisation semble inévitable. **Pourtant, au-delà de la question énergétique, l'usage de la climatisation provoque des rejets de chaleur à l'extérieur des bâtiments qui renforcent l'ICU.** Le parc actuel de systèmes de refroidissement provoque ainsi une augmentation locale de la température nocturne dans les rues allant jusqu'à 1°C.

Dans un scénario de doublement de la puissance globale de climatisation (installations individuelles), le projet CLIM2 révèle que la température nocturne pourrait augmenter jusqu'à 3°C. Il en résulterait un ICU nettement plus étendu et intense incitant à recourir encore davantage à la climatisation.



Profil de température à Paris et ses environs avec plusieurs hypothèses, notamment aucune climatisation (courbe noire) et doublement de la puissance de climatisation (courbe rose). Source : Météo-France, CLIM2.

La consommation d'énergie et les rejets de chaleur liés à la climatisation dépendent de l'usage et notamment de la température que l'on choisit de maintenir dans les bâtiments. **Plus la température de consigne est basse en été, plus la consommation d'énergie et les rejets de chaleur sont importants.** Les moyens mis en œuvre pour satisfaire les besoins en froid des bâtiments parisiens lors d'une canicule ont donc un impact sur la température des rues et l'îlot de chaleur.

Les climatologues du projet VURCA ont simulé un développement massif de la climatisation (ensemble des logements et bureaux équipés d'ici la fin du 21^{ème} siècle) et le maintien d'une température de consigne de 23°C dans tous les bâtiments, avec les résultats suivants :

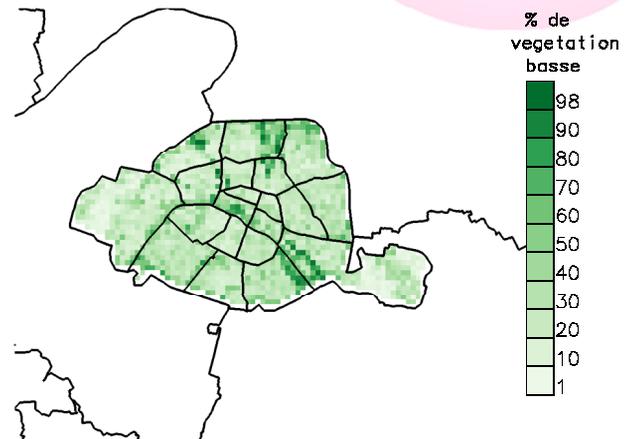
- un impact important sur les températures extérieures (plus marqué la nuit que le jour) : 20 minutes supplémentaires, par jour, de temps passé dans les rues en condition de fort stress thermique,
- une augmentation de la consommation électrique moyenne en été en Ile-de-France de plus de 50%.



Depuis 1990, la climatisation a plus que doublé dans le tertiaire et entraîné une forte augmentation de la consommation électrique et des émissions de gaz à effet de serre. Le Plan Climat Energie de Paris interdit la climatisation dans les équipements publics, sauf cas de nécessité de service (salle de reprogrammation en sous-sol par exemple). Le rafraîchissement naturel est favorisé. A cet effet, une étude sur la climatisation a été réalisée en 2013, afin d'étudier les différentes pistes favorisant un rafraîchissement « vertueux » des bâtiments parisiens (sans consommer trop d'énergie et sans réchauffer encore plus la ville). Le raccordement au réseau de froid de la Ville de Paris apparaît comme l'une des premières solutions. Quand le réseau est absent, des solutions alternatives existent : puits canadiens, brassage de l'air, free-cooling, climatisation magnétique, rafraîchissement adiabatique, etc. Ces dernières pistes, plus expérimentales, seront à explorer dans les années à venir.

La végétalisation

La végétation permet de refroidir l'air ambiant en journée naturellement grâce à l'évapotranspiration (phénomène cumulé de la transpiration des plantes et de l'évaporation de l'eau présente dans le sol). Développer la végétation en ville sur les surfaces minérales (chaussées, toitures, murs) limite l'amplitude des vagues de chaleur en favorisant le refroidissement nocturne.



Pourcentage de végétation basse, de type pelouse, ajoutée à Paris intramuros dans le scénario de verdissement du projet EPICEA. Source : Météo-France, EPICEA.

Le scénario simulé par le projet EPICEA recouvre de végétation basse (type pelouse) l'ensemble des terres nues dans Paris intramuros (862 hectares) et la moitié des chaussées de largeur supérieure à 15 m (300 hectares). Ce type de verdissement permet une diminution nocturne de l'ICU de 0,5 à 1°C pendant une canicule comme celle de 2003, lorsque la végétation est arrosée.

La disponibilité de l'eau, en période de canicule, dans un scénario de végétalisation important devient un enjeu crucial. En effet, sans eau, l'effet d'évapotranspiration ne fonctionne plus et le pouvoir rafraîchissant des plantes diminue fortement.



Le Plan Climat et le Plan Biodiversité de Paris mettent l'accent sur la végétalisation à tous les niveaux (parcs, rues, murs, toitures...). D'ici 2020, le Plan biodiversité de Paris prévoit de développer 7 hectares de toitures végétalisées qui joueront un triple rôle de rafraîchissement, d'isolation et d'accueil de biodiversité. L'appel à projet de végétalisation innovante lancée en 2013 a montré le dynamisme de la recherche ainsi que les jeunes entreprises présentes dans le domaine. Plus de 30 projets lauréats seront testés en 2014 et 2015 sur Paris. A terme, le développement de la trame verte et bleue de Paris devrait aussi permettre de créer de véritables corridors de rafraîchissement.



Photo : Toiture végétalisée expérimentale du 103 avenue de France, 13^{ème} arrondissement. © Marie Gantois/Mairie de Paris

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

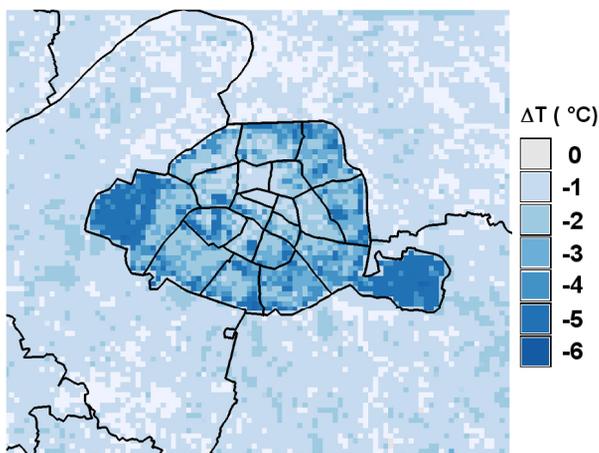
Créer des îlots de fraîcheur en journée

Un îlot de fraîcheur urbain peut se définir comme un périmètre urbain dont l'action rafraîchissante permet d'éviter ou de contrer les effets de l'ICU. L'existence d'un îlot de fraîcheur est conditionnée par :

- la présence de végétation qui contribue par l'ombrage ou l'évapotranspiration à rafraîchir l'air,
- l'utilisation de matériaux généralement clairs, présentant un albédo élevé, qui contribuent à renvoyer la chaleur ambiante vers l'atmosphère,
- la présence d'eau qui rafraîchit l'air par son évaporation.

Verdissement et végétation arrosée

Les espaces verts urbains (parcs, squares boisés) jouent un rôle d'îlots de fraîcheur et atténuent les effets de l'ICU. L'augmentation de la quantité de végétation permet d'ombrager les villes, de les protéger du rayonnement solaire et de favoriser l'évapotranspiration, tout en limitant l'augmentation de la température de l'air.



Baisse maximale des températures à 2m (en °C) en journée obtenues en ajoutant de la végétation et en l'arrosant. Source : Météo-France, EPICEA.

Avec un arrosage suffisant, le verdissement permet de faire baisser la température de 3 à 5°C, à un instant donné, pendant une canicule comme celle de 2003.



ADAPTATION

Depuis 2003, plus de 40 nouveaux hectares végétalisés ont été ouverts dans Paris. Une attention particulière est portée sur le choix des végétaux (endémiques, résistant au stress hydrique et adaptés au milieu urbain), mais aussi à la gestion de cette végétation pour garantir un bon niveau d'hygrométrie à tout moment et le rafraîchissement du territoire. Les rues sont un autre espace privilégié pour végétaliser la ville. Différentes essences d'arbres y sont plantées avec une attention particulière à leur effet d'ombrage. Il existe aujourd'hui plus de 100 000 arbres d'alignement dans Paris. Dans les prochaines années, une forêt linéaire poussera le long du boulevard périphérique au niveau de la porte d'Aubervilliers.



Photo : Perspective de la future forêt linéaire, plantée en 2013, 19^{ème} arrondissement. © Arpentère Paysagistes / Mairie de Paris

Humidification des chaussées

Les chercheurs de Météo-France ont simulé dans le projet EPICEA l'humidification de la ville par aspersion d'eau (non potable) dans les rues pendant la journée. Celle-ci a un faible impact sur l'intensité de l'îlot de chaleur urbain. La baisse de la température est inférieure à 0,5°C en moyenne pendant toute la durée d'une canicule comme celle de 2003, avec des baisses instantanées comprises entre 1 et 2°C. L'impact de cet arrosage est beaucoup plus important le jour que la nuit.



Photo : arrosage de la rue du Louvre, 1er arrondissement © Martin Hendell/Mairie de Paris



ADAPTATION

Cette mesure d'adaptation au changement climatique a déjà été expérimentée par la Ville de Paris, de nuit sur les rues du Louvre et du Faubourg-Poissonnière pendant l'été 2012. A cette occasion, la chaussée a été arrosée une fois entre 22h et 22h30 par laveuse, avec de l'eau non potable. L'expérience a été renouvelée durant l'été 2013, cette fois-ci en journée. Les mesures relevées étaient par ailleurs plus poussées (multiplication des points de mesure et diversification des paramètres mesurés). L'objectif de cette expérimentation est de vérifier sur le terrain les résultats issus des modélisations.

Eau et changement climatique

Intégrer et utiliser l'eau en ville pour ses capacités de thermorégulation figure parmi les solutions du Plan Climat Energie de Paris pour améliorer le confort des Parisiens l'été. L'eau participe à la création d'îlots de fraîcheur dans la ville et sa disponibilité devient un enjeu capital dans un scénario de végétalisation étendu.

Paris a la particularité de disposer, depuis le 19^{ème} siècle, d'un double réseau : eau potable et eau non potable. Cette dernière est utilisée pour le nettoyage de la voirie et l'arrosage des espaces verts. Une étude sur les usages possibles du réseau d'eau non potable sur le long terme, notamment face au changement climatique, a été réalisée en 2011.

Outre son utilisation pour des mesures d'adaptation, l'eau apparaît dans les enjeux majeurs de l'étude sur les forces et faiblesses de Paris face au changement climatique menée en 2012 ; notamment en termes de :

- qualité et disponibilité de la ressource en eau,
- événements extrêmes et catastrophes naturelles (fortes pluies, crues, sécheresses, etc.).

Paris : territoire de recherches, d'expérimentations et de réalisations

Combinaisons gagnantes

Limiter les effets nocturnes de l'ICU	Créer des îlots de fraîcheur la journée
Le verdissement pour limiter les restitutions de chaleur la nuit	Le verdissement et la végétation arrosée pour diminuer la température
L'isolation des bâtiments pour une plus longue protection contre la chaleur	L'humidification des chaussées pour rafraîchir
Des matériaux réfléchissants pour emmagasiner moins d'énergie	L'usage de l'eau dans les villes (fontaines, canaux, fleuves, etc.)
Un usage maîtrisé de la climatisation	

La végétation arrosée et l'humidification des chaussées présentent l'avantage certain de faire baisser la température en journée, et donc de diminuer le stress thermique des citoyens en journée. Elles ont cependant un faible impact la nuit, lorsque l'ICU est à son maximum. Il est donc primordial de coupler ces mesures à des dispositifs limitant l'apport d'énergie à l'intérieur des bâtiments, à une utilisation de matériaux urbains plus réfléchissants et à un usage maîtrisé de la climatisation.

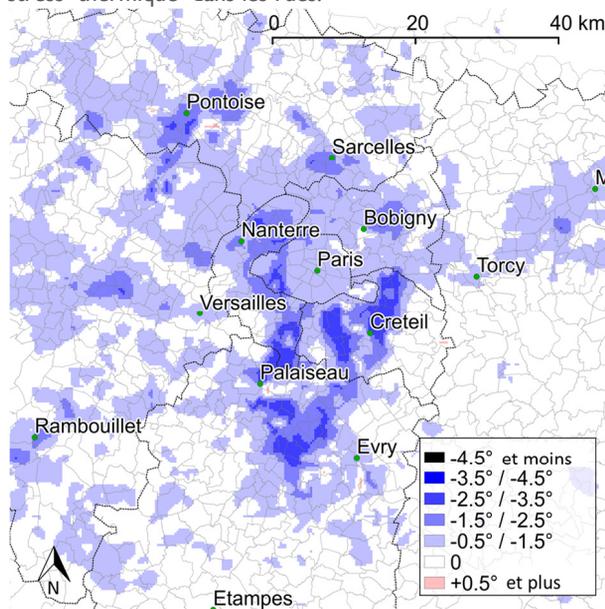
Les mesures visant à limiter les effets nocturnes de l'ICU et à créer des îlots de fraîcheur durant la journée sont complémentaires.

Combiner trois mesures pour plus d'efficacité

Avec le projet VURCA, Météo-France a étudié la combinaison de trois mesures :

- la création de vastes espaces verts dans l'agglomération,
- une stricte réglementation en matière d'isolation des bâtiments et la mise en œuvre de matériaux réfléchissants sur les murs et les toits,
- un usage modéré de la climatisation, avec des températures de consigne de 28°C dans les logements et 26°C dans les bureaux, au lieu de 23°C.

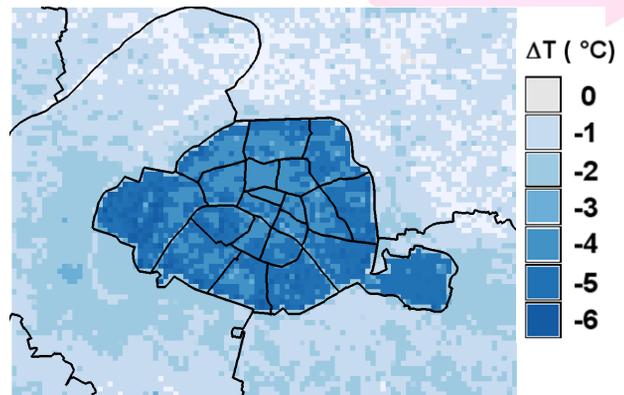
D'après les simulations, la combinaison de ces trois mesures pourrait diviser par deux la consommation d'énergie liée à la climatisation. Cela permettrait également de réduire d'une heure la durée quotidienne passée en conditions de fort stress thermique dans les rues.



Baisse des températures simulée grâce à la mise en place des 3 mesures, dans le cas d'une canicule similaire à celle de 2003. Source : Météo-France, VURCA.

Le scénario du projet EPICEA

En combinant matériaux réfléchissants, verdissement et humidification des chaussées, ce scénario donne les meilleurs résultats sur la température. L'intensité de l'ICU diminue de 1 à 2°C en moyenne pour un épisode caniculaire comme celui de l'été 2003, avec des baisses maximales pouvant atteindre 6°C en journée grâce à la création d'îlots de fraîcheur.



Atténuation maximale de la température à 2 m (en °C) obtenue dans le projet EPICEA pour chaque point de grille du domaine. Source : Météo-France, EPICEA.

Ces scénarios à moyen ou long terme permettent d'explorer le potentiel de différentes solutions d'adaptation. Bien entendu, ce type d'études ne constitue qu'un élément parmi d'autres dans un processus de prise de décision, qui prend également en compte les coûts d'investissement et de maintenance des mesures mises en place, l'acceptabilité par les autorités et les usagers de la ville ainsi que leur incidence sur d'autres facteurs sociétaux.



ADAPTATION

Depuis 2007, la Ville de Paris a entrepris diverses actions, dont la végétalisation, pour rafraîchir la ville tout en essayant à chaque fois que cela est possible de tester des solutions innovantes pour mieux comprendre les effets des îlots de chaleur et limiter le développement de ces phénomènes. La prochaine étape sera l'intégration de prescriptions spécifiques dans la réglementation, par l'intermédiaire du Plan Local d'Urbanisme ou de la stratégie d'adaptation de la ville de Paris, mais aussi par le biais du plan pluie (enquête publique en 2014). La végétalisation se trouve au croisement de ces différentes politiques, permettant aussi bien de ralentir ou contrer le développement des inondations que de rafraîchir localement la ville.

*Focus sur deux projets de recherche à Paris

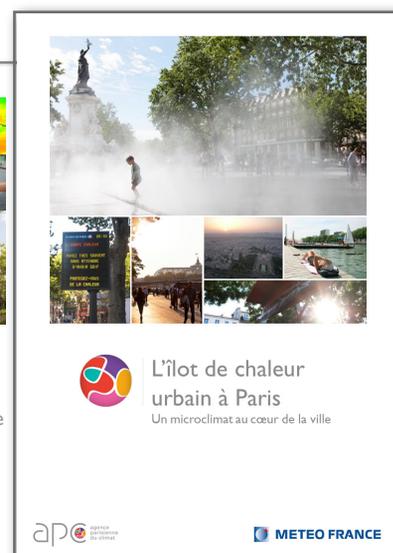
EPICEA : Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne, 2012, Météo-France et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), financement Mairie de Paris.

VURCA : Vulnérabilité URbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation, 2013, CNRM-GAME (Météo-France/CNRS), Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et CSTB (projet ANR-08-VULN-013/VURCA).

POUR EN SAVOIR PLUS

> **Brochure «Le changement climatique à Paris»,**
octobre 2012, APC/Météo-France/Ville de Paris.
Pour découvrir l'évolution du climat à Paris depuis le 19^{ème}
siècle et les simulations climatiques parisiennes pour la fin du
21^{ème} siècle.

> **Brochure «L'îlot de chaleur urbain à Paris»,**
septembre 2013, APC/Météo-France/Ville de Paris.
Pour découvrir la formation et les caractéristiques de ce
phénomène climatique urbain.



> Sites Internet

Le changement climatique à Paris – APC www.apc-paris.com

Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement Climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne (EPICEA)
www.cnrm-game-meteo.fr

Analyse et étude du climat passé et futur www.meteofrance.fr

Vulnérabilité URbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation (VURCA) www.cnrm.meteo.fr

**Retrouvez
l'Agence Parisienne
du Climat**

Agence Parisienne du Climat, pavillon du lac, parc de
Bercy, 3 rue François Truffaut, 75012 Paris.

Tel : 01 58 51 90 20

Mail : info-conseil@apc-paris.com

Site Internet : www.apc-paris.com



ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO

Coordination éditoriale : Cécile Gruber, Elsa Meskel (Agence Parisienne du Climat).

Rédaction : Julien Desplat (Météo-France), Isabelle Doudelle (Météo-France), Yann Françoise (Ville de Paris), Marie Gantois (Ville de Paris), Raphaëlle Kounkou-Arnaud (Météo-France), Elsa Meskel (APC), Hélène Perrin (Météo-France), Vincent Viguié (CIRED)

Crédits Photos de couverture : Marie Gantois/Mairie de Paris, Martin Hendel/Mairie de Paris, Jean-Baptiste Gurliat/Mairie de Paris, Anne Thomes/Mairie de Paris, Sophie Robichon/Mairie de Paris.

MAIRIE DE PARIS



METEO FRANCE

CIRED
CENTRE
INTERNATIONAL
DE RECHERCHE
SUR L'ENVIRONNEMENT
ET LE DÉVELOPPEMENT

apc
agence
parisienne
du climat