

Mieux vivre en ville en période de fortes chaleurs

RAPPORT FINAL

GROUPE



Caisse
des Dépôts

INSTITUT CDC

POUR LA RECHERCHE

SciencesPo
ÉCOLE URBAINE

BIGGS-CHIROPOLOS Nikos
CASAMITJANA Léonie
GIROD Lucie
SCHREIBER Marcel-Tobias

MASTER STRATÉGIES TERRITORIALES ET URBAINES
Projet collectif 2019-2020

Tutrice de projet : COLOMBERT Morgane

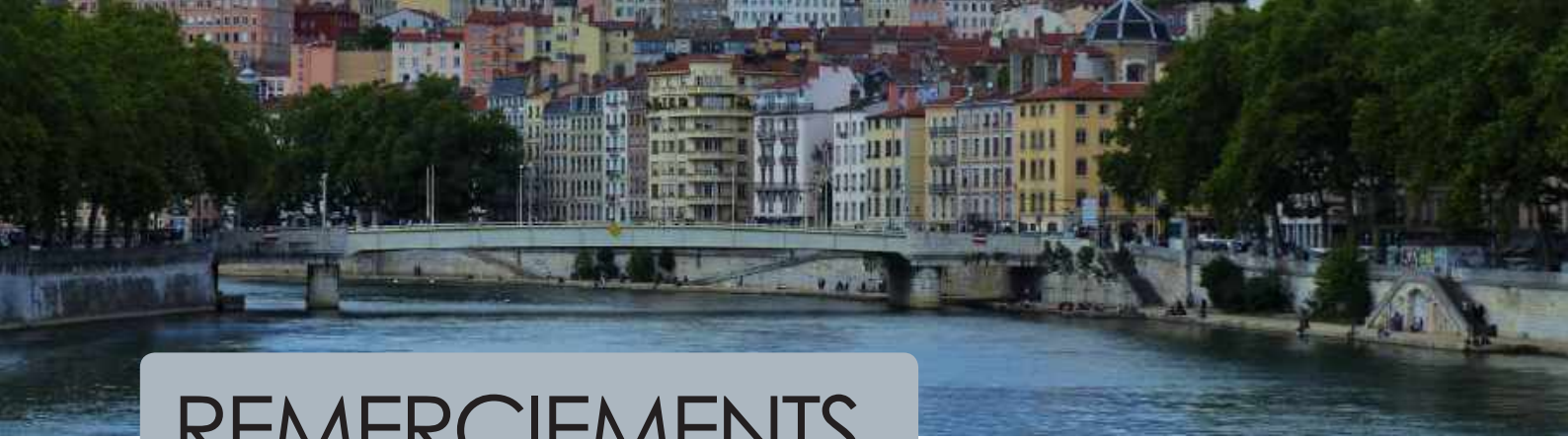
*Sauf mention contraire, toutes les photographies
utilisées dans ce rapport ont été réalisées par le
groupe d'étudiants.*

Juin 2020



RÉSUMÉ

L'institut pour la Recherche de la Caisse des Dépôts et Consignations a proposé à quatre étudiants du Master Stratégies territoriales et urbaines de réaliser un projet collectif visant à identifier les leviers d'action mobilisables dans la lutte contre le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Le rapport produit par l'équipe sur la base d'une étude de quatre villes européennes (Paris, Lyon, Grenoble en France, et Vienne en Autriche) présente les stratégies d'adaptation aux ICU et les modes de gouvernance déployés localement, dans ces différents territoires. Il ressort de ce travail que la diminution du phénomène d'ICU peut s'effectuer par différentes actions. Il est possible d'adopter une morphologie urbaine plus végétale et plus perméable, d'accorder plus d'importance aux installations d'eau ainsi qu'aux mécanismes d'ombrage, de prêter attention à la gestion des courants d'air, à un meilleur albédo et à une isolation correcte des bâtiments, mais aussi de travailler sur des mécanismes qui favorisent l'inclusion et la participation du citoyen. Toutefois, une réflexion plus profonde sur l'organisation des villes ainsi que sur les barrières cognitives et culturelles est nécessaire, au risque de porter des solutions qui ne sont pas à la hauteur des attentes en matière d'adaptation aux fortes chaleurs et de manière générale, aux enjeux climatiques de demain.



REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à adresser nos plus grands remerciements à l'Institut pour la Recherche de la Caisse des Dépôts et Consignations, et en particulier à Monsieur Louis Henry et Madame Isabelle Laudier de nous avoir offert l'opportunité de mener une étude sur un thème aussi riche et passionnant et de nous avoir accordé leur confiance.

Nous tenons ensuite à remercier Morgane Colombert, notre tutrice, de nous avoir accompagnés durant ces neuf mois dans la réalisation de ce travail et d'avoir su mettre son expertise à profit à chaque étape du projet.

Un grand merci également à l'équipe pédagogique de l'École Urbaine de Sciences Po, particulièrement à Irène Mboumoua, Béatrice Susana-Delpech et Sandrine Boisard de nous avoir fourni les outils de travail nécessaires au bon déroulement du projet.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont accepté de nous rencontrer dans le cadre de ce rapport pour leur temps qui nous a été d'une grande aide. Un merci particulier aux acteurs des Villes de Paris, de Grenoble et de Vienne ainsi qu'aux Métropoles du Grand Lyon et de Grenoble-Alpes Métropole pour nous avoir ouvert leurs portes. Nous tenons également à adresser nos remerciements aux acteurs qui ont accepté de mener ces entretiens à distance, lorsque la crise sanitaire liée à l'épidémie de COVID-19 ne permettait plus de mener ces rencontres en présentiel.



AVANT-PROPOS

Les derniers mois de ce rapport de recherche ont pris fin dans des circonstances inédites sur notre territoire. Sous fond de crise sanitaire mondiale liée à la pandémie de COVID-19, la France, comme de nombreux autres pays, s'est repliée sur elle-même en imposant un confinement à sa population. Si cette période nous a confirmé que les temps de crise permettent la mise en place de solutions radicales à effet immédiat, elle a également offert l'opportunité de penser ce à quoi demain pourrait, ou devrait, ressembler. Si le phénomène d'îlot de chaleur urbain n'est pas nouveau, il s'insère inexorablement dans la lutte contre le changement climatique et par conséquent, dans une lutte contre la montre pour adapter nos sociétés aux vagues de chaleur qui en découleront.

Cette année 2020, en l'espace de deux mois d'un monde à l'arrêt, des chutes record du taux de pollution de l'air ont été observées, des plans ambitieux de promotion du vélo comme alternative sanitaire à la voiture individuelle ont été proposés dans des villes comme Milan et Paris, des plateformes pour penser l'après ont été mises en place auprès des citoyens, et bien d'autres initiatives encore. Ces initiatives, qui détonnent par leur ampleur et par la rapidité avec lesquelles elles ont été mises sur pied, préfigurent la capacité de nos sociétés à s'adapter face aux crises.

Il est encore trop tôt pour savoir à quel degré nos sociétés ont fait preuve de résilience, si l'on définit la résilience comme la capacité d'un individu ou d'un objet (une société, une ville) à intégrer les risques auxquels il fait face dans son mode de développement, plutôt que de revenir à son état initial une fois le choc passé. À court terme cependant, on sait que cette crise sanitaire a un impact systémique sur l'ensemble des domaines de politique publique, et notamment celles visant à l'adaptation des villes aux fortes chaleurs. Certaines solutions mises en place pour lutter contre les effets de la chaleur en ville, et qui sont présentées dans ce dossier, sont questionnées : comment proposer des espaces rafraîchis aux citoyens si les parcs doivent demeurer fermés ? Comment assurer la prise en charge des personnes âgées lors des fortes chaleurs, tout en garantissant leur protection sanitaire ? La période actuelle démontre une fois de plus que les enjeux d'adaptation doivent être pensés de manière systémique et transversale.

Si aujourd'hui rien n'est plus comme hier, il appartient aux acteurs qui façonnent nos sociétés de demain de considérer les risques que nous courons en refusant de se soumettre à des mesures concrètes d'adaptation. Il appartient à ces mêmes acteurs, et à chaque individu, de se saisir de l'opportunité de pouvoir penser l'après et d'oser innover, de bousculer les codes, d'être leader, de penser plus loin encore afin de bâtir un avenir résilient et préparé aux crises.

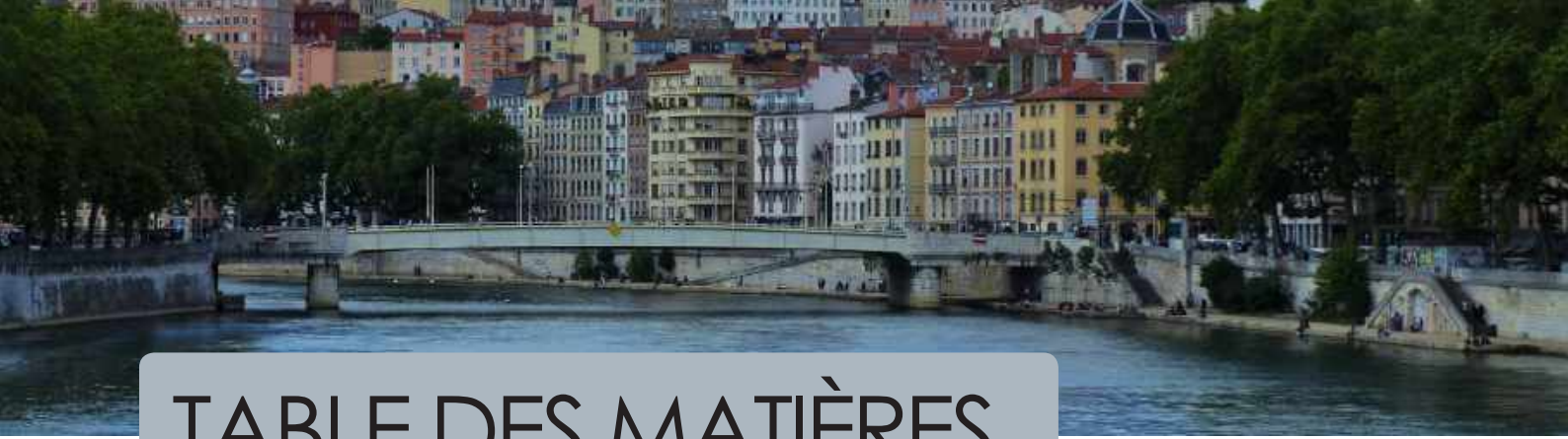


TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	8
MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	10
PARTIE 1 : ÉTAT DE LA LITTÉRATURE- QUELS LEVIERS D'ACTION POUR RA- FRAÎCHIR LES VILLES ?	15
Les rôles de l'eau dans la ville	16
I. Le végétal comme « climatiseur passif » grâce à l'évapotranspiration	17
II. Fleuves, rivières, canaux : Outils rafraîchissants en période de canicule	18
III. Privilégier des revêtements perméables et clairs	19
IV. Réutiliser l'eau différemment dans l'espace public	22
A. <i>Rafraîchir les chaussées par évaporation d'eau</i>	22
B. <i>Déployer des brumisateurs, jets d'eau et fontaines dans les espaces publics fréquentés</i>	25
L'ombre et ses bienfaits thermiques	27
I. Multiplier les ombrages au niveau du bâtiment	28
II. L'arbre comme rempart contre l'exposition au rayonnement	29
III. Recouvrir le bâti de végétaux pour diminuer les besoins énergétiques en climatisa- tion	30
Repenser la construction du bâti	33
I. Reconsidérer la structure de la ville en fonction du confort climatique	34
II. Améliorer la gestion des courants d'air	36
III. Prendre en compte l'interaction entre espaces intérieur et extérieur	37
IV. Améliorer l'albédo des constructions	38
V. Aller vers une meilleure isolation et inertie thermique des bâtiments	40
Adapter les comportements en ville	42
I. L'adoption de nouveaux comportements individuels	43
II. Changer les comportements institutionnels vers davantage de communication et de participation	44
A. <i>Informer sur les îlots de chaleur et les lieux de fraîcheur</i>	45
B. <i>Venir en aide aux personnes vulnérables en période de canicules</i>	46
C. <i>Mettre en place davantage de dispositifs participatifs pour mieux cibler les besoins citoyens</i>	47



TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 2 : ÉTUDE DE CAS - COMMENT LES VILLES ÉTUDIÉES ACTIONNENT CES LEVIERS ?	49
Présentation des cas d'études	50
Ville de Paris	51
Métropole du Grand Lyon	61
Grenoble-Alpes Métropole	70
Ville de Vienne	79
Analyse croisée	89
I. Les facteurs influençant le succès de la mise en place d'une politique publique de lutte contre les ICU	90
A. Lutter contre les ICU: des politiques publiques territorialisées et encore expérimentales	90
B. La maximisation de la dépense de l'argent public dans la lutte contre les ICU	95
C. Sensibiliser et responsabiliser les acteurs territoriaux et citoyens aux enjeux relatifs aux fortes chaleurs afin de faciliter l'acceptabilité des solutions proposées	97
D. L'importance des facteurs politiques et administratifs dans les politiques d'adaptation	101
II. Gouvernance territoriale	106
A. La gouvernance stratégique des projets : une forte mobilisation des acteurs et expertises externes	106
B. La gouvernance des projets d'aménagement	110
PARTIE 3 : RÉFLEXIONS ET CONCLUSIONS - COMMENT ADAPTER NOS SOCIÉTÉS AUX DÉFIS CANICULAIRES DE DEMAIN ?	116
I. Un constat commun : l'existence de barrières culturelles, institutionnelles, financières et techniques ralentissant le processus d'adaptation des villes	117
II. Que faire pour faciliter l'adaptation des villes aux bouleversements environnementaux ?	119
A. Repenser l'organisation de la ville	119
B. Un travail de sensibilisation et d'éducation des acteurs sur les impacts climatiques sur les villes : une réorganisation des habitudes, des savoir-faire	121
C. Aller vers une ouverture plus poussée de la gouvernance	123
SOURCES	127
ANNEXE	131



INTRODUCTION

A la demande de l'Institut pour la Recherche de la Caisse des Dépôts et Consignations, un groupe de quatre étudiants du Master Stratégies Territoriales et Urbaines de l'École Urbaine de Sciences Po a réalisé une étude sur les techniques mises en place par les villes, appelées *solutions*, pour s'adapter aux fortes chaleurs, et lutter contre le phénomène d'îlots de chaleur urbain (ICU).

La chaleur en ville se matérialise par l'existence de ces ICU, phénomènes d'augmentation des températures de l'air et de la surface des centres-villes par rapport aux zones environnantes, particulièrement de nuit (Cereima). Celui-ci est décrit par l'Apur (2012) comme étant *“une conséquence directe de l'urbanisation, une conséquence de la modification du milieu naturel par l'homme”*. En effet, les ICU apparaissent en milieu urbain du fait des formes urbaines, piégeant le rayonnement solaire et bloquant les vents, et de leurs matériaux, emmagasinant la chaleur et imperméabilisant les sols. Les activités humaines telles que le transport, les besoins en chauffage et climatisation, etc. influencent aussi leur développement. Aujourd'hui, alors que nous allons à la fois vers une densification des zones urbaines, avec une concentration toujours plus importante des activités et des personnes, et vers une augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs due au changement climatique, soit du nombre de journées consécutives de températures anormalement élevées (Météo France), ces changements nécessitent une adaptation des villes.

Si, pour certaines villes, la chaleur est un problème ancien et identifié, pour d'autres, la problématique est relativement nouvelle. En prévision d'une aggravation du phénomène, nombreuses sont celles qui ont commencé à intégrer les questions d'adaptation au changement climatique dans leurs politiques urbaines. En effet, pour ces villes, l'heure n'est plus à l'unique atténuation des émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique. De concert avec l'atténuation, les villes adoptent une nouvelle approche de la problématique, centrée, cette fois, sur une démarche d'adaptation et de résilience. La résilience urbaine désigne la capacité d'une ville, à se développer et à s'adapter à son milieu (social, économique, environnemental, etc.). Plus précisément, une ville résiliente est une ville étant en mesure de faire face à des chocs ponctuels, comme les vagues de chaleur ou une pandémie, ou aux stress chroniques auxquels elle est confrontée, comme la pollution ou les inégalités sociales. Il ne s'agit donc pas de la capacité d'une ville à revenir à un état initial donné suite à un choc ou un stress, mais bien sa capacité à intégrer ces risques dans le développement de la ville (Ville de Paris). Parmi les problèmes urbains contemporains, le changement climatique se positionne comme un enjeu crucial de résilience, et les vagues de chaleur en sont, en Europe, une des illustrations principales.



Le constat de l'augmentation du risque de chaleurs extrêmes, ainsi que celui de la nécessité croissante, pour les villes, d'adopter une démarche résiliente vis-à-vis de ce risque, ont façonné la question qui traverse ce présent rapport de recherche :

Comment s'opère l'adaptation aux fortes chaleurs en milieu urbain en termes de mise en place de solutions pratiques et de gouvernance ?

Ce rapport de recherche présente les résultats de l'étude, résultats de huit mois de recherche et de collaboration avec l'Institut de recherche de la Caisse des Dépôts et Consignations. Il se découpe en trois parties. Dans la première partie, ce rapport revient sur les leviers d'actions et les solutions déployées par les villes pour faire face à l'augmentation des températures estivales. Les solutions identifiées sont récapitulées dans un tableau joint en annexe de ce rapport (voir *Annexe*). Dans la seconde partie, il expose les résultats de l'observation de quatre cas d'études menée par le groupe d'étudiants. Ces études sont restituées en deux temps. Premièrement, sous la forme d'une fiche-présentation pour chaque ville, mettant en avant un descriptif de leurs caractéristiques urbaines, de leur prise en compte des enjeux d'adaptation, des politiques publiques mises en place sur les ICU. Deuxièmement, sous la forme d'une analyse croisée des quatre cas d'études ve-

nant comparer leurs réponses aux enjeux d'ICU, tant sur la mise en place de politiques publiques d'adaptation que sur leur gouvernance. Cette seconde partie centrée sur les études de cas permet d'identifier comment ces villes et métropoles adaptent leur gouvernance à la problématique de l'adaptation au changement climatique et aux fortes chaleurs, avec une vigilance particulière portée sur la question de l'acceptabilité sociale des actions mises en œuvre. Dans la troisième partie, il sera question de dresser un bilan réflexif de cette étude, et de livrer des pistes qui pourraient permettre d'approfondir cette adaptation aux défis caniculaires et climatiques de demain.

Méthodologie de l'étude

Partie 1 : état de la littérature

D'octobre 2019 à décembre 2019, le groupe étudiant de Sciences Po a réalisé un état de la littérature sur les méthodes et stratégies existantes qui ont pour objet de rendre la ville vivable en période de fortes chaleurs. Cette étape ne se limite pas aux villes françaises, ni aux cas d'études de ce travail. Une des particularités de ce recensement est de tenter de remettre au goût du jour les solutions dites *low-tech*, soit des solutions simples et peu coûteuses, utilisées par l'Homme depuis des siècles, et qui ont parfois pu être négligées par l'arrivée de technologies plus modernes - et plus coûteuses, financièrement et écologiquement. Il s'agit donc de réhabiliter ces techniques, ces *vieilles recettes* qui permettraient d'adapter la ville à un climat plus chaud et instable. Un point de vigilance est porté sur la reproductibilité de ces solutions en dehors de leurs origines locales, surtout concernant le confort thermique (température, humidité, courants d'air), dont l'acceptabilité varie en fonction de la socialisation et des habitudes de l'utilisateur.

Afin de faciliter une analyse plus fine des solutions retenues, une grille d'analyse a été apposée à chacune de ces solutions. Cette grille d'analyse intègre les recommandations énoncées par le commanditaire, à savoir, analyser plus particulièrement les solutions à l'aune de leur reproductibilité. Le caractère reproductible d'une solution dépend de différents paramètres, tels que sa facilité à être mise en œuvre et à être adaptée à des villes différentes, son coût économique, ou encore, sa perception par les acteurs publics, privés et usagers, qui définit si une solution est jugée *acceptable*, ou non. Constituée de six critères, cette grille a pour objectif d'interroger la solution sur :

- Son niveau d'implantation : la solution est-elle appliquée au niveau micro (bâtiment), méso (quartier, rue), macro (ville dans son ensemble) ?
- Sa faisabilité économique et de mise en œuvre : quel est le coût de la solution ? Est-elle facile à mettre en place ou à faire évoluer dans le temps ? Quel type d'entretien demande-t-elle ? Quelle est sa durée de vie ?
- Ses résultats en termes de rafraîchissement : quelle efficacité mesurée (température de surface, de l'air, etc.) de la solution sur son environnement ?
- Son acceptabilité sociale et son caractère disruptif : en quoi l'approche est nouvelle ? Fait-elle l'objet de controverses, de freins cognitifs ou organisationnels ?
- Ses externalités positives produites et son caractère transversal : la solution induit-elle des effets cumulés positifs ? Est-elle également pertinente sur d'autres thématiques, comme la qualité de vie, l'esthétique, ou la création de lien social ?
- Ses externalités négatives produites : la mise en place de la solution crée-t-elle d'autres effets s'avérant négatifs pour les habitants ou l'environnement ?

Afin de présenter les solutions retenues, ces dernières ont été regroupées au sein de *leviers d'actions*. Quatre leviers principaux ont été identifiés : le rôle de l'eau, de l'ombre, les formes urbaines et architecturales et l'adaptation des comportements en ville. Ces leviers, transversaux, sont autant de pistes d'action pour les acteurs de la gouvernance urbaine souhaitant améliorer le confort thermique des habitants. Ces solutions sont présentées ainsi, plutôt que selon la typologie classique de la Commission Européenne qui est : *solution verte* (et *bleue*) regroupant les services écosystémiques, la nature en ville avec le végétal, l'eau ; *solution grise* regroupant les infrastructures urbaines avec les revêtements, le mobilier, urbain, le bâtiment, le bâti ; *solution douce* regroupant les services, les mobilités, les modes de vie (ADEME, 2017). Ne pas utiliser cette typologie dans le cadre de ce rapport permet de mettre en exergue les explications plus globales du fonctionnement des mécanismes de rafraîchissement, et donc d'adopter une vision plus systémique. A noter cependant que, par souci de clarté et pour obtenir un format synthétique, la typologie classique de la Commission Européenne est toutefois reprise dans le tableau joint en annexe de ce rapport, qui récapitule les solutions identifiées (voir *Annexe*). Ces leviers présentés en partie 1, ainsi que le tableau en annexe n'ont pas pour vocation d'en constituer une liste exhaustive, mais plutôt de mettre en avant les résultats et conclusions de ce rapport dans un contexte technique et opérationnel.

Partie 2 : études de cas

De décembre 2019 à avril 2020, une seconde étape de l'étude a consisté à observer quatre terrains d'études, et à mener des entretiens avec des acteurs au cœur de la problématique de la chaleur en ville sur ces territoires. Les villes d'études sélectionnées se devaient d'être intéressantes du point de vue des approches développées en termes de résilience au changement climatique, et des solutions déployées. Afin d'opérer une sélection, ont notamment été étudiés :

- L'interaction entre leurs climats et leurs formes urbaines (densité, minéralité), interaction qui favorise dans chaque cas des vagues de chaleur en été.
- La maturité des programmes d'action des municipalités, des solutions mises en place, et l'originalité des expérimentations menées par ces villes.
- La diversité d'ensemble du panel des villes sélectionnées, puisque que la problématique de la chaleur en ville, si elle concerne aujourd'hui certaines villes plus que d'autres, va se généraliser au cours des décennies suivantes.

Trois villes françaises et une ville en Europe ont été retenues: Paris, Lyon, Grenoble, et Vienne, en Autriche. Une fois cette étape de sélection opérée, les échanges réalisés avec des acteurs de chaque territoire, publics et privés, ont eu pour objectif d'interroger le processus de définition et de mise en œuvre des solutions rafraîchissantes. L'intérêt de se concentrer plus particulièrement sur la mise en œuvre des so-

lutions, plutôt qu'aux solutions elles-mêmes, a été de comprendre comment ces collectivités territoriales impulsent le changement, et comment on le rend acceptable pour l'ensemble des acteurs et usagers de la ville. Adapter la ville au changement climatique nécessite un effort de prospective à moyen et long terme, ordres temporels qui sont plus durs à envisager que le court-terme. Pour les acteurs publics, prendre des décisions aujourd'hui, pour construire la ville de demain, nécessite tout d'abord un effort de production de connaissances sur la situation climatique future de la ville. Cela signifie également modifier ses habitudes, à la fois d'aménagement, de gestion et de gouvernance de la ville. Dans ce processus, les décideurs publics peuvent être confrontés à la fois à des freins institutionnels et organisationnels, ainsi qu'à des exigences plus court-termistes entrant en contradiction avec ce qu'il serait souhaitable de faire à plus long terme. Enfin, la communication autour des actions réalisées est un vecteur primordial de l'acceptabilité au changement. Les villes ont le devoir de favoriser l'intelligence collective sur leur territoire, en partageant les connaissances qu'elles possèdent, en acculturant les acteurs privés, associatifs et les citoyens aux enjeux de la chaleur en ville, mais également en ouvrant leurs organes de gouvernance aux usagers de la ville. Pour toutes ces raisons, impulser le changement demande de lourds efforts, et l'objectif des entretiens a été de mieux les identifier.

Le tableau ci-dessous récapitule les acteurs rencontrés pour chaque ville d'étude, ainsi que leur poste. Pour cause de crise sanitaire du COVID-19, les entretiens à Grenoble ont été menés par téléphone.

<i>Paris</i>	<i>Vienne</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de la mission Résilience à la DGTER de la Ville de Paris • Membre du cabinet de Célia Blauel à la Ville de Paris • Cheffe de projet à l'Agence de l'écologie urbaine de la Ville de Paris • Ingénieur environnement à l'Apur • Ecologue à l'Agence régionale de la biodiversité Ile de France • Responsable de l'UrbanLab • Directrice du pôle transitions de l'Agence Parisienne du Climat 	<ul style="list-style-type: none"> • Membres du département pour la protection environnementale de la Ville de Vienne • Membre du département pour la coordination du changement climatique de la Ville de Vienne • Directrice et membres de la Umweltanwaltschaft Wien • Membres du cabinet de la vice-maire • Chercheur-Professeur de l'université Universität für Bodenkultur • Directrice du Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung de l'université Universität für Bodenkultur

<i>Lyon</i>	<i>Grenoble</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Responsable du Service arbres et paysages à la Métropole du Grand Lyon • Référent climat air énergie du SRAD-DET Région Auvergne-Rhône-Alpes • Chargée de mission aménagement durable à l'unité de Développement Durable de la Métropole du Grand Lyon • Cheffe de projet plan climat à la Métropole du Grand Lyon • Directeur de la Maison de l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Directrice du projet plan Air-Climat à la Ville de Grenoble • Chargée de projets partenariaux à l'ALEC • Directeur adjoint de l'UMR Ambiances, Architectures, Urbanités à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble • Chef du Service Environnement Air Climat à la Métropole de Grenoble-Alpes

<i>Entretiens transversaux</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Consultant et chercheur en adaptation au changement climatique • Membres du Musée National d'Histoire Naturelle concernant les programmes de sciences participatives

Le panel des personnes interrogées a pour objectif d'être représentatif des questions soulevées dans ce rapport. Il n'est cependant pas exhaustif ce qui constitue une limite nécessaire à prendre en compte dans l'interprétation des résultats proposés.

La grille d'entretien s'est divisée en deux axes :

Adaptation de la gouvernance urbaine : de quelle manière les différents acteurs de la ville (public, parapublic, privé, associatif) travaillent ensemble ? Cet axe vise à comprendre comment les collectivités territoriales à l'étude ont adapté leurs manières de travailler sur la question de la chaleur en ville, et si, et comment, des approches transversales entre acteurs ont pu émerger.

- Comment la thématique du rafraîchissement des villes a-t-elle émergée sur le territoire ?
- Comment est-ce que cela s'est traduit en termes d'organisation interne à la collectivité territoriale ?
- Quelles évolutions depuis l'émergence de la thématique ?

- Quelles sont les relations qu’entretiennent la collectivité territoriale et ses services avec les acteurs extérieurs à l’institution ? A quels moments interviennent-ils ? Dans quel contexte ont lieu ces échanges ?
- Quelles sont les forces de ces modes d’organisation ? Leurs difficultés ?

Participation citoyenne et acceptabilité sociale : dans quelle mesure la parole citoyenne, et la question de l’acceptabilité sociale des solutions proposées, ont été intégrées dans le raisonnement des villes ? Ce second axe s’intéresse à la manière dont l’information de terrain est produite, et circule entre les citoyens et les décideurs publics : création de cadres de discussion *ad hoc*, consultations, construction des solutions par itération, etc.

- A quel moment les habitants interviennent-ils dans le processus de définition et de mise en œuvre d’une politique publique ?
- Comment la collectivité territoriale communique sur ses actions ?
- Comment la collectivité territoriale assure la remontée d’informations en provenance des usagers des solutions ?
- A travers quels dispositifs l’information ascendante et descendante circule ?
- Quels bénéfices à ces rencontres ? Quelles difficultés ?
- La collectivité territoriale a-t-elle ouvert ses organes de gouvernance aux acteurs de la société civile ?

L’analyse croisée des matériaux récoltés par ville (entretiens, documents et plans stratégiques) a permis de repérer certaines régularités, et les particularités propres aux modes d’organisation de chaque ville étudiée. Les résultats de cette analyse font l’objet de la deuxième partie de ce rapport. Ils servent également de base aux pistes de réflexion qui sont proposées dans la troisième et dernière partie.



Partie 1

ÉTAT DE LA LITTÉRATURE

**Quels leviers d'action
pour rafraîchir les villes ?**



LES RÔLES DE L'EAU DANS LA VILLE

L'eau occupe différentes places dans les villes. Qu'il s'agisse de la présence de cours d'eau, du mécanisme d'évapotranspiration des végétaux, de la valorisation des eaux de pluie ou de l'utilisation des réseaux d'eau potable et non potable, l'eau représente une ressource essentielle pour le rafraîchissement des villes.

I. Le végétal comme *climatiseur passif* grâce à l'évapotranspiration

Le végétal en ville est une source essentielle de fraîcheur. De fait, les recherches portant sur de nouvelles initiatives liant végétalisation et milieu urbain ne cessent de fleurir. Cet effet de rafraîchissement est lié au mécanisme d'évaporation produit par tous les végétaux. Cela consiste en *"un processus de transformation de l'eau liquide absorbée par le sol en vapeur d'eau lors de la photosynthèse ou la régulation thermique du végétal"* (Plante & Cité, 2014). Favoriser le flux de chaleur latente (*échange d'énergie sous forme de vapeur d'eau, c'est à dire l'évaporation*) plutôt que celui de chaleur sensible (*échange d'énergie sous forme de chaleur, c'est à dire la convection*), participe à un rafraîchissement de l'air (Plante & Cité, 2014). Ainsi les végétaux, par ce processus, augmentent l'humidité de l'air, et ce faisant entraîne une diminution des températures de l'air. Dans ce sens, certaines études ont chiffré les bénéfices de l'arbre, décrit comme le meilleur outil de végétalisation dans la lutte contre les ICU, avec des résultats selon lesquels un arbre mature peut perdre jusqu'à 450 litres d'eau par jour à travers le mécanisme d'évapotranspiration, ce qui équivaldrait à cinq climatiseurs fonctionnant 20 heures par jour (Inspq, 2009). Des études américaines sont revenues sur l'effet que des politiques intensives de plantation pourraient avoir sur les ICU, avec notamment une diminution de 2,4 à 5,6 % du taux de mortalité lié aux fortes chaleurs (SEforALL, 2018). Pour illustrer la démarche, certaines villes aux Etats-Unis ont repris ces recommandations comme Sacramento ou encore Chicago, en imposant des standards de construction liés à la plantation et à la création d'espaces verts, le cas échéant en imposant des taxes (SEforALL, 2018).

La végétalisation de la ville est donc une solution plus que conseillée tant par ses bénéfices dans la lutte contre les ICU que par ses nombreuses externalités positives : création de nids de biodiversité, lutte contre le CO₂ en ville, amélioration du bien-être, mais aussi dimension ludique, éducative et sociale, notamment par la création d'espaces locaux de rencontre avec une dimension fédératrice (Inspq, 2009 ; Cooperative Research Centre for Low Carbon Living, 2017 ; Fabregat, 2016).

Il y a cependant certains points auxquels il est nécessaire de prêter attention lorsque l'on parle des effets positifs que peuvent avoir les arbres sur les ICU :

- L'évaporation est fortement liée à la présence d'eau. Une situation de sécheresse cumulée à celle de fortes chaleurs peut donc poser problème.
- Il est important de penser la place de grands espaces verts en fonction du vent, notamment en plaçant de grands espaces boisés en amont de vent dominants, et non pas le contraire. Il faut aussi prendre en compte le fait que l'arbre peut bloquer le passage de l'air, et donc les échanges avec le ciel, pourtant nécessaire en période nocturne pour favoriser le refroidissement.
- Il y a aussi plusieurs critères à prendre en compte selon les essences que l'on plante, comme le stockage de carbone, sa résistance aux changements climatiques, son insertion dans la biodiversité, son efficacité en capteur de polluants atmosphériques et les allergènes produits. L'effet rafraîchissant varie aussi selon le type de végétation : la végétation haute a un impact surtout en période diurne alors que pour celle qui est basse, ça sera en période nocturne (ADEME, 2017).

II. Fleuves, rivières, canaux : Outils rafraîchissants en période de canicule

Les cours d'eau situés en ville participent au rafraîchissement de celle-ci. Cela est un phénomène qui a été observé dans beaucoup de centres-ville suite à l'installation de capteurs. A Lyon par exemple, sur les berges du Rhône, ce type de capteurs a mesuré une différence de 3 à 5 °C due à la combinaison de la présence du Rhône et d'espaces végétalisés par rapport à une zone minérale (Laperche, 2016). Cela suit le principe de l'inertie thermique : *“Dans les périodes les plus froides de l'année, le cours d'eau sera plus chaud que l'air, dans les périodes les plus chaudes, la température sera*

plus basse que l'air” (Apur, 2012). Les alentours du cours d'eau mettent plus de temps à se réchauffer et sont alors plus agréables à fréquenter lors de canicules. Il y a également une diminution des températures de l'air provoquée par l'évaporation puisque celle-ci utilise de l'énergie, et donc la chaleur (Apur, 2012).

De plus, une réduction des bassins de rétention d'eau en milieu urbain tels que les étangs, ou les lacs, limite la baisse du taux d'humidité de l'air et de la température déclenchées par les pluies. En effet, si les pluies sont normalement 5 à 10% plus fréquentes en ville que dans les zones alentours, la redirection de ces eaux hors des systèmes de drainage de surface, dû à une disparition des espaces de rétention d'eau, ne favorise pas la baisse des températures (Hirsch, 2017)

Zoom sur : la Seine - Ville de Paris



La Seine occupe un rôle important dans le paysage parisien, en servant notamment de régulateur thermique à échelle localisée. Elle agit comme un *“circuit de refroidissement au cœur de la ville”* (Apur, 2012). En effet, celle-ci permet de stocker la chaleur captée dans l'air et de la refroidir. Cependant, son impact rafraîchissant est très localisé : il se fait sentir surtout sur les quais et les espaces publics proches. Elle favorise également les brises thermiques nocturnes, qui refroidissent la ville la nuit (Apur, 2012).

Ces points d'eau sont donc à privilégier dans la lutte contre les ICU, tout en prenant en compte les externalités négatives qu'une eau stagnante peut apporter, comme, dans le cas d'un étang, l'apparition de moustiques, le dépôt de déchets sauvages, etc. Mais si le contexte d'installation prend en compte ces éléments, les bénéfices de l'eau en ville sont immenses, que ce soit en matière de confort thermique, de présence de nature en ville, ou encore de bien-être des citoyens.

III. Privilégier des revêtements perméables et clairs

En s'urbanisant, les villes ont graduellement minéralisé leurs sols : depuis le traditionnel pavage des voies, de nombreux types de revêtements et enrobés ont été développés pour répondre aux usages de l'espace public : voies de trafic routier, circulation piétonne, zones d'agrément, etc. Ces différents matériaux sont choisis en fonction de critères économiques, de pérennité, ou encore selon la facilité de leur pose ou de leur réparation (Apur, 2012). Cependant, le changement climatique vient questionner la pertinence de ces critères : les risques de vagues de fortes chaleurs, ainsi que d'inondations et de tempêtes, impliquent que le critère des effets microclimatiques du revêtement soit intégré à la réflexion des pouvoirs publics et des aménageurs.

Les revêtements de l'espace public peuvent, en effet, être adaptés afin de garantir une meilleure gestion des eaux. Depuis le XX^{ème} siècle, la minéralisation des sols a souvent rimé avec son imperméabilisation : bien gérer l'eau de pluie, c'était faire en sorte que cette dernière ruisselle sur les revêtements, et soit évacuée par les égouts. L'imperméabi-

lisation des villes induit deux difficultés face au changement climatique. D'une part, lors des vagues de chaleur, ces matériaux chauffent plus vite car ils restent secs. D'autre part, les matériaux imperméables permettent de gérer efficacement des volumes d'eau de pluie restant limités. Leur efficacité face à l'accroissement des risques d'intempéries et d'inondations induits par le changement climatique est, et sera, remise en cause (Apur, 2012). Il faudra en effet s'attendre, en France, à des épisodes orageux plus violents et fréquents, et les réseaux d'eaux usés devront être adaptés en conséquence. Les revêtements imperméables, en plus de favoriser le débordement des égouts, contribuent aussi à aggraver les surverses de stations d'épuration, qui risquent de déverser dans l'environnement des eaux non traitées. Or, nombreuses sont les opérations d'aménagement qui ont encore recours à des matériaux totalement imperméables, les trottoirs en asphalte ou en granit, quand bien même des revêtements alternatifs plus résilients existent.

Le déploiement de revêtements perméables permettrait de réduire la tension que connaissent les réseaux d'égout lors des fortes pluies, en facilitant le drainage de l'eau dans un premier temps, et en évacuant l'eau drainée par évaporation dans un second temps. Dans le cas du rafraîchissement des villes, les revêtements perméables offrent d'intéressantes perspectives de réduction des températures de surface, et des températures ressenties par les usagers de l'espace public. Différents types de matériaux perméables existent : l'asphalte poreux, les maillages constitués d'argile et de ciment, les enrobés stabilisés, etc. Plus poreux que les matériaux conventionnels, l'eau de pluie ou aspergée s'infiltrer dans ces revêtements. Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau stockée s'évapore, permettant ainsi de rafraîchir la température de surface. Ainsi, une partie de l'eau est retenue à proximité de la

surface jusqu'à son évaporation lors du retour de temps plus secs. Contrairement à des matériaux imperméables, l'eau ne ruisselle pas totalement jusqu'aux égouts, mais elle ne s'infiltré pas non plus jusqu'aux nappes phréatiques où elle ne pourrait s'évaporer, comme cela pourrait être le cas avec des matériaux trop perméables, comme le sable (Apur, 2012). Cette rétention d'eau permet d'atténuer les phénomènes d'ICU par les mêmes mécanismes de rafraîchissement que pour les végétaux et leur évapotranspiration.

Cependant, il est à noter que tous les revêtements n'ont pas la même efficacité, et cette efficacité peut parfois être conditionnée à l'humidification du matériau. Qu'il s'agisse d'une humidification naturelle, par la pluie, ou d'une humidification artificielle, ces revêtements ont besoin de stocker de l'eau pour pouvoir se rafraîchir par évaporation. Auquel cas une fois sec, si le revêtement est sombre, il peut connaître des températures de surface encore plus élevées que d'autres matériaux conventionnels (Apur, 2012). C'est

pourquoi l'installation de revêtements perméables doit être accompagnée d'une réflexion sur la disponibilité actuelle et future de la ressource en eau dans la ville, dans un contexte de bouleversements climatiques.

De plus, il ne s'agit pas de présenter les revêtements perméables comme la solution miracle à la problématique de la chaleur en ville.

- En premier lieu, ils ne peuvent être généralisés à l'ensemble des espaces publics, en raison de la présence de nombreux réseaux souterrains, comme les voies de métro. Un autre problème provient d'un trafic d'automobiles ou poids lourds trop intense qui nécessite le recours au bitume ou à l'asphalte. Ce dernier problème est à nuancer, puisque le changement de statut de certaines voiries permettrait de réduire les sollicitations reçues par le revêtement, et rendrait l'utilisation de revêtements perméables possible.



Exemple d'une rue viennoise entièrement minéralisée

- En second lieu, ces revêtements continuent d'artificialiser les sols. Or, la végétation, quand elle est convenablement arrosée, représente le meilleur *revêtement* rafraîchissant existant du fait du mécanisme d'évapotranspiration. Si les usages des rues et des espaces publics rendent évidemment indispensables de couvrir la majorité du sol en ville, il s'agirait d'inclure plus systématiquement des espaces de pleine terre dans les opérations d'aménagement.

À côté de leur capacité à retenir l'eau, les différents revêtements choisis doivent privilégier les couleurs claires, car plus réfléchissantes. La capacité d'un matériau à réfléchir la lumière, appelée albédo, est représentée sur une échelle de 0 à 1, 1 étant la réflectivité maximale. Améliorer l'albédo des revêtements en privilégiant les couleurs claires permet de réduire la température de surface, contrairement aux revêtements sombres, inertes, qui accumulent la chaleur la journée et la restituent durant la nuit, comme le font l'asphalte ou le granit. Augmenter l'albédo des revêtements permettrait de réduire les températures de surface de 1 à 4° C en journée (Cooperative Research Centre for Low Carbon Living, 2010). Cependant, la priorité doit être donnée au caractère perméable du matériau, plutôt que de chercher à augmenter fortement l'albédo : alors que la plus-value des sols perméables arrosés en période de chaleur est assurée, beaucoup de zones d'ombres entourent celle des revêtements hautement réfléchissants. S'ils permettent effectivement de faire baisser les températures de surface, et de manière résiduelle, les températures de l'air, ils posent certains problèmes : baisse du confort thermique du fait des radiations solaires sur les usagers et sur les bâtiments alentours, éblouissement, imperméabilité, faible pérennité, et coût carbone élevé de leur production (Apur, 2012). Les matériaux à albédo élevé présentent plus d'intérêt au niveau des bâtiments, comme

cela sera étudié plus loin dans ce rapport.

À la suite de ce qui a été expliqué précédemment, ce rapport identifie différents types de revêtements à privilégier.

D'une part, les revêtements en sable stabilisés présentent des caractéristiques intéressantes tant en matière de perméabilité que de réflectivité. Ce type de revêtement ne peut être installé sur les zones de circulation motorisées et doit donc être cantonné aux espaces piétons. Le stabilisé, contrairement à d'autres matériaux comme l'asphalte ou le bitume ne stocke pas l'énergie solaire. Si ce matériau peut chauffer lorsqu'il est exposé au soleil, il ne déstockera aucune chaleur durant la nuit (Apur, 2017).

D'autre part, le béton présent sous les couches d'asphalte présente une opportunité peu coûteuse, et peu mise en œuvre, d'améliorer le confort thermique des usagers circulant sur ces revêtements. En effet, les trottoirs en asphalte sont souvent constitués d'une première couche de béton, et d'une surcouche, plus fine, d'asphalte. Or l'asphalte, en plus d'être imperméable, agit comme un réel capteur d'énergie solaire qu'il stocke ensuite avant de le restituer la nuit. La sous-couche de béton, quant à elle, réfléchit tout autant le rayonnement solaire que les stabilisés, et sa porosité peut même être améliorée pour lui permettre d'être encore plus perméable. Ces deux caractéristiques font de cette sous-couche une opportunité de lutter contre la chaleur en ville de manière économique et relativement nouvelle : il s'agirait de ne plus resurfacier le béton, voire même d'enlever la surcouche d'asphalte sur les espaces déjà aménagés (Apur, 2017).

Enfin, sur les zones de circulation limitées le permettant, la perméabilité du sol peut passer par la mise en place de pavés comportant des joints poreux, assurant le mécanisme de rétention et d'évaporation de l'eau, ou de pa-

vés apposés sur de la pleine terre, permettant ainsi le développement de la végétation en lieu et place des joints traditionnels. Si cette végétation est souvent perçue comme résultat d'un manque d'entretien, le mécanisme de rétention d'eau opère également, et rend d'autant plus pertinent l'arrosage de ces pavés (développement de végétaux et humidification des pavés).

IV. Réutiliser l'eau différemment dans l'espace public

A. *Rafrâchir les chaussées par évaporation d'eau en les arrosant*

L'humidification des chaussées par leur arrosage lors des temps chauds est une technique de rafraîchissement très ancienne, puisque l'uchimizu ("goutte d'eau" en japonais), est une ancienne pratique coutumière japonaise, encore utilisée aujourd'hui, qui consiste à asperger les rues et les jardins secs d'eau pour améliorer le confort thermique des habitants. Cet arrosage s'est avéré efficace en milieux urbains minéralisés, lorsque les revêtements exposés au soleil emmagasinent l'énergie solaire au fil de la journée.

Ici encore, la pertinence de l'arrosage dépend de plusieurs facteurs liés au climat de la ville, de sa morphologie, et des types de revêtements de l'espace urbain.

Tout d'abord, l'arrosage des chaussées est plus efficace pour les climats secs. Cependant, des expérimentations d'aspersion des chaussées au Japon pendant la période estivale, climat plus humide que le climat français, restent concluantes, avec une réduction des températures de surface de 8 °C la journée, et de 3 °C la nuit (Yagamata et al., 2018).

De plus, cette technique est à privilégier dans les espaces dégagés et fortement exposés au soleil, car ce sont les zones qui s'échauffent fortement pendant la journée. L'orientation des rues joue également, les voies orientées est-ouest étant les plus longtemps exposées.

Enfin, il est conseillé de privilégier l'arrosage de matériaux assurant la rétention de l'eau. Les revêtements imperméables, comme l'asphalte, se contentent de faire ruisseler l'eau d'arrosage. Ils réalisent une simple convection de la chaleur jusqu'aux bouches d'égout. Si le matériau est trop poreux, comme le sable, au contraire, l'eau s'infiltre directement jusqu'aux nappes phréatiques. Ainsi, l'effet de l'aspersion est maximal pour les revêtements perméables sablonneux ou pulvérulents, comme les stabilisés ou certains bétons poreux (Apur, 2017). Cet arrosage peut être diurne comme nocturne, car la nuit, arroser les sols permet d'aider le déstockage de l'énergie accumulée précédemment. Mais l'arrosage diurne des matériaux imperméables, comme les revêtements minéraux, ou dérivés du pétrole, peut cependant porter ses fruits sur les places les plus exposées au soleil.

Une fois ces différents facteurs pris en compte, il s'agit également de porter une attention à certains points, qui peuvent fortement remettre en cause la pertinence de cette solution en pratique :

- Entretien : les matériaux perméables, comme les revêtements stabilisés ou pulvérulents, doivent être ratissés suffisamment souvent afin qu'aucun végétal ni saleté ne vient obstruer leurs capacités de rétention.
- Disponibilité de la ressource eau : l'arrosage continu des chaussées requiert que la ville ne connaisse pas de tension sur ses ressources en eau. Des études préalables sont à mener pour identifier les besoins en eau d'une ville, ainsi que

Zoom sur : l'arrosage des chaussées à Paris (Hendel, Colombert, Diab, Royon, 2015)



© Hendel, Colombert, Diab, Royon, 2015

La Ville de Paris a la chance de bénéficier d'un réseau d'eau non potable (ENP) indépendant de celui de l'eau potable, et qui est actuellement sous-utilisé. Par suite de la décision de maintien du réseau d'ENP le 19 mars 2012, le réseau a été identifié comme une opportunité pour l'expérimentation de méthodes d'arrosage des chaussées parisiennes.

Une première expérimentation lors de l'été 2012 a identifié que l'arrosage nocturne d'une chaussée pouvait réduire les températures de surface de 4 à 6 °C, et les températures de l'air de 0,4 °C. Une seconde expérimentation lors de l'été 2013 a été réalisée de manière plus intensive sur deux chaussées parisiennes rue du Louvre, dans les 1er et 2e arrondissements, et rues Lesage et Ramponeau, dans le 20e arrondissement. La rue du Louvre a été arrosée d'1 L/m² entre 6h30 et 11h30, et toutes les 30 minutes de 14h à 18h30. L'aspersion a été assurée par des laveuses, et réalisée à la fois sur la chaussée et sur les trottoirs. Pour leurs parts, les rues Lesage et Ramponeau ont été arrosées continuellement de 7h à 19h par un tuyau branché sur une bouche de lavage. Cette dernière expérimentation a permis de tirer certains constats :

- Arroser les chaussées de manière plus intensive permet d'obtenir de meilleurs résultats en termes de réduction des températures de surface, jusqu'à 15 °C, contre 6 °C lors de la première expérimentation en 2012.
- Arroser toute la largeur de la rue, plutôt qu'uniquement la chaussée, permet de rafraîchir plus efficacement la rue.

la disponibilité actuelle et future de l'eau dans un contexte de changement climatique. De plus, il serait inconcevable d'avoir recours à cette solution à l'échelle de la ville entière, d'où l'intérêt d'identifier au préalable les zones urbaines qui en bénéficieraient le plus.

- Equipement : arroser les chaussées grâce à des engins mécaniques ne fait que peu sens : ces véhicules représentent une perte d'énergie, voire même de temps, puisque la chaleur générée participe à renforcer les ICU. D'autres véhicules doivent être développés, ou des solutions plus low-cost, à l'instar de l'utilisation par

la Ville de Paris des tuyaux raccordés aux bouches de lavages (Hendel, Colombert, Diab, Royon, 2015).

- Acceptabilité sociale : le fait d'arroser les chaussées, et notamment avec de l'eau potable, dans un contexte de raréfaction de la ressource eau, peut être mal perçu par les habitants. Il s'agirait d'abaisser cette barrière en communiquant aux habitants sur les bénéfices de l'aspersion des chaussées.

Zoom sur : les pavés évaporatifs à Toulouse (Colin, 2019)



© Construction21

A Montaudran, une place de 150 m² rue René Cornemont a été recouverte de pavés évaporatifs en août 2017. Ces pavés incluent un système d'évaporation des eaux de pluie permettant de faire baisser la température de 5 °C. Cette technologie a été inventée au Japon et mise en place par Toulouse Métropole et Véolia. Ces pavés réutilisent prioritairement l'eau de pluie, stockée et dépolluée, qui s'évapore par les pavés. Lorsque les stocks d'eau de pluie sont écoulés, le réseau d'eau potable de la ville prend le relais. Un capteur météo installé à la surface des pavés permet de mesurer la température ambiante et de déclencher, au besoin, le système évaporatif des pavés.

B. Déployer des brumisateurs, jets d'eau et fontaines dans les espaces publics fréquentés

Une seconde manière d'améliorer le confort thermique dans l'espace public grâce à l'eau est d'installer des mobiliers urbains qui utilisent l'eau pour améliorer le confort thermique des habitants. Différents mobiliers existent, chacun avec leurs particularités, bénéfiques et points de vigilance.

Les brumisateurs sont des dispositifs qui vaporisent des gouttelettes d'eau à haute pression dans l'air, lors des fortes chaleurs. Ils permettent de procurer une sensation de rafraîchissement aux personnes à proximité, avec des résultats très intéressants : les brumisateurs permettent de réduire la température de l'air de 2 à 7 °C, et, en exposition directe, de 5 à 15 °C (ADEME, 2017). Ainsi, ces dispositifs s'avèrent être plus efficaces que l'humidification des chaussées en termes de sensation de rafraîchissement. Cependant, la performance des brumisateurs dépend du climat de la ville, car les villes au climat les plus secs obtiendront de meilleures performances de rafraîchissement. De plus, certains paramètres d'ajustement propres aux brumisateurs jouent, comme par exemple le réglage de la pression avec laquelle l'eau est expulsée du dispositif : plus cette pression est basse, plus l'humidification des passants est forte, car les gouttelettes seront relativement plus grosses. Il convient de trouver un équilibre entre trop ou pas assez d'humidification, car une vaporisation trop puissante peut ne pas être appréciée par certains usagers. Enfin, certaines précautions d'installation et de maintenance doivent être prises. D'une part, les brumisateurs doivent être installés dans des zones ombragées, car un ensoleillement trop élevé abîmerait le dispositif, et réchaufferait l'eau qu'il contient. D'autre part, la réglementation sanitaire encadre fortement la qualité de l'eau vaporisée,

notamment pour éviter la prolifération d'une bactérie, la *Legionella pneumophila*. Cette bactérie se développe dans les eaux douces riches en fer, zinc ou aluminium, comme c'est le cas des eaux utilisées dans certains systèmes comme les climatiseurs, les douches ou les fontaines. Elle est à l'origine d'une maladie infectieuse, la légionellose, qui se contracte à la suite de l'inhalation de gouttelettes d'eau dans l'air contaminées et qui peuvent causer une infection pulmonaire.

Les fontaines sont un autre dispositif permettant, dans une certaine mesure, d'agir contre la chaleur, par le transport de gouttelettes d'eau par le vent. Si l'effet rafraîchissant est moindre que pour les brumisateurs, les fontaines offrent également des bénéfices en termes d'esthétisme, et peuvent être mises en place dans les zones très ensoleillées, contrairement aux brumisateurs. Par ailleurs, le bruit de l'eau qui coule permet de modifier sensiblement la perception physique que l'utilisateur de l'espace public se fait de la température. Mais l'effet rafraîchissant des fontaines s'arrête à ces éléments, puisque les usagers ne sont pas autorisés à entrer dans le bassin de la fontaine. Elles peuvent connaître un usage inapproprié en période de fortes chaleurs, puisqu'il est parfois difficile de faire respecter cette règle. Cela peut poser des problèmes de santé publique si le contrôle sanitaire des bassins n'est pas renforcé : risques de légionellose liés à la gestion de l'eau stagnante, présence de déchets et de tessons de bouteille au fond des bassins, etc. De plus, l'eau de la fontaine doit rester en mouvement pendant la journée. En effet, comme souligné précédemment, l'ensoleillement de petites surfaces stagnantes peut augmenter la sensation de chaleur. L'eau stagnante favorise également la prolifération de certains indésirables, comme les moustiques, déjà voués à se retrouver de manière plus fréquente dans les espaces urbains du fait de la hausse des températures induites par le changement climatique.

Moins esthétique que les fontaines ornementales, développer un réseau important de fontaines buvables fait également partie des solutions qui peuvent être mises en place pour rendre les périodes de fortes chaleurs plus vivables en ville, en permettant à chacun de se désaltérer pendant ses déplacements. Enfin, les jets d'eau permettent aussi le transport de gouttelettes dans l'air, et ont également une plus-value esthétique dans

l'espace public. Ces dispositifs sont plus accessibles aux usagers que les fontaines, puisqu'ils doivent fonctionner à l'eau potable en raison des risques accrus de légionellose.



Jets d'eau à proximité du parvis de l'Hôtel de Ville de Paris

Zoom sur : le projet Borne Fontaine, par Plaine Commune et l'UrbanLab (UrbanLab, 2018)

L'UrbanLab, laboratoire d'expérimentation urbaine de Paris&Co, a accompagné le projet Borne Fontaine, qui est une expérimentation testée par l'EPT Plaine Commune en réponse à l'ouverture sauvage de bouches d'incendies à Aubervilliers. La création d'une borne fontaine, propulsant un jet vertical, avait pour objectif de répondre à un besoin manifeste de dispositifs rafraîchissants à Aubervilliers, et ce faisant, de stopper l'usage détourné des bouches d'incendies de la ville. Le dispositif installé a obtenu de réels retours positifs, avec plus de 80% des personnes interrogées qui ont jugé utile l'installation de la borne pour rafraîchir l'espace concerné. Si la borne n'a pas permis de stopper l'ouverture intempestive des bouches d'incendies, le projet Borne Fontaine reste une expérimentation d'un dispositif innovant et ludique, intéressant à la fois en termes de rafraîchissement des villes, qu'en termes de lien social créé.



L'OMBRE ET SES BIENFAITS THERMIQUES

L'ombrage est une des solutions les plus classiques pour améliorer le confort thermique en période estivale. Ce type de solution permet de bloquer le soleil à un endroit défini (bâtiment, chaussée, place publique, etc.) afin d'en faire un espace plus frais par rapport aux zones exposées au soleil. Si leur fonctionnement est assez simple, les typologies de solutions d'ombrage sont variées, et adaptables à des climats et des nécessités sociales qui diffèrent.

I. Multiplier les ombrages au niveau du bâtiment

Avant l'apparition de la climatisation, l'ombre a été un des moyens les plus répandus et les plus accessibles pour garder une température intérieure confortable en été. Bien que le concept de l'ombrage soit assez simple, les variables qui déterminent le choix d'un dispositif d'ombrage sont multiples : le climat notamment la température, l'humidité et les précipitations, ainsi que le mouvement du soleil pendant l'année, sont déterminants pour l'emploi effectif d'un dispositif d'ombrage. Mais il faut aussi prendre en considération les besoins des usagers pour définir correctement l'utilité du dispositif, qui peut varier selon l'usage attendu de l'espace ombré et ses préférences esthétiques.

En fonction de ces variables, les dispositifs d'ombrage se répartissent en ombrage passif (OP) et ombrage actif (OA). L'OP est un dispo-

sitif qui ne requiert pas d'énergie électrique pour son fonctionnement. Il existe comme élément architectural, soit en forme d'ombrage passif fixe (OPF), et comme dispositif individuel-fonctionnel (tels les rideaux ou les volets), soit en forme d'ombrage passif amovible (OPA). L'OPF est une partie intégrale de la conception architecturale d'un bâtiment et bloque le soleil de façon permanente. Ce type d'ombrage peut avoir de multiples formes, les exemples les plus courants étant ceux d'une deuxième façade du style des moucharabiehs arabes. Ce sont des colonnades abritant le trottoir, protégeant par ailleurs des intempéries, avec aussi un avant-toit créant un abri. Leur permanence a le désavantage de bloquer le soleil aussi lors de journées moins chaudes et grises, réduisant ainsi l'entrée de lumière naturelle dans le bâtiment et ainsi augmentant la consommation d'énergie pour l'éclairage. Pour cela, cette forme d'ombrage est conseillée surtout pour des façades suds, qui sont les plus exposées au soleil. En plus, un OPF doit être en synchronisation avec la fonction du bâtiment pour ne pas rendre impossible certains usages. Ainsi,



Les mourachabiehs de la façade de l'Institut du Monde Arabe à Paris

une deuxième façade de style moucharabieh interdit l'installation de balcons sur toute son étendue, et les colonnades réduisent l'espace disponible à la végétalisation.

Pour des endroits du bâtiment où il est souhaitable de ne pas bloquer l'entrée de la lumière de manière permanente, notamment les façades nords, les usagers peuvent utiliser des OPA pour réguler l'entrée du soleil par les ouvertures extérieures en fonction de leur confort personnel. S'il s'agit d'un concept assez répandu, il est important de discuter des avantages des OPA en comparaison avec les OA. Les OA sont des systèmes automatisés qui règlent l'ombrage du bâtiment grâce à un réseau de capteurs dont les données sont utilisées pour calculer la position optimale des dispositifs d'ombrage automatisés connectés au système. Les OA ont surtout l'avantage d'éliminer le facteur humain, à l'origine parfois d'une utilisation sous-optimale des OPA: par exemple, oublier de fermer un volet ou un rideau dans une salle utilisée temporairement va faire que la salle se réchauffera et sera bien moins agréable pour les prochains utilisateurs. Dans les bâtiments dotés de climatisation, l'utilisation d'OA permet ainsi d'éviter un usage excessif de la climatisation pour rafraîchir des salles qui auraient pu être tenues fraîches grâce à la fermeture des OPA. Un désavantage des OA est cependant leur coût élevé d'installation et de maintenance, qui les rend peu attractifs pour des appartements et des maisons pavillonnaires de tailles petite et moyenne compte tenu de l'impossibilité d'un tel système intégré de s'adapter aux exigences individuelles de confort.

II. L'arbre comme rempart contre l'exposition au rayonnement

Les arbres sont de bons outils de protection contre les ICU car grâce à leur feuillage, ils protègent du rayonnement solaire direct en fournissant de l'ombre, qui contribue ainsi au confort thermique des personnes (Arboclimat, 2019 ; Inspq, 2009 ; SeforALL, 2018). Cela suit le principe de volumétrie du végétal. En effet, en fonction de la densité foliaire de l'arbre, celui-ci va créer des zones d'ombrage protégeant de l'ensoleillement (Apur 2012 ; Plante & Cité, 2014). La plantation d'arbres en milieu urbain peut prendre diverses formes, allant des arbres d'alignement à de véritables forêts urbaines. Il est cependant important de garder à l'esprit que chaque contexte urbain mérite une attention spécifique, et que l'introduction de végétaux entraîne des besoins différents.

Ainsi, pour reprendre l'exemple de l'arbre d'alignement que l'on observe quotidiennement dans nos rues, plusieurs points nécessitent d'être pris en compte, notamment lors de :

- La mise en place : le bénéfice de l'ombrage apporté par les végétaux dépend de plusieurs facteurs, notamment liés à leur morphologie. L'effet d'ombrage ne sera pas le même selon le fait que ce soit des pergolas, fournissant beaucoup d'ombre, ou un autre type de végétalisation sédum (Plante & Cité, 2014). Par ailleurs, il est nécessaire de prêter attention à l'essence que l'on choisit, notamment selon sa résistance en milieu urbain et aux multiples problématiques qui en découlent, que ce soit en matière de pollution, ou encore de pauvreté du sol (Apur, 2014). Ces questions d'ombrage viennent

ensuite se lier à celles des critères des essences pour combattre efficacement la chaleur, comme expliqué précédemment dans la partie sur la végétalisation. Il est aussi primordial d'analyser le milieu urbain dans lequel on envisage la plantation, selon les critères de largeur de la rue, d'exposition au soleil de celle-ci et de la position du piéton dans cette dernière. En effet, dans une rue très étroite, l'effet d'ombrage apporté par des arbres d'alignement sera nul. De même que selon l'orientation nord/sud ou est/ouest de la rue, celle-ci n'aura pas le même niveau d'inconfort dû au rayonnement aux mêmes heures (Apur, 2014).

- L'entretien : Les arbres d'alignement demandent beaucoup d'entretien régulier et ont une croissance lente, ce qui doit être pris en compte lors de leur plantation.
- L'acceptabilité sociale : ces arbres participent à l'amélioration du confort thermique des personnes et contribuent au bien-être psychique des personnes vivant en milieu urbain. Ceci étant dit, ils peuvent entraîner des objections en matière d'entretien de la voie publique, notamment avec le ramassage des feuilles, de branchages, ou encore par rapport aux allergènes contenus dans le pollen (Apur, 2014). De même que plusieurs études viennent démontrer que les plantations ne doivent pas forcément être symétriques. Les plantations unilatérales, souvent nécessaires pour les arbres d'alignements, vont à l'encontre du paysage symétrique auquel nous sommes habitués et cela peut susciter des interrogations chez les habitants (Apur, 2014).

A travers la décision de nouvelles initiatives nécessitant des plantations, il est donc indispensable de travailler sur ces questions d'acceptabilité et d'externalités avec les citoyens, dans le but d'avoir un résultat concluant, et dont l'objectif est compris et désiré par tous.

III. Recouvrir le bâti de végétaux pour diminuer les besoins énergétiques en climatisation

Revêtements de façade, murs, toits, tous végétalisés : voici des propositions souvent avancées dans la littérature pour rendre les villes plus vivables aux fortes chaleurs. Ce sont, en effet, les solutions que l'on voit se propager ces dernières années, avec, entre autres, plus d'un million de toitures végétalisées en 2011 recensées en France (Plante & Cité, 2014). Ces initiatives ont un impact positif sur les ICU car la végétalisation des toits protège le bâtiment du rayonnement solaire, ce qui a pour conséquence de diminuer le stockage de chaleur en journée. Cela a pour effet une diminution directe sur la consommation d'énergie en matière de climatisation, et par conséquent, sur le confort thermique (Plante & Cité, 2014).

Ces mesures sont à adapter selon chaque forme urbaine puisque les besoins et les possibilités diffèrent dans chaque contexte. Prenons dans ce cas l'exemple de toitures végétalisées parisiennes : l'installation de toitures intensives végétalisées se répand sur le territoire parisien. Les résultats de certaines études sur leur impact lors de canicules ont montré une diminution de 4% en besoin de climatisation avec un toit végétal, montant jusqu'à 12% si celui-ci est arrosé. Nous pouvons donc parler de 23 à 28% d'économies en besoin de climatisation en période estivale, et de 4,5% en hiver (Jean, 2019).

Elles ont également des externalités positives en matière de rétention d'eau, puisqu'elles permettent de stocker l'eau et de réduire ainsi le risque de fuites (Plante & Cité, 2014). Certaines remarques cependant :



Une toiture végétalisée sur le bâtiment administratif abritant le Département pour la protection de l'environnement (MA 22) à la Ville de Vienne



Une façade végétalisée rue Georges Eastman, dans le 13e arrondissement de Paris

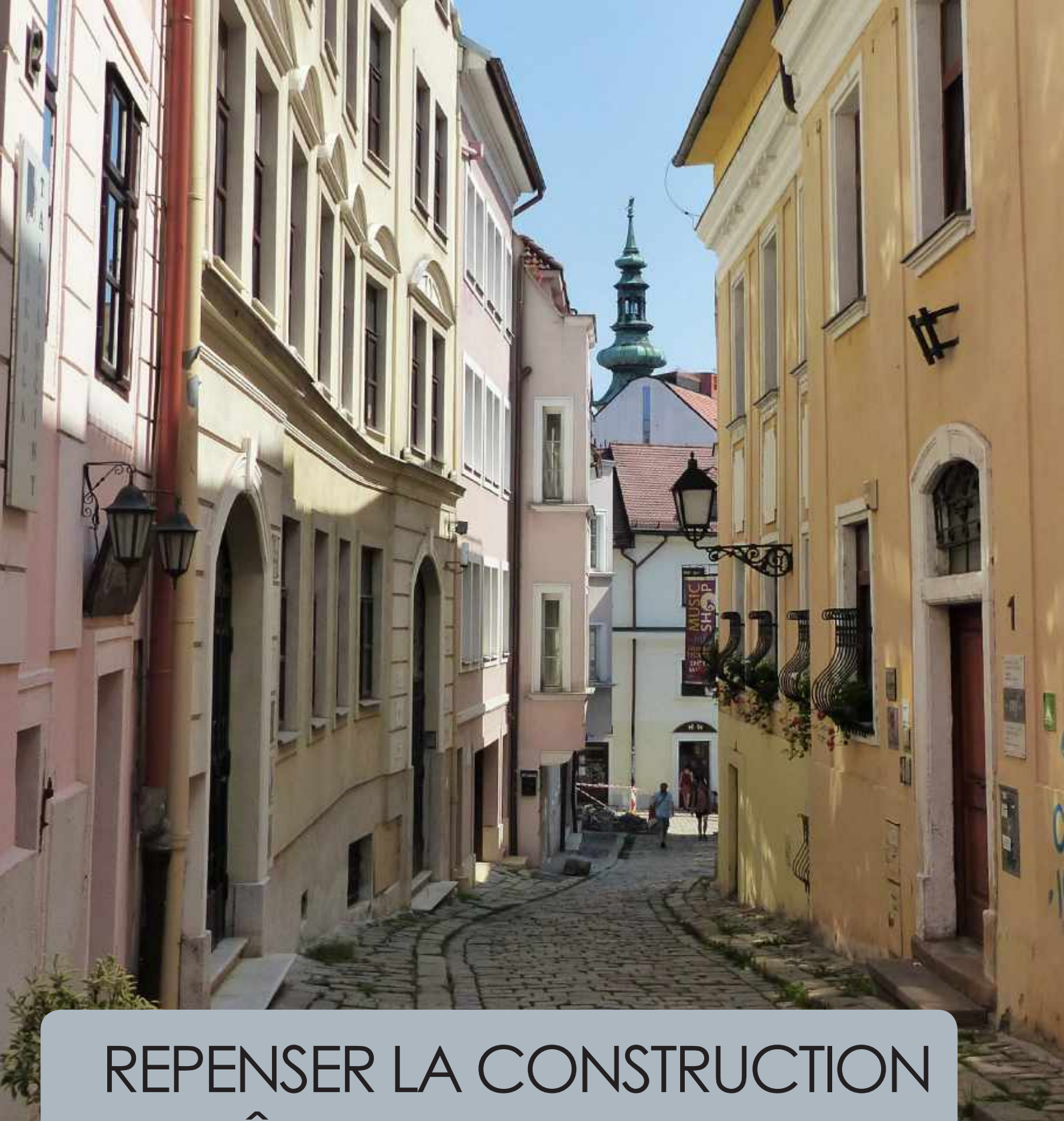
- La végétalisation des toits a toutefois un bénéfice assez faible en matière d'économie de climatisation si le bâtiment est déjà bien isolé, et les bienfaits se concentrent surtout sur le dernier étage. L'effet est aussi assez faible sur le climat urbain ou concernant le confort dans les rues, et est surtout bénéfique sur les économies de climatisation pour les bâtiments difficilement isolables.
- Sur la question de l'acceptabilité sociale, ces solutions de végétalisation sont très à la mode et plutôt populaires du fait de leurs externalités positives, puisqu'elle constitue une ressource de biodiversité en ville ; exploitable pour l'agriculture urbaine ; positive pour la rétention d'eau ; aussi à vocation ludique voire éducative. Il faut cependant prendre en compte que certaines initiatives de végétalisation peuvent causer des soucis, notamment en termes d'identité patrimoniale. Ainsi, l'Association Nationale des Architectes des Bâtiments de France (ANABF), qui existe pour protéger l'identité patrimoniale des villes françaises, n'est pas toujours favorable à la végétalisation des bâtiments, et notamment de leurs façades.
- Il faut ainsi prendre en compte les paroles et points de vue de nombreuses institutions et groupes, afin de travailler ensemble sur des compromis qui, au final, rendent la vie possible dans une ville en surchauffe l'été.

Zoom sur : le projet de toiture végétalisée rue Jeanne-d'Arc (Paris 13e) avec le projet *La vie dans les nuages* (Le Parisien, 2019), (UNEP IPSOS, 2018)

Ce projet ambitieux de végétalisation de toit d'école maternelle, avec trois passerelles de 800 m², est décrit comme un outil de résorption de la chaleur à l'intérieur du bâtiment selon l'architecte de l'opération, A. Acchiardo. Le projet est soutenu politiquement par le maire du 13e, Jérôme Coumet et la Semapa - Société d'économie Mixte d'Aménagement de Paris - en soulignant les multiples opportunités que les toits végétalisés représentent en matière de biodiversité, de lutte contre les ICU, d'espace de convivialité, d'agriculture urbaine, etc.

Comme souligné précédemment, des initiatives similaires éclosent, comme le témoignent les projets du bailleur social 3F avenue de France (13e) ou encore ceux du bailleur social Paris Habitat juste à côté avec des toits végétalisés installés.

Additionnée aux mesures prises pour lutter contre les ICU, la transversalité des bienfaits apportés par la végétalisation en ville se reflète dans l'opinion publique avec des études ayant démontré que plus d'un français sur deux est en faveur d'une obligation d'un seuil concernant l'inclusion d'espaces verts dans les projets d'aménagements urbains.



REPENSER LA CONSTRUCTION DU BÂTI

La ville s'exprime principalement par son aspect physique : c'est le bâti et son histoire qui donne un visage à la ville. C'est un des aspects les plus difficiles à modifier pour son rôle dans l'imaginaire commun, en raison des enjeux de préservation du patrimoine et d'identité de la ville qui lui sont associés. Néanmoins, sa responsabilité dans le réchauffement de la ville rend une modification du bâti nécessaire pour atténuer la chaleur.

I. Reconsidérer la structure de la ville en fonction du confort climatique

D'ici 2050, il est estimé que 68% de la population mondiale habitera en ville, une augmentation d'environ 2,5 milliards de personnes (Yenneti, Santamouris, Prasad, Ding, 2017). Ces afflux d'habitants nécessitent des programmes de construction de logements et d'infrastructures de grande ampleur.

Pour cela, au-delà de l'extension des villes existantes et de la périurbanisation, la construction de véritables villes nouvelles est entamée dans une grande partie du monde, notamment en Egypte, en Chine et aux pays du Golfe Arabe. Si la construction de villes nouvelles n'a rien d'inédit, les lignes directrices de leur conception permettent une interprétation des enjeux de l'époque de leur création. Par exemple, Brasilia, construite dans les années 1960, a été pensée pour l'automobile et peut donc être vue comme un symbole de l'urbanisme de ces années. Les nouvelles villes des années 2010 et 2020, comme Masdar City et Nouveau Caire, sont pensées autour de l'écologie et de la réduction de l'usage des ressources naturelles, symbole du changement de priorités de l'urbanisme moderne. Ceci implique une architecture et un zonage adaptés au climat local, et permettant l'amélioration du confort thermique sans utilisation de climatisation artificielle. Surtout, le mouvement du soleil dans l'année et la ventilation naturelle doivent y être pris en compte.

Cependant, la création de villes nouvelles ne doit pas être présentée comme la solution miracle face aux difficultés à adapter le tissu urbain existant. Les villes nouvelles à faibles émissions sont une tendance qui s'inscrit dans la montée en puissance de la conscience

écologique. Elles ont en partie pour vocation d'être une vitrine des innovations dans le domaine énergétique, montrant la prouesse technique du pays, et donnant le modèle de la ville de demain. Néanmoins, il faut considérer que les émissions lors de la construction d'une ville nouvelle sont très élevées et que ces villes risquent de détourner des fonds qui pourraient être utilisés pour la transformation énergétique de villes existantes. Aussi, rappelant l'exemple de Masdar, il faut considérer que le financement joue un rôle crucial dans le bilan carbone final. Ainsi, à Masdar des certificats de carbone ont été émis pour financer la construction, transférant l'émission de carbone au lieu de l'éliminer.

Néanmoins, la création de toute pièce d'un quartier permet de prendre de la distance vis-à-vis des styles de construction classiques. Cette nouvelle architecture urbaine, pensée tout d'abord par rapport aux enjeux écologiques, promet de créer des formes architecturales et sociales nouvelles et inhabituelles, telles que le *solar envelope* développé par Ralph Knowles pour la maximisation du confort thermique en été et en hiver (International Energy Agency, 2013). Il existe aussi des concepts plus traditionnels, qui sont repris et adaptés au enjeux nouveaux : Le *Transit-Oriented Development*, par exemple, a été pratiqué dans une grande partie des villes nouvelles et périurbaines construites dans le monde depuis 1945. Il permet la création d'un quartier dense où tout le nécessaire est à distance adéquate pour la marche piétonne. Pensé à l'époque comme moyen de réduction du trafic routier, ce développement est aujourd'hui repris sous l'angle de la ville moins bitumée, qui se réchauffe moins en période chaude. En contrepartie, si ce modèle est appliqué dans une ville existante, par exemple grâce à la construction d'un métro ou d'un tramway, les risques de gentrification autour des nouvelles lignes et les nouveaux arrêts sont élevés.

Les contraintes de la modification des villes traditionnelles en fonction du climat ne s'arrêtent pas là : La plupart des grandes villes, à part Barcelone qui a été construite en fonction du confort thermique estival à la fin du 19ème siècle, n'ont pas adopté les préceptes d'une architecture urbaine plus résiliente. La valeur culturelle des centres historiques, constituant souvent le visage et le cœur de la ville, prime sur le confort thermique et le bilan écologique des habitants. Ceci est le cas même pour les constructions nouvelles dans les centres historiques, car elles doivent

s'adapter au cadre bâti voisin pour ne pas déranger la cohérence d'ensemble. Ainsi, la mise en place de nouvelles formes architecturales connaît beaucoup d'obstacles à court terme dans les centres-villes français. Dans les milieux urbains denses existants, l'adaptation au réchauffement climatique se verra réalisée plus facilement à travers la réduction du trafic, une meilleure isolation et la végétalisation, qu'à travers une nouvelle architecture.

Zoom sur : entre esthétique, économie et confort thermique : le cas de la hauteur (Short, Lomas et Woods, 2004 ; Bhamare, Rathod et Banerjee, 2019 ; Ali, 2012 ; Al Tawayha, Braganca et Mateus, 2019)



La ville de Shibam, au Yémen. © architecturalmetabolism.blogspot.com

L'architecture vernaculaire des pays chauds se caractérise souvent par une grande hauteur des plafonds. L'air chaud peut ainsi monter, et l'air extérieur frais peut rentrer. Il s'agit d'une des techniques les plus simples pour éviter le réchauffement d'un bâtiment. Depuis le début du 20ème siècle, la hauteur moyenne des plafonds des nouveaux bâtiments a diminué considérablement, en même temps que l'usage de la climatisation est monté en puissance. Mais il y a d'autres raisons à cela : la hauteur maximale des bâtiments est souvent réglementée afin de garder une image cohérente de la ville. Ceci, en contrepartie, incite les développeurs immobiliers à y insérer le plus d'étages possible afin de faire croître le rendement par mètre carré au sol. Un retour aux plafonds hauts est, par conséquent, une bonne idée pour améliorer simplement le confort thermique des habitations, idée qui nécessite alors un compromis entre les acteurs privés et publics.

II. Améliorer la gestion des courants d'air

Récemment, des villes aussi diverses que Stuttgart en Allemagne, Tokyo au Japon et Masdar City aux Émirats Arabes Unis, ont développé des initiatives pour améliorer la gestion des courants d'air en ville (SEforALL, 2018). Celles-ci sont assez simples : faire entrer un courant d'air dans la ville qui permet de réduire la température extérieure de plusieurs degrés. Un effet complémentaire est d'emporter les particules de pollution grâce à l'échange d'air constant.

Deux prérequis sont indispensables pour créer cet effet : un courant d'air au niveau du sol, et des axes libres qui amènent l'air de l'extérieur de la ville vers le centre sans qu'il ne soit bloqué par des constructions. La mise en place d'un système de ventilation naturelle au niveau de la ville doit donc être menée en fonction de la géographie locale. Avant toute chose, une telle démarche nécessite la connaissance des courants d'air dominants de la ville et des caractéristiques du terrain, car l'existence de courants d'eau ou de collines dans la ville peut influencer positivement ou négativement l'entrée d'air frais dans la ville.

Si l'on connaît toutes ces informations, il est possible de ne pas seulement prendre en compte les courants d'air lors de l'aménagement de la ville, mais également de les influencer et de les utiliser activement dans le rafraîchissement de la ville. Un exemple extrême sont les villes possédant un climat désertique, et qui sont souvent privées d'un courant d'air naturel au niveau du sol. Le mouvement de l'air frais se fait à une hauteur de 20 m à 30 m. Le défi est donc de capturer ce vent et le distribuer au niveau de la rue. Dans l'architecture vernaculaire du moyen-

orient, ceci se faisait au niveau du bâtiment grâce à un *attrape-vent*. Masdar City, ville nouvelle en construction depuis 2008, a repris cet élément et, grâce à une conception de la ville autour d'un attrape-vent moderne au centre de la ville, fait descendre les vents plus froids des couches supérieures jusqu'au sol. Avec des rues planifiées en fonction d'une aération continue de la ville, les températures ressenties au sol sont en moyenne réduites de 5 °C (Short, Lomas and Woods, 2004).

Pour répondre à la problématique du blocage des grands axes guidant les courants d'airs naturels ou d'une l'absence de ceux-ci, l'exemple de Tokyo est intéressant à regarder. Ainsi, à Tokyo, des grattes-ciels bloquaient l'entrée de l'air frais provenant de la mer en ville. Après leur démolition, le rayon de pénétration des courants d'air a doublé de 2 km à 4 km de distance de la mer, rafraîchissant ainsi la ville de plusieurs degrés en été (Yenneti, Santamouris, Prasad, Ding, 2017). Le même phénomène peut être observé à Séoul, où la démolition d'une autoroute construite en élévation sur un fleuve a permis l'entrée d'air frais dans le centre ville. Cependant, le niveau de controverse qui a entouré la démolition de l'autoroute à Séoul démontre la difficulté de démolir des infrastructures existantes en faveur d'une amélioration des courants d'air et donc du confort thermique.

Zoom sur : les grandes percées haussmaniennes à Paris



Réalisées par le baron Haussmann au XIXe siècle sous Napoléon III, les grandes voies de circulation, telles que le boulevard de Sébastopol, permettent encore aujourd'hui d'apporter de l'air frais depuis l'extérieur de Paris, jusqu'à son centre-ville. Avec la Seine, ces grandes voies favorisent la circulation de l'air permettant d'améliorer le confort thermique des parisiens.

III. Prendre en compte l'interaction entre espaces intérieur et extérieur

De nos jours, le plan d'un appartement ou d'une maison est limité par peu de contraintes techniques. L'architecture moderne assure majoritairement les fonctions de besoins esthétiques et de confort, indépendamment des conditions climatiques extérieures. La conséquence de cette approche est souvent une consommation d'énergie élevée, notamment pour la climatisation en été.

Par exemple, la plupart des appartements construits visent à être le plus naturellement lumineux possible, avec une distribution de fenêtres permettant l'entrée de la lumière naturelle dans l'habitat. Si cette lumière est souhaitable d'un point de vue esthétique, la multiplication des surfaces vitrées est, elle, peu adaptée aux nécessités climatiques. Le résultat en découlant est une fuite de chaleur et de fraîcheur, souvent corrélée aussi avec des comportements fautifs d'aération et d'ombrage tels que l'ouverture des fenêtres au moment le plus chaud de la journée, ou encore la non-fermeture des volets et des rideaux. Des études menées sur des maisons nouvelles en Italie et sur l'architecture vernaculaire grecque ont montré que le bon choix

de la taille et du positionnement des fenêtres par rapport à la position du bâtiment permet une réduction de la climatisation, même en gardant les mauvais comportements d'aération. Ainsi, un bâtiment placé dans un angle de 45° par rapport au vent permettra des surpressions et des dépressions optimales favorisant la ventilation. Dans ces conditions, une réduction de la consommation d'énergie de 30% à 40% a alors pu être observée (Cardinale, Micucci et Ruggiero, 2002 ; Desogus, Cannas et Sanna, 2016).

L'importance de l'adaptation de l'architecture au climat local et du positionnement du bâtiment pour le confort thermique a déjà été relevé par l'architecte Carl Mahoney, dans ses travaux pour le Département des Affaires Economiques et Sociales des Nations Unies pendant les années soixante (Izevbekhai, 2012). Il a développé des tableaux climatiques dont l'analyse permettait de déduire les éléments architecturaux à réaliser lors de la construction d'un bâtiment pour améliorer le confort thermique estival. Développés surtout pour les régions défavorisées du monde, ces éléments constituent des solutions simples mais efficaces pour lutter contre la chaleur. Ses contributions ont pour la plupart été oubliées, mais une adaptation de ses tableaux à la situation actuelle pourrait fournir des informations importantes et surtout simples à obtenir pour favoriser une nouvelle architecture locale et écologique.

Les éléments architecturaux qui ont traditionnellement marqué la transition entre l'extérieur et l'intérieur sont en train d'être redécouverts pour leurs fonctions isolatrices. Ainsi, les vérandas, les portes-à-feux, les surplombs et les cours intérieures, longtemps vus comme de simples éléments architecturaux et superflus à l'époque de la climatisation, peuvent remplir une véritable fonction rafraichissante s'ils sont employés de la bonne manière. En pensant l'extérieur et l'intérieur du bâtiment en unité, aussi appe-

lé *approche systémique*, on crée un système intégré de climatisation passive qui permet une réduction considérable de la consommation d'énergie pour la climatisation intérieure, si ce n'est la complète indépendance vis-à-vis d'une climatisation électrique.

IV. Améliorer l'albédo des constructions

D'autres changements peuvent être adoptés au niveau des revêtements des bâtiments. Deux paramètres sont ici à prendre en compte :

- **L'albédo** d'un matériau, qui est sa capacité à réfléchir le rayonnement solaire. Représenté sur une échelle de 0 à 1, un albédo élevé va réfléchir une plus grande proportion de rayons solaires, ce qui permet de maintenir des températures de surface comparativement moins élevées. Si un effet résiduel peut être observé au niveau de la température de l'air, l'autre avantage des matériaux à albédo élevé est d'éviter le réchauffement des intérieurs lorsqu'ils sont installés sur des bâtiments.
- **L'émissivité** d'un matériau, qui désigne la capacité d'un matériau à irradier la chaleur par rayonnement, et donc sa capacité à stocker, ou ne pas stocker, cette chaleur. L'émissivité est également représentée sur une échelle de 0 à 1. Plus l'émissivité d'un matériau est élevée, plus il va irradier sa chaleur rapidement, tandis qu'un matériau à émissivité faible est un meilleur isolant thermique car il stockera davantage la chaleur.



Les toits de l'architecture haussmannienne, recouverts de zinc, d'ardoise ou de vert-de-gris, favorisent, malgré leurs qualités esthétique et patrimoniale, le réchauffement des pièces situées en-dessous des toits

En matière de revêtement, les matériaux à privilégier sont ceux possédant à la fois un albédo élevé et une émissivité élevée. Ces caractéristiques leur permettent de n'emmagasiner que de faibles quantités de chaleur. Ainsi, ils ne participent pas à diffuser de chaleur à l'intérieur des bâtiments.

Les matériaux possèdent différents degrés de réflectivité, et conformément à ce qui a été expliqué précédemment, il faut veiller à ce que ces matériaux soient bien adaptés à leur environnement pour éviter les risques d'éblouissement.

Les revêtements hautement réfléchissants, tels que les membranes réfléchissantes et les enduits réfléchissants (peintures et huiles blanches) sont à installer uniquement sur les toitures. L'albédo de ces matériaux est supérieur à 0,65, et leur émissivité, supérieure à 85%. Ces caractéristiques permettent au revêtement d'irradier près de 75% de l'énergie solaire reçue au lieu de la stocker, ce qui se traduit par une réduction de la consomma-

tion énergétique en climatisation pouvant aller de 15% à 46% (SEforALL, 2018). Les *cool roofs* ainsi obtenus représentent une solution relativement rapide, efficace et peu chère à déployer. Cependant, il faut veiller à ne pas les installer sur les toitures des plus petits bâtiments, ni sur les toits en pente, afin de ne pas gêner le confort visuel des habitants et usagers des immeubles plus élevés. Ceux-ci pourraient être incommodés depuis leurs fenêtres. Hormis ces deux cas de figure, ces revêtements ne créeront aucun inconfort visuel, ni d'imperméabilisation dommageable dans la lutte contre les fortes chaleurs.

Des revêtements à albédo moyennement élevés pourront être installés sur les façades, ainsi que certains revêtements composés de pigments de couleurs réfléchissant un haut taux de rayonnement infrarouge, tout en sauvegardant le confort visuel des personnes aux alentours du bâtiment. Les façades claires sont particulièrement utiles sur les faces est et ouest des bâtiments, là où le soleil frappe le plus en été.

Cependant, malgré leur potentiel en termes de réduction des consommations d'énergie des bâtiments, l'utilisation de ces matériaux hautement réfléchissants est sujet à débat. Au-delà de la question du confort des usagers de la route et des espaces publics, le recours à ces matériaux peut être bloqué par l'ANABF, en raison de leur non-conformité avec le patrimoine bâti d'une ville. Si l'ANABF a pu faire évoluer ses évaluations pour notamment prendre en compte la question du changement climatique, l'usage de ces revêtements est encore souvent bloqué. De plus, favoriser des revêtements de façade clairs n'est pas forcément intuitif pour les copropriétaires : ces couleurs se salissent rapidement, notamment à cause du trafic routier, et nécessitent un entretien plus régulier. C'est la raison pour laquelle les copropriétés sont tentées d'adopter des revêtements plus sombres, alors même qu'ils sont un frein important dans le bien-être estival à l'intérieur des logements. Enfin, les matériaux hautement réfléchissants posent la question du bilan carbone inhérent à leur fabrication, plus élevé que celui des matériaux de construction conventionnels.

V. Aller vers une meilleure isolation et inertie thermique des bâtiments

Utiliser des matériaux à forte inertie thermique et des matériaux isolants est un prérequis essentiel pour réduire les consommations d'énergie, aussi bien en été qu'en hiver. Ces deux propriétés ont chacune leurs intérêts pour rendre supportable les intérieurs en période de fortes chaleurs, sans utiliser de climatiseurs.

- L'inertie thermique est la capacité d'un matériau à emmagasiner la chaleur, et à la restituer sur un temps plus grand. Elle permet de décaler de plusieurs heures le moment où le matériau va restituer sa chaleur et réchauffer l'habitat. L'inertie décale, sans atténuer, les pics de température, faisant qu'en été, la chaleur stockée sera restituée pendant la nuit, lorsque les températures extérieures auront baissé. Plus un matériau est lourd et compact, meilleure est son inertie thermique. Ainsi, les matériaux à forte inertie thermique sont la pierre, la terre, le béton et la brique.
- L'isolation, ou résistance thermique, désigne la résistance d'un matériau aux flux de chaleur (produit par un déséquilibre entre les températures intérieure et extérieure) tentant de le traverser. Elle permet d'atténuer la surchauffe de l'intérieur du bâtiment : la fraîcheur reste à l'intérieur en été, et la chaleur du chauffage en hiver, en réduisant au maximum les échanges thermiques avec l'extérieur. L'isolation peut se faire à l'intérieur des bâtiments, et à l'extérieur, sur les façades.

Il faut noter que favoriser l'isolation et l'inertie thermique sans agir au préalable sur l'aménagement extérieur ne représente pas une solution valable aux ICU : dans un contexte où les températures ne baissent pas la nuit, une fois les températures intérieures atteignant celles mesurées à l'extérieur, tous les systèmes fonctionnant sur le déstockage de la chaleur dans le temps deviennent caduques. Il est donc nécessaire, dans un premier lieu, de réduire les ICU.

Dans le cadre de l'adaptation des constructions aux vagues de chaleur, il est également important de réhabiliter l'isolation par l'extérieur, qui permet de conserver l'inertie des murs, et leur capacité à restituer la chaleur stockée en différé (tandis qu'isoler

seulement en intérieur coupe l'inertie des murs, situés à l'extérieur de l'isolation). Ainsi, l'isolation extérieure permet de cumuler les bénéfices de l'isolation et de l'inertie thermique. L'isolation extérieure permet en outre de préserver la surface habitable des bâtiments, puisqu'elle s'installe en façades extérieures. On distingue l'isolation avec enduit, l'isolation avec bardage, et la création de double murs.

Zoom sur : les matériaux isolants et leurs caractéristiques (Construction21)

Les matériaux isolants utilisés pour l'intérieur sont classés en trois familles :

Les isolants en laine minérale (laine de verre ou de roche) : ces isolants ont un bon rapport performance-prix, mais ayant une faible inertie thermique, ils ne garantissent pas un bon confort d'été car la chaleur est retenue moins longtemps par le matériau. De plus, leur production implique une énergie grise importante, et sont faiblement recyclables.

Les isolants synthétiques (polystyrène, polyuréthane, dérivés de la pétrochimie) : peu coûteux et performant pour retenir la chaleur l'hiver, leur inertie thermique très faible fait que ce type d'isolant est à éviter dans le cadre de l'adaptation des bâtiments au réchauffement climatique. De plus, il est à noter que les isolants synthétiques, dérivés du pétrole, ont un bilan écologique très défavorable, rendant le recours à ce type d'isolant encore plus caduque.

Les isolants biosourcés (en laine végétale : liège, chanvre, laine de bois ; en laine animale : plumes de canard, laine de mouton ; ou issu de matériaux recyclés : ouate de cellulose, textile recyclé) : ces types d'isolants sont les plus prometteurs pour adapter les constructions à la problématique des vagues de chaleur : stockant relativement bien la chaleur, ils offrent de bonnes performances en termes de confort estival. De plus, leur bilan écologique est très favorable. Si le prix des isolants biosourcés en laine végétale ou animale est plus élevé que pour les autres types d'isolants, les produits issus du recyclage, et particulièrement la ouate de cellulose, ne sont pas fondamentalement plus chers. Ce dernier matériau procure le meilleur rapport entre performance estivale, prix, et bilan environnemental.



ADAPTER LES COMPORTEMENTS EN VILLE

Il y a une nécessité de réapprendre certains gestes simples qui ont fait leurs preuves en période estivale. En effet, certains gestes ne font pas partie du quotidien de nombreux citadins. Ceux-ci sont pourtant indispensables à l'amélioration du confort thermique des personnes en période de fortes chaleurs. Il y a donc un véritable travail de sensibilisation et d'adaptation à faire, autant chez les acteurs de la société civile qu'au sein des instances de décisions.

I. L'adoption de nouveaux comportements individuels

Au niveau individuel, certaines pratiques peuvent être mises en œuvre pour améliorer le confort thermique des usagers en période de fortes chaleurs. Certaines pratiques relèvent d'une simple adaptation des habitudes de vie, tandis que d'autres impliquent l'évolution des normes sociales actuelles. Par exemple, au sujet de la tenue vestimentaire, porter des couvre-chefs pour le travail extérieur ou des matières adéquates pour bien protéger le corps n'impliquent pas de bouleversement majeur des

habitudes. Ces changements vestimentaires, s'ils peuvent paraître bénins, font une véritable différence lors des périodes de fortes chaleurs. Un autre exemple consiste en l'aération du domicile, en début et en fin de journée. Cette habitude aide à combattre la chaleur dans les logements en aérant les pièces aux périodes les plus propices, et en sauvegardant la fraîcheur gagnée en fermant les volets pendant la journée. Si cette technique est pratiquée depuis des siècles dans les pays chauds par nécessité, la facilité de la climatisation a pu faire oublier qu'une régulation thermique des domiciles est possible, uniquement en gérant les temps d'aération et de protection par des volets.

Zoom sur : comment la climatisation est arrivée au Moyen-Orient (Foruzanmehr et Vellinga, 2011 ; International Energy Agency, 2013)

L'architecture vernaculaire du Moyen-Orient connaît des systèmes intégrés de rafraîchissement depuis plusieurs milliers d'années. Le paroxysme de cette technique se trouve dans les maisons construites entre le 18^{ème} et le 19^{ème} siècles. Équipées d'attrapes-vents, de cours intérieures, de vérandas, de chambres saisonnalisées et d'un sous-sol habitable, elles permettaient de vivre confortablement tout l'été. Parmi celles qui existent encore aujourd'hui, la grande majorité ont été équipées, à l'excès, de ventilateurs et de systèmes de climatisation. Cette évolution s'explique par des bouleversements techniques, mais aussi sociaux. Technique car l'installation d'une climatisation permet l'utilisation de toutes les chambres de la maison à chaque moment de la journée, et social parce qu'il n'est plus acceptable de passer les journées les plus chaudes au sous-sol, seul endroit de la maison toujours frais jusqu'alors. Cet exemple montre qu'il est important de comprendre l'origine des comportements actuels pour pouvoir agir dessus. En appliquant ceci aux changements comportementaux nécessaires dans les grandes villes occidentales, il devient évident qu'il est insuffisant de penser les solutions d'une manière purement technique. Il faut plutôt travailler avec les habitants afin d'offrir des solutions acceptables qui incitent à utiliser le moins possible la climatisation.



L'architecture des villes du sud de l'Europe intègre systématiquement des volets extérieurs aux fenêtres, comme ici, en Italie

De manière générale, un travail individuel d'acceptation et d'adaptation est nécessaire pour changer nos comportements face aux vagues de chaleur. Cela passe inéluctablement par un changement de perspective, comme le fait de revoir nos critères esthétiques pour accepter que la nature reprenne un peu de ses droits dans des endroits où l'on jugeait qu'elle n'avait pas sa place. Par exemple, ce travail de changement de perspective peut être nécessaire pour rendre acceptables certains types de revêtement qui intègrent des mousses ou des plantes entre les pavés. Ce travail requiert également une modification de nos comportements et un réapprentissage des *bons comportements* : par exemple, arrêter la climatisation et aérer les domiciles pendant la matinée.

II. Changer les comportements institutionnels vers davantage de communication et de participation

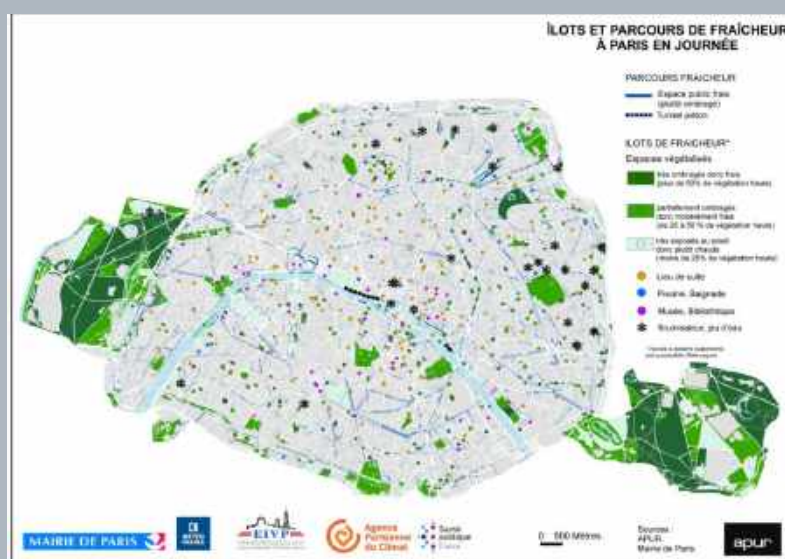
Le rôle joué par les institutions est également primordial dans la promotion des initiatives luttant contre les ICU. Face à la certitude actuelle que les modes de vie doivent changer en raison du changement climatique, un travail d'accompagnement des populations lors des pics de chaleur, ainsi que de sensibilisation aux modes de vie qui seront les nôtres à moyen terme, est rendu nécessaire.

A. Informer sur les îlots de chaleur et les lieux de fraîcheur

Les cartes de chaleur peuvent informer les populations de la localisation des ICU et des sources de chaleur. Des exemples existent dans de nombreuses grandes villes comme New York ou Paris. Elles peuvent également afficher les espaces rafraîchis mis en place par la ville. Les cartes peuvent donc guider les comportements individuels pendant les pics de chaleur, et ainsi augmenter la connaissance et la compréhension de la chaleur dans la ville. D'autres dispositifs, tels que les panneaux signalétiques ou les applications mobiles peuvent permettre d'informer les habitants des stratégies anti-chaleur mises en place.

Les plans d'action gouvernementaux peuvent également promouvoir des stratégies à long terme pour protéger les citoyens vulnérables. L'exemple de la ville d'Ahmedabad, en Inde, qui cartographie les zones avec un haut pourcentage de personnes vulnérables pour mieux cibler les campagnes de sensibilisation lors des canicules peut être pris. Ainsi, des annonces médiatiques à code couleur et des avertissements par SMS ont été mis en place. De plus, des assistants sociaux se rendent sur place pour aider et informer les habitants, ainsi que pour distribuer des kits anti-chaleur. Depuis la mise en place de ce plan d'action, la ville d'Ahmedabad a moins de morts liés à la chaleur chaque année que le reste de l'Inde, ce qui indique son succès.

Zoom sur : le projet Extrema Paris



© Apur, Ville de Paris

A Paris, l'application numérique extrema, gratuite, indique les précautions à prendre en cas de fortes chaleurs ainsi que les îlots de fraîcheur les plus proches. 922 points de fraîcheur sont recensés à Paris seule, et l'application peut calculer des itinéraires en fonction de leur confort thermique. Extrema permet également de personnaliser son profil selon l'âge, le sexe, ou encore la santé de l'utilisateur. Au delà de l'information ciblée des populations vulnérables, les informations indiquées permettent aux pouvoirs publics de mieux comprendre les besoins de la population en période de canicule.

B. Venir en aide aux personnes vulnérables en période de canicules

Dans les grandes villes, beaucoup de logements sont relativement petits et inconfortables, et il n'est matériellement et financièrement pas possible de tout rénover à court terme. Il faut donc permettre aux usagers de trouver des espaces de rafraîchissement en mettant en place des outils pour en faciliter l'accès. Une attention particulière doit être portée aux populations vulnérables, qu'il s'agisse des personnes âgées, à faibles revenus ou sans domicile fixe.

Pour faire face à cet enjeu, il existe des lieux et des infrastructures pouvant faire office de centres de rafraîchissement l'été, comme les piscines, les bibliothèques, les églises, ou même les écoles, dans lesquels les popula-

tions vulnérables peuvent aller gratuitement pendant les pics de chaleur pour y chercher un refuge. Ces centres fournissent un espace protégé, et parfois aussi des mesures additionnelles comme de l'eau, des pains de glace, de l'aide médicale et des services sociaux. Ces espaces sont facilement réversibles et n'exigent donc ni un investissement important, ni un changement dans l'organisation de l'espace, ce qui facilite leur mise en place. Une ouverture tardive des parcs et jardins, voire leur non fermeture, permet également aux usagers de se rafraîchir.

Une autre manière d'accompagner les personnes vulnérables en période de fortes chaleur est la communication, à la fois sur les risques liés aux chaleurs extrêmes, ainsi que sur les bons gestes à adopter pour y faire face, comme cela sera étudié dans la prochaine partie.



Pour l'été 2020, la Ville de Grenoble va commencer à distribuer des «éventails de sensibilisation» à sa population afin de sensibiliser les citoyens grenoblois aux conduites à adopter lors des vagues de chaleur. © Ville de Grenoble

Zoom sur : les réseaux de bénévoles parisiens

A Paris, différents réseaux de bénévoles ont été mis sur pied par la ville afin de faire des citoyens volontaires des ambassadeurs sur certaines thématiques, comme le lien social ou le changement climatique. En matière d'aide en période de fortes chaleurs, plusieurs exemples peuvent être recensés. Le réseau Paris en Compagnie permet aux volontaires de venir en aide à 174 000 parisiens âgés et isolés. Le dispositif des Volontaires du Climat déploie plus de 20 000 volontaires afin de sensibiliser les populations sur les enjeux relatifs au changement climatique, avec en première ligne, la problématique des fortes chaleurs. Enfin, les Volontaires de Paris est un réseau expérimental de volontaires formés à différents enjeux, tels que les gestes qui sauvent, la lutte contre l'exclusion, ou contre le réchauffement climatique, et qui a vocation à se généraliser au reste de la ville par la suite. Par des engagements ponctuels via une application ou par téléphone avec un temps maximum d'intervention de 4 heures, les bénévoles informent les utilisateurs sur les services proposés par la ville, accompagnent les seniors souhaitant se rendre dans les salles rafraîchies, proposent des activités, ou sont tout simplement présents pendant les temps d'ouverture des salles rafraîchies, organisant des formations aux bons gestes à adopter.

C. Mettre en place davantage de dispositifs participatifs pour mieux cibler les besoins citoyens

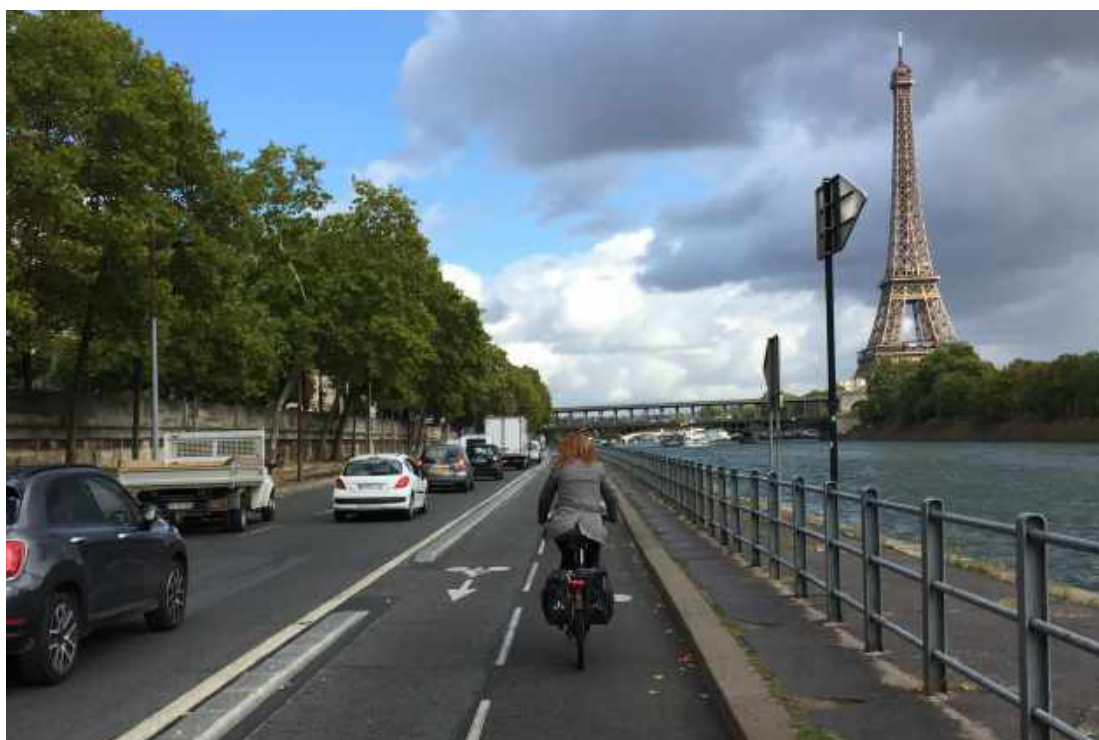
L'implication de la société civile est indispensable dans la construction d'un projet visant à lutter contre les ICU. Globalement, trois moyens peuvent être retenus dans les mécanismes de participation :

- L'information : informer en amont les habitants des projets en réflexion afin d'identifier les enjeux de terrain, et une fois que le projet est lancé, d'en expliquer le déroulement. Les réunions publiques ou les balades urbaines sont des exemples de dispositifs visant à informer la population.
- La consultation : soit numérique, par un système de communication, soit par l'organisation d'ateliers, etc. Elle permet aux décideurs de récolter les avis sur les projets qu'ils peuvent ensuite choisir d'intégrer, ou non.
- La co-construction : présenter une idée ou un projet, et l'adapter en fonction des retours, par itération. Si des dispositifs d'implication citoyenne sont présents aujourd'hui dans les opérations d'aménagement, les processus de co-construction restent encore marginaux. Bien qu'il s'agisse d'un modèle émergent, le lien entre les porteurs de projet et les citoyens est encore peu développé. Un travail d'observation, de rencontres et de discussion avec les citoyens permettrait d'impliquer le citoyen avant la livraison d'un projet. Ceci est primordial pour travailler sur les questions d'acceptabilité des solutions avec les acteurs concernés, et ainsi aboutir à un résultat concluant.

Afin de lever les questions d'acceptabilité sur de nombreux aspects culturels qui influencent notre conception de la vie en ville, ces dispositifs de participation citoyenne peuvent être une façon d'ouvrir le débat sur les conditions d'adaptation à la chaleur. Pour prendre l'exemple de la mobilité, réimaginer les transports dans les villes en favorisant le développement de transports en commun et de modes de déplacements plus doux, comme le vélo, permettrait de réduire les rejets de chaleur et par conséquent, l'importance des sources de chaleur. Cependant, des oppositions sont entendues au sein de la société civile et de certains acteurs prenant part à la gouvernance de la ville. Pourtant, la construction et la conversion des axes de

transport pour favoriser une mobilité plus douce a été réalisée avec succès dans certaines villes et pays, notamment aux Pays-Bas où environ 25% des voyages au niveau national sont faits à vélo à la suite des initiatives gouvernementales débutées lors des années 1970 (Jonkeren, Kager, Harms, Brömmelstroet, 2019).

Faire la démarche d'essayer de comprendre ce qui dérange, en réunissant tous les acteurs à une même table, peut alors permettre d'arriver à des compromis bien au-delà des résultats espérés, et de poser les bases vitales de projets de lutte contre les ICU.



Une piste cyclable longeant la Seine, à Paris



Partie 2

ÉTUDES DE

CAS

Comment les villes étudiées
actionnent ces leviers ?



1. PRÉSENTATION DES CAS D'ÉTUDE

La présentation des cas d'études suit un format de carte d'identité. Pour chaque ville, elle met en avant un descriptif de leurs caractéristiques urbaines, de leur prise en compte des enjeux d'adaptation ainsi que de leurs politiques publiques mises en place contre les ICU.

VILLE DE PARIS

- Nombre d'habitants : 2,2 millions
- Région : Île-de-France
- Statut : Collectivité territoriale à statut particulier



Climat

- Climat qualifié d'océanique altéré, puisque les précipitations à Paris sont moins abondantes que par rapport au climat océanique. De plus, les écarts annuels de températures sont plus prononcés.
- Sensibilité aux vents d'est, provenant du continent Européen, et aux vents du Sud, provenant d'Afrique.
- Existence de brises thermiques : lorsque le vent est faible ou nul, ces brises aèrent certains secteurs de Paris (notamment ceux en hauteur). Certains quartiers, plus enclavés, n'en bénéficient pas.
- Présence de la Seine : rôle de régulateur thermique de petite échelle du fait de la relative constance de sa température (plus chaude que l'air en hiver, plus froide que l'air en été). Elle permet de faire baisser la densité de la ville.

Morphologie urbaine

- Ville très dense (21 067 habitants par km²) et minérale, caractérisée par la complexité de ses formes urbaines: quartiers haussmanniens, faubourgiens, opérations de type *plan libre*, etc.
- Nombreuses rues étroites de moins de 12 m de largeur, qui protègent l'espace public du rayonnement solaire grâce aux ombres portées des bâtiments, mais qui ne permettent pas une évacuation efficace de la chaleur pendant les nuits d'été.
- Egalement de nombreuses larges voies, places, lieux touristiques, plus exposés et ne disposant pas toujours d'arbres d'alignement.
- Présence historique d'un réseau d'Eau Non Potable (ENP), rénové, et utilisé pour l'arrosage de la ville.

Vulnérabilités

- Le climat parisien est en moyenne plus chaud d'environ 2,5 °C par rapport aux zones rurales périphériques en raison de sa densité. En période de canicules, les températures de Paris étaient plus chaudes de 8 °C par rapport à des villes d'Île-de-France comme Melun, et jusqu'à 12 °C la nuit.
- Augmentation future des températures moyennes quotidiennes de l'ordre de 2 à 4 °C, forte augmentation du nombre d'épisodes caniculaires, passant de 10 à 20 jours par an, au lieu d'un jour par an en moyenne actuellement.
- Les périodes de dépression et d'anticyclone ont tendance à s'installer sur des périodes plus longues qu'avant, accroissant ainsi le risque de période de sécheresse, de vagues de fortes chaleurs, ou au contraire, de pluies.
- Pollution de l'air : 70% des parisiens exposés à un air de mauvaise qualité. En 2017, près d'un parisien sur deux est exposé à des niveaux moyens de dioxyde d'azote dépassant les 40 µg/m³, bien au-delà de la limite fixée par la Commission Européenne (20 µg/m³). Ce gaz, très toxique, émane principalement du trafic routier.

Histoire et organisation politique du territoire

- 1er janvier 2019 : fusion de la commune de Paris et du département de Paris pour devenir la Ville de Paris. Paris devient une collectivité territoriale à statut particulier.
- 1er janvier 2016 : entrée en fonction de la Métropole du Grand Paris (MGP). Paris est désormais l'un des 12 établissements public territorial (EPT) qui compose la MGP, qui regroupe 131 communes sur 814 km², soit 7 millions d'habitants.
- Reste compétente pour l'élaboration de son PLU et de son Plan Climat air énergie. Ils doivent être compatibles avec le Plan Climat air énergie territorial métropolitain, et le SCoT de la MGP.

Comment la thématique du rafraîchissement en ville a-t-elle émergée ?

Le rafraîchissement de Paris est une préoccupation ancienne : sous Napoléon III, le baron Haussmann a réalisé d'importantes percées qui visaient à fluidifier les déplacements dans la capitale, mais aussi à faire circuler l'air dans une ville au tissu urbain très dense. Ces grandes artères, comme le boulevard de Sébastopol pour l'axe nord-sud et la rue de Rivoli pour l'axe est-ouest, continuent encore aujourd'hui à favoriser l'entrée des vents dans Paris.

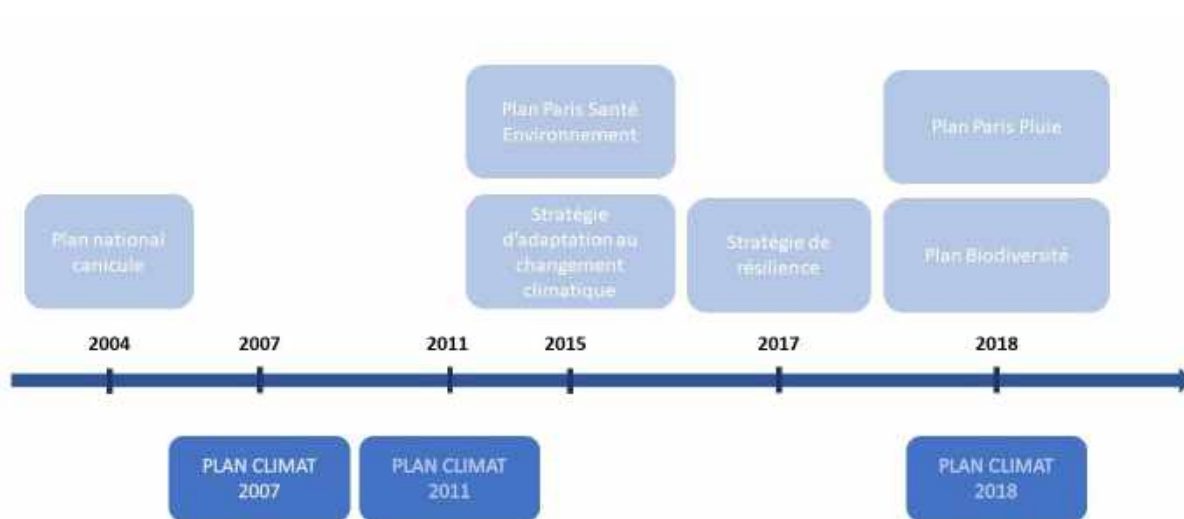
Ces dernières décennies, la question du rafraîchissement de la ville s'est d'abord posée dans le champ de la recherche, à travers l'étude du phénomène d'ICU, avant qu'elle ne commence également à basculer dans le giron de l'urbanisme et des politiques publiques. Les premières vagues de canicule survenues lors des dernières mandatures, et notamment celles de 2003 et 2006, ont contribué pour beaucoup à l'émergence de cette thématique dans le champ politique. Dès cette période, la question des vagues de chaleur a été pensée en interaction avec les problématiques de santé des parisiens, et plus particulièrement des personnes vulnérables. L'urgence croissante de la situation a donc joué comme un important accélérateur dans la mise à l'agenda de la chaleur en ville à Paris. Le phénomène d'ICU gagne en visibilité, et la nécessité d'adapter Paris à son futur climat commence à faire son chemin.

Pour lutter contre ce phénomène des ICU, il a d'abord fallu connaître son ampleur à Paris, et les vulnérabilités de la ville. L'adoption du premier Plan Climat de Paris, en 2007, marque le lancement d'une série de travaux autour de la question de l'adaptation de Paris à l'augmentation des températures. En 2008, la Ville de Paris finance son premier programme de recherche, le projet EPICEA (Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne). Cette étude, menée par Météo France et le Centre Scientifique Technique du Bâtiment (CSTB) en partenariat avec l'Apur, avait pour objectif d'étudier les vulnérabilités de l'agglomération parisienne au changement climatique à l'horizon 2030. Les résultats du projet EPICEA sont publiés en 2012, à l'occasion de la réalisation du second Plan Climat de Paris. Par la suite, l'Apur a prolongé la réflexion avec cinq différents cahiers d'études des ICU à Paris. Ces cahiers permettent d'améliorer la connaissance de certains paramètres jouant sur le confort thermique des parisiens (brises thermiques, simulations thermiques, etc.) et les choix en matière d'aménagement qui devraient être préconisés (types de revêtement, méthodes de conception des projets urbains).

Cette phase de diagnostic a ensuite permis à la mairie de Paris de définir ses orientations politiques, qui se sont traduites à travers différents plans et stratégies. Ces documents permettent de mobiliser la ville et tous les acteurs parisiens dans la lutte contre les fortes chaleurs, mais également d'adresser cette thématique de manière transversale, en la liant, par exemple, à la thématique de la santé (Plan Paris Santé Environnement en 2015), ou de la biodiversité (Plan Biodiversité 2018).

Dans quels documents l'enjeu de l'adaptation aux fortes chaleurs se matérialise-t-il?

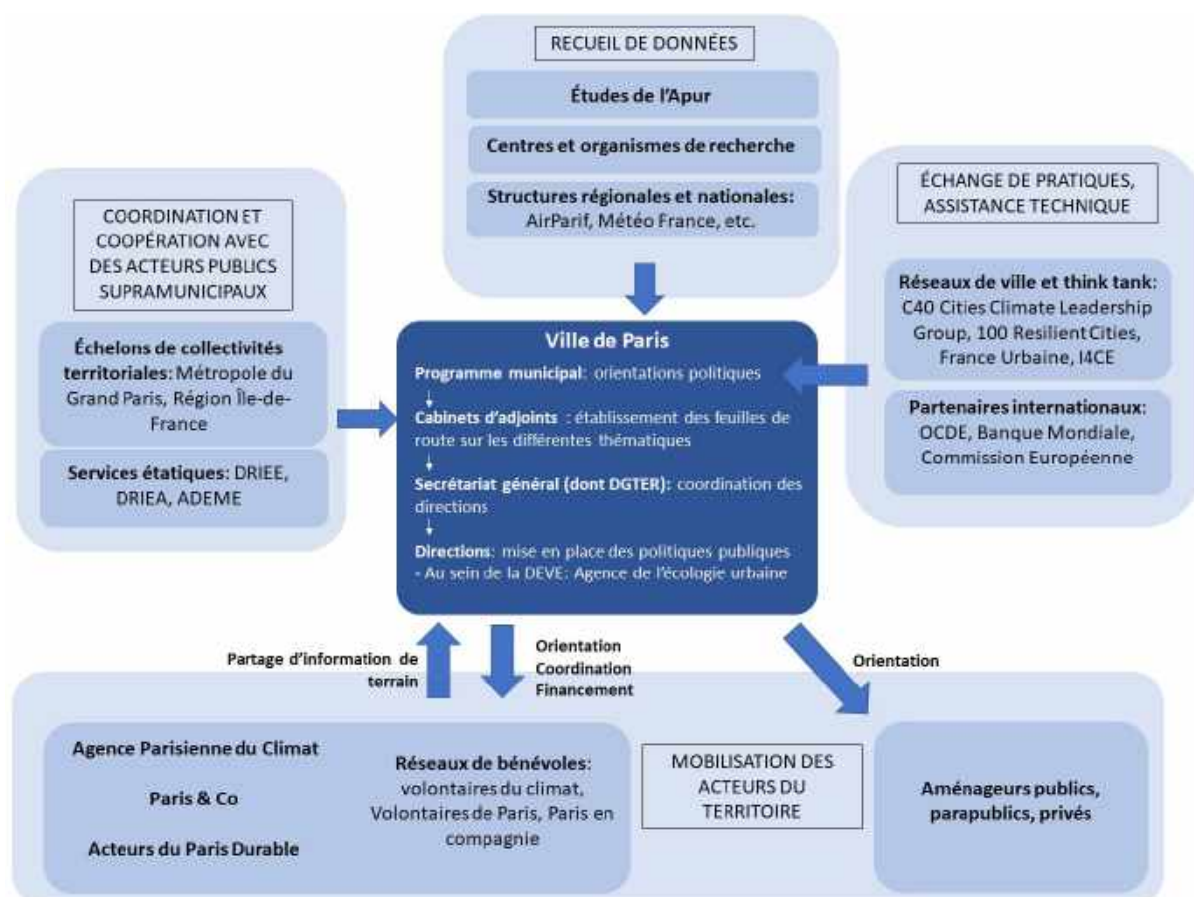
Paris a été une ville pionnière sur la thématique de l'adaptation climatique et aux fortes chaleurs. Si la réalisation d'un Plan Climat est obligatoire pour tous les EPCI de plus de 50 000 habitants depuis 2012, puis pour tous les EPCI de plus de 20 000 habitants en 2018, le premier Plan Climat de Paris voit le jour dès 2007. Actualisé en 2012 puis en 2018, les objectifs fixés sont de plus en plus ambitieux : d'une part, en matière d'atténuation, avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), des consommations énergétiques de Paris, et l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation, dans l'objectif de faire de Paris une ville neutre en carbone d'ici 2050. D'autre part, en matière d'adaptation, se développe un éventail de plus en plus fourni de projets visant à rendre la ville plus vivable en période de fortes chaleurs, projets qui seront présentés par la suite. Ce dernier enjeu se retrouve également dans d'autres documents stratégiques réalisés par la Ville de Paris, confirmant le caractère transversal de la thématique.



Les Plans Climats et documents d'orientation stratégique pris par la Ville de Paris

Le Plan Climat de Paris doit prendre en compte les orientations d'autres documents stratégiques réalisés par les collectivités territoriales supra-municipales dont Paris fait partie. Il doit être compatible avec le Plan Climat, air, énergie métropolitain (PCAEM) de la MGP, ainsi qu'avec le Schéma régional climat air énergie (SRCAE) de l'Île-de-France, intégré depuis la loi NOTRE dans son Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).

Quels sont les acteurs intervenant dans les politiques d'adaptation aux fortes chaleurs?



Le réseau d'acteurs parisien mobilisé sur la thématique de l'adaptation aux fortes chaleurs

DGTER : la Direction Générale à la Transition Ecologique et à la Résilience, au sein du Secrétariat Général de la Ville de Paris, s'assure de la coordination des différentes directions de la ville. Elle s'assure de la bonne prise en compte des objectifs des documents relatifs à la résilience dans les politiques publiques. La DGTER dirige également le module sur la résilience, visant à acculturer les agents de la Ville de Paris aux enjeux liés à la résilience.

Agence de l'écologie urbaine : au sein de la Direction des Espaces verts et de l'Environnement (DEVE), l'Agence de l'écologie urbaine est l'acteur public qui réalise le volet stratégique de l'adaptation au changement climatique de la Ville de Paris. Elle s'occupe de toutes les questions liées à l'environnement, au climat, à la mobilisation et à l'empowerment des citoyens. Elle réalise également le bilan carbone de la Ville de Paris.

Agence Parisienne du climat : l'Agence Parisienne du climat est une association créée en 2011, à la suite de la phase de concertation du Plan Climat de Paris en 2007. Elle représente la structure opérationnelle de référence sur les sujets climat-énergie : elle accompagne la ville dans la mise en œuvre de son Plan Climat, notamment à travers la charte Paris Action Climat, qui vise à mobiliser les acteurs du territoire dans la transition énergétique. D'autre part, elle informe, conseille et accompagne les parisiens dans la réduction de leurs consommations d'énergie.

Apur : l'Atelier Parisien d'Urbanisme est une association créée en 1967, avec pour mission d'accompagner les politiques d'aménagement de Paris. L'Apur produit des connaissances sur son territoire, et réalise des études prospectives sur les évolutions (urbaines, sociétales, climatiques, etc.) du territoire utiles à l'ensemble de son réseau de 27 partenaires.

Paris&Co : Paris&Co est l'agence de développement économique et d'innovation de Paris et de la MGP créée en 2015. L'agence héberge plusieurs incubateurs, dont l'UrbanLab, qui favorise l'expérimentation urbaine en accompagnant les projets lauréats (provenant de startups, de collectivités territoriales ou d'associations) à ses appels à expérimentations. Ces projets ont pour vocation à être testés, puis évalués, et permettent d'inspirer les décideurs de la ville.

Acteurs du Paris Durable : les Acteurs du Paris durable est un dispositif créé par la Ville de Paris et l'Agence de l'écologie urbaine, afin mettre en réseau, et de rendre plus visible, les acteurs participant à la transition écologique de la ville. La communauté d'acteurs (collectifs d'habitants, associations, professionnels, particuliers, etc.) est mise en réseau à la fois par newsletter, et au sein d'un lieu événementiel, la Maison des Acteurs du Paris durable (MAPD), dédiée à l'organisation de conférences et de moments d'échanges pour les parisiens.

Paris en compagnie, les Volontaires du Climat, les Volontaires de Paris : ces réseaux de bénévoles, décrits dans la prochaine section, visent à mobiliser les citoyens dans la lutte contre le changement climatique.

Airparif : Airparif est un organisme agréé par le Ministère de l'Environnement qui vise à surveiller la qualité de l'air en Île-de-France. Ils participent à l'élaboration du bilan carbone de la Ville de Paris, lui fournissent des données concernant la qualité de l'air, et réalisent des modélisations.

Quelles solutions d'adaptation la Ville de Paris a-t-elle éprouvées sur le terrain?

Les politiques publiques parisiennes d'adaptation aux fortes chaleurs se déploient dans six volets différents : l'aménagement de l'espace public, la construction et la rénovation, la révision des documents réglementaires, la mobilisation des acteurs économiques du territoire, la sensibilisation et formation des parisiens, et la promotion de la solidarité sur son territoire.

AMÉNAGER DIFFÉREMENT L'ESPACE PUBLIC

- **Développement des îlots de fraîcheur** : les îlots de fraîcheur sont des espaces, extérieurs ou intérieurs, présentant des températures relativement plus fraîches du fait de la présence d'ombre, de végétaux, ou encore de climatisation. En 2019, 922 îlots de fraîcheur étaient recensés, qu'il s'agisse de parcs, de musées, de salles rafraichies, ou d'espace à proximité d'eau. En 2020, de nouveaux îlots de fraîcheur seront rendus accessibles.
- **Création des cours Oasis** : les cours Oasis visent à ouvrir de potentiels îlots de fraîcheur. Cofinancé par le Fond Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre de l'appel à projet Actions Innovatrices Urbaines, il s'agit de 760 cours de récréation et équipements publics qui vont être réaménagés pour favoriser des températures plus fraîches (végétation, revêtements perméables, meilleure gestion des eaux, etc.) et ouverts au public. Fin 2019, 31 cours étaient aménagées, selon un processus de co-construction avec les acteurs du quartiers (directeurs d'école, commerçants, habitants, voire enfants).
- **Analyse des carences en îlot de fraîcheur** : depuis 2019, sont répertoriés les espaces publics les plus sujets aux effets d'ICU. Par suite de ce travail, un plan pour développer l'ombre à Paris devrait être proposé en 2020. Ce plan étudiera notamment le recours aux ombrières artificielles (toiles tendues, ombrières en bois, photovoltaïques, etc.).
- **Réaménagement de certaines voies** : certaines voies devraient être piétonisées et/ou rendues cyclables. De plus, depuis 2014, 11 rues végétales ont été ouvertes : ces espaces, adaptés au changement climatique, ont pour vocation à être des espaces de proximité, conçus par les habitants. Ces expérimentations ont aussi pour objectif de développer un modèle d'aménagement des espaces publics.
- **Tests de matériaux de surface présentant de meilleures performances thermiques et sonores** : en 2018, le projet LIFE Cool & Low Noise Asphalt, cofinancé par l'Union Européenne, permet d'expérimenter 3 prototypes de revêtements routiers de qualités phoniques et thermiques améliorées dans les 15e et 8e arrondissements. Le programme permet d'adresser à la fois la problématique des ICU et celle de la pollution sonore, qui sont deux problèmes auxquels les parisiens sont fortement exposés. Les trois revêtements sélectionnés, constitués de granulats clairs et poreux, seront évalués jusqu'en 2027.
- **Accentuation de l'effort de végétalisation** : ouverture de plus de 30 hectares d'espaces verts et plantation de 20 000 arbres entre 2014 et 2020. Plus récemment, la Ville de Paris a planté des *forêts urbaines*, notamment place de l'Opéra Garnier.

- **Campagne de débitumage** : identification de parcelles et trottoirs pouvant être débitumés. Cette campagne s'accompagne de l'octroi de « permis de végétaliser » aux parisiens souhaitant planter et entretenir des parcelles débitumées par la Ville.
- **Promotion de la place, et du rôle, de l'eau dans la ville** :
 - Aménagement de 50 nouvelles zones humides d'ici 2030 : parmi ces zones, certains bassins d'ornements pourront être utilisés comme pataugeoires, des lieux de baignages naturelles dans vont être ouvert d'ici 2025, et des fontaines ornementales vont être raccordées au réseau d'eau non potable, puis remises en services.
 - Renforcement des dispositifs de rafraîchissement par l'eau dans l'espace public : rénovation et installation de 1 200 fontaines à boire, 48 brumisateurs, et 36 prototypes de fontaines 2 en 1 (boisson et aspersion) raccordés aux bornes incendies.
 - Diversification des usages du réseau d'eau non potable : l'utilisation du réseau pour l'arrosage des chaussées, trottoirs et places, a déjà été expérimenté. Une réutilisation de ce réseau à des fins d'arrosage et de rafraîchissement au sein des copropriétés et chez les bailleurs raccordés, est également étudiée.

CONSTRUIRE, ET RÉNOVER, DE MANIÈRE PLUS RÉSILIENTE

- **Réalisation de projets d'aménagement urbain exemplaires en matière d'adaptation au changement climatique** : peuvent être cités la piétonisation des berges de la Seine, ainsi que le projet Saint-Vincent-de-Paul, qui vise à construire des bâtiments neutres en carbone, intégrant le confort d'été et le rafraîchissement des espaces par la végétalisation et la présence de l'eau sur 3,5 hectares à l'horizon 2020.
- **Intégration des enjeux liés aux fortes chaleurs pour les bâtiments déjà existants** :
 - Projets de renouvellement urbain : prise en compte systématique des risques liés au changement climatique et en particulier aux fortes chaleurs
 - Rénovations thermiques : ajout prochain d'un volet « confort d'été » concernant toutes les rénovations thermiques de bâtiments menées par la Ville de Paris, ou soumises à son autorisation.
- **Accompagnement à la rénovation énergétique** :
 - Dispositif Ecorénovons 2 : Ecorénovons est un programme d'accompagnement des copropriétés et des particuliers dans leurs rénovations bâtementaires, proposé par la Ville de Paris. Sélectionnés via un appel à candidature, les lauréats bénéficieront d'un accompagnement gratuit, renforcé, ainsi que d'aides financières. Cette nouvelle version évolue vers une plus grande prise en compte du confort d'été. Cet accompagnement est réalisé par l'Agence Parisienne du Climat.
 - Dispositif coach-copro : créé par l'Agence Parisienne du Climat, ce dispositif vise à simplifier la rénovation énergétique des particuliers et des professionnels en les redirigeant vers des ressources techniques, financières, et des professionnels. A travers une équipe de conseillers indépendants, le dispositif souhaite agir comme un tiers de confiance et encourager l'éco-rénovation thermique.

- **Réflexions autour du développement du réseau de froid de Paris** : le réseau de froid parisien voit son contrat de délégation de service public se terminer en 2021. Le développement de ce réseau, qui couvrait en 2017 environ 20% des consommations estimées des bâtiments tertiaires, est à l'étude, afin d'adapter ce service public à de nouveaux usages, et de nouveaux enjeux (urgence climatique, limitation de la climatisation individuelle, etc.).

INTÉGRER DES PRÉCONISATIONS CONTRAIGNANTES DANS LES DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES AFIN D'INFLÉCHIR LES RÈGLES DE CONSTRUCTION

- **Intégration de dispositions à caractère environnemental** : la Ville de Paris a modifié son PLU en 2016 afin de mieux traduire les objectifs du Plan Climat, Biodiversité ou Paris Pluie à travers des dispositions contraignantes ou incitatives :
 - Pleine terre : le ratio de pleine terre a été porté à 80 et 90% des surfaces d'espace libres selon les types de projets. Il était compris entre 60 et 70% depuis le PLU de 2006.
 - Végétalisation du bâti : le PLU facilite la végétalisation des terrasses de plus de 200 m² et des projets d'agriculture urbaine pour celles de plus de 500 m².
 - Adaptation des constructions neuves et existantes aux fortes chaleurs : les constructions neuves doivent désormais être conçues pour permettre un rafraîchissement naturel (double orientation des logements, dispositifs d'occultation des baies, etc.). Les opérations sur constructions existantes ont l'obligation d'améliorer l'isolation thermique, de préserver la ventilation naturelle et d'améliorer le confort thermique d'été.
- **Volonté d'aller plus loin en intégrant plus concrètement les objectifs du nouveau Plan Climat** : à partir de 2020, la Ville de Paris pourrait réviser son PLU afin d'intégrer de nouvelles dispositions juridiquement contraignantes afin que le PLU puisse accompagner la réalisation des objectifs du Plan Climat 2018 : augmentation du nombre de bâtiments raccordés au réseau de froid, intégration systématique d'un volet relatif au confort d'été dans les rénovations thermiques, etc.

MOBILISER LES ACTEURS ÉCONOMIQUES DU TERRITOIRE

- **Rédaction de la charte Paris Action Climat** : cette charte vise à créer des synergies avec les signataires souhaitant orienter leurs pratiques dans le sens des objectifs du Plan Climat. Les signataires définissent leurs objectifs, avec leur feuille de route, et s'engage à les respecter. Des rencontres pluriannuelles thématiques (rénovation du tertiaire, gestion des déchets, etc.) sont organisées pour permettre de construire un réseau d'acteurs autour de la charte, et renforcer les liens entre la Ville de Paris et les acteurs économiques de son territoire.
- **Lancement d'un appel à projet sur l'adaptation au changement climatique** : en 2018, la Ville de Paris s'est associée avec l'UrbanLab pour mettre sur pied un appel à expérimentation portant sur quatre thématiques : le rafraîchissement de la ville, l'économie des ressources en eau, la modularité des espaces et des modes de vie, la création de lien social.

SENSIBILISER, INFORMER, ET FORMER LA POPULATION

- **Actions de sensibilisation aux gestes simples** : en période de veille saisonnière, du 1er juin au 15 septembre, la Ville de Paris relaie les réflexes à adopter lors des fortes chaleurs, comme boire de l'eau, mouiller son corps, etc., via des panneaux d'information, des flyers, internet, et via ses réseaux de bénévoles.
- **Création de l'application *Extrema Paris*** : fruit d'un partenariat avec Météo France, Santé Publique France, l'École des Ingénieurs de la Ville de Paris, l'École Du Breuil, l'Agence Parisienne du Climat, et l'Apur, cette application identifie et cartographie les îlots de fraîcheur. L'application informe également en temps réel des risques liés à la chaleur, et propose des *parcours de fraîcheur*, afin d'aider les utilisateurs à se protéger de la chaleur lors de leurs déplacements.
- **Développement de modules de formation** :
 - L'Agence Parisienne du Climat, en partenariat avec la Ville de Paris, proposent actuellement au parisiens des formations visant à comprendre ce qu'est le changement climatique et ses effets à Paris, ainsi que les moyens d'actions pour s'adapter aux fortes chaleurs. Ces formations vont être généralisées à l'ensemble du réseau des Volontaires du Climat, pour qui la formation est actuellement facultative.
 - La Ville de Paris propose également, avec Météo-France, des modules de formation à la végétalisation dans les écoles et collèges pour familiariser les enfants aux enjeux climatiques.

PROMOUVOIR LA SOLIDARITÉ SUR LE TERRITOIRE

- **Fichier Chalex (pour Chaleur Extrême) de repérage volontaire des personnes âgées et en situation de handicap** : ce repérage permet de prendre en charge les personnes vulnérables qui se sont inscrites au fichier et de les amener dans une des 41 salles rafraîchies (en 2019) qui ont été mises à leur disposition.
- **Mise à disposition de gourdes, de douches, de toilettes aux personnes sans domicile fixe**
- **Mise en place de dispositifs d'engagement citoyen**
 - Dispositif Paris en Compagnie : service gratuit d'accompagnement des personnes âgées comptant sur un réseau de citoyen volontaire pour accompagner ce public vulnérable dans leurs déplacements, qui peuvent être rendus plus difficiles notamment en période de fortes chaleurs : promenade, rendez-vous chez le médecin, etc.
 - Dispositif des Volontaires du Climat : réseau de 25 000 parisiens volontaires qui s'engage à devenir des contributeurs actifs de la transition écologique. Ces volontaires peuvent s'engager à trois niveaux différents, que sont la réduction de leur empreinte carbone, la diffusion d'informations dans leur entourage pour sensibiliser autour d'eux, et la participation à la décision publique dans le domaine de l'environnement (à travers la participation à l'Agora du climat, instance de pilotage du Plan Climat ouvert à la société civile).
 - Dispositif des Volontaires de Paris : réseau de citoyens bénévoles ayant suivi plusieurs

formations (aux gestes qui sauvent, au changement climatique, à l'accompagnement des aînés, au risque de crue de la Seine, etc.) invités à mener des missions concrètes pour répondre aux enjeux climatiques et sociaux de la capitale, et notamment aux fortes chaleurs : participation à la végétalisation, diffusion d'information sur les îlots et parcours de fraîcheur, accompagnement des personnes âgées en salles rafraîchies, etc.). Actuellement en expérimentation, le dispositif vise à être généralisé à tout Paris et à permettre d'adresser les problématiques de manières transversales entre elles.

- Plateforme *Végétalisons Paris* : plateforme permettant aux parisiens de proposer des projets de végétalisations de l'espace privé ou public, en participant ce faisant au rafraîchissement de leur quartier.

Sources

Agence Parisienne du Climat, Météo France. L'îlot de chaleur urbain à Paris. Un microclimat au cœur de la ville. Paris : septembre 2013. 8 p.

AirParif. Surveillance et information sur la qualité de l'air- Bilan Paris- 2018. Paris : juillet 2019.

Mairie de Paris - Direction des Espaces Verts et Environnement. Plan climat de Paris. Vers une ville neutre en carbone et 100% d'énergies renouvelables. Paris : 2018. 100 p.

Mairie de Paris - Direction des Espaces Verts et Environnement. La stratégie d'adaptation : Vers une ville plus résiliente. Paris : novembre 2015. 64 p.

Mairie de Paris. Stratégie de Résilience de Paris. Paris : (2017). 126 p.

Ville de Paris. Communication au Conseil de Paris. Face à l'urgence climatique et aux pics de chaleur Paris déploie sa stratégie de « rafraîchissement urbain ». Paris : 2019. 28 p.

MÉTROPOLE DU GRAND LYON

- Nombre d'habitants : 1,4 millions
- Région : Auvergne-Rhône-Alpes
- Type de collectivité territoriale : collectivité territoriale à statut particulier



Morphologie urbaine

- La métropole de Lyon est composée de 59 communes, comptabilisant un total de 1 402 326 habitants et recouvrant 538 km² pour une densité de 2597 habitants par km². Celle-ci est en forte augmentation démographique depuis les dernières décennies avec un rythme d'augmentation de 10000 habitants par an.
- Située au nord de la vallée du Rhône, elle est traversée par deux fleuves : la Saône et le Rhône.
- Elle compte à peu près 90 000 arbres et 15 000 hectares d'espaces verts, dont plus des trois quarts sont des terres agricoles.

Vulnérabilités

- La région lyonnaise est, depuis 2013, systématiquement placée en vigilance canicule l'été. Lyon est particulièrement sujette aux fortes chaleurs, avec des écarts de 3 à 4 °C par rapport aux communes voisines, et des températures nocturnes ne descendant pas en dessous de 24 °C. Les prévisions ne sont en rien moins alarmistes, avec des températures moyennes annuelles allant à + 1 à + 2 °C en 2030 et jusqu'à + 5 °C en 2050, soit une moyenne de 28 jours de canicule d'ici 2080.
- Les prévisions anticipent une réduction des pluies estivales de l'ordre de 25 à 40% et à une baisse drastique du débit du Rhône d'ici 2100 de l'ordre moyen annuel de 15 à 30%, allant jusqu'à 30 à 40% l'été.
- Le territoire de la métropole connaît des risques de pollution de l'air majeur dû à de fortes concentrations d'ozone, avec des pics annuels équivalents à ceux de l'été 2003 d'ici 2100. La présence du *couloir de la chimie* situé au sud de l'agglomération lyonnaise, en bord de fleuve, renforce le risque de pollution.
- Les Grands Lyonnais sont plus exposés aux allergènes due à des phases de pollinisation plus longues, et à la présence de moustiques tigres dans le département, déjà classé *zone menacée*, et d'autres espèces invasives qui pourrait s'accroître en fonction des dérèglements climatiques.

Climat

- Le territoire de la Métropole du Grand Lyon a un climat de type semi-continentale, influencé par un climat méditerranéen, subtropical et océanique.
- Le territoire connaît des précipitations importantes, même en période sèche. En moyenne, les précipitations sont de l'ordre de 803.9 mm par an.
- La température moyenne annuelle est de 12.6° C, et de 22,2 °C l'été.
- La ville de Lyon est traversée par deux fleuves : la Saône et le Rhône qui ont un rôle rafraîchissant en été.
- Le vent du Midi peut se faire ressentir violemment à Lyon de part sa position dans la vallée du Rhône.

Histoire et organisation politique du territoire

- 1er janvier 2015: naissance de la Métropole du Grand Lyon (loi MAPTAM). Elle devient une collectivité territoriale unique, résultant de la fusion entre la Communauté urbaine de Lyon et le Département du Rhône. Cette fusion a été motivée par une volonté d'asseoir l'influence de Lyon au niveau des autres villes mondialement tout en coordonnant et facilitant les actions publiques sur le territoire.
- Elle est dotée des compétences de ces deux anciennes entités, et bénéficie de la clause de compétence générale lui permettant d'agir sur toute affaire d'intérêt métropolitain. La métropole est entre autre compétente en matière d'aménagement urbain, d'habitat et logement, du développement durable et énergie, les transports et la mobilité ainsi que pour l'élaboration du PLU-H et du plan climat.

Comment la thématique du rafraîchissement en ville a-t-elle émergée ?

La collectivité met en avant, depuis 1992 avec sa stratégie écologique urbaine, l'importance de prendre en compte les préoccupations environnementales dans l'élaboration de ses politiques publiques. Depuis la charte de l'écologie urbaine, la collectivité a parcouru du chemin tout en continuant à construire de nouveaux objectifs au fil des années. Cela se concrétise en 2005 avec son engagement contre l'effet de serre dans le cadre de l'Agenda21, avec notamment le projet AMICA en 2006 qui mesure les risques liés au changement climatique sur la collectivité puis avec la mise en place de son premier Plan climat en 2009. Depuis lors, la collectivité a initié sa Charte de l'Arbre en 2011 mettant en lumière la place du végétal en milieu urbain sous le prisme de la qualité de l'air et de la vie en ville ainsi que sous le rôle social, économique et sanitaire de la végétation dans l'adaptation urbaine. Le plan Canopée en est la traduction opérationnelle, associant les acteurs territoriaux pour une préservation et une augmentation de la végétalisation de la ville.

La thématique du rafraîchissement des villes, elle, commence doucement à émerger au fil des guides notamment dans le guide Villes & Quartiers durables en 2011 destiné aux aménageurs et promoteurs qui regroupe des fiches d'actions par thématique clé aux projets urbains. La biodiversité y est fortement présente et on remarque qu'on commence à parler d'îlot de chaleur urbain. Il y a donc cette notion qui est présente mais qui nécessite encore du travail pour avoir une prise en charge complète du sujet. Partant de ce constat là, la métropole a développé des méthodes et des outils pour mesurer les îlots de chaleur urbain. Il y a eu dans ce cadre là un développement des cartographies de lieux frais et l'installation de multiples capteurs afin de comprendre le phénomène et d'y apporter des réponses adéquates.

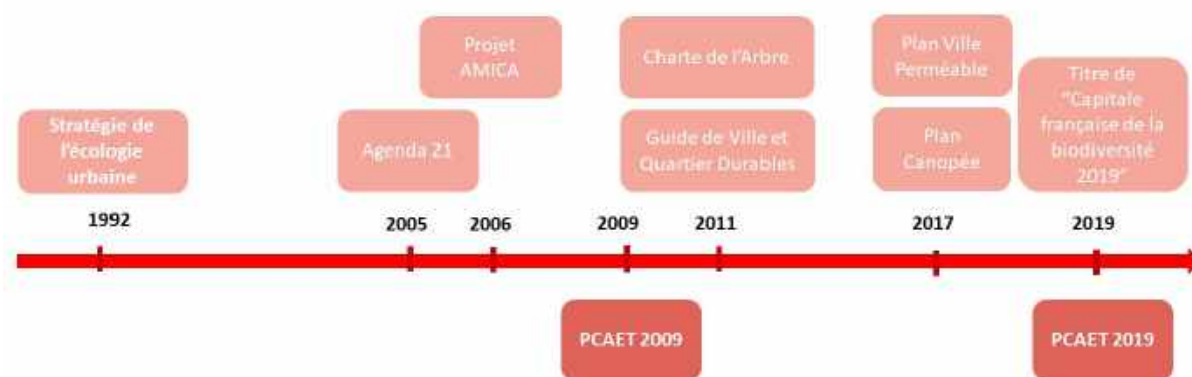
Aujourd'hui, au sein du service écologie de la métropole et dans le cadre du plan climat, les politiques d'adaptation sont pensées pour tenir compte du temps long de certaines actions d'aménagement. Elles sont réfléchies pour inclure les enjeux environnementaux de demain sur les trente, cinquante années suivantes. C'est donc le focus sur l'aménagement avec un triangle eau- végétal- matériau qui définit la politique d'adaptation du plan climat. Ces politiques d'adaptation se retrouvent dans le nouveau plan climat de 2019, nourrit par les retours de l'Etat et les observations du public, qui fixe 5 axes stratégiques répartis ensuite sur 23 actions-cadre : *lutter contre l'ICU, accompagner les populations, adapter les pratiques agricoles, préserver la ressource en eau, améliorer la connaissance locale*. Il y a aussi une volonté de la métropole d'approfondir les objectifs et de répertorier les savoir-faire, comme cela a été fait lors d'une expertise de projets urbains en 2017. Avec cet examen de neuf projets urbains menée sur un panel représentatif, la métropole mesure notamment l'intégration de la question des ICU dans ceux-ci, et met ainsi en lumière les acquis ainsi que les thématiques à consolider.

En résumé, aujourd'hui, les politiques d'adaptation aux ICU se traduisent par des politiques de plantation ambitieuses et des réflexions sur les matériaux ainsi que sur la place de l'eau en ville. Parallèlement, beaucoup de politiques d'apaisement et de réduction du trafic ainsi que de promotion de la biodiversité sont menées dans ce cadre-là, du fait de la transversalité du sujet avec des problématiques de qualité de l'air, de santé, de nature en ville, etc.

Dans quels documents l'enjeu de l'adaptation aux fortes chaleurs se matérialise-t-il ?

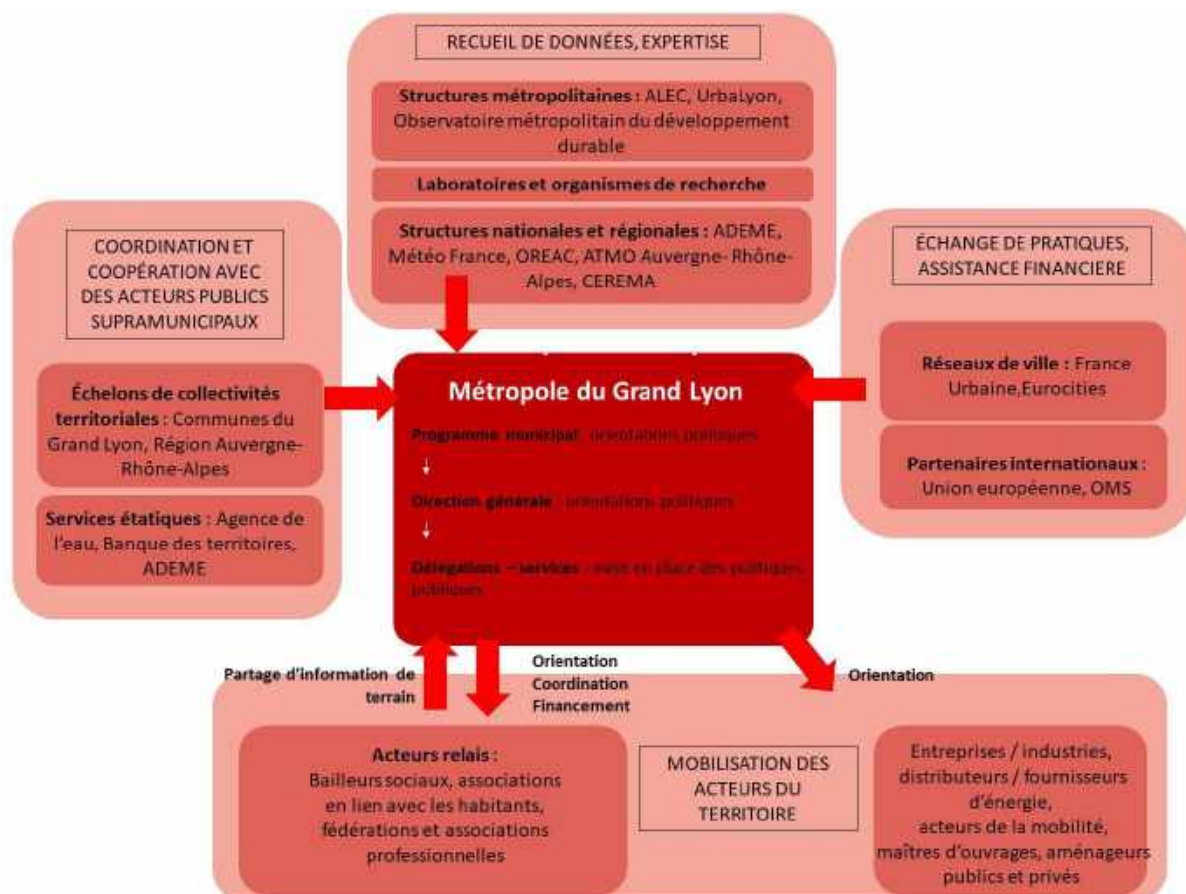
Au niveau de la métropole lyonnaise, c'est le plan climat signé par ses 145 partenaires qui fait office de document cadre avec ses 23 actions pour le territoire à vision 2030, et notamment le volet adaptation qui reprend les actions contre les ICU. Viennent s'ajouter au plan climat de nombreux autres guides tels que celui de la ville perméable, le schéma directeur des énergies, la stratégie résilience territoriale contre les énergies fossiles, et bien d'autres plans opérationnels comme le plan canopée, le plan oxygène, d'économie circulaire. De même que le PLUh reprenant notamment des objectifs de coefficient pleine terre. Pour ce qui est des documents supra municipaux, les documents tels que le SCOT, le PLU-H, doivent être en cohérence avec le SRADDET élaboré par la région Auvergne-Rhône-Alpes. Les objectifs de lutte contre les ICU sont repris dans ce dernier sous le volet de la nature en ville.

Nous pouvons voir que la lutte contre les îlots de chaleur urbain est une thématique transversale compte tenu des nombreux documents avec lesquels sont élaborés les stratégies d'adaptation.



Les Plans Climats et documents d'orientation stratégique pris par la Communauté urbaine de Lyon et la Métropole du Grand Lyon

Quels sont les acteurs intervenant dans les politiques d'adaptation aux fortes chaleurs?



Les acteurs grands lyonnais mobilisés sur la thématique de l'adaptation aux fortes chaleurs

Service écologique de la Métropole du Grand Lyon : au sein de la délégation *développement urbain et cadre de vie* de la métropole, le service écologie composé d'une vingtaine de personnes est compétent pour : air, climat, biodiversité, nature, agriculture, sentiers de randonnée, économie circulaire, risques. Il y a aussi une mission énergie avec qui le service a des liens forts dans le cadre du plan climat.

Service développement durable de la Métropole du Grand Lyon : traite des questions comme l'alimentation, le soutien aux associations qui éduquent au changement de comportement, rapport annuel développement durable, etc.

Urbalyon - Agence d'urbanisme aire métropolitaine : agence d'urbanisme aux côtés de la Métropole servant à conseiller, produire de la donnée, fournir de l'expertise. A travaillé à l'élaboration du PLUh, mais aussi au développement de politiques sur des questions de biodiversité et de climat. A participé notamment aux cartographies des corridors de biodiversité, plan Canopée, etc.

Observatoire Métropolitain du Développement durable : initié par la Métropole de Lyon et UrbaLyon en 2018, il réunit sept indicateurs sous l'angle de la durabilité écologique et du développement humain pour aider à adopter des politiques d'adaptation, en décloisonnant les observations thématiques du développement durable et en offrant des données partagées.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes : observatoire du Ministère de la Transition écologique et solidaire qui informe et surveille la qualité de l'air pour la région Auvergne-Rhône-Alpes. Données partenaires de la métropole lyonnaise.

ORCEA Auvergne-Rhône-Alpes - Observatoire régional climat air énergie : fournit des données et analyses aux territoires sur les thématiques climat, air et énergie. Données partenaires de la métropole lyonnaise.

Météo France : service officiel français de la météorologie et de la climatologie. Travaille avec la métropole de Lyon sur des observations météorologiques.

CEREMA - Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement : collabore avec la Métropole de Lyon en tant qu'organisme public d'expertise afin d'appuyer les politiques publiques en matière de climat, d'environnement et d'énergie.

ALEC - Agence locale de l'énergie et du climat : association accompagnant la métropole dans sa transition écologique par de l'animation, des formations, du conseil. Mène des actions sur la rénovation énergétique, la réduction des consommations énergétiques via des actions de sensibilisation notamment, rôle d'animation de l'espace information-énergie.

ADEME Auvergne-Rhône-Alpes : agence qui aide à la mise en œuvre de politiques sous le volet déchets, transition énergétique et écologique. Elle accompagne la métropole de Lyon sur le label Cit'ergie mais aide également sur le concept d'ICU ainsi que ses solutions dans les projets urbains.

Banque des territoires - Auvergne-Rhône-Alpes : financement de projets de développement dans le domaine de l'environnement et de l'énergie.

Agence de l'eau : établissement public de l'état apportant des aides financières pour des actions touchant à l'amélioration et à la gestion des milieux aquatiques. Elle peut financer, entre autre, des projets de désimperméabilisation sous certaines conditions.

Quelles solutions d'adaptation la Métropole du Grand Lyon a-t-elle éprouvées sur le terrain ?

En produisant de la donnée et en cartographiant afin de connaître le phénomène ; en intégrant les enjeux de lutte contre les ICU dans les guides et documents réglementaires ; en soulignant l'importance du triangle *végétation - eau - matériau* dans la construction en milieu urbain ; ainsi qu'en introduisant des dispositifs citoyens pour intégrer les usagers dans les questions climatiques, la Métropole du Grand Lyon a mis en place une série de solutions dans la lutte contre les ICU sur son territoire. En voici quelques exemples rencontrés sur le terrain.

PRODUIRE DE LA DONNÉE POUR MIEUX COMPRENDRE LES ICU

- **Installation de capteurs** : dans le quartier d'affaire de la Part-Dieu, ces capteurs visent à démontrer le bénéfice des espaces verts sur les ICU, zones plus fraîches que celles non boisées. Une quinzaine de capteurs ont également été installés dans le centre de l'agglomération pour recenser le phénomène d'ICU et réaliser des comparaisons avec les agglomérations périphériques.
- **Cartographies des espaces frais** : ces cartes permettent de recenser les lieux frais et les espaces verts ainsi que les itinéraires frais.

MENTIONNER LES PRÉCONISATIONS DANS LES DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES ET LES GUIDES DESTINÉS AUX AMÉNAGEURS ET PROMOTEURS AFIN D'Y INTÉGRER LES ENJEUX DE LUTTE CONTRE LES ICU

- **SCOT** : intégration des enjeux de trame verte et de corridors écologiques dans celui-ci dès 2010 pour la planification de projets urbains.
- **PLU-H** : la Métropole de Lyon impose dans son PLU-H aux constructeurs de réserver une surface de pleine terre dans chaque projet ainsi que des directives complémentaires : jusqu'à 40% de surface pleine terre pour encourager l'absorption des eaux de pluie par le sol ainsi qu'une présence d'arbres de haute tige pour faciliter le processus d'évapotranspiration de l'eau. Le document mentionne aussi une protection des zones boisées ou naturelles et encourage la réduction des voitures et logiquement, des moteurs thermiques. Il précise alors la trame verte et bleue de l'agglomération lyonnaise.
- **Charte de l'arbre, Plan Canopée, Plan Ville Perméable, PCAET** : pour n'en citer que certains, la Métropole de Lyon réaffirme ses objectifs d'adaptation aux changements climatiques et en matière de lutte contre les ICU. Ils regroupent les ambitions de la métropole de construire une ville adaptée aux enjeux météorologiques de demain en se basant sur le végétal, l'eau, des matériaux et de nouvelles formes urbaines. Une déclinaison à l'échelle locale est le plan paysage et environnement de Villeurbanne qui prévoit, entre autres, la protection de la végétation existante et un verdissement plus poussé des surfaces - toitures, façade, etc.

REPENSER LA PLACE DE L'ARBRE, DU VÉGÉTAL ET L'UTILISATION DES MATÉRIAUX EN MILIEU URBAIN

- **Rénover le bâti pour lutter contre les ICU** : mise en place du dispositif éco-rénov' avec une contribution à la hauteur de 2,1 millions d'euros dans le cadre du PCAET. Objectif de réduction des impacts énergétiques, également dans le but de favoriser les co-bénéfices puisque cela joue aussi sur l'amélioration de la qualité de l'air. Il y a donc un accent important sur la rénovation thermique du bâti afin de respecter les objectifs d'économie d'énergie et d'adaptation. Dans ce cadre, un plan de 100 millions d'euros a entre autre été mis en place pour les bâtiments phares de la ville comme l'Hôtel de Ville.
- **Favoriser la végétalisation en milieu urbain** : une politique de verdissement importante: Objectif de plantation important avec une volonté de couvrir 30% du territoire métropolitain, soit 300 000 arbres de plus , ajouté à une politique de protection des essences déjà présente, à une mise en avant des essences adaptées aux changements climatiques, à un travail sur l'arrosage pour le minimiser en période de fortes chaleurs et une diversification importante des essences d'arbres en milieu urbain, tout cela expliqué par les objectifs de la Charte de l'Arbre et des multiples plans d'adaptation. Notamment :
 - Un rafraîchissement en ville encouragé par la présence de grands espaces verts comme le parc de la tête d'or et le rôle des deux fleuves (Rhône et Saône).
 - Une végétalisation des abords de locaux, bâtiments, espaces publics encouragée pour les communes signataires. Cela s'inscrit dans une volonté de déployer des actions qui préviennent les difficultés. On recense déjà 24 000 m² de toitures végétales sur les bâtiments municipaux. Cela est amené à être augmenté.
 - Conquête des toits pour y installer des potagers, terrasses végétalisées, initiée par certaines entreprises comme Groupama ou Auchan sur leurs espaces, par des particuliers comme sur le toit de l'Hôtel de Ville de Villeurbanne, ou encore certaines résidences.
 - Trottoirs végétalisés un peu partout dans les quartiers dus à une politique de végétalisation des trottoirs lancée en 2005 par la Ville de Lyon, d'ailleurs considérée aujourd'hui leader dans les actions de micro-implantation. Non seulement bénéfique pour les ICU mais aussi une forme de reconquête de l'espace public pour les citoyens.
- **Réintégrer l'eau au cœur de la ville** :
 - Débitumer pour amener de l'eau en ville afin de lutter contre les ICU : Projet de réouverture et de rénovation de la rivière Yzeron à Oulins.
 - Dispositifs d'arrosage automatique de la chaussée à la Part-Dieu ainsi que dans le quartier de La Buire, mis en place par Véolia. Cela permet un rafraîchissement de 5 à 8 °C de la chaussée, en faisant rester le bitume à la température de l'air pour empêcher qu'il surchauffe.
 - Installation de points d'eau dans la ville pour favoriser l'évaporation. Notamment en réinstallant un ruisseau à la Duchère, en utilisant de nouveaux espaces verts pour récupérer les eaux de pluie comme c'est le cas au parc Jacob-Kaplan.
- **Favoriser des revêtements clairs et perméables** :
 - Expérimentation à la Part-Dieu : qui a montré que l'asphalte peut être jusqu'à 20 °C plus chaud que le béton clair, le calcaire ou encore le granite.

- Installation de dalles de granite clair sur la Place de Francfort : avec des joints permettant l'infiltration de l'eau de pluie, et au passage l'usage de cette eau pour alimenter les arbres plantés au-dessus, ont été installés. Cela dans une fosse de pierre et de terre de 3 000 m³.

INTÉGRER LES ACTEURS, TANT PUBLICS, PRIVÉS QUE ASSOCIATIFS, AUX PROJETS D'ADAPTATION AUX FORTES CHALEURS

- **Mise en place de dispositifs participatifs** : par exemple, sur la flore depuis 2017 pour les citoyens ainsi que les professionnels. L'objectif est d'identifier les espèces locales et celles à protéger.
- **Mise en place de consultations citoyennes par la Ville de Lyon** : la Ville de Lyon a notamment consulté sa population sur des questions de végétalisation (*Parlons Nature*) et sur le climat (*Ensemble, parlons climat*).
- **Formation des agents municipaux, des élus au respect de la biodiversité, ainsi que les chefs de projets sur les procédures réglementaires.**
- **Organisation de colloques et de séminaires sur la nature en ville** : par exemple, les Assises nationales des Pollinisateurs se sont tenues en 2019 ou le Séminaire Biodiversité et Bâti en 2014.

IMAGINER DE NOUVEAUX QUARTIERS ADAPTÉS AUX ENJEUX CLIMATIQUES DE DEMAIN - QUELQUES EXEMPLES

- **Réaménagement de la rue Garibaldi** : cet axe de circulation a été réaménagé sur 5 kilomètres avec plus de végétal et une plus grande place pour la mobilité douce : mise en place de voies piétonnes plus larges, création de pistes cyclables et d'une voie de bus, plantation de nouveaux arbres avec aussi un travail de préservation de la végétalisation existants ainsi qu'un système d'irrigation autonome en période de forte chaleur. Également la pose de revêtements clair afin de lutter contre les ICU et l'installation d'un bassin enterré pour récupérer l'eau de ruissellement. Des capteurs ont été installés pour évaluer le bénéfice de ces installations, montrant notamment un refroidissement de 2 °C dû aux arbres, et qui augmente selon l'arrosage.
- **Opération sur la ZAC Castellane à Sathonay** : cette opération d'aménagement vise à transformer un ancien militaire en une extension de centre-ville avec principalement de logements. Il s'inscrit dans une volonté de respecter les engagements de développement durable (Charte de l'écologie urbaine, Agenda 21, PLUH, etc) en repensant notamment la place de l'eau avec la mise en place de bassins de rétention, et la mobilité avec des modes de déplacements doux.
- **Opération sur ZAC Lyon Confluence** : initié en 2017 dans le quartier de la Confluence, projet de création d'une forêt urbaine de 5 hectares au cœur de la ZAC, mettant notamment en avant l'importance de l'évapotranspiration par une bonne utilisation de l'eau

et de la végétalisation pour lutter contre les ICU. Au cœur de celui-ci entre autres, un espace imaginé par le collectif *Bruit du Frigo* propose une structure en bois évolutive selon les événements, ayant pour but d'améliorer la qualité de vie des habitants et de les sensibiliser aux questions environnementales. Les bâtiments de l'écoquartier sont déjà à énergie positive.

Sources

Canicule : comment les villes s'adaptent-elles à la montée des températures ? Le Monde [en ligne]. 20 juin 2017 [consulté le 26 mai 2020]. Disponible sur : www.nouveau-europe.com

Grand Lyon. Rapport Environnemental du PCAET. Lyon : février 2019. 152 p.

JOLY Guillaume. Pourquoi Lyon est désignée capitale française de la biodiversité ? Les Horizons [en ligne]. 29 octobre 2019 [consulté le 27 avril 2020]. Disponible sur : <https://leshorizons.net/lyon-capitale-francaise-biodiversite/>

L'observatoire métropolitain du développement durable. Où en est le territoire de la métropole de Lyon ? Lyon : novembre 2019. 15 p.

La métropole de Lyon : capitale française de la biodiversité 2019 [en ligne], France. UICN. 2019 [consulté le 21 décembre 2019]. Disponible sur <https://uicn.fr/la-metropole-de-lyon-capitale-francaise-de-la-biodiversite-2019/>

LAPERCHE Dorothée. "Changement climatique : nous pouvons semer dès à présent des graines pour mieux préparer l'adaptation." Entretien avec Luce Ponsar. Actu-Environnement [en ligne]. 01 décembre 2016 [consulté le 2 février 2020]. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/metropole-lyon-luce-ponsar-changement-climatique-ilot-chaleur-adaptation-27995.php4>

Mairie de Lyon. Chaleur urbaine : les solutions à l'œuvre [en ligne], France. 12 juillet 2019 [consulté le 21 décembre 2019]. Disponible sur : <https://www.lyon.fr/actualite/developpement-durable/chaleur-urbaine-les-solutions-loeuvre>

Métropole de Lyon. Rapport de visite de terrain 2019. Lyon : Région Auvergne-Rhône-Alpes, 2019. 22 p.

Métropole de Lyon, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. Projet ville perméable. Comment réussir la gestion des eaux pluviales dans nos aménagements ? Lyon : 2017. 82 p.

PAPIN Olivier. Carte des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains à Lyon et Marseille [en ligne], France. E6 consulting. 2020 [consulté le 26 mai 2020]. Disponible sur : <http://www.e6-consulting.fr/carte-des-ilots-de-chaleur-et-de-fraicheur-urbains-lyon-et-marseille/>

ZAC Castellane [en ligne], France. Centre d'échanges et de ressources bâtiments & aménagements durables en Auvergne-Rhône-Alpes. 2020 [consulté le 26 mai 2020]. Disponible sur : <http://www.ville-amenagement-durable.org/ZAC-Castellane>

GRENOBLE-ALPES METROPOLE

- Nombre d'habitants : 440 000 habitants
- Régions : Auvergne-Rhône-Alpes
- Type de collectivité territoriale : Métropole



Climat

- Le territoire de Grenoble se trouve dans les Alpes dans le sud-est de la France. Son climat est à la fois océanique, continental et méditerranéen ; cela produit des étés secs et chauds. La ville a une amplitude thermique significative (hivers froids et étés chauds).
- Le territoire connaît un ensoleillement fort : presque 2100 heures de soleil par an.
- Trois massifs alpins – le massif de Belledonne, de Chartreuse et du Vercors – ceinturent l'agglomération grenobloise dans une vallée en forme de Y. Ces contraintes naturelles ont favorisé une extension compacte des zones urbaines en plaine.
- La ville se situe au confluent du Drac et de l'Isère, ce qui joue un rôle rafraîchissant.

Morphologie urbaine

- Grenoble-Alpes Métropole compte 49 communes, 443 123 habitants sur 545,5 km², ce qui représente une densité élevée de 800 habitants par km², et plus de 1 600 habitants par km² au cœur de l'agglomération.
- L'espace de la métropole est contraint par les montagnes : la trame urbaine de la métropole forme un "Y" entre les montagnes.
- À Grenoble, la trame verte constitue 9,2% de la zone urbaine agglomérée, contre 25,6% à Meylan (une autre commune dans la métropole). La trame verte globale – forêt sur versant, parcs et jardins, espaces de loisirs – représente 15 548 ha (50,7%), soit 392 m²/hab. De surcroît, le taux de trame verte est très variable selon les communes et les valeurs les plus faibles se situent dans le cœur de l'agglomération.

Vulnérabilités

- Ville cuvette avec des étés chauds et très ensoleillés, ce qui accentue les risques de pollution d'ozone, qui est un polluant secondaire se formant sous l'influence du soleil et de la chaleur, et donc particulièrement problématique en été.
- Ville particulièrement sensible aux vagues et ICU en été en raison de son climat et de son ensoleillement, mais également du fait des fortes densités au cœur de Grenoble et dans son agglomération, ainsi que de la forte présence d'espaces minéralisés.
- Prévisions de 43 jours de chaleurs extrêmes (atteignant 35 °C) à Grenoble en 2050.

Histoire et organisation politique du territoire

- 1er janvier 2015 : création de Grenoble-Alpes Métropole, qui compte 49 communes, et 443 123 habitants (2016). Elle remplace la communauté d'agglomération du même nom.
- La Métropole a l'obligation légale de réaliser un plan climat, et la Ville choisit de le faire aussi en coordination ; la Métropole finance l'ALEC Grenoble pour accompagner des communes qui décident d'être partenaires dans certains projets.
- La Métropole a la compétence sur la voirie et sur certaines places publiques, mais la plupart de ses actions sera plutôt portée au niveau communal. Cela peut créer des disparités entre les grosses communes (Grenoble et Échirolles) et les très petites communes concernant la capacité de lutter contre les vagues de chaleur.

Comment la thématique du rafraîchissement en ville a-t-elle émergée ?

L'ancienne communauté d'agglomération a réalisé son premier Plan Climat en 2005 après la canicule de 2003, premier Plan Climat réalisé par une agglomération française. Il est réactualisé de manière récurrente. Les fortes chaleurs de 2003 ont donné l'impulsion pour agir contre les ICU, thématique nouvelle à cette époque, bien que les premiers plans climats, surtout au début, se concentraient beaucoup sur l'atténuation des émissions de GES. Il faut aussi noter que Grenoble étant un territoire particulièrement sensible aux vagues de chaleur, cela a facilité la prise de conscience des enjeux climatiques et d'adaptation. Aujourd'hui et ce depuis la création du premier Plan Climat, le sujet de la sensibilisation climatique est toujours présent dans le discours grenoblois, et ce plan est constamment actualisé, faisant de Grenoble une ville dynamique sur la thématique.

Pour mieux mesurer et lutter contre le phénomène des ICU, qui touche particulièrement le centre-ville, la Ville de Grenoble a travaillé avec l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble sur une des premières études sur les balades thermiques en 2008, ainsi que sur l'étude "L'ambiance est dans l'air", lancée en 2011. Cette dernière étude, en s'intéressant à la dimension atmosphérique des ambiances architecturales et urbaines, a permis de montrer qu'il existait une certaine réticence à agir sur les causes de la chaleur en ville, et que la conscience politique et dans les services n'allait pas encore au-delà de la simple étude du phénomène. Cette étude a donc été une des impulsions fortes qui a permis à la Ville d'également se tourner vers des mesures d'adaptation, en complément aux objectifs d'atténuation déjà formulés. Par la suite, pour mieux étudier le phénomène des ICU et remédier au fait que Météo France produise ses données climatiques uniquement via des capteurs installés à 10km du centre-ville, une étude détaillée sur le climat urbain a été réalisée en septembre 2018, permettant de fournir des chiffres beaucoup plus précis concernant le phénomène des ICU.

Le service de protection de l'environnement de la Métropole identifie six axes principaux de sa mission : la réalisation et le suivi du dernier Plan Climat Air Energie 2020-2030 ; l'amélioration de la qualité de l'air sur le territoire ; la préservation de la biodiversité ; la lutte contre le bruit, la gestion des arbres dans les espaces public ; et l'entretien raisonné et naturel des espaces publics.

Néanmoins, il existe certains écarts entre les communes qui composent la métropole. Il y a des différences en termes de volonté politique et de moyens financiers disponibles entre les différentes communes. De ce fait, la réalisation des objectifs peut être assez « aléatoire » selon une chargée de projets partenariaux chez l'ALEC Grenoble. Autrement dit, la volonté de porter des initiatives ambitieuses existe principalement au niveau de la Ville de Grenoble, bien que les objectifs de lutte contre la chaleur impliquent toutes les communes de la métropole.

Dans quels documents l'enjeu de l'adaptation aux fortes chaleurs se matérialise-t-il ?

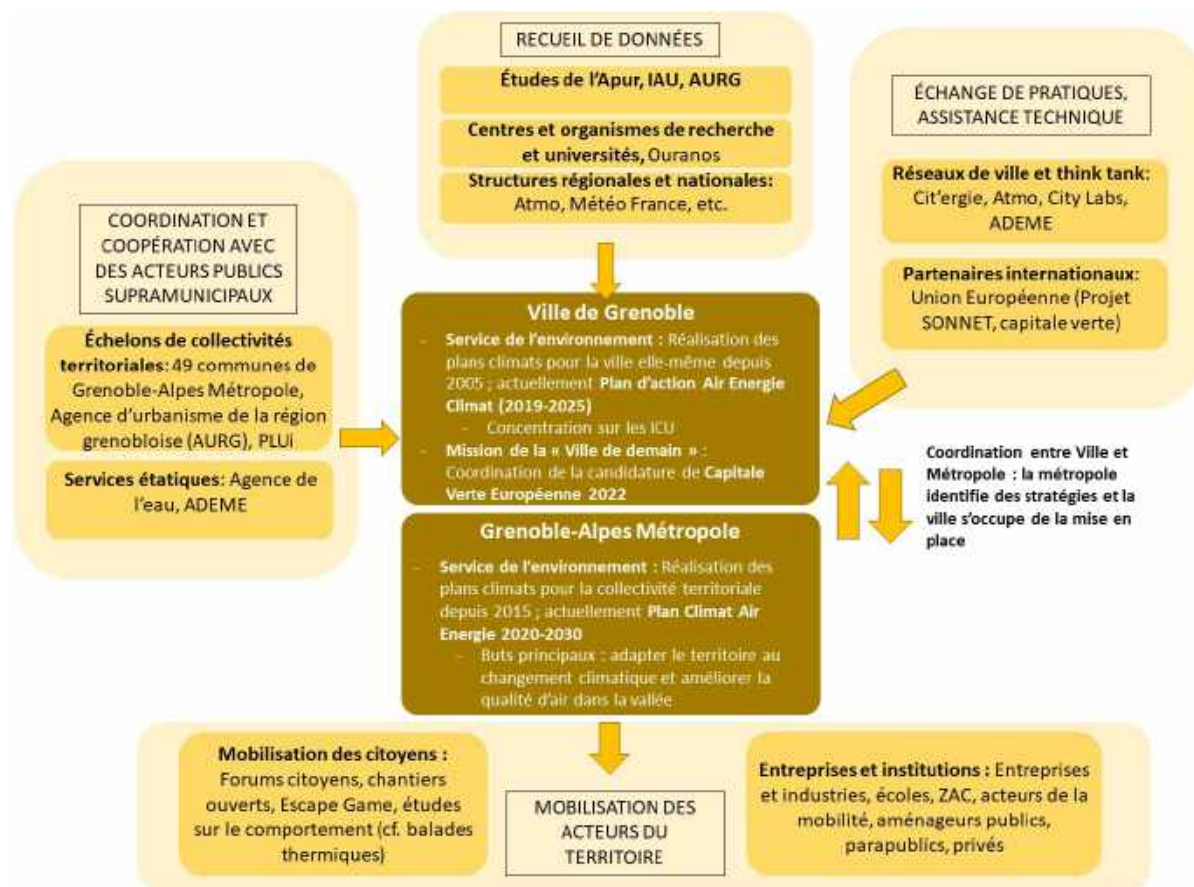
Les documents principaux qui répondent au problème des ICU sont les Plans Climats de la Métropole et de la Ville de Grenoble. Comme décrit précédemment, la Métropole a l'obligation de se charger de la rédaction d'un Plan Climat depuis sa création en 2015, mais la Ville de Grenoble souhaite également agir, et réalise aussi ses propres Plans Climats. Le Plan d'action Air Énergie Climat réalisé par la Ville parle spécifiquement et souvent de l'adaptation aux ICU. Cela peut s'expliquer par la vulnérabilité du cœur de la ville aux ICU. Au niveau de la Métropole, le Plan Climat Air Énergie 2020-2030 porte sur des objectifs plus globaux, comme la réduction de la pollution et l'amélioration de la qualité de l'air dans cette cuvette. L'ancienne communauté d'agglomération a réalisé son premier Plan Climat en 2005 après la canicule de 2003, premier Plan Climat réalisé par une agglomération française. Il est réactualisé de manière récurrente. Le plan climat a été révisé cette année pour Grenoble-Alpes Métropole et en 2019 pour la Ville de Grenoble.



Les Plans Climats et étapes dans la mise en place de politiques d'adaptation aux fortes chaleurs de la Ville de Grenoble et Grenoble-Alpes Métropole

Si, depuis 2015, la Métropole doit réaliser son Plan Climat, la Ville de Grenoble produit également ses propres plans, en lien avec la Métropole, pour aller plus loin dans ses engagements climatiques.

Quels sont les acteurs intervenant dans les politiques d'adaptation aux fortes chaleurs?



Les acteurs du territoire grenoblois mobilisés sur la thématique de l'adaptation aux fortes chaleurs

Grenoble-Alpes Métropole : la Métropole est obligée par la loi NOTRe de réaliser les plans climats. La Métropole s'occupe de l'espace public dans tout le territoire, donc ils sont obligés d'identifier des stratégies et solutions d'adaptation et d'atténuation concernant la voirie, les parcs, etc. Le service de protection de l'environnement identifie les six objectifs déjà cités. Tous ces objectifs lient directement ou indirectement l'atténuation et l'adaptation à la chaleur urbaine.

Ville de Grenoble : le service environnemental de la Ville de Grenoble se charge également de nombreux enjeux environnementaux. Par exemple, il s'occupe de la rédaction de son propre plan climat, de la mobilité, du logement, de la planification urbaine et du patrimoine durable, et également de l'économie sociale et solidaire et de la lutte contre la pollution. Le plan climat 2019 de la Ville a une section dédiée aux îlots de chaleur, ce qui a été leur choix d'aller plus loin que le PCAET.

ALEC Grenoble - Agence locale de l'énergie et du climat : l'ALEC Grenoble a un rôle de conseil auprès des acteurs grenoblois, comme les 49 communes de l'agglomération, les associations et les copropriétés, afin de les accompagner sur les sujets de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Elle a un Espace Info Énergie élaborant des actions pour diminuer les besoins et les consommations énergétiques partout dans le territoire. L'agence est, par ailleurs, en train de changer son statut pour devenir une société publique locale.

ATMO : Atmo Auvergne Rhône-Alpes est l'observatoire agréé par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, pour la surveillance et l'information sur la qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes. Décrit comme le service air énergie climat de la Ville comme l'un des *bras armé* de la Métropole, Atmo aide à la réalisation des études étant à la base de construction des stratégies. L'Atmo travaille avec l'ensemble des communes pour étudier la pollution, développer des cartes stratégiques et faire des plans de consommation d'énergie.

Météo-France : Météo-France Grenoble fournit des données de température et d'atmosphère pour l'agglomération grenobloise, ce qui les aide à réaliser leurs stratégies climatiques.

Agence d'urbanisme de la région Grenobloise (AURG) : l'AURG lance une mission complémentaire à celles de la Métropole et de la Ville concernant l'adaptation au changement climatique. Ils sont des partenaires de travaux et de projets comme les plans climats et la candidature pour le titre de capitale verte européenne.

Agence de l'eau : l'agence de l'eau est un établissement public qui propose des budgets aux communes pour réaliser des projets comme la perméabilisation des cours des écoles.

École Supérieure d'Architecture : cette université fait des études en lien avec la Ville et la Métropole sur le sujet de la chaleur urbaine. Ils ont notamment réalisé l'étude sur les balades thermiques en 2008 ainsi que l'étude "L'ambiance est dans l'air" en 2011.

Ouranos : Ouranos-AuRA est une organisation qui regroupe environ 2000 chercheurs dans la région Auvergne-Rhône-Alpes entre les acteurs académiques et les acteurs socio-économiques sur les questions des effets des changements globaux aux échelles régionales. Ils consultent Grenoble-Alpes Métropole concernant des stratégies climatiques et la réalisation des PAECT.

Solidarités Grenoble : Solidarités Grenoble est une association promouvant et défendant l'accès aux droits, en aidant les personnes en difficulté et celles qui les accompagnent à savoir où trouver le service dont elles ont besoin. Ils proposent des aides de logement, d'hygiène, de santé et de transport-mobilité, aidant les populations vulnérables pendant les canicules et réduisant leur *vulnérabilité*.

Quelles solutions d'adaptation Grenoble-Alpes Métropole et la Ville de Grenoble ont-elles éprouvées sur le terrain ?

La plupart des solutions existe dans la Ville de Grenoble vu qu'elle est le cœur du territoire et la zone la plus dense. Les ICU se produisent ainsi le plus dans la Ville de Grenoble, mais la Métropole se charge également des solutions applicables dans d'autres communes pour adapter l'ensemble de son territoire aux températures estivales. Les solutions incluent notamment des études et de la cartographie pour mieux comprendre ce phénomène, une sensibilisation du public aux enjeux d'adaptation, et des stratégies à long-termes comme des nouveaux plans de mobilité douce ou des réaménagements d'espaces publics et de bâtiments.

MULTIPLIER LES ÉTUDES SUR LES ENJEUX RELATIFS AUX ICU

- **Balades thermiques** : une étude de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble a été l'une des premières sur les d'ICU et a renforcé la place de Grenoble comme ville pionnière dans la lutte contre ce phénomène. Elle a identifié un parcours thermique dans la Ville de Grenoble pour mettre en avant les différents phénomènes thermiques ressentis en ville. A l'aide de témoignages de personnes qui fréquentent régulièrement ces lieux, les chercheurs ont pu décrire les perceptions microclimatiques. Cette étude a démontré l'importance d'avoir des ambiances thermiques différentes et une diversité de température dans la ville pour permettre l'adaptation individuelle aux différents usages à chaque période de la journée ou l'année.
- **Etude "L'ambiance est dans l'air"** : lancée en 2011, cette étude a montré que les dimensions atmosphériques et les ambiances architecturales et urbaines avaient une réticence à agir et que la conscience politique, et dans les services publics, n'allait pas au-delà de la reconnaissance simple du phénomène.
- **Études actuelles identifiant les ICU dans la ville** : le climat urbain grenoblois n'avait jamais été étudié et les stations météo de Météo-France se trouvent à 10km du centre-ville. A l'aide de climatologues de l'université, le travail de cartographie des ICU est en train de se terminer. De plus, la ville va positionner 30 sondes de températures et 3 stations météo à l'été 2020 sur Grenoble pour mesurer l'intensité et la fréquence de l'ICU.

RÉAMÉNAGER LES ESPACES AVEC DES REVÊTEMENTS PERMÉABLES ET PLUS DE PLACE FAITE POUR LE VÉGÉTAL

- **Perméabilisation des écoles** : l'ALEC, avec l'aide de l'agence d'eau, travaille actuellement sur une campagne de perméabilisation des cours des écoles dans des communes différentes de la métropole grenobloise. L'ALEC consulte les écoles afin de les réimaginer avec elles, en harmonie avec la volonté et les moyens financiers de chaque commune et école. Ce projet a pour but d'aider les écoles à s'adapter aux périodes chaudes et de promouvoir

le confort des enfants pendant des canicules. Cela présente également une opportunité de sensibilisation aux élèves concernant les défis climatiques.

- **Politiques de plantation, augmentation des espaces verts** : le plan climat de la ville évoque la nécessité d'augmenter l'offre d'espaces verts, comme des parcs, des toits et des façades des bâtiments végétalisés. Par exemple, depuis 1996, la Ville de Grenoble lance une campagne de plantation d'arbres dans la ville. Après un bilan négatif entre l'abattage et la plantation d'arbres pendant près de deux décennies, la ville a un ratio positif depuis 2016. Plus récemment, ces efforts se concentrent sur la plantation d'arbres dans le centre-ville, comme la plantation de 800 arbres dans des rues grenobloises entre décembre 2019 et mars 2020.
- **Réalisation de cartes de fraîcheur** : en complément du travail réalisé par la Métropole, la Ville de Grenoble réalise des cartes de fraîcheur chaque été pour informer les grenoblois sur les endroits frais de la ville (fontaines, bâtiments publics climatisés, etc.) L'ouverture des fontaines à la baignade a dû faire l'objet d'études poussées concernant leur propreté, suite à des cas de personnes étant tombées malades après s'être baignées dans certaines fontaines publiques en 2019.

RÉNOVER LE BÂTI POUR LUTTER CONTRE LES ICU

- **Soutien à la rénovation à travers le programme Local d'habitat (PLH)** : le PLH prend en compte la rénovation énergétique des logements et la lutte contre l'étalement urbain en correspondance avec le PCAET. Le programme Mur|Mur soutient les travaux d'isolation sur le territoire et a été considéré comme pionnier en France en permettant d'isoler 4 500 logements en copropriété, d'investir 60 millions d'euros sur le territoire métropolitain et de réaliser jusqu'à 60% d'économies sur la facture de chauffage des logements concernés, selon l'offre de rénovation choisie. Mur|Mur2, lancé en 2016, a pour objectif de rénover 5 000 logements dans des copropriétés de 1945-1975, 1 000 propriétaires de logements en copropriétés hors période 1945-1975 à accompagner, et 4 000 propriétaires de maisons à accompagner.
- **Quelques exemples de projets modèles en matière de sobriété énergétique** :
 - Le nouveau quartier Presqu'île bénéficie d'un réseau d'exhaure qui lui permet d'utiliser l'eau pour chauffer et rafraîchir ses bâtiments en utilisant de l'énergie géothermale.
 - Le projet expérimental de l'Autonomous Building Citizen (ABC) est un îlot d'habitat collectif qui vise l'autonomie en eau et énergie et une baisse de la production de déchets ménagers.
 - La ZAC Flaubert a un réseau de chaleur expérimental de basse pression avec des capteurs solaires thermiques.
 - Une expérimentation de mode de construction existe aussi à travers l'utilisation de matériaux biosourcés comme le bois, dans le but d'ensuite répandre l'usage de ce matériau dans les opérations de construction. Par exemple, les écoles Simone Lagrange, Marianne Cohn et Flaubert, ainsi que le logement social le "Haut Bois" sont soutenus par la Ville pour privilégier le bois qualitatif, sain et local.

ENCOURAGER LES MOBILITÉS DÉCARBONÉES POUR LUTTER CONTRE LES REJETS DE CHALEUR

- **Etudes prospectives sur le développement de transports en commun** : une étude sur la mise en œuvre d'une ligne de bus à haut niveau de service (BNHS) et d'un métrocâble sur le territoire a été entamée à l'occasion du Plan de déplacement urbain (PDU) 2030.
- **Plans de promotion des mobilités douces** :
 - Chaque quartier grenoblois a son propre plan piétons-vélos pour promouvoir ces mobilités douces. Quatre nouvelles pistes cyclables, qui relieront 11 communes, sont en cours de déploiement. Une première aire de service vélo a également été inaugurée en 2019.
 - Le projet "Cœurs de ville, Cœurs de métropole" promeut la place du piéton et le projet GRANDALPE, à la croisée d'Echirolles, Eybens et Grenoble. Il prévoit également de faciliter l'accessibilité piétonne et cycliste en remplaçant notamment l'autopont Marie-Reynard, reliant Grenoble et Echirolles, par une rue végétalisée.
- **Création de zones à faibles émissions (ZFE)** : les ZFE visent à limiter la circulation des voitures les plus polluantes, et existent sur le territoire depuis mai 2019. De plus, pour essayer de réduire encore la présence des voitures et favoriser les mobilités décarbonées, le territoire expérimente l'abaissement de la vitesse à 70 km/h, et à partir de 2020, la création d'une voie réservée au covoiturage entre Grenoble et Voreppe.

FAVORISER L'ACCEPTABILITÉ DES SOLUTIONS CONTRE LES ICU LORS D' ACTIONS DE SENSIBILISATION

- **Distribution d'éventails de sensibilisation** : commençant en 2020, la Ville va distribuer des éventails aux citoyens avec des étapes d'adaptation des habitudes à la chaleur, comme "je cherche l'ombre", "je mets un chapeau" et "je ferme les volets".
- **Forums citoyens** : le service environnement de la Ville de Grenoble cherche à rendre systématique le travail avec les habitants, avec une priorité mise sur la sensibilisation et de feedback des habitants. Un exemple est la réalisation de forums citoyens du fait de la candidature de Grenoble pour le titre de Capitale Verte Européenne : une série de forums de présentation des objectifs environnementaux des différents services de la Ville a été lancée, et invite les participants à faire des suggestions. La Ville a également organisé un Escape Game sur le thème de la sensibilisation aux enjeux environnementaux qui a attiré environ 15 000 participants.
- **Chantiers participatifs** : dans l'objectif de promotion de participation citoyenne, la Ville lance des chantiers ouverts au public. Ces chantiers incluent la création de jardins urbains, et la plantation d'arbres en ville. L'objectif est de sensibiliser au respect de l'environnement, de bousculer un peu les habitudes, ainsi que de créer du lien social de l'acceptation envers le projet.
- **Aide aux personnes vulnérables** : certaines populations, comme les personnes âgées, pauvres ou sans-domicile fixe sont les plus vulnérables aux canicules. Il existe des actions de sensibilisation visant à mieux protéger ces populations aux risques des périodes de fortes chaleurs. Des associations, comme Solidarités Grenoble et des services de la Ville

de Grenoble où ses personnes peuvent s'inscrire sur le site-web de la ville pour obtenir de l'aide si nécessaire, se chargent d'eux.

Sources

ADEME. Fiche collectivité lauréate. Ville de Grenoble. Grenoble, toutes et tous acteurs de la transition. Grenoble : 2016. 2 p.

Autopont Marie-Reynoard : une réunion d'information sur la démolition. Le Dauphiné [en ligne]. 05 décembre 2019 [consulté le 20 mai 2020]. Disponible sur : <https://www.ledauphine.com/edition-grenoble-vercors/2019/12/04/autopont-marie-reynoard-une-reunion-d-info-sur-la-demolition>

Canicule à Grenoble. Des analyses de l'eau des bassins et fontaines de la ville en cours, pour suspicion d'intoxication. France 3 Auvergne-Rhône-Alpes [en ligne]. 02 juillet 2019 [consulté le 20 mai 2020]. Disponible sur : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/isere/grenoble/canicule-grenoble-analyses-eau-bassins-fontaines-ville-cours-suspicion-intoxication-1693962.html>

Grenobles-Alpes Métropole. Mur Mur, une démarche pionnière, France [en ligne]. 2020 [consulté le 27 mai 2020]. Disponible sur : <https://www.grenoblealpesmetropole.fr/859-mur-mur-une-demarche-pionniere.htm?fbclid=IwAR2LPL9noo7Za6lXw2gaRC-FHn57qYNdcc5ErWAb4fdTTjvDWBBRhBTcZXHs>

Grenoble-Alpes Métropole. Plan climat air énergie métropolitain 2020-2030. Grenoble: février 2020. 40 p.

TIXIER N. et al. L'ambiance est dans l'air : la dimension atmosphérique des ambiances architecturales et urbaines dans les approches environnementalistes. Grenoble : Cresson, 2011. 254 p.

Ville de Grenoble. L'adaptation au changement climatique à Grenoble. Évolutions climatiques, enjeux, stratégies. Grenoble : septembre 2018. 8 p.

Ville de Grenoble. Plan d'action Air Energie Climat (2019-2025). Grenoble : 2019. 33 p.

Ville de Grenoble, CCAS. Rapport annuel sur la situation en matière de développement durable 2019. Grenoble : 2019. 20 p.

VILLE DE VIENNE

- Nombre d'habitants : 1,9 millions d'habitants
- Région : Land de Vienne
- Type de collectivité territoriale : collectivité locale et état fédéré



Climat

- Climat en transition d'une forte dominance océanique à un climat continental humide
- Située à la limite est du bassin de Vienne, la partie est de la ville présente un relief montagneux tandis que la partie ouest présente un relief plat, ce qui cause une forte variation de précipitations annuelles avec 742 mm/an dans l'ouest et 515 mm/an dans l'est.
- Écarts annuels de températures prononcés, aussi à cause de l'influence des vents chauds de la Puszta (originaires de la plaine de Pannonie) en été.
- Le Danube, le canal du Danube et la Vienne traversent le centre-ville. Ils y jouent un rôle de régulateur thermique.
- La ville est entourée à l'est et au nord du Wienerwald, bois classé qui rafraîchit les quartiers adjacents.

Morphologie urbaine

- Plus de 50% de la ville sont des espaces verts, mais ces espaces sont distribués inégalement dans la ville. Ils sont surtout proches des fleuves et dans les zones péri-urbaines de la ville.
- Centre urbain très minéralisé, plus on s'en éloigne plus on trouve des quartiers moins denses et moins minéralisés.
- Densité très faible avec environ 4 500 habitants par km².
- Regroupe 30% de la population autrichienne.

Histoire et organisation politique du territoire

- Vienne est la capitale et un état fédéré de la République d'Autriche avec de larges compétences législatives.
- Les services de la Ville sont divisés en plus de 60 départements (*Magistratsabteilungen*). Ils sont regroupés par fonction (*Geschäftsgruppen*) et mis sous la direction d'un des membres du gouvernement de la Ville (*Stadtsenat*). La direction de la Geschäftsgruppe agit comme intermédiaire entre les niveaux politiques et administratifs de la Ville.
- Les 23 arrondissements (*Bezirke*) sont dotés d'un maire et d'un budget propre pour l'aménagement urbain.

Vulnérabilités

- Entre 1961 et 1990, il y avait en moyenne 9,6 jours de fortes chaleurs par an à Vienne. Depuis 2010, cette moyenne s'est établie à 15,2 jours par an.
- D'ici 2050, une augmentation des jours de fortes chaleurs de 0 à 25 jours est attendue, comparé à la moyenne de 1971 à 2010. Pour la période 2071-2100, cette augmentation irait jusqu'à 20 à 50 jours additionnels.
- La population devrait atteindre 2 millions d'habitants d'ici 2030 d'après les estimations.

Comment la thématique du rafraîchissement en ville a-t-elle émergée ?

Depuis 2002, le département pour la protection de l'environnement (MA22) s'est saisi de la question du changement climatique. Cependant, la question des ICU n'a réellement émergé qu'en 2010-2011. La professeure Brandenburg, directrice de l'*Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs et de Naturschutzplanung* de l'université BOKU, et chercheuse sur les questions liées au changement climatique, avait besoin de partenaires au sein des services de la ville pour pouvoir participer à un programme de recherche financé par l'Union Européenne étudiant les effets des ICU sur les grandes villes. Pour ce projet, elle a sollicité les personnes qui, plus tard, sont devenues les personnes clefs dans le traitement de la question des ICU au sein des services de la ville : Jürgen Preiss et Christian Härtel. Ils sont responsables du groupe *Räumliche Entwicklung* (développement de l'espace public, à l'époque un groupe très petit) au sein du département MA22 et travaillent depuis 2007-2008 sur la question de la végétalisation des façades et des toits.

Les résultats du projet ont montré que Vienne est très vulnérable aux ICU. Une discussion sur le sujet a donc émergé par la suite, sans que ça ne soit encore un vrai sujet politique mais plutôt une initiative prise au sein des services de la ville. En même temps, apparemment indépendamment, le département pour la coordination du changement climatique a tenté d'introduire le sujet dans le deuxième plan climat (*Klimaschutzplan*) de la Ville, mais avec un succès limité. Quelques pages y ont été dédiés mais les responsables politiques se montraient encore réticents, réticence pouvant être expliquée par un manque de conscience des enjeux posés par les ICU à l'époque.

Néanmoins, le MA22, et notamment M. Härtel et M. Preiss, s'est saisi de la question suite à plusieurs groupes de travaux menés autour du plan climat et de la question de l'adaptation avec les différents services de la Ville. En 2015, le MA22 a publié la *Urban Heat Island Strategy*. Pourtant, suite à ce rapport, la démarche s'est arrêtée pendant quelques temps et il manquait la volonté politique de réaliser les mesures proposées dans la stratégie. Dans un deuxième temps, le projet INKA (adaptation infrastructurelle au changement climatique) a été mis en œuvre, visant la mise en place de projets concrets au-delà des projets phares. D'ailleurs, plusieurs enquêtés ont affirmé que depuis la formation du nouveau gouvernement de la Ville en 2018, une nouvelle dynamique autour des questions de l'adaptation au changement climatique et aux fortes chaleurs a émergée. Notamment, le troisième plan climat, qui sera voté en 2020, sera en moitié dédié aux questions d'adaptation au changement climatique.

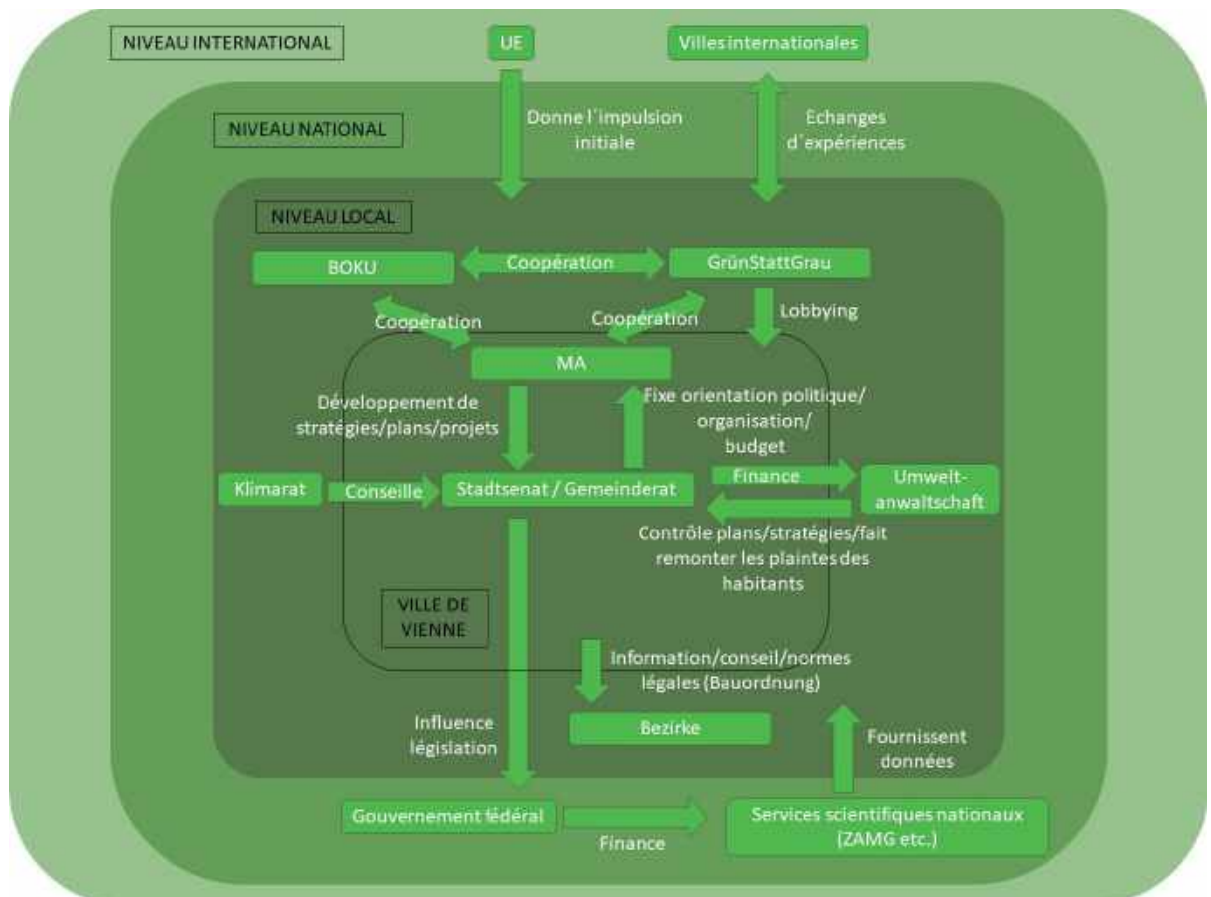
Dans quels documents l'enjeu de l'adaptation aux fortes chaleurs se matérialise-t-il ?

Dans la dernière décennie, la Ville de Vienne a élaboré plusieurs documents stratégiques complémentaires qui traitent, entre autres, du changement climatique et des ICU. Ces plans ne sont pas juridiquement opposables et servent plutôt de guide d'orientation aux services de la ville. Ils sont néanmoins reconnus comme prérequis importants pour une prise en compte globale de la question. Actuellement, des plans de zonage et le code d'urbanisme sont en train d'être réformés pour inclure des mesures d'adaptation aux ICU.



Les Plans Climats et documents d'orientation stratégique pris par la Ville de Vienne

Quels sont les acteurs intervenant dans les politiques d'adaptation aux fortes chaleurs?



Les acteurs viennois mobilisés autour de la thématique de l'adaptation aux fortes chaleurs

La Ville de Vienne

Stadtsenat/Gemeinderat : le Stadtsenat est le gouvernement de la Ville. Voir *Histoire et organisation politique de la ville*. Le Gemeinderat est le parlement de la Ville qui vote les lois. Il vote également les plans stratégiques d'urbanisme et environnementaux ainsi que leurs évaluations régulières.

MA : Magistratsabteilung ; voir *Histoire et organisation politique de la ville*.

Bezirke : les Bezirke sont les arrondissements de la ville ; Voir *Histoire et organisation politique de la ville*.

Les organismes associés mais indépendants de la Ville

Umweltanwaltschaft : traduit littéralement signifie *Avocats de l'environnement*, ce bureau est financé par la Ville mais indépendant. Créé initialement dans le cadre de la construction de la première centrale nucléaire autrichienne, qui n'a jamais été finalisée, cette organisation a aujourd'hui trois responsabilités principales : Evaluer et contrôler les plans stratégiques d'urbanisme de la Ville pour laquelle elle rend des avis, résoudre ou faire remonter des plaintes citoyennes liées à l'environnement, et permettre la création de relations au niveau international.

Klimarat : créé récemment, le *Klimarat* (conseil du climat) a comme vocation de conseiller le Stadtsenat pour tout ce qui relève du climat. Il est composé de scientifiques nommés pour leurs connaissances du sujet.

D'autres organismes locaux

BOKU : *Universität für Bodenkultur* (Université pour la culture du sol). Depuis l'émergence du sujet des ICU, elle coopère avec les services de la ville dans la recherche et fournit des études aux différents échelons de la Ville.

GrünStattGrau : GrünStattGrau est l'association pour la promotion de la végétalisation de toits et façades. Elle est caractérisée par certains enquêtés d'organisation de lobbying à cause de ses liaisons avec des acteurs économiques. Elle coopère avec les services de la ville et la BOKU dans plusieurs projets.

Au niveau national

Gouvernement Autrichien : voir *Histoire et organisation politique de la ville*. La Ville est liée au gouvernement autrichien par les stratégies et le cadre législatif fédéral, mais peu intéressée par une coopération plus étroite. Il n'y a pas de personnages importants (politiques ou administratifs) qui ont opéré des transferts de niveau en passant du niveau national à celui local et vice versa.

Services scientifiques fédéraux : les services scientifiques fédéraux, tels que la *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*, fournissent des données aux acteurs de la Ville pour les études et politiques menées.

Au niveau international

Union Européenne (UE) : l'UE est un acteur clé dans le sens où ce fut un projet de recherche organisé et financé par l'UE qui a donné la première impulsion à l'émergence du sujet des ICU.

Villes internationales : tous les acteurs de la Ville de Vienne ont tendance à chercher la coopération internationale avec d'autres Villes de la même taille, à cause de la position politique et géographique unique de Vienne en Autriche. Les acteurs créent des réseaux personnels à leurs niveaux respectifs et cherchent à diffuser leur connaissance et à profiter des expériences faites ailleurs.

Quelles solutions d'adaptation la Ville de Vienne a-t-elle éprouvées sur le terrain ?

Les solutions mises en place à Vienne se déclinent en plusieurs axes : la végétalisation de l'espace public et privé ; la sensibilisation et la diffusion d'informations pour les habitants et les acteurs concernés ; l'inscription des mesures anti-ICU dans les documents de planification opposables, les rendant obligatoire ; et la cartographie précise du climat et microclimat du territoire. S'ajoute à cela des projets d'aménagement urbains tant pérennes que temporaires, qui ont pour but de lutter contre les ICU ainsi que la diminution du trafic motorisé individuel en ville.

PROMOUVOIR LA VÉGÉTALISATION DE LA VILLE

Le volet végétalisation est le plus recherché et le plus avancé à Vienne, ce qui s'explique par la manière dont le sujet des ICU a émergé (voir *Comment la thématique du rafraîchissement en ville a-t-elle émergé ?*).

• Végétalisation de l'espace public :

- Cartographie du potentiel de végétalisation tous les 5 ans depuis 1991 : les services de la ville suivent le développement des espaces verts dans la ville afin de les conserver. D'origine, ceci n'est pas lié aux ICU mais cela est désormais listé parmi les mesures contre les ICU dans plusieurs documents officiels.
- Protection des arbres urbains : pour couper un arbre d'un diamètre de plus de 40 cm dans l'espace public, l'obtention d'un permis est obligatoire. Par ailleurs, une compensation doit être fournie. Longtemps elle pouvait être monétaire, mais depuis peu, il est obligatoire de planter un arbre de substitution.
- Plantation de 10000 arbres supplémentaires : dans un but de végétalisation de l'espace public, 10.000 arbres de rues seront plantés par la ville d'ici 2025.
- Création du Freiraumnetz Wien : afin de lier les différents espaces verts de la ville, ils seront rattachés par des axes verts, c'est à dire des rues végétalisées ou de nouveaux espaces verts créés. Le but est, qu'à chaque endroit de la ville, un espace vert se trouve à moins de 250 m afin d'améliorer le microclimat, la biodiversité et la qualité de vie, ainsi que d'encourager les déplacements à pied.

• Végétalisation de toits et façades :

- Cartographie du potentiel de végétalisation des toits : les services de la Ville ont identifié les toits et façades qui ont le potentiel d'être végétalisés tenant compte de leur construction, mais aussi de recevoir d'éventuelles protections légales, telles que la protection du patrimoine.
- Recherche sur les effets et potentiels de la végétalisation de toits et façades : depuis 2002, le département MA 22 de la Ville, avec l'université BOKU et des partenaires internationaux, ont mené des recherches sur les effets, les possibilités et les enjeux de

l'application pratique de la végétalisation des toits et des façades

- Mise en place de projets phares : afin de démontrer la faisabilité et l'efficacité de la végétalisation des toits et des façades, plusieurs bâtiments administratifs de la Ville ont été végétalisés, notamment celui du MA 22. Ceci sert aussi d'expérimentation dans le but de gagner de l'expérience pratique qui peut être ré-utilisée et transmise lors de la généralisation de ces mesures.
- Subventions de maximum 22.000€ pour la végétalisation des toits : existantes depuis plusieurs années, les subventions ont été d'une somme maximale de 2.200€ jusqu'en 2019, somme jugée insuffisante considérant les coûts supplémentaires d'une toiture végétale. Depuis, la somme maximale disponible par projet a été augmentée à 22.000€. Par ailleurs, la responsabilité pour l'attribution relevait du MA 42, le département pour les parcs et jardins, et non pas du MA 22, s'occupant de la recherche et du développement de la végétalisation. Ceci a également changé, concentrant ainsi les compétences.
- Développement et distribution du dispositif de végétalisation de façades BeRTA : à la suite d'une enquête menée par l'association GrünStattGrau auprès de 100 citoyens, la ville (MA 22), avec la Umweltberatung, l'université BOKU, et des partenaires externes, a développé un système intégré et unique pour la végétalisation des façades. Le but était de créer un module à bas coût, d'installation facile et d'entretien le plus efficace possible. Dans un premier temps, 50 modules ont été mis gratuitement à disposition de tout propriétaire intéressé en 2019. Depuis 2020, toute personne intéressée peut en acheter et la Ville de Vienne a mis en place des subventions pour l'achat des modules.
- Mise en place d'un « One stop shop » pour la demande des certificats d'urbanisme nécessaires pour la végétalisation : afin de pouvoir installer une façade ou un toit végétalisé, il fallait obtenir plusieurs certificats d'urbanisme des divers services de la Ville. Pour faciliter cette démarche, un pôle unique a été créé, chargé d'évaluer et d'approuver les demandes de certificats d'urbanisme qui y sont liés.

SENSIBILISER ET INFORMER LES HABITANTS

Ce volet est perçu comme important par les acteurs interrogés, pourtant aucune approche systématique n'a pu être constatée, sous réserve de la non-exhaustivité de nos entretiens.

- **Promenades de chaleur urbaines** : en été, la Ville offre diverses balades dans le but de sensibiliser les habitants à la chaleur et d'aider à identifier les îlots de fraîcheur dans la ville.
- **Application *City Oases*** : cette application permet de trouver des espaces verts en fonction de l'activité physique que la personne veut exercer. Elle permet aussi d'identifier les espaces verts frais dans la ville.
- **Cartographie des fontaines d'eau** : une carte des fontaines d'eau de la ville est disponible sur internet pour permettre aux habitants de les trouver facilement.
- **Mise en place de *Cooling Centers*** : la croix rouge met en place des centres de rafraîchissement en été où toute personne peut venir se rafraîchir en période de chaleur. Ces endroits peuvent être des centres commerciaux, des galeries d'art, etc.

- **Intervention du personnel des services dans la ville auprès des établissements de formation** : certains membres des services de la ville interviennent auprès des universités, mais aussi des écoles de la ville afin d'informer et sensibiliser au sujet du réchauffement climatique, des ICU et de l'adaptation.
- **Billet à 365€ pour les transport en commun** : bien que le but soit d'inciter le délaissement de la voiture et la réduction de la pollution, un effet secondaire souvent cité lors de nos entretiens est la diminution de la chaleur émise par les voitures en ville.

INSCRIRE DES MESURES D'ADAPTATION DANS LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION JURIDIQUEMENT OPPOSABLES

Il y a une forte volonté administrative, et récemment aussi politique, de rendre obligatoire les mesures d'adaptation au changement climatique lors des projets de construction et d'aménagement. Les décideurs politiques et administratifs sont conscients que ceci est la manière la plus efficace pour les promouvoir.

- **Inclusion dans les plans de zonage et de développement (Flächenwidmungs- und Bebauungsplan)** : une obligation de végétalisation des toits est inscrite dans tous les plans de zonage et de développement récents. Cette obligation est valable pour toute nouvelle construction ainsi que pour les rénovations profondes. Toute personne obligée de végétaliser ne peut pas prétendre aux subventions décrites précédemment qui, dans ces zones-là, sont réservées aux bâtiments existants sans obligation. Ce processus est pourtant long à cause des délais de révision, qui sont de 7 ans environ.
- **Inclusion lors de la réforme du code de l'urbanisme (Bauordnung)** : actuellement, le code de l'urbanisme de la ville est en révision. Il est prévu d'inclure une obligation de végétalisation, ce qui accélérerait ce qui est actuellement fait à travers les plans de zonage et de développement.
- **Inclusion lors des mises en compétition de grands projets de construction ou d'aménagement** : pour tout grand projet d'aménagement, la Ville de Vienne est obligée de faire un appel d'offres dont elle fixe les conditions. Les services de la Ville traitant de la question des ICU sont inclus lors de l'élaboration de ces appels d'offres afin de promouvoir l'intégration de l'atténuation des ICU et plus largement de surveiller qu'il s'agit d'un projet d'aménagement durable.

METTRE EN PLACE DES CARTOGRAPHIES ADMINISTRATIVES DU SUJET

La cartographie est aussi perçue à la fois comme un outil d'information des habitants et comme un pas important dans la recherche, permettant de mettre en place des politiques publiques efficaces.

- **Carte de vulnérabilité aux ICU** : une première carte de vulnérabilité a été développée en 2019 par un acteur externe et reprise par la vice-maire lors d'une exposition sur les

projets environnementaux. Bien que cette carte ait été plutôt rudimentaire, croisant les populations vulnérables (enfants et personnes âgées) avec la température de surface des rues, elle a été utilisée pour la mise en place du projet « Coole Straßen » décrit plus bas. Actuellement, une deuxième carte qui prend en compte d'autres catégories de personnes vulnérables (pauvres, migrants, etc.) et qui utilise des données climatiques plus fines est en cours d'élaboration par les services de la ville.

- **Carte Wien Umweltgut** : il s'agit d'une carte climatique disponible en ligne qui regroupe les courants d'air, heures d'exposition au soleil en été et en hiver, le microclimat local, le trafic, biodiversité etc.

FAVORISER LA PRISE EN COMPTE DE LA PROBLÉMATIQUE DE LA CHALEUR EN VILLE DANS LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT

Cette liste présente les projets d'aménagement les plus intéressants de Vienne dans le but de donner un aperçu de l'état d'avancement de la Ville.

- **Projets temporaires estivaux** :
 - Coole Straßen : piétonisation et mise en place de dispositifs de rafraîchissement dans les rues les plus vulnérables identifiées par la carte de vulnérabilité aux ICU. Voulu et planifié par le bureau de la vice-maire en 2019, ce projet a été développé et mis en place en 6 semaines en coopération avec les services de la Ville. L'évaluation ex-post a montré que les habitants y ont été plutôt favorables. En 2020, le projet sera élargi à d'autres rues proposées par les maires d'arrondissement.
 - Dispositifs de rafraîchissement : des brumisateurs et d'autres dispositifs similaires ont été installés dans l'espace public, tel que les zones piétonnes et les aires de jeux.
 - Installation de fontaines d'eau : des fontaines avec de l'eau potable sont installées afin de donner à tout moment accès à l'eau fraîche.
- **Projets durables** : l'aspect de l'adaptation au changement climatique et aux ICU est inclus dans tous les projets d'aménagement en cours, ici quelques exemples intéressants :
 - Kühle Meile Zieglergasse : projet d'aménagement de la rue Zieglergasse avec le but de créer une rue exemplaire de l'adaptation au changement climatique. Toutes les places de stationnement ont été éliminées et la vitesse maximale a été réduite à 20 km/h. Des dispositifs de rafraîchissement tels que des brumisateurs et des fontaines ainsi que des plantations faisant de l'ombre ont été installés. Le sol a été couvert de matériaux perméables.
 - Seestadt Aspern : nouveau quartier dans l'est de la ville, planifié il y a environ 15 ans, entre autres avec le but de tenir compte du confort estival. Des façades et toits végétalisés ainsi qu'un lac artificiel ont été inclus dans ce but. Pourtant les critères de l'appel d'offres, décrits plus haut, n'ont pas été assez stricts dans ce sens. Aujourd'hui, il y a un effort pour désimpermeabiliser et débitumiser le quartier, et des plantations d'arbres sont en cours afin d'y remédier.

- Plantation du bois Norbert-Scheid-Wald : contrairement au nord-ouest et ouest de la ville, il n’y pas de forêt au nord-est. Afin d’y créer des espaces verts de loisirs et de rafraîchir les quartiers adjacents de la ville, un projet de développement écologique a été décidé. Plusieurs types de biotopes y seront créés, entre autres un bois dont les arbres sont plantés par les habitants de la ville, par exemple des classes d’écoles s’y rendant pour planter des arbres.
- Lieux de baignade et de plages urbaines : le long des fleuves de la ville, notamment la Danube et le Donaukanal, les berges sont aménagées en plage urbaine et bar l’été, et en espaces de détente le reste de l’année.

Sources

Climate Change Centre Austria. Klimastatusbericht 2019. Autriche : 2019. 28 p.

Höfler, A., Andre, K., Orlik, A., Stangl, M., Spitzer, H., Ressler, H., Hiebl, J., Hofstätter, M. Klimarückblick Wien, 2019. Wien : CCCA, 2020. 7 p.

Stadt Wien. Smart City Wien Framework Strategy 2019–2050. Vienna’s Strategy for Sustainable Development. Vienne : 2019. 172 p.

Stadt Wien, Magistrat der Stadt Wien. Klimaschutzprogramm der Stadt Wien. Fortschreibung 2010–2020. Vienne : 2009. 102 p.

Stadt Wien, Magistratsabteilung 20- Energieplanung. STEP 2025. Fachkonzept Energie-raumplanung. Vienne : 2019. 131 p.

Stadt Wien, Magistratsabteilung 22- Umweltschutz. Urban Heat Islands (UHI)- Strategie-plan Wien. Vienne : 2015. 116 p.



2. ANALYSE CROISÉE

L'analyse croisée des quatre cas d'études a permis d'identifier la manière dont ces villes et métropoles adaptent leur gouvernance à la problématique de l'adaptation au changement climatique et aux fortes chaleurs. Une vigilance particulière a été portée sur la question de l'acceptabilité sociale des actions mises en œuvre.

I. Les facteurs influençant le succès de la mise en place d'une politique publique de lutte contre les ICU

La ville est un écosystème complexe s'apparentant à un millefeuille d'acteurs publics et privés. Les ICU impactent le quotidien des acteurs qui ont donc un intérêt dans l'adaptation de la ville aux fortes chaleurs. Dans cette partie nous relevons comment cette transversalité se décline lors de l'élaboration et de la mise en place de politiques publiques visant la réduction des ICU. Sur la base des entretiens menés, quatre catégories de facteurs ont été soulignées comme essentielles dans la réussite d'une politique d'adaptation aux ICU : les aspects techniques, financiers, sociaux, ainsi que politiques et administratifs. Nous allons voir comment ceux-ci se déclinent sur le terrain.

A. Lutter contre les ICU: des politiques publiques territorialisées et encore expérimentales

Bien que de nombreuses politiques publiques de lutte contre les ICU ont déjà été éprouvées sur le terrain, il s'agit de politiques qui, souvent, se trouvent encore dans une phase d'expérimentation. Cette phase est notamment liée au fait que pour agir sur les ICU, une phase de recueil de données est nécessaire pour comprendre les raisons de leur formation et les mesures les plus efficaces pour y lutter localement.

1. La bonne connaissance du phénomène d'ICU sur le territoire au cœur d'une action efficace

CONNAÎTRE LES CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES DE SON TERRITOIRE EST IMPORTANT MAIS NE SUFFIT PAS

Connaître son territoire est ressorti comme primordial dans toutes les villes étudiées. En effet, la géographie détermine ce qu'on peut et ne peut pas faire en termes d'adaptation au changement climatique, ainsi que les mesures les plus efficaces. Pour comprendre le phénomène des ICU dans une ville, il faut deux types de données. D'abord il faut pouvoir produire des données globales territoriales, telles que le climat, la direction dominante du vent et les précipitations annuelles mais aussi les changements climatiques qui se manifesteront sur le territoire dans les années à venir, autant de paramètres jouant localement sur les ICU. Puis, il est également nécessaire de connaître les origines et les effets des ICU locaux.

Concernant les données globales, les Villes de Paris et de Grenoble, comme la Métropole de Lyon, mènent plusieurs programmes de recherche sur leur territoire et l'impact des vagues de chaleur dessus, à l'instar du projet EPICEA finalisé en 2012, dans le cadre du programme de recherche *Paris 2030*. Ces recherches sont réalisées en partenariat avec des universités, laboratoires, services scientifiques et associations, mais s'appuient dans certains cas aussi sur la récolte de donnée citoyenne sur le terrain.

Ces données globales peuvent avoir, en conséquence, un impact concret sur les solutions mises en place. A Vienne, la végétalisation des toits et façades occupe une grande place dans la stratégie d'adaptation de la Ville (voir *Présentation des cas d'études : Ville de Vienne*). Cependant, comme expliqué par un des membres du département pour la

protection environnementale de la Ville de Vienne, ceci est uniquement possible parce que le service sait qu'une quantité d'eau suffisante pour l'arrosage sera disponible dans les prochaines années du fait de la position de la ville proche des sources d'eau des Alpes. Pour mieux comprendre les différents ICU, il faut pouvoir produire des données ultra-locales. Le phénomène des ICU nécessite un fin maillage de données variées, telles que les températures journalières et nocturnes, le mouvement du soleil, les courants d'air etc. Comprendre la situation climatique d'un quartier ou d'une rue peut nécessiter autant d'efforts que la recherche sur le climat global d'une ville. Ainsi, à Lyon dans la rue Garibaldi, le quartier d'affaires de la ville, une quinzaine de capteurs ponctuels ont été installés, et complétés par des capteurs mobiles installés sur des vélos (voir *Présentation des cas d'études : Métropole du Grand Lyon*). Ces données permettent de mettre en place des mesures adéquates et produisent le meilleur effet sur le microclimat. Une question reste cependant ouverte sur ce qui constitue ce meilleur effet. Nous avons pu constater que dans toutes les villes étudiées, l'évaluation des données se fait surtout sur la base d'indicateurs techniques (température de l'air, de surface, etc.). Les ressentis des habitants concernés sont rarement utilisés dans l'interprétation du micro-climat. A Grenoble, une étude sur les balades thermiques menée pendant les années 2000 a montré que le point de vue des habitants peut aider à la compréhension du microclimat local, mais cet aspect n'a pas été poursuivi.

En conséquence, les villes étudiées ont conscience que la connaissance climatique de leur territoire dans son ensemble ne suffit pas, mais qu'il faut le comprendre aussi par quartier et par rue. Il est également important de regarder comment les différents climats de la ville s'influencent. Cette bonne compréhension du territoire constitue la base de la mise en place des solutions, elles-

mêmes contraintes aussi par la situation ex-ante au projet d'aménagement.

LA SITUATION EX-ANTE DE L'ESPACE LIMITE LES CHOIX DE L'AMÉNAGEUR

Une ville est, par définition, un espace bâti ce qui signifie qu'on ne peut pas planifier sans tenir compte de ce qui existe déjà. Ceci a été relevé par tous les acteurs que nous avons rencontré et constitue une contrainte importante lors de la phase opérationnelle de mise en œuvre de solutions d'adaptation à la chaleur urbaine.

Un des aspects les plus relevés est la présence d'infrastructures existantes qui limite la marge de manœuvre de l'aménageur et détermine ce qui peut être fait sur place. Un membre du bureau de la vice-maire de Vienne affirme :

« ... space is not endless. So not everywhere is it possible to plant a tree, because of the infrastructure beneath like gas and electricity lines. There are situations where we have to switch from the idea to plant urban trees to the idea to green the buildings.¹ »

Une autre contrainte liée à la situation ex-ante est l'usage de l'espace public ou de la voirie. Parfois, elle rend impossible l'installation de revêtements clairs et perméables en raison des propriétés des matériaux qui ne sont pas adaptées à tous les usages. Aussi, ces types de revêtements ne sont pas encore très répandus et par conséquent, l'aménageur a tendance à préférer les matériaux durables dans le temps et connus au

¹ « L'espace n'est pas infini. On ne peut pas planter des arbres partout, car en dessous il y a l'infrastructure souterraine comme les réseaux de gaz et d'électricité. Il y a des situations où il faut changer de cap et passer de l'idée de planter des arbres à celle de végétaliser les bâtiments »



Les revêtements perméables ne sont pas toujours compatibles avec d'autres usages du sol des villes, comme l'existence de sous-sols ou de réseaux de métro

lieu d'utiliser des matériaux non-éprouvés et expérimentaux. Les dires d'un ingénieur de l'Apur rencontré en témoigne :

« Dans les cahiers on a essayé d'être pédagogique et précis. Aujourd'hui l'ICU fait l'objet d'expérimentation ... mais c'est pas dans les politiques publiques que ça expérimente le plus. Par exemple dans la plupart des villes, quand on fait des travaux de réseaux, on remet de l'asphalte et du bitume. »

Ces difficultés à tester des solutions innovantes dans l'espace public font qu'à Paris comme à Lyon, le focus de l'administration est mis à la fois sur l'espace public et l'espace privé et ici, notamment sur les nouvelles constructions.

Ceci nous amène à la question de comment généraliser la prise en compte des ICU lors des projets de construction et d'aménagement urbains.

2. L'adaptation aux ICU est une expérimentation continue et transversale

LA LONGUE TEMPORALITÉ DES PROJETS D'AMÉNAGEMENT ET LA COURSE CONTRE LE TEMPS

Les projets d'aménagement sont, du fait de leur complexité et de la multitude des acteurs impliqués, des projets de longue durée. Ceci est d'autant plus vrai concernant les ICU : il s'agit d'un enjeu urbain qui, contrairement à beaucoup d'autres, n'a émergé que dans les deux dernières décennies. Globalement, comme vu précédemment, la première étape dans la prise de conscience des enjeux de la chaleur est la récolte de données. Ainsi, à Grenoble il nous a été confirmé que pendant longtemps, la Ville a été très avancée dans l'étude de la chaleur, mais que l'adaptation à grande échelle n'a émergé qu'assez récemment. De même pour Vienne où la transition de la recherche vers l'opérationnel a nécessité plusieurs années pour émerger.

Néanmoins, l'évolution dans la mise en place de solutions contre les ICU que nous avons pu observer est considérable. Nous pouvons prendre pour exemple le quartier Seestadt Aspern à Vienne, planifié pendant les années 2000 et en construction depuis. A l'époque, et encore dans les plans stratégiques publiés en 2014 et 2015, ce projet était vu comme un modèle de ce qui pouvait être fait pour atténuer la chaleur, notamment avec des façades végétalisées et un lac au milieu du quartier. Si les premiers plans symbolisaient l'avenir écologique de la Ville, les autorités ont depuis décidé de refaire le quartier à peine achevé pour y planter des arbres et désimperméabiliser le sol car celui-ci était très bitumisé et caractérisé comme *"très chaud et presque invivable"* en été par plusieurs membres de l'administration de la ville. Au cabinet de la vice-maire, ce résultat est expliqué non pas par le climat, mais par une évolution de la considération des ICU comme vrai sujet politique :

« ... if we go there right now, we see a very new area. It is new because like the areas or the parts of Aspern that are built, they are new. But the plans are maybe 10 or 15 years old now. And those plans, of course, they date back to a different time when greening was regarded as what we call Verkehrs-begleitgrün [mot technique allemand qui littéralement traduit signifie végétation en accompagnement du trafic, se réfère à toute la végétalisation dans l'espace public] which is a nice word for it² »

2 « Si nous allons là-bas maintenant, nous verrons un nouvel espace. C'est parce que les espaces, et les parties d'Aspern qui ont été construits, sont neufs. Mais les plans datent peut-être de dix, quinze ans aujourd'hui. Et ces plans, bien sûr, datent d'une époque différente, où la végétation était considérée comme Verkehrsbegeleitgrün, ce qui est un bon nom pour cela. »

Comme le témoigne cet exemple, les projets achevés aujourd'hui reflètent l'état des connaissances au temps de leur planification, tout comme les projets en cours d'élaboration aujourd'hui seront, une fois achevés, peut-être déjà dépassés. Afin de permettre un développement qui sera durable dans le temps, certains acteurs prennent aujourd'hui le temps de réfléchir, de faire du terrain et de planifier. Par exemple, la Métropole de Lyon a initié une thèse, actuellement en cours, sur les grands lyonnais et les fortes chaleurs, ayant pour objectif de préciser leur politique d'adaptation.

L'enjeu pour les villes est donc de résoudre la dichotomie entre la temporalité longue des projets d'aménagement et l'innovation continue dans le domaine de l'adaptation aux ICU, tout en pérennisant leur considération lors des projets d'aménagement.

PÉRENNISER L'EXPÉRIMENTATION DANS L'ESPACE

« L'ICU est plus une expérimentation qu'une pratique dans l'espace public parisien. On se cherche encore ... La question, c'est plus qu'aujourd'hui il y a des projets-pilotes et expérimentation un peu de partout, mais au-delà de ça, comment on change les pratiques urbaines d'un seul coup ? »

Cette citation d'un ingénieur de l'Apur à Paris est représentative de l'état d'avancement concernant la question des ICU que nous avons expérimenté dans toutes nos villes d'étude. Le sujet est sur la table, il est présent, mais les solutions sont encore en train d'être trouvées, de s'organiser et de se pérenniser. A Grenoble par exemple, le fait d'expérimenter est vu comme une opportunité d'apprendre, d'améliorer, et cela se concrétise, la plupart du temps, par une pérennisation de l'expérimentation. Ainsi, en 2019, il a été découvert que les habitants apprécient de se baigner dans les fontaines décoratives de la ville. Afin de le permettre,

les contraintes liées à l'hygiène et la sécurité ont été recensées. Pour l'été 2020, une grande partie des fontaines de la ville seront en mesure d'accueillir les baigneurs. Il faut noter qu'il est plus facile d'adapter des fontaines que de changer les règlements de construction qui freinent la généralisation des expérimentations de plusieurs manières. Dans certains cas, il est possible que ces règlements ne permettent pas certaines solutions, comme à Vienne où la végétalisation des bâtiments d'une hauteur de plus de 25 mètres est interdite à cause des dangers d'incendie. Les gratte-ciels végétalisés de Milan démontrent que c'est un enjeu solvable mais nécessitant des changements réglementaires. Le problème se pose aussi avec des règlements qui ne sont pas assez contraignants. Ainsi, comme nous explique un collaborateur à la Direction Energie et Environnement de la région Auvergne-Rhône-Alpes sur le quartier de la Confluence à Lyon :

« [...] on met 3 bouts de pelouse au milieu et on dit : ça y est on a lutté contre les ICU alors que l'été, y a que du béton, il fait une chaleur horrible. Oui l'intérieur ça va mais tout le reste de la ville est minéral au possible donc faut réfléchir à comment transformer la ville. »

Néanmoins, il faut voir que la pérennisation de projets phares est possible. A Paris, l'UrbanLab réalise une phase d'évaluation poussée de chaque expérimentation qui permet d'avoir un retour sur l'acceptabilité, la viabilité, et les conditions de généralisation des solutions. L'UrbanLab a notamment eu des retours très positifs sur toutes les expérimentations visant à réduire la chaleur en ville, qui semble être une thématique d'action consensuelle. C'est notamment le rôle des expérimentations menées sur le terrain par la métropole de Lyon, comme par exemple sur la commune de Saint-Fons pour le développement d'un écoquartier, qui permettent de préfigurer les aménagements futurs et d'associer la population sur les sujets, ne



La maison de Hundertwasser, à Vienne

touchant alors pas uniquement à un projet climatique mais également de qualité de vie, de vivre ensemble. Les retours d'expertise comme ce qui a été fait sur neuf projets urbains par la Métropole de Lyon en 2017 permettent aussi de mesurer le degré d'intégration de la question des ICU, notamment sur les recommandations des guides pour les projets urbains. Cela permet de poser des constats sur les acquis et les thématiques restant à travailler. Il y a alors une volonté de la Métropole lyonnaise d'aller plus loin dans l'intégration des thématiques, notamment sur le côté transversal des ICU et les expérimentations ainsi que les retours d'expertise sont des bons indicateurs.

Il y a également la faisabilité administrative, la possibilité de réaliser des projets au sein de l'administration, qui peut offrir des résultats prometteurs. La végétalisation des façades à Vienne en est un bon exemple. Au début, plusieurs bâtiments de l'administration de la ville ont été végétalisés afin de tester les meilleurs systèmes ainsi que les différentes plantes. Basés sur ces expériences et avec le soutien de chercheurs et entreprises privés, les services de la Ville ont développé les modules de végétalisation BeRTA et en ont donné gratuitement cinquante aux propriétaires intéressés dans le cadre du projet *50 Grüne Häuser* (50 immeubles verts). Aujourd'hui, ces modules sont en vente libre avec une subvention de la ville disponible pour leur installation, et leur mise en place est facilitée par la simplification du processus d'application pour un permis de végétalisation. Nous pouvons en conclure que pour passer de la phase expérimentale à la pérennisation, il faut à la fois de la volonté, mais aussi de la créativité dans le traitement des ICU.

Ces mêmes attributs sont nécessaires à l'organisation des projets urbains liés aux ICU. En effet, l'organisation et la structuration des équipes de projet sont rendues plus compliquées en raison de la multiplicité des ex-

pertises nécessaires pour un pilotage fin des projets. Un responsable de l'UrbanLab de Paris confie à ce sujet :

« Il y a toujours beaucoup d'obstacles à l'expérimentation à lever car le caractère expérimental fait que les porteurs sont en général un peu des précurseurs. C'est à eux de déterminer tout ce qu'il faut faire, ça demande de la force de conviction, et donc oui on a pu avoir pas mal de difficultés. »

Nous voyons donc que les contraintes techniques rencontrées sur le terrain sont souvent liées à la faisabilité matérielle, politique et administrative ainsi qu'à des questions d'acceptabilité. Enfin, il faut aussi considérer que le passage de l'expérimentation à la généralisation doit aussi passer par une réduction des coûts des projets expérimentaux. En effet, certains projets phares peuvent dépasser leur budget du fait de leur caractère expérimental. Mais si ces expérimentations ont pour vocation d'être pérennisées, il y a une injonction plus forte à la maîtrise des coûts du projet. Pour cela, la prochaine partie s'attachera à étudier comment l'aspect financier influence la mise en place de solutions d'atténuation et d'adaptation de la chaleur en ville.

B. La maximisation de la dépense de l'argent public dans la lutte contre les ICU

Les politiques de lutte contre les ICU, comme toute politique publique, sont soumises aux contraintes budgétaires qui peuvent se faire sentir au niveau de la recherche, de l'expérimentation et de la pérennisation des solutions.

1. Le primat du financier

La production de connaissances territoriales relevée dans la partie précédente ne sert pas seulement à trouver les solutions techniques optimales aux ICU. Lors de nos entretiens, il est ressorti que ces connaissances servent également comme outils permettant de maximiser l'utilité des investissements faits avec l'argent public. Si, par exemple, pour planter des arbres dans une rue il faut restructurer toute l'infrastructure souterraine, il est plus adéquat de changer de mesure plutôt que de dépenser de l'argent qui pourrait être plus utile ailleurs.

A Vienne notamment, plusieurs acteurs nous ont expliqué que l'argument le plus convaincant pour la bonne prise en compte des enjeux relatifs à la chaleur urbaine dans les projets d'aménagement est une analyse coût-bénéfice positive. Un chercheur-professeur de l'université BOKU affirme :

« And a major argument in Vienna [...] was of course the economic and financial arguments. One of the arguments for green roofs was that the sewers just cannot take the water that's coming down during heavy rain. And it's extremely expensive to expand sewers in an old city like Vienna. The argument was to make more green roofs which take up and to slow down the rainwater coming into the sewers. That is a much better argument than all the heat-related arguments.³ »

3 « Les arguments les plus importants à Vienne sont les arguments économiques et financiers. Un des arguments pour la végétalisation des toits était que les égouts ne peuvent pas traiter l'eau qui tombe lors de fortes pluies. Et c'est extrêmement cher d'agrandir les égouts d'une ville aussi vieille que Vienne. L'argument a été de végétaliser plus de toits qui ralentiraient l'eau avant qu'elle ne tombe dans les égouts. Cet argument est bien meilleur que tout argument lié à la chaleur »

Cet effort de maximisation de l'utilité publique est d'autant plus important que les ressources à disposition dans la lutte contre les ICU dans toutes les villes étudiées sont limitées. La volonté d'agir dépasse les moyens financiers, et les villes ont développé des stratégies diverses pour y remédier. A Paris, une cheffe de projet à l'Agence de l'écologie urbaine explique qu'ils se concentrent plutôt sur des solutions de qualité élevée, suivant la formule *un peu moins, mais mieux*. A Lyon, les agents s'appuient surtout sur ce qui est fixé dans le PCAET pour défendre l'inclusion des ICU lors des projets d'aménagement. A Grenoble, les acteurs cherchent activement de nouvelles sources de financement, avec notamment l'ALEC qui essaie de repérer des appels à projet pour voir lesquels pourraient insérer le sujet des ICU.

2. Encourager financièrement les acteurs privés

Les incitations financières sont un levier repéré dans toutes les villes étudiées. Les freins sont pourtant multiples à la mise en place d'un système de subventions directes et indirectes efficace. D'abord, il y a la problématique de l'accessibilité des fonds existants. La directrice de l'UrbanLab explique que les porteurs de projet ayant des objectifs transversaux, comme par exemple lier la problématique de la chaleur en ville avec la création de lien social, peuvent avoir du mal à accéder à des financements qui, eux, ne sont pas pensés de manière transversale. En effet, les canaux de financement n'ont pas forcément d'enveloppes pour financer un projet d'adaptation avec autant d'objectifs différents. L'intérêt de ces projets n'est pas d'être les meilleurs sur une seule thématique, mais de vouloir agir sur différents sujets en même temps. Pour les porteurs de projet, cela signifie devoir monter plusieurs dossiers différents de demande d'aides.

De plus, il peut y avoir un manque de volonté politique pour la mise en place de subventions. A Lyon, les agents sont bien conscients du besoin de trouver des mécanismes d'incitation financière, tels que des mesures fiscales pour faciliter la mise en place des solutions. Mais aucune subvention pour la végétalisation par exemple n'est active, bien que les réflexions soient bien avancées. Les coûts de plantation et de maintenance sont élevés pour la personne souhaitant végétaliser son terrain, tandis que l'ensemble des terrains constructibles autour en bénéficie. Certaines mesures pourraient être efficaces comme des mesures de défiscalisation pour les parcelles classées "boisement protégé" ou des aides pour planter, d'après le responsable du service Arbres et Paysage, affirmant que "pour changer les comportements individuels, il faut des petits plus".

Ce petit plus devant être d'une valeur importante, le montant de l'incitation financière est le troisième frein à une politique incitative efficace. Cette difficulté se retrouve à Vienne, pour l'exemple des subventions à la végétalisation. Afin qu'une subvention soit incitative à un changement comportemental, il faut qu'elle permette de récupérer une partie considérable du coût supplémentaire. Un professeur-chercheur de la BOKU explique :

« For the last fifteen years or something like that, it (la subvention à la végétalisation, note des auteurs) was a maximum of 2 200€ per building, and it's changed only recently to around 20,000€ per building, which is still less than in other cities like Hamburg. [...] 2 200€, that's just nothing. You know, you don't build green roof only because of 2 000 euros more or less.⁴ »

4 « Durant les 15 dernières années, la subvention à la végétalisation était plafonnée à 2 200€, et n'a été que récemment augmentée à environ 20 000€, ce qui est toujours moins que dans d'autres villes comme Hambourg. [...] 2 200€, ce n'est rien. Vous savez, vous ne végétalisez pas un toit pour seulement 2000 euros en plus. »

Nous pouvons en conclure que l'aspect financier a une double influence sur la mise en place de mesures contre les ICU. D'un côté, des moyens adéquats doivent être accordés au sein de la ville. De l'autre, les incitations pour les acteurs privés doivent être assez élevées pour éviter des effets d'aubaines et pour avoir un réel impact. Ces effets seront l'objet d'analyse de la prochaine partie qui met à la lumière les aspects sociaux de l'adaptation aux ICU.

C. Sensibiliser et responsabiliser les acteurs territoriaux et citoyens aux enjeux relatifs aux fortes chaleurs afin de faciliter l'acceptabilité des solutions proposées

La lutte contre les ICU et plus généralement, l'adaptation aux changements climatiques peut susciter des interrogations ou des réticences de la part de certains acteurs du territoire. Ceux-ci ne disposant pas toujours des outils de compréhension nécessaires, que ce soit les contraintes climatiques poussant à la réalisation de projets ou les gains de ces installations, l'acceptabilité de ces solutions sera favorisée par des mécanismes de sensibilisation, de concertation et de responsabilisation auprès des acteurs.

1. Informer pour mieux sensibiliser au développement des infrastructures d'adaptation aux fortes chaleurs

La mise en place de solutions contre les ICU passe aussi par une bonne compréhension de celle-ci auprès des acteurs, municipaux comme privés. Il est souvent avancé que les périodes de crise, telles que les catastrophes naturelles ou les phénomènes météorologiques extraordinaires comme des canicules intenses, conscientisent l'urgence

d'agir et par conséquent, les prises d'action. Le reste du temps, il faut donc arriver à trouver des moyens de communication et de sensibilisation.

La Ville de Paris a une approche assez intéressante dans la communication autour de ses projets, en prônant l'information des citoyens pour favoriser une vision collective des politiques publiques. Différents outils ont été identifiés, dont le recours dépend du projet considéré. Premièrement, elle communique sur des exemples réussis à Paris ou ailleurs, pour inciter les autres acteurs à suivre la tendance. C'est le cas avec les cours Oasis. La première a permis de convertir d'autres cours d'école. Il y a ensuite l'idée d'aller chercher des *leaders d'opinion* qui sont en mesure de toucher d'autres habitants moins réceptifs à la communication institutionnelle. Ces derniers peuvent alors être mobilisés pour communiquer plus efficacement et cibler le public voulu. Pour reprendre l'exemple des cours Oasis, "il n'y a

rien de plus efficace qu'un directeur d'école pour faire changer les avis", d'après un membre de la DGTER. Plus généralement, pour sensibiliser un maximum d'habitants aux enjeux du changement climatique et aux bons gestes à adopter en cas de canicule, la Ville de Paris peut s'appuyer sur ses réseaux de volontaires, et en premier lieu les Volontaires du Climat. Enfin, il y a l'importance d'une pédagogie active autour des enjeux d'adaptation ainsi que sur les projets mis en place pour lutter contre les ICU. Comme le rappelle la directrice de l'UrbanLab :

« L'adaptation au changement climatique ça reste une notion un peu floue, on l'associe souvent à faire des efforts pour réduire sa consommation, sans vraiment comprendre les bénéfices qu'on en tire. Donc ça demande beaucoup d'acculturation, des explications, des exemples concrets et des belles histoires à raconter à la population, et surtout une capacité à dire que les démarches d'adaptation au changement climatique, c'est pour le long terme, mais ça peut apporter des bénéfices de confort sur le court terme. »



Un exemple de cours Oasis à l'école maternelle du 70 avenue Daumesnil. © Mairie du 12^e arrondissement

De même, lors d'un entretien avec une responsable de l'ALEC Grenoble, l'importance d'anticiper les objections à un projet a été soulignée. Si nous prenons l'exemple du projet grenoblois des cours d'école qui vise à remplacer le béton par des surfaces perméables, l'ALEC a alors organisé des réunions pour expliquer les objectifs d'un tel projet ainsi que ses gains, tout en désamorçant pédagogiquement les points qui pouvaient coïncider, tels que l'idée partagée par certains qu'une cour de pleine terre peut être plus "sale" ou "dangereuse". Ici, cela va même plus loin puisque les remarques remontées lors de ces réunions sont intégrées dans la conception du projet. Nous retrouvons une logique de sensibilisation et d'inclusion du citoyen à Grenoble.

L'effort de pédagogie est donc important pour que les populations en comprennent les bénéfices et que les méthodes adoptées entrent dans les pratiques. Ce volet de communication pour partager les initiatives sur les projets urbains se retrouve également à Lyon. En effet, la communication se fait au niveau de chaque projet. L'objectif de cette concertation est d'expliquer aux riverains pourquoi les projets se font de cette manière-là, par exemple : pourquoi cela est important d'utiliser des revêtements clairs, dont la surface s'incline en pente vers les zones végétales pour réorienter l'eau des pluies, de conserver les grands arbres, de développer la ville perméable, etc. Cela se met en pratique au cours de réunions publiques, de conseils de quartier, d'articles dans les journaux locaux ou encore lors de visites sur le terrain. Il n'y a cependant pas de co-construction à proprement parler avec les citoyens. C'est pareil à Paris où le contact avec le citoyen se fait surtout de manière *top-down* : on informe, on acculture, on fait monter en compétence, mais cela ne débouche pas automatiquement sur une démarche de co-construction par la suite. De même que si à Lyon des programmes de sciences partici-

patives ont été initiés dans le domaine de la protection de la biodiversité (voir *Présentation des cas d'études : Métropole du Grand Lyon*), à Paris, elles ne s'observent pas ou restent seulement du ressort de l'expérimentation. La Ville ne promeut pas ce genre de méthode. Enfin, à Vienne, la Ville rappelle la nécessité de communiquer sur les dispositifs d'aide et les subventions qui existent pour mettre en place des solutions, que ce soit pour le public ou les aménageurs. Ainsi, une bonne communication sur les possibilités de soutiens économiques permet de favoriser la mise en place de nouvelles solutions.

Il y a donc un travail d'acceptabilité par la pédagogie mis en place par des organismes privés comme publics observable sur le terrain, que ce soit à travers des mécanismes de concertation ou des canaux de communication, et dans certains cas, d'inclusion du citoyen plus poussée.

2. Une responsabilisation du citoyen pour une meilleure compréhension des enjeux d'adaptation

Il y a un constat général qui est posé : celui du temps long nécessaire à l'adaptation. Les mentalités changent doucement, et ce processus peut parfois s'avérer difficile. Il est alors important de trouver des consensus, en jouant notamment sur le rôle que chacun peut avoir dans l'adaptation au changement climatique.

Transmettre les *bons comportements*, les *bonnes pratiques* s'impose comme une méthode intéressante pour infuser le changement, comme le fait notamment la Ville de Paris. C'est le rôle de l'Agence de l'écologie urbaine de la Ville de Paris. En s'occupant des questions liées au climat et à l'adaptation au changement climatique, elle met aussi en avant l'importance de la mobilisation des citoyens afin de favoriser leur prise de pou-

voir sur ces questions. Pour prendre des exemples assez simples dans la lutte contre la chaleur en ville, bien fermer ses volets la journée est un des gestes à adopter pour éviter que la chaleur ne rentre. Il existe de nombreux gestes de ce type, comme cela a été souligné dans la première partie du rapport, et il est important d'arriver à conscientiser les personnes sur leurs comportements, qui peuvent être bénéfiques, soit au contraire, contre-productifs. Dans le cas de Grenoble, l'ATMO par exemple a produit des cartes qui permettent de voir que les zones les plus polluées sont souvent celles en bordure de route. La métropole a donc mené une stratégie de sensibilisation au sein des bâtiments qui accueillent des personnes sensibles à la pollution dans ces zones-là, en allant discuter avec eux et voir comment ils peuvent adapter leur comportement.

Il est d'ailleurs intéressant de noter que ces logiques d'accompagnement des changements d'habitudes et d'animation que la ville peut avoir sont mises en avant comme des objectifs de bonne gouvernance dans cer-

taines des villes étudiées. A la Métropole de Lyon, on retrouve dans les objectifs du PCAET 2030 et dans les entretiens menés la mise en avant de la mobilisation des acteurs, tant associatifs que publics et privés, pour que ceux-ci favorisent le développement d'initiatives. Ce besoin de mobilisation générale des acteurs du territoire jusqu'à l'individu, et de fait, de communication, de pédagogie et d'incitation, fait écho à ce qui est développé à Paris. La Ville de Paris a développé une *politique d'empowerment* citoyenne, notamment avec des réseaux de bénévoles comme celui des Volontaires du Climat. Cela illustre la logique de co-responsabilité que la Ville de Paris souhaite promouvoir, en cherchant à responsabiliser tous les acteurs de son territoire.

Au final, les logiques de transmission de *bonnes pratiques*, d'inclusion du citoyen par l'*empowerment* se retrouvent sur les terrains d'études pour faciliter la compréhension des enjeux liés aux ICU, et sont appelées à être approfondies dans certains cas.



La rue de Sully, qui est l'une des onze rues végétalisées ouvertes par la Mairie de Paris

D. L'importance des facteurs politiques et administratifs dans les politiques d'adaptation

Une ambition écologique forte de la part des acteurs politiques, et des services administratifs organisés de manière transversale tout en encourageant les démarches partenariales : ce sont deux caractéristiques qui ont été soulevées sur le terrain. Elles sont décrites comme essentielles dans la mise en place d'une politique d'adaptation aux fortes chaleurs réussite et durable.

1. Des villes faisant preuve d'une volonté appuyée pour s'adapter aux enjeux climatiques

UNE VOLONTÉ POLITIQUE FORTE QUI TRANSPARAÎT DANS LES ENGAGEMENTS PRIS PAR LES VILLES

Les personnes rencontrées dans les quatre villes d'études ont toutes relevé qu'il était primordial que les acteurs politiques possèdent une volonté forte à adapter leur ville au changement climatique. Cette volonté peut être qualifiée de politique, car elle implique de réaliser des choix pouvant aller à l'encontre d'intérêts ou d'habitudes ancrées chez certains acteurs territoriaux et citoyens. L'exemple le plus couramment relevé est celui de la réduction du trafic automobile dans les centres-villes.

Ancien ou plus récent, le portage politique de la question de l'adaptation climatique s'est renforcé ces dernières années dans les villes étudiées. A Grenoble, qui en raison de sa position de cuvette dans les Alpes connaît des étés très chauds, cette sensibilité est ancienne, mais son portage politique a été fortement renforcé depuis 2014, année d'élection du maire Éric Piolle (Europe Écologie les Verts). Cette élection a donné une nouvelle dynamique à la lutte contre le changement

climatique à la fois au sein de la Ville de Grenoble, et dans la métropole Grenobloise en raison du poids de la Ville sur son territoire. De plus, cette volonté politique peut être exacerbée du fait que l'adaptation au changement climatique est également un moyen, pour les villes, de se différencier sur la scène internationale. Pour la Ville de Paris, le souhait d'à la fois adapter la ville aux enjeux des fortes chaleurs et de se positionner comme une ville pionnière sur la thématique est particulièrement fort. Cet enjeu de visibilité pourrait accentuer encore l'intérêt pour les villes de répondre au mieux aux enjeux du changement climatique.

Cette volonté politique favorise la mise en place rapide des politiques publiques : les déclarations ne suffisent pas si elle ne sont pas accompagnées par la prise d'engagements de la part des décideurs politiques de la Ville, comme le signale un membre du cabinet de la vice-maire de Vienne au sujet de la mise en place rapide du projet *Cooler Straßen* (rues fraîches) :

« And there was a strong commitment by the vice mayor, so everybody in the municipality knew that there's a very strong wish to have this project very well done. That's I think is most important, if you want to really do something in the city, you need people to make a commitment and then everything is possible.⁵ »

Pour un membre de l'UrbanLab, ce portage est également considéré comme primordial par les acteurs privés du territoire :

5 « Il y avait une forte volonté de la vice-maire, du coup tout le monde savait qu'il y avait cette forte volonté de bien réaliser ce projet. Ceci, à mon avis, est le plus important, si vous voulez vraiment faire quelque chose dans une ville, vous avez besoin de personnes qui s'engagent et avec ça, tout est possible. »



Le projet Coole Straßen viennois. © Vienna.at

« Un des critères (pour choisir le thème de nos appels à expérimentation, note de l'auteur), c'est voir qui sont nos interlocuteurs et quelles motivations ils ont à un instant T, et quel écho la Ville peut donner à cette problématique. Si on sait qu'un sujet est tabou et qu'on pourra rien en tirer en termes de politiques publiques, ce serait dommage de déployer autant d'efforts pour que ça ne soit pas suivi. [...] D'une manière générale, il faut se demander est-ce qu'il y a une vision politique, est-ce qu'il y a une envie de trouver des solutions et de faire évoluer la réglementation, est-ce qu'il y a une maturité de la part de la puissance publique, et une envie de faire bouger les murs. »

Cet engagement politique est d'autant plus fort qu'il est légitimé par des citoyens qui ont traduit à travers leur vote leur souhait de voir la ville ou la métropole agir contre le changement climatique. Dans toutes les villes étudiées, et à Paris et à Grenoble particulièrement, les programmes électoraux de 2014 des maires élus par la suite mettaient l'écologie au cœur des problématiques de la future mandature. Cette caractéristique

de la population semble la rendre, dans les villes étudiées, plus prompte à soutenir des initiatives considérées comme ambitieuses, comme c'est le cas à Grenoble, qui travaille à l'ouverture à la baignade de certaines de ses fontaines décoratives d'ici l'été 2020.

L'IMPORTANCE DE CERTAINES PERSONNES-RESSOURCES AU SEIN DE L'ADMINISTRATION DANS LA BONNE MISE EN PLACE DES PROJETS

Il s'agit également, pour ces villes fortement engagées, de veiller à ce que leurs équipes administratives soient investies sur la question. Ici, il s'avère que la couleur politique et le cursus des élus et des fonctionnaires sont importants dans le portage des projets. La présence de personnes possédant des compétences dans certains domaines relatifs à l'environnement, ou étant intéressées par un sujet particulier, joue sur l'investissement des équipes. Ainsi, à Vienne, la formation de biologiste de l'ancien maire a pu participer à sa sensibilisation et à son intérêt

aux problématiques du changement climatique. De plus, les bonnes relations entretenues entre deux personnes ressources sur un projet, au sein de deux directions différentes, participent également à la bonne mise en place du projet, comme cela a été relevé lors d'un entretien avec un membre de la Mairie de Paris.

La question de l'adaptation au changement climatique ne naît pas toujours du côté des décideurs politiques, puisque ce sont aussi des personnes ressources, du fait de leurs compétences et de leur sensibilité personnelle sur ces thématiques, qui peuvent participer à sa mise à l'agenda. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de Vienne (voir *Présentation des cas d'études : Ville de Vienne*). Ces personnes peuvent aussi défendre les objectifs que se sont fixés la ville : comme le relève une fonctionnaire de la Métropole du Grand Lyon, la seule inscription d'un objectif dans le Plan Climat ne suffit pas à assurer son financement effectif. C'est aussi aux membres de l'administration de se saisir des objectifs, et de faire remonter les difficultés budgétaires, de manque de personnel, etc. pour armer au mieux leur service à traduire les objectifs en actes.

LE PLAN GLOBAL ET SYNTHÉTIQUE, UN OUTIL IDENTIFIÉ COMME NÉCESSAIRE À LA COHÉRENCE DES POLITIQUES PUBLIQUES RELATIVES À L'ADAPTATION AUX FORTES CHALEURS

Une attention à la bonne transmission de l'information entre les décideurs politiques et les services de la ville doit également être portée, afin de s'assurer que les volontés politiques déclarées suivent, et soient clairement lisibles au sein de l'administration. D'où l'importance de rédiger des plans et des documents clairs et synthétiques, ce qui est une difficulté relevée pour les deux plus grandes villes du panel étudié, Paris et Vienne. En effet, dans le cas

de la Ville de Paris, la multiplicité des plans rend parfois difficile le travail des agents, qui ne peuvent pas se référer à un seul document. A Vienne, les acteurs municipaux regrettent que la faiblesse du portage des projets globaux, qui sont par définition plus lourds à porter, peut venir faire obstacle à la bonne mise en place des actions à plus petite échelle. Par exemple, les bénéfices apportés par la végétalisation d'un bâtiment ont été complètement effacés par la construction d'un parking sur un axe identifié comme un potentiel axe de fraîcheur.

Pour faire converger tous les acteurs vers la réalisation d'objectifs communs, les villes étudiées ont compris que les enjeux liés au changement climatique, qui réclament des solutions globales, nécessitent d'être portés de manière transversale.

2. Institutionnaliser la transversalité à l'intérieur et à l'extérieur des administrations

DES SERVICES RÉORGANISÉS DANS CERTAINES VILLES POUR DONNER PLUS DE POIDS AUX QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES ET DE RÉSILIENCE

Les villes étudiées ont intégré la nécessité de faire marcher leurs services de manière transversale. Si les modes d'organisation internes aux administrations avaient déjà commencé à évoluer et à se décroïsonner à la fin du XXe, la question de l'adaptation au changement climatique, par son ampleur et par sa dimension systémique, accroît encore ce mouvement. Ce mode de fonctionnement, qui permet aux expertises de chaque service de s'exprimer, favorise la réussite des projets décidés par les décideurs politiques.

Pour faire travailler les services entre eux, les villes étudiées assurent des temps de travail entre services, qui agissent comme des

ponts entre elle : ce principe d'organisation semble être un principe phare d'organisation à Lyon et à Paris, où les membres des deux administrations rencontrés expliquent que les services fonctionnent déjà comme ça sur les thématiques en lien avec l'adaptation au changement climatique. Pour ces deux cas d'études, il n'y aurait pas de difficulté particulière à faire travailler les directions ensemble, bien que les angles d'approche des services sur un même projet puissent différer en fonction de leurs compétences et habitudes. Fonctionner en mode projet, en réunissant à une même table de travail des personnes référentes dans chacun des services concernés, permet de surpasser les tensions qui pourraient naître de cultures organisationnelles différentes. A la Ville de Paris par exemple, une cheffe de mission à la DGTER confie :

« L'exemple qui a le mieux marché ici ce sont les cours Oasis : il a fallu faire bosser plusieurs directions ensemble, la direction des Affaires Scolaires pour qui c'était pas du tout la culture de faire des cours avec de nouveaux matériaux et de nouveaux usages, la direction de la construction, du patrimoine et de l'architecture, la direction des espaces verts [...] Du coup il a fallu faire travailler plein de directions ensemble en mode projet. Je pense que c'est ce mode d'organisation qui va nous sauver. »

La formation des agents des villes, à la fois aux enjeux de l'adaptation au changement climatique et au fonctionnement en mode projet, est également ressorti comme un élément fondamental à la bonne mise en place des projets. Cet effort de formation (modules de formation, voyages d'étude, mise en avant d'exemples et de *bonnes pratiques* etc.) permet de donner une vision collective du projet à tous les agents, ce qui a été identifié comme très important pour la réussite d'une solution. Cependant, acculturer l'ensemble des agents peut s'avérer coûteux en temps, comme le relève une membre de la DGTER rencontrée. S'il n'y a pas de *pos-*

ture particulière de direction, l'adaptation au changement climatique nécessite d'aller parfois contre des habitudes de travail ancrées.

Au-delà du mode de travail transversal, la réorganisation des services dans les villes étudiées atteste également de la prise d'importance des sujets relatifs à l'adaptation au changement climatique. A Vienne, par exemple, la Ville a créé le Département pour la coordination du changement climatique dès 1997, chargé du Plan Climat puis des questions d'adaptation, et en 2002, du Département pour la protection de l'environnement. A Paris, l'Agence de l'Écologie Urbaine a été créée dans les années 2000 au sein de la DEVE et est en charge du Plan Climat (voir *Présentation des cas d'études : Ville de Paris*). Si c'était cette agence qui s'assurait initialement que le Plan Climat soit bien pris en compte par les autres directions, elle était peu écoutée car, appartenant à la DEVE, elle n'avait aucun pouvoir hiérarchique sur les autres directions de la ville. La DGTER a donc été créée afin de coordonner les directions entre elles et s'assurer que les ambitions du Plan Climat étaient bien prises en compte par chacune d'elles.

La situation de Grenoble est, sur ce point, plus particulière, du fait des récents transferts de compétence de la Ville de Grenoble à Grenoble-Alpes Métropole. Créée en 2015, la métropole grenobloise est désormais compétente en matière d'aménagement de l'espace métropolitain et en matière de protection et de mise en valeur de l'environnement. Ce nouveau bloc de compétence fait de la métropole l'échelon en charge de la réduction des GES et de l'adaptation du territoire au changement climatique. De plus, dans le cadre du pacte Etat-Métropole qui vise à définir la stratégie de développement de la ville en cohérence avec les ambitions nationales, la thématique phare retenue pour le territoire Grenoblois est la thématique *Transition énergétique et environnement*. La créa-

tion de Grenoble-Alpes Métropole a donc été, dès le départ, identifiée comme un levier pour approfondir les actions de la ville, déjà tournées vers la résilience écologique du territoire. Du fait de la création récente de la métropole, les services n'ont pas eu à adapter leur organisation au fil du temps. Les différentes directions compétentes dans le champ de l'adaptation au changement climatique se répartissent au sein de deux directions générales adjointes (DGA), que sont la DGA Services Techniques Métropolitain et la DGA Cohérence Territoriale. Ainsi, l'organisation interne des Métropoles lyonnaise et grenobloise relèvent de schémas organisationnels plus classiques que ce qui a pu être observé à Paris ou à Vienne, mais toutes parviennent à adresser l'enjeu climatique de manière transversale.

DES VILLES QUI S'ASSURENT DE L'INSCRIPTION DES ENJEUX D'ADAPTATION CHEZ LES AUTRES ACTEURS DE L'AMÉNAGEMENT

Les villes ont aussi favorisé, chez les autres acteurs du territoire, l'adoption d'enjeux transversaux tels que ceux relatifs au changement climatique, dans le but que leurs projets traduisent également les objectifs que se sont donnés ces villes. Le caractère transversal des ICU, qui est une problématique liée à d'autres thématiques (environnementale, esthétique, relative au cycle de l'eau, etc.) est ici à la fois un atout et une contrainte. Il s'agit d'un atout, car cela signifie que des mesures visant à lutter contre les ICU peuvent facilement s'incorporer à d'autres projets qui n'avaient pas, au départ, cette problématique à cœur. Mais cela peut être également être une contrainte, car ce caractère transversal porte en soi le danger que la question se perde dans les autres problématiques environnementales, comme la biodiversité et la végétalisation, qui sont plus facilement abordables que les ICU. Étant un sujet très technique, les villes doivent bien

cibler les mesures contraignantes auxquelles elles entendent soumettre les acteurs locaux.

Tout d'abord, inscrire des impératifs relatifs à l'adaptation aux fortes chaleurs dans les documents réglementaires permet d'orienter les opérations des acteurs privés de la ville. Par exemple, les PLU de la Ville de Paris et de la Métropole du Grand Lyon établissent un coefficient pleine terre minimum sur les nouvelles constructions pour intégrer une contrainte liée à la désimperméabilisation et à la végétalisation. La Ville de Paris travaille également à l'intégration de dispositions visant à contraindre juridiquement les aménageurs dans leurs choix de construction (revêtements, ventilation naturelle des bâtiments, etc.). Vienne intègre également de nouveaux concepts relatifs à l'adaptation et la protection de l'environnement dans ses documents officiels et juridiquement opposables : par exemple, un expert sur la question des ICU doit être inclus dès la phase initiale des projets d'aménagement d'un quartier.

Ensuite, les villes étudiées font toutes, progressivement, bouger les critères de leur cahier des charges lors de leurs appels à projets et autres mises en compétition d'acteurs privés telles que les délégations de service public, les partenariats public-privé, etc. Par exemple, Lyon organise un appel à projet ouvert jusqu'en juin 2020 pour le développement des mobilités actives sur son territoire, notamment en raison des répercussions de la crise sanitaire liée à l'épidémie de COVID-19 sur les modes de déplacement. La Ville de Paris mène actuellement des réflexions sur les objectifs du second contrat de concession du réseau de froid de son territoire, concédé à CLIMESPACE, filiale d'Engie, jusqu'en 2021. Il s'agit, d'une part, de bien définir dans le cahier des charges les objectifs à atteindre, en entendant les expertises des services concernés. Certaines problématiques étant encore peu visibles, il est en effet important de donner la parole aux personnes disposant

de connaissances sur le sujet : par exemple, lors d'un appel à projet pour la zone de développement urbain de Aspern Seestadt d'après le milieu des années 2000, la Ville de Vienne était toujours en phase d'acquisition de connaissances sur les ICU. Un membre du département pour la coordination du changement climatique regrette que, du fait du manque de visibilité sur les enjeux liés aux ICU, ce sujet n'ait pas été pris en compte lors de la définition des critères de mise en compétition. D'autre part, il s'agit de veiller à ne pas fonder sa décision uniquement sur des considérations économiques, ce qui nécessite, ici encore, une volonté politique appuyée.

A travers leur cahier des charges, les villes tiennent dans leurs mains de forts leviers de changement des modes de faire, pour une meilleure intégration des enjeux relatifs au changement climatique. En plus de favoriser la prise en compte des enjeux d'adaptation pour les acteurs de l'aménagement dont les moyens d'action présentés relèvent d'une logique contraignante, les villes étudiées ont appris à travailler différemment avec les acteurs de leurs territoires. Les modes de faire des villes, sur cette thématique, sont de moins en moins descendants, et se transforment au profit d'une véritable gouvernance territoriale liée aux enjeux du changement climatique.

II. Gouvernance territoriale

De nombreux acteurs externes aux villes d'études prennent part à leurs politiques publiques: on peut citer les acteurs des sphères économiques, étatiques, internationales, associatives, ainsi que les habitants et usagers de la ville. L'étude des quatre

villes nous a permis de noter la présence de ces acteurs à toutes les étapes des politiques publiques: de leur définition à leur mise en œuvre, en terminant par leur évaluation sur le terrain.

A. La gouvernance stratégique des projets : une forte mobilisation des acteurs et expertises externes

Les villes étudiées travaillent avec une multitude d'acteurs lors de la définition de leurs politiques publiques. Il n'y a pas une, mais des manières de s'ouvrir sur ces acteurs locaux : l'intégration des acteurs territoriaux varie en fonction de la ville étudiée, tant bien au niveau de leur ouverture à des expertises extérieures multiples, qu'au niveau de leurs organes de gouvernance.

1. Des villes ouvertes à la présence d'experts, mais encore peu à une expertise citoyenne

L'ampleur et la complexité des sujets relatifs au changement climatique imposent aux villes de s'ouvrir vers des acteurs spécialisés en la matière. L'étude des quatre villes fait ressortir que cette ouverture est aujourd'hui normalisée et organisée sur cette thématique, et qu'elle donne la part belle aux figures des experts locaux et internationaux.

Les villes étudiées, assez en avance en matière d'adaptation aux fortes chaleurs par rapport à d'autres villes, ont d'ores et déjà constitué leurs réseaux locaux d'expertise, incluant des profils divers tels que les ALEC, les agences d'urbanisme, ou encore les pôles universitaires, comme à Vienne où la Ville et l'université BOKU entretiennent des liens poussés. Pour favoriser le partage d'exper-

tise, l'outil qui prévaut en France semble être la tenue de groupes de travail thématiques entre acteurs internes aux villes et externes. A Lyon, par exemple, cela se retrouve dans la démarche partenariale de la Charte de l'Arbre, favorisant les échanges et mutualisant les moyens afin d'avoir des projets communs puis également dans la rédaction du PCAET 2030, donnant lieu à des ateliers thématiques avec les acteurs du territoire. Ce fonctionnement permet aussi d'intégrer les préconisations et exigences de chaque participant : à Paris, le groupe de travail sur la rénovation des logements a notamment permis d'établir une doctrine commune à l'ensemble des services intéressés (la direction du logement et de l'habitat, direction de l'urbanisme, etc.) en présence de l'Associa-

tion Nationale des Architectes des Bâtiments de France (ANABF), qui rend des avis obligatoires dans le périmètre des sites classés, ce qui concerne 90% du territoire parisien. A Vienne, des groupes de travail existent, mais restent plutôt internes à la Ville.

Mais il s'agit également d'échanger avec les autres villes sur les solutions et bonnes pratiques éprouvées sur le terrain. Toutes les villes étudiées entretiennent des relations horizontales avec d'autres villes de leur rang, en France comme en Europe et ailleurs dans le monde. Les Villes de Paris et de Vienne, bien que plus visibles à l'international en raison de leur taille, de leurs moyens et de leur statut de capitales européennes, ne sont pas les seules à avoir tissé des liens consé-



La Ville de Paris et l'ANABF travaillent ensemble sur la rénovation énergétique des logements situés dans le bâti haussmannien, qui fait partie du patrimoine architectural de la ville

quents avec des villes ailleurs dans le monde. Les Métropoles de Grenoble et Lyon sont membres du réseau Eurocities, le réseau des villes européennes. La présence dans ces réseaux fait bénéficier à ces villes d'échanges de pratiques et d'idées concernant l'adaptation aux fortes chaleurs. A Paris, par exemple, le projet Oasis a émergé lors des ateliers de réflexion sur la stratégie de résilience de la Ville, mené avec le réseau 100 Resilient Cities. La Ville de Paris a pu se nourrir des retours d'autres villes ayant fait l'expérience de ce type de dispositif, comme Athènes, Barcelone ou Tel Aviv. A Vienne, notre entretien avec un chercheur-professeur de l'université *Universität für Bodenkultur* souligne que ce sont les participations à des conférences et à des rencontres avec des fonctionnaires et décideurs politiques d'autres villes qui inspirent les acteurs publics viennois, plutôt que les relations avec d'autres villes autrichiennes :

« And from our experience, the policymakers and the people working in the administration are more taking up ideas and experiences from other cities outside of Austria and not from other actors within Austria. So there's a lot of coordination or at least exchanges going on on the same governmental level on an international scale, but not so much between the governmental levels within Austria. »⁶

Les liens entre villes relèvent aussi de la compétition, notamment par le biais de l'Union Européenne. Cette compétition peut se faire sur des financements européens, qui ont, par exemple, pu bénéficier à la ZAC Castellane-Sathonay-Camps, sur le territoire du

6 « D'après notre expérience, les décideurs politiques et les membres de l'administration reprennent plutôt des idées qui viennent des villes étrangères que des villes autrichiennes. Il y a un grand effort de coordination, ou au moins d'échanges, au même niveau gouvernemental à l'international, mais pas vraiment entre les autres niveaux gouvernementaux en Autriche. »

Grand Lyon, lauréate du projet européen CESBA MED, et qui vise à la reconversion d'un ancien centre militaire pour en faire une extension de centre-ville exigeante sur le volet environnemental. (voir *Présentation des cas d'études : Métropole du Grand Lyon*). Cette compétition peut également avoir pour objectif une labellisation, comme la candidature de Grenoble pour le titre de Capitale verte européenne 2022 en témoigne.

Au sein de notre panel de villes étudiées, le cas du territoire grenoblois présente la particularité d'avoir connu, en 2015, des transferts importants de compétence de la Ville de Grenoble, à la nouvelle Grenoble-Alpes Métropole. La Ville de Grenoble était en avance dans le champ de la lutte contre le réchauffement climatique. Elle possède, en interne, beaucoup de connaissances et de compétences qu'elle a pu partager avec la Métropole comme le relève l'entretien avec une chargée de projets partenariaux à l'ALEC Grenoble :

« On est plutôt en avance à Grenoble, et on partage nos connaissances avec la métropole, aussi parce que souvent on se rend compte que l'échelle métropolitaine est la plus pertinente. Les ICU ne s'arrêtent pas aux frontières communales, d'autant mieux alors partager ce qui peut être observé en ville et le partager aux territoires voisins. »

Dans ce sens, il est intéressant de voir que la métropole de Lyon a déjà, elle aussi, initié une structure aidant à adopter des politiques d'adaptation, en décloisonnant les observations thématiques du développement durable et mettant à disposition des données partagées. Développé en 2018 par la Métropole de Lyon avec l'aide d'UrbaLyon, l'Observatoire Métropolitain du Développement Durable réunit sept indicateurs basés sur les fonctions territoriales, sous l'angle de la durabilité écologique et du développement humain. Cela lui permet une observation transversale des enjeux liés à la transition écologique. Il a aussi été pensé avec une

volonté d'approche ouverte et d'anticipation des enjeux liés à l'adaptation, notamment en matière de résilience, de durabilité et de métabolisme urbains (L'observatoire métropolitain du développement durable, 2018).

Dans ces échanges d'expertise, il est à noter que le citoyen n'est pas inclus au même titre que les acteurs précédemment cités. L'intégration des habitants au titre d'expert n'est pas un acquis dans les villes d'études, qui continuent à opérer une distinction entre les spécialistes et les usagers de la ville. Leur intégration se fait majoritairement au sein d'associations, qui peuvent être associées ou consultées lors de la définition de politiques publiques ou des documents réglementaires, comme le fait par exemple la Métropole du Grand Lyon pour son PLUH. Le citoyen est cependant de plus en plus intégré au volet stratégique des politiques menées par le biais des dispositifs de gouvernance mis en place par les villes.

2. Dans certaines villes, la naissance de nouvelles instances de gouvernance climatique

Afin d'entendre les acteurs de leur territoire en dehors des lieux de rencontres techniques décrits plus haut, certaines villes ont constitué des organes de gouvernance ad hoc pour favoriser une prise de décision partagée concernant les mesures d'adaptation au changement climatique. Sur l'ouverture des organes de gouvernance, les villes les plus avancées sont les Villes de Vienne et de Paris. La Ville de Vienne a constitué le *Klimarat* en 2019, un *conseil du climat* où siègent des scientifiques et des citoyens dans l'objectif de conseiller le gouvernement de la ville via la formulation de recommandations. Les citoyens participant au *Klimarat* sont sélectionnés individuellement, et siègent aussi des représentants de groupes de pression en faveur de la préservation de l'environnement.

Au sein de la Ville de Paris, la gouvernance du Plan Climat a récemment franchi un grand pas dans son ouverture aux citoyens, dans l'objectif de créer une *gouvernance intégrée* du Plan Climat. Jusqu'alors, la mise en œuvre du Plan Climat était suivie par des comités de pilotage et des comités de suivi opérationnels, comités thématiques qui réunissent les parties prenantes sur une question spécifique, par exemple le logement, dans l'objectif d'établir une feuille de route. L'Agora du Climat a été imaginée comme une instance de gouvernance partagée du Plan Climat réunissant un collège de volontaires du climat, d'acteurs économiques, associatifs comme Alternatiba ou Extinction Rebellion, ainsi que des agents et élus de la Ville de Paris. Opérationnel en 2019, il a pour vocation à se tenir 1 à 3 fois par an. En 2019, l'adjointe chargée de l'environnement, du développement durable, de l'eau, de la politique des canaux et du Plan Climat, Célia Blauel, s'assurait de sa présidence. Dispositif encore jeune, les vocations de l'Agora du climat sont décrites ainsi par un membre de son cabinet :

« L'idée c'est de jouer la carte de la transparence vis-à-vis des citoyens, pour là où on en est dans la réalisation de notre Plan Climat. Il y a ce truc de redevabilité des élus et des services. L'élu est élu, il a des responsabilités donc c'est lui qui doit être confronté aux électeurs, mais les services c'est bien aussi qu'ils soient au contact de la population. »

A la Métropole du Grand Lyon il n'y a pas de participation des acteurs territoriaux et des habitants aux prises de décision, sauf de manière ponctuelle, sur certains projets donnant lieu à des moments de consultation. La rédaction de son PCAET a cependant donné lieu à une démarche partenariale poussée, réunissant 145 acteurs signataires (collectivités territoriales, universités, sociétés, associations d'habitants ou professionnelles, etc.) et déclinant les 23 actions du PCAET à leur niveau. La métropole a également impulsé une démarche de participation citoyenne pour

accompagner l'élaboration de son PCAET, en s'appuyant sur des associations et des acteurs de terrain : entre mars et septembre 2019, 500 participants ont pu faire émerger de nouvelles idées concrètes, donnant lieu au livret des *100 propositions pour le climat*, qui a été intégré comme volet du PCAET. De plus, les rencontres avec certains agents de la Métropole du Grand Lyon font ressortir qu'au sein de la maison, des réflexions concernant l'ouverture de la gouvernance relative aux questions climatiques voient le jour, dans l'objectif de mieux coordonner les acteurs territoriaux entre eux pour faire face aux enjeux climatiques futurs.

En dehors des organes de gouvernance créés par les villes, les groupements associatifs peuvent toujours influencer indirectement les décideurs publics par des actions de lobbying. Le lobbying d'association semble plus particulièrement organisé à Vienne que dans les villes françaises étudiées, où un membre du cabinet de l'adjointe Célia Blauel, à Paris, relève que l'influence des lobbies sur la définition des politiques publiques relève plus d'un "mythe ancré". A Vienne, par exemple, l'association GrünStattGrau, qui promeut la végétalisation des toits et façades, est une association qui a su se frayer une place dans les projets et stratégies de la Ville. Si l'association ne se présente pas comme un lobby, elle est décrite comme tel par les acteurs municipaux viennois, pour qui l'association représente les industries en lien avec l'installation des toits et façades végétalisées. Elle coopère activement avec la Ville de Vienne sur les projets de recherches ou ceux visant à favoriser la végétalisation de la Ville. Mais bien qu'elles puissent être présentes au niveau de la définition des politiques publiques, d'après nos observations, les associations jouent un rôle plus important lors de leur mise en œuvre sur le terrain.

B. La gouvernance des projets d'aménagement

L'opérationnel désigne le travail de mise en place sur le territoire des stratégies et des projets qui ont été élaborés auparavant. Toutes les villes recensées ont reconnu que pour mettre en pratique ces stratégies, il a fallu adapter leur gouvernance. Cette adaptation s'exprime à la fois par une modification des structures administratives et par une plus étroite coopération dans les processus de mise en place.

1. La mobilisation de tous les acteurs du territoire est un levier reconnu

Chaque ville décline les modes d'adaptation à leur façon, et à différents degrés. Vienne et Paris sont les exemples les plus emblématiques à ce sujet dans notre enquête, car chacune des deux villes met en exergue un type d'adaptation spécifique. Quand Vienne a intégré horizontalement et verticalement ses services et les différentes échelles de gouvernance, Paris a suivi une stratégie d'externalisation de certaines compétences de ses services, en créant des organismes indépendants ou semi-indépendants à la Ville. Comme nous allons le voir, ces changements s'intègrent à chaque fois dans une vision plus large de la mobilisation des acteurs territoriaux.

A Vienne, les modifications de la gouvernance découlent du fait que les services de la Ville et les structures étatiques sont vus comme des éléments clés dans la réalisation de projets d'aménagement, et pour l'adaptation au changement climatique en général. Ainsi, la Ville crée des coopérations dans des processus de planification qui, traditionnellement, se font de manière séparée : le zonage, la protection de l'environnement, l'aménage-

ment de l'espace public, etc. Cela se retrouve avec le regroupement des compétences sur la végétalisation des toits et façades dans un unique groupe du département MA 22, alors qu'auparavant les compétences de recherche, d'attribution des subventions et des autorisations d'urbanisme étaient éparpillées dans plusieurs départements. Ceci facilite aussi les démarches administratives pour le citoyen, enlevant des freins administratifs à la végétalisation.

Mais la ville s'intègre aussi verticalement. Notamment, la coopération entre les services de la ville compétente pour l'adaptation et les *gouvernements d'arrondissement* (Bezirke) joue un rôle important du fait du budget important des arrondissements pour l'aménagement public. Un membre du MA 22 nous a expliqué cette relation :

« I mean, we very often work together with the district councils and the district chancellor. We speak with them, getting permission for information events, which are organized by city councils. And we just explain how and why specific measures should be implemented, how streets and open spaces should be changed and so on. We're not really doing the planning work ; this is a task from the street planning department and maybe public planning offices.⁷ »

7 « Je veux dire, on travaille vraiment souvent avec les conseils d'arrondissement et le maire d'arrondissement. On parle avec eux, on obtient la permission d'organiser des réunions informatives qui sont organisées par les conseils d'arrondissement. Et on explique comment, et pourquoi, des mesures spécifiques devraient être mises en place, comment les rues et les places publiques devraient évoluer, etc. On ne fait pas exactement le travail de planification ; c'est une tâche qui revient au département de la planification urbaine et aussi peut être, aux bureaux de la planification publique. »

Ceci nous montre bien que nous avons à faire, à Vienne, à une gouvernance tridimensionnelle qui se joue entre les services de la Ville, les décideurs politiques et les gouvernements d'arrondissement. Cette relation n'est d'ailleurs jamais à sens unique. Les initiatives visant à impliquer les services de la Ville chargés de l'adaptation au changement climatique lors de projets d'aménagement proviennent des deux côtés : les gouvernements d'arrondissement les saisissent pour des conseils, et seulement si ce n'est pas le cas, les services essaient de s'insérer dans les projets de leur propre initiative, faisant des propositions.

Il est à noter qu'à Vienne aussi, comme à Paris, il existe des organismes indépendants de la Ville impliqués dans les processus d'aménagement, mais le seul organisme important est la *Umweltanwaltschaft*. Financée par la Ville mais indépendante, elle est entre autre chargée de l'évaluation environnementale des projets de construction et d'aménagement. À Paris, ce type d'organisme indépendant est beaucoup plus répandu. Un membre du cabinet de Célia Blauel nous en a expliqué la logique :

« On ne veut pas opposer les acteurs les uns aux autres, type les entreprises doivent faire en premier les efforts, non, ce sont les institutions, etc. C'est pas la bonne façon de réfléchir. L'idée c'est que tous ensemble, on peut agir, on a les clés pour collectivement réduire nos GES et adapter la ville au changement climatique. »

Cette logique de co-responsabilité est la clé pour comprendre la gouvernance de la Ville autour des projets d'aménagement. Sous une autre forme, la même approche se retrouve à Lyon, où l'idée de responsabilité collective dans la mise en œuvre des actions suit une trajectoire locale impulsée par la métropole et que chaque acteur décline ensuite selon sa stratégie.

En général, la création de structures externes mais impulsées, contrôlées et financées par la collectivité permet de garder la main sur leurs actions et facilite les relations avec les autres acteurs du territoire. En effet, contrairement aux relations habituelles avec les villes, passer par des structures externes permet de sortir des relations à logique hiérarchique. A Paris, ceci est important notamment dans le cadre de la Charte Paris Action Climat, qui est mise en œuvre par l'APC. Elle permet aux entreprises et aux institutions d'être associées au Plan Climat tout en établissant chacune une feuille de route pour s'engager dans les objectifs du Plan Climat, à différents niveaux d'engagements : s'engager à suivre et être dans la ligne des politiques de la ville, mettre en place une stratégie Plan Climat ou encore, définir un plan d'action avec des objectifs et des indicateurs chiffrés. La directrice du pôle transition de l'APC explique les avantages de cette conception :

« On est dans une position agile car on peut travailler facilement avec tous les acteurs du territoire car on est pas dans une relation d'autorité ou contractuelle. On est plus agiles car on n'est pas dans les mêmes procédures, pas lié à des marchés publics ou des délégations de service public. On est un service d'appui à la Ville de Paris en fonction des problématiques qui se posent. »

A Paris, cette déhiérarchisation permet aussi de favoriser l'innovation, notamment à travers l'UrbanLab : la ville en impulse les thématiques de travail qui définissent ses appels à expérimentation, en fonction des attentes de la ville. En 2017, l'appel à expérimentation a été réalisé autour du sujet de l'adaptation au changement climatique, avec quatre volets spécifiques : le rafraîchissement des villes, le lien social, la gestion de la ressource eau et la modularité des espaces et des modes de vie. Par exemple, l'un des projets lauréats, Anima, visait à créer des forêts urbaines temporaires sur des friches ou terrains en attente de projet, idéalement

avec des sols pollués ou dégradés, pour une durée de vie comprise entre six et vingt ans.

Finalement, l'UrbanLab et l'APC n'ont pas seulement pour objectif de créer des solutions pour la ville, mais aussi de développer des réseaux d'innovateurs, d'entreprises et de particuliers autour d'enjeux relatifs au changement climatique et de la réduction des GES. Comme l'a relevé un membre du cabinet d'adjoint de Célia Blauel, il est à noter que cette nécessité découle du fait que la Ville de Paris ne peut, à elle seule, agir que sur environ 25% des GES du territoire, et que le reste dépend des différents acteurs du territoire qu'il faut donc accompagner.

Cette approche se traduit aussi dans la promotion de la vie associative par la Ville de Paris. Par exemple, le réseau des Acteurs du Paris Durable, créé par l'Agence de l'Écologie Urbaine, vise à mettre en réseau les particuliers, associations, collectifs ou professionnels s'engageant dans la transition écologique de Paris. Ce réseau se matérialise par un lieu physique, la Maison des acteurs du Paris durable, qui organise régulièrement des soirées de rencontres nommées *soirées réseautage-papotage*, où les associations viennent présenter leurs projets et peuvent échanger et créer des liens. Les associations s'inscrivent dans le réseau et sont ensuite référencées et reçoivent les informations et newsletters relatives à l'actualité du réseau. La Maison de l'environnement, en partie financée par la Métropole de Lyon peut également être mentionnée dans cette dynamique de création de liens et de réseaux entre les acteurs associatifs et les citoyens. En effet, par ses missions d'accompagnement de la Métropole et des particuliers dans la transition écologique du territoire, elle participe à mettre en réseau une quarantaine d'associations du territoire et à accompagner des actions plus concrètes. De manière générale, le tissu associatif lyonnais est extrêmement diffus avec plus d'une soixantaine d'associations

sur la région identifiées par la Métropole et dont les rôles sont très variés, certaines intervenant lors de l'élaboration de politiques publiques, d'autres servant d'interface entre les différents acteurs du territoire. Cet écosystème associatif est donc connecté entre autre par la Maison de l'environnement et constitue un outil important dans la mise en réseaux.

Enfin, nous pouvons conclure que, dans les villes étudiées, les responsables sont conscients que le caractère transversal des ICU nécessite une approche globale qui mobilise tous les acteurs institutionnels du territoire. Cette approche globale inclut aussi l'interaction avec les citoyens autour les projets liés à l'adaptation au changement climatique et aux ICU. Cependant, celle-ci s'inscrit souvent dans une démarche à part et est moins systématique, ce que nous verrons dans la prochaine partie.

2. L'interaction entre administration et citoyens est en pleine mutation

Comme vu dans la partie sur les aspects sociaux, l'importance de la communication autour des opérations d'aménagement est reconnue par tous les types d'acteurs des villes, mais celle-ci diverge dans sa forme et son objectif. La stratégie de communication adoptée n'est pas uniforme d'un territoire à l'autre, et dépend aussi beaucoup du type de projet et des moyens disponibles.

A Vienne, cette stratégie se concentre surtout sur la conciliation entre les intérêts divergents autour d'un projet. Les réunions d'information servent de moments d'échange pendant lesquels les représentants des différents intérêts ont appris à connaître le raisonnement des autres. A Paris, l'APC joue un rôle similaire lors de l'accompagnement de la rénovation des propriétés et copropriétés. A Lyon aussi on peut constater que cette forme de communication est la plus répandue.



La Maison des acteurs du Paris durable, à Paris

A Paris, Il y a également une volonté de faciliter les échanges entre les différentes entités pour aller vers une vision commune lors de projets, nous indique la directrice du pôle transition de l'agence parisienne du climat au sujet de la éco-rénovation énergétique. Cela se fait par l'organisation de conférences, tables rondes, avec les différents acteurs pour faire circuler les savoirs extérieurs à la Ville, et faire monter tous ces acteurs, publics, privés, citoyens, en compétence.

Au-delà de ces stratégies d'acceptabilité classiques, Vienne et Grenoble mobilisent des stratégies innovantes autour de l'acceptabilité. Les chantiers participatifs grenoblois permettent aux habitants de prendre part sur place à certains projets d'aménagement, ce qui n'augmente pas seulement l'acceptabilité du projet, mais aussi la valeur qui en est attribuée par les habitants. A Vienne, un projet similaire permet aux classes scolaires de planter les arbres du nouveau bois Norbert-Scheid-Wald au nord de la ville. Ici, l'acceptabilité et la pédagogie autour des enjeux écologique avancent main dans la main.

Cette communication pédagogique est un autre aspect qui est souvent relevé comme important. Une responsable à Vienne a utilisé la formule *"il faut trouver le bon milieu entre ne rien faire et faire peur aux gens"*, et le même défi a été relevé à Grenoble. Sans la conscience des enjeux, la communication autour de l'opérationnel ne peut guère réussir. Pour cela, l'APC mobilise les acteurs économiques du territoire afin qu'ils soient plus informés aux enjeux d'atténuation, et la même approche se trouve aussi à Lyon. Le problème qui se pose est la manière d'impliquer les acteurs qui ne sont, de base, pas intéressés par le sujet. Une approche intéressante a été développée à Grenoble dans le cadre des forums citoyens autour la candidature au label de Capitale Verte Européenne 2022, comme le rapporte la directrice du projet plan Air-Climat à la Ville de Grenoble:

« On a organisé un escape-game à l'extérieur, vraiment dans une logique de la thématique liée à l'environnement. Et là il y a eu 15000 personnes qui ont participé en une journée. Là ça a vraiment été un très très grand succès, et on l'avait construit pour que ce soit un parcours qui passe vraiment dans le quartier tout prêt des habitants et les gens sont vraiment venus en très très grand nombre. Et autour du festif et du jeu, les personnes ont appris quelques concepts, quelques bons gestes, un temps de réflexion sur ces problèmes. »

Au-delà de l'acceptabilité, une utilisation systématique de la concertation et de la co-construction lors des projets d'aménagement n'a pas été relevée dans les cas d'étude de villes. Néanmoins, la conscience qu'il faut impliquer les habitants lors du développement et la planification est présente. Il existe des projets pour lesquels les habitants sont directement impliqués dans la prise de décision comme cela a été vu à Paris avec les cours Oasis, et à Grenoble pour le projet des écoles végétalisées à venir. .

En ce qui concerne les évaluations suivant la mise en place des politiques publiques, on peut déjà aujourd'hui constater que les citoyens sont plutôt bien impliqués : par exemple, à Vienne, un grand nombre de projets d'aménagement, tels que les *Cooler Straßen*, font l'objet d'une telle évaluation dans l'objectif d'améliorer le projet. Pourtant la question de l'utilisation de ces remontées d'information qui en est ensuite faite et de leur capacité à influencer les choix des décideurs publics se pose sur ces mécanismes, qui ressemblent plus aujourd'hui à de simples outils de recensement d'opinions.

Au final, il faut retenir que l'enjeu principal dans l'interaction avec les citoyens est de parvenir à mobiliser ceux qui ne s'intéressent pas au sujet. Il y a, en effet, un consensus dans toutes les villes étudiées sur le fait que la participation citoyenne peut faire remonter des informations et opinions importantes

qui peuvent aider à améliorer les projets d'aménagement. L'idée est de, désormais, arriver à systématiser ces interactions avec les citoyens, et d'étendre les dispositifs pour entendre toutes les opinions.

...

Cette deuxième partie sur les cas d'étude a permis d'offrir une illustration pratique de la mise en place des politiques publiques dans la lutte contre les ICU. Elle a servi à mettre en lumière les particularités, mais surtout, des constantes, qui se retrouvent dans chacun des cas d'études lorsqu'on étudie leurs actions liées à l'adaptation aux fortes chaleurs. Cette partie introduit cependant des questionnements plus globaux sur la notion même de l'adaptation dans nos sociétés,

notamment sur les rapports traditionnels entre gouvernants et gouvernés, entre experts et citoyens. Basée sur nos études de cas et nos entretiens, la partie suivante sert de conclusion rétrospective de ce rapport de recherche, tout en invitant à la réflexion sur les efforts restant à fournir pour rendre la vie en milieu urbain agréable lors de fortes chaleurs, et ce de manière durable.



Un exemple de cour végétalisée à l'école Anatole France, à Grenoble. © Anaïs Mariotti

An aerial photograph of a city, likely Geneva, with a dense urban area in the foreground and a range of mountains in the background under a blue sky with light clouds. The text is overlaid on the image.

Partie 3

**RÉFLEXIONS ET
CONCLUSIONS**

**Comment adapter nos
sociétés aux défis
caniculaires de demain ?**

I. Un constat commun : l'existence de barrières culturelles, institutionnelles, financières et techniques ralentissant le processus d'adaptation des villes

Les scénarios alarmants sur les épisodes de chaleur en milieu urbain pour les prochaines décennies occupent de plus en plus les discussions des décideurs municipaux, qui ont commencé à anticiper le fait que ces épisodes ne relèveront bientôt plus de l'exceptionnel. La prise en compte des ICU dans certains plans climats, directement ou sous des volets de qualité de l'air, de nature en ville, etc., ainsi que dans d'autres plans stratégiques, montrent l'ampleur du problème et reflètent les engagements des villes. Cependant, alors que son inclusion devrait être un des premiers réflexes des architectes, des responsables des PLU, ou des mises en concurrence pour la construction de nouveaux quartiers, ce n'est pas encore systématiquement le cas, comme a pu le relever un ingénieur de l'Apur travaillant sur la question. En pratique, la lutte contre les ICU est (trop) souvent envisagée trop tard dans le projet alors que celle-ci demande une réflexion plus profonde, en amont des projets, notamment sur la taille des bâtiments, la morphologie des projets, ou encore le cycle de l'eau et les revêtements utilisés. L'amélioration du confort thermique extérieur se traduisant alors encore parfois par un simple *verdissement* des projets d'aménagement.

Les villes que nous avons choisi d'étudier se caractérisent par leur position de précurseur en matière de lutte contre les ICU, que ce soit par leurs politiques publiques ambitieuses, leur vision systémique de la problématique

de la chaleur en ville, ou encore leurs modifications de gouvernance pour aller vers plus de transversalité et plus de coopération. Si des progrès sont faits et si l'adaptation des villes s'accélère, des barrières culturelles, institutionnelles, financières et techniques se font encore ressentir. Cette partie conclusive a pour objectif de présenter des pistes de réflexions sur ce que demande l'adaptation des sociétés et des *modes de faire* face aux enjeux des vagues de chaleur, et sur les efforts qu'il reste à fournir, de façon générale.

Nous avons vu que les projets d'adaptation au changement climatique en matière d'aménagement demandent du temps compte tenu des années nécessaires à la réalisation d'infrastructures lourdes. S'ajoute à cela une difficile projection des effets du changement climatique : si nous avons des certitudes concernant certaines évolutions climatiques (épisodes météorologiques de plus en plus extrêmes, étés plus chauds, etc.), le reste est du ressort de l'incertitude, notamment concernant les effets de ces bouleversements sur nos quotidiens. En effet, comme le fait remarquer Guillaume Simonet, consultant et chercheur indépendant en adaptation aux changements climatiques, quand nous posons la question de l'adaptation aux fortes chaleurs, il y a une difficulté de raisonner sur des ordres temporels si importants. Bien que les territoires soient aujourd'hui affectés par des épisodes caniculaires chaque été, comment s'imaginer que cela va devenir la norme ? A ces barrières cognitives comme Simonet les appelle, s'ajoute par conséquent une difficulté de convaincre de l'urgence dans laquelle nous sommes. Cette difficulté s'explique par le fait que l'urgence demande des mesures d'adaptation fortes, à une génération qui ne sera pas celle la plus touchée par le changement climatique. Cette problématique invisible, que nous ressentons pourtant dans les moments de crise quand elle bénéficie d'une couverture médiatique importante, tend à être diluée aussi vite qu'elle

est arrivée, relativisée par des moments plus calmes. Cela constitue le cœur de la difficulté des politiques d'adaptation de façon générale et de leur acceptabilité sociale. Ce constat explique notamment la réticence financière que certains acteurs, publics comme privés, émettent lorsqu'il s'agit de privilégier des projets qui peuvent s'avérer coûteux et pour lesquels l'utilité n'est pas immédiatement visible, contrairement à d'autres champs d'action aux effets plus court-termistes.

De plus, comme l'a fait remarquer la vice-maire de Vienne, la ville est elle-même le produit d'un compromis. Chacun y trouvera toujours quelque chose à redire en fonction de ses préférences culturelles et de ses revendications personnelles :

« It all comes together to social justice, actually. Now, that's a very difficult thing because it's about morality and morality for everyone is not something flexible. Even though there are different points of view on it. And so that's, of course, very difficult : the city is always a compromise. So you have

people who want parking lots or people who want trees, and both groups don't understand why you would favor the other group. [...] So most often the group for the parking lots is more potent, or the louder one. And we are very aware of that, not just because this group is louder, but this group is the largest one.⁸ »

8 « A la fin cela revient toujours à la justice sociale. C'est un sujet très difficile car il s'agit de la moralité, et tout le monde n'est pas flexible à ce sujet. Même s'il y a des points de vue divergents. Et ceci rend les choses très difficiles : la ville est toujours le fruit d'un compromis. Vous avez des gens qui veulent des places de stationnement, vous avez des personnes qui veulent des arbres, et les deux groupes ne comprennent pas pourquoi on favoriserait l'autre groupe. [...] La plupart du temps, le groupe qui favorise les places de stationnement est plus présent. Et nous en sommes conscients, pas seulement parce qu'il est le plus présent mais parce qu'il est aussi le plus large. »



Des manifestants lors de la Marche du Climat à Paris, en 2019

Comme elle le souligne, cela se répercute sur chaque projet urbain novateur, comme les débats sur la place de la voiture en ville, qui renvoie à des questions sociétales.

Si les questions d'adaptation ne sont donc aujourd'hui plus remises en question et que la plupart des projets urbains comporte une mention au respect des enjeux de développement durable, c'est sur le fond de ceux-ci, notamment sur la question des ICU qui a fait son apparition tardivement, que les difficultés se posent.

II. Que faire pour faciliter l'adaptation des villes aux bouleversements environnementaux ?

A. Repenser l'organisation de la ville

Les réflexions amorcées plus haut questionnent inexorablement la manière dont nous vivons et apprécions nos villes. Les personnes rencontrées dans le cadre de cette étude, qui se sont chacune spécialisée à leur manière sur la question de l'adaptation aux fortes chaleurs en ville, nous ont mis sur la piste de certaines réflexions concernant la manière dont la ville pourrait être repensée.

Pour prendre l'exemple de la place de l'eau en milieu urbain, celle-ci constitue un outil de lutte essentiel contre les ICU comme cela a été vu dans la première partie de ce rapport. En réalité, l'eau se trouve au cœur de la problématique des ICU, et au fondement des solutions qui peuvent être apportées. La présence de l'eau, et la bonne régulation de son cycle au cours de l'année, est un enjeu de première importance pour l'adaptation des

villes, et permet aussi d'adresser d'autres enjeux, comme celui de la biodiversité, de manière transversale. C'est ce qu'un ingénieur de l'Apur nous a expliqué :

« La question du cycle de l'eau est la première question des ICU en réalité. [...] l'idée est qu'aujourd'hui cette eau on en a besoin et notamment en été, elle est bien pour hydrater le sol, mais aussi en hiver pour qu'elle recharge les sols en humidité. Il y a aujourd'hui très peu de contacts entre le sol et l'eau, le sol est sec et stérile, il ne se passe rien au niveau biologique. Il faut qu'ils soient plus riches, plus vivants. [...] Mais ce qui est encore plus intéressant est d'avoir un cycle de l'eau géré sur l'année, faisant que le sol reste humide. Ça se joue sur l'année : si on a des revêtements poreux, si le cycle de l'eau est présent (l'eau s'infiltré dans le sol lorsqu'il pleut et va dans la nappe), on a des sols en permanence assez humides. Ce sont des solutions qui sont assez neuves, ce ne sont pas nos pratiques urbaines. »

Pour mieux faire cohabiter espace urbain et présence de l'eau, il est alors primordial de sortir d'une lecture hygiéniste de la ville, dans laquelle les eaux pluviales sont perçues comme une chose sale, et de soutenir des initiatives visant à étudier les possibilités de réintégration de l'eau dans les villes.

Un autre exemple conséquent de la réorganisation urbaine visant à favoriser un environnement vivable lors des canicules se rapporte à la lutte contre la chaleur anthropique, principalement causée par les véhicules motorisés en milieu urbain. En effet, les émissions des moteurs combustibles et de la climatisation des véhicules en été créent de la chaleur dans leur environnement immédiat. De plus, les terrains dédiés à la circulation des voitures et leur parking exigent beaucoup d'espaces bétonnés, ce qui augmente le phénomène d'ICU dans le même temps que cela accroît l'artificialisation des sols. En limitant la circulation des voitures, les villes réduisent leur pollution et bénéficient également d'une opportunité pour réimaginer de nou-



Une piste cyclable à Paris

veaux espaces sur les anciennes infrastructures, notamment des espaces verts. Repenser la mobilité est donc indissociable des politiques de lutte contre les ICU, au même titre que pour des actions contre la pollution de l'air, sonore, etc. Favoriser les mobilités décarbonées demande parfois un courage politique, quand certains acteurs territoriaux pourraient s'y opposer. Ces réflexions sont notamment partagées par la vice-maire de la Ville de Vienne :

« We believe in what we think is right. I don't know, that's very poetic. And of course, we think that public space is a very good thing, and that it shouldn't only be used by cars. That it's very strange that in our society it is totally okay that you have a car standing there 23 hours a day and just like occupying space. Actually, we should have demonstrations against it because this car is just like being used for maybe an hour a day. The rest of the time it's just standing around, but everyone is like, yeah okay it's a human right! So we think that we should, we try to give people the opportunity to use public space in a different way. For example,

with these district oases where it can turn a parking lot into a wonderful area, when you have benches, or a piano, or something that is a very nice thing.⁹ »

9 « Nous croyons en ce que nous pensons juste. Je ne sais pas, c'est très poétique. Et bien sûr, nous pensons que l'espace public est une très bonne chose et qu'il ne devrait donc pas être utilisé que par des voitures. C'est très étrange dans notre société que ce soit complètement d'accord d'avoir une voiture se tenant 23 heures par jour, occupant juste l'espace comme ça. Le reste du temps, c'est juste rester autour mais tout le monde est là "c'est bon, c'est un droit!". Donc nous pensions que ça devrait, nous essayons de donner aux personnes l'opportunité d'utiliser l'espace public différemment. Par exemple, avec ces oasis d'arrondissements où on peut transformer un parking en une zone magnifique, où vous avez des bancs ou un piano, ou d'autres choses comme cela, c'est une très bonne chose. »

Favoriser les mobilités décarbonées comme alternatives à la voiture rappelle les constats faits précédemment, selon lesquels ces mesures peuvent souvent venir se heurter à des conceptions culturelles, où la place de la voiture domine, tandis que d'autres mesures, comme les actions de végétalisation rencontrent moins de difficultés à être adoptées.

Ces réflexions sur la réorganisation de la ville renvoie inexorablement à la question des financements et de la faisabilité matérielle et technique mentionnées dans la partie 2, de même qu'aux barrières culturelles et cognitives qu'elles peuvent soulever. Le témoignage d'un écologue à l'Agence régionale de la biodiversité d'Île-de-France, témoigne bien de cette dualité entre prise de conscience environnementale et barrières culturelles, ici sur l'acceptabilité de la nature en ville :

« En tout cas, oui y a plusieurs villes qui ont expérimenté des retours négatifs des citoyens mais avec la prise de conscience écologique c'est en train de changer puis y a de plus en plus d'acceptation : qu'est ce qu'on en a à faire de feuilles qui sont sur le trottoir, au bout d'un moment on se rend compte que ce n'était pas un problème si important. Je pense que les choses évoluent positivement avec des gens qui sont de plus en plus concernés, qui se documentent sur la biodiversité et qui n'en reste pas à de simples idées reçues. Après je dis toujours si on n'a pas envie, si on a peur qu'il y ait des feuilles partout, qu'il y ait des moustiques, des rats, que ça ressemble à de la jungle bah il ne faut tout simplement pas le faire, on n'est pas prêt on ne le fait pas. Y en a qui sont fondamentalement contre et on ne pourra pas lutter. »

Il faut alors trouver des compromis, s'assurer qu'une solution s'insère dans une problématique qui a été étudiée globalement. Dans le cas de la réduction de la voiture, cela signifie qu'il faut penser aux parkings, aux transports de substitution, etc. Cette nécessité d'entendre des points de vue multiples et diver-

gents démontre l'importance d'une gouvernance plus ouverte et d'une réorganisation des savoir-faire, qui sont en eux-mêmes des outils pour repenser la ville.

B. Un travail de sensibilisation et d'éducation des acteurs sur les impacts climatiques sur les villes : une réorganisation des habitudes, des savoir-faire

La mise en place de solutions d'adaptation plus poussées passe par la nécessité d'un changement global de la perception de cette notion dans nos sociétés, et par le besoin de réorganiser nos pratiques. A ce propos, Simonet met en avant que c'est là l'idée même de s'adapter :

« C'est pas le changement climatique en appelant adaptation et en axant l'idée de se protéger des aléas climatiques et de l'autre côté, atténuation, agir sur les causes. Pour moi, c'est dépassé cette vision car pour moi tout est adaptation. A partir du moment où y a changement climatique, que ce soit sous formes d'aléas (ce qui fait du bruit) ou des tendances climatiques de tous les jours que l'on remarque moins (silencieux) et tout ça amène à des réorganisations. On sait que les changements climatiques demandent à s'organiser autrement et donc pour moi, s'organiser autrement c'est la définition de s'adapter. »

Tout d'abord, cela peut être facilité par une meilleure formation des acteurs publics et privés. En effet, certaines collectivités forment leurs membres et partenaires aux enjeux de développement durable et cela permet une meilleure compréhension des politiques publiques et par conséquent, une meilleure application des solutions. En ce qui concerne les ICU, les solutions, qu'il s'agisse du recours aux bons matériaux, à la végétation ou à la gestion de l'eau, demandent une certaine compréhension de la technici-

té de celles-ci mais également des bénéfiques qu'elles procurent. Par exemple, sur les questions de nature en ville, force est de constater que la thématique est toujours abordée d'un point de vue anthropocentré. Cela mène à des oppositions par rapport à certains projets, expliquées par une incompréhension ou par des *façons de faire* qui sont bouleversées. De même que la méconnaissance du milieu végétal de façon globale peut être un frein dans l'acceptabilité de certains habitants. En menant un travail plus approfondi auprès de ceux qui travaillent sur ces solutions et que cela impacte (les associations de patrimoine, les usagers, les architectes, les aménageurs, les bailleurs, les maîtres d'ouvrages, etc.), on facilite l'acceptabilité des solutions avancées contre les ICU, notamment dans les hypercentres, et également la formation sur les *bonnes pratiques*.

Cela rejoint les dynamiques qui se créent dans les villes autour de pôles de communication et de sensibilisation sur les sujets d'adaptation. L'ICU, sujet technique, est ce-

pendant encore peu présent dans les politiques de sensibilisation et souvent masqué par d'autres thématiques. Cela nécessiterait d'offrir une plus grande fenêtre de visibilité à la problématique, surtout hors des périodes de crise, notamment à travers des formations ou des actions de sensibilisation comme cela a été vu en partie 2.

Il est ensuite intéressant de souligner que, plus que de travailler à travers des interdictions, il peut être plus efficace de mettre en avant des sujets sur lesquels des consensus sont possibles, comme c'est le cas avec une politique visant à lutter contre les ICU mais qui renforce par la même occasion la qualité de vie. Ceci rejoint la question du *framing* de la question des ICU, qui se rapporte à la manière dont le sujet est cadré pour en parler. Au lieu d'essayer de rendre une solution acceptable telle quelle, il est parfois plus efficace de la lier à une question qui est ressentie comme plus urgente et de l'insérer dans des modes de faire plus classiques. Par exemple, utiliser une argumentation plus classique



En raison du confinement lié à la pandémie de COVID-19, de nombreux parcs parisiens ont été moins entretenus qu'à l'accoutumée. Bien que ce ne soit pas habituel, laisser pousser librement les herbes des parcs offre certains avantages, comme favoriser des îlots de biodiversité en ville

tournant autour du bien être et de l'aspect financier permet de promouvoir le sujet des ICU même en l'absence d'une conscience ou d'une volonté politique. L'insérer dans le langage classique permet d'atténuer la peur du changement trouvée chez certains acteurs et aussi d'attirer les acteurs sur la question des ICU.

Néanmoins, une volonté forte de bousculer les codes et les habitudes des acteurs publics et privés est nécessaire. Il y a un réel besoin de s'organiser face à la situation d'urgence à laquelle il faut répondre. Et pour cela, il faut aller de l'avant, ne pas avoir peur d'adopter une position de leader en la matière et d'innover, tout en mobilisant les acteurs du territoire sur le sujet pour les impliquer dans cette lutte, à l'aide de dispositifs citoyens comme vu précédemment, ou de politiques d'animation, d'éducation et de sensibilisation bien plus accentuées.

C. Aller vers une ouverture plus poussée de la gouvernance

Enfin, comme mentionné précédemment, les enjeux des ICU touchent à de nombreux aspects de la vie en ville, qui vont des questions de santé à celles des dépenses énergétiques, de pollution de l'air, de nature en ville, de qualité de vie en ville et de bien-être, etc. Il y a un réel besoin de créer de l'intelligence collective, que ce soit par la mise en réseau des acteurs concernés ou d'une poussée de la transversalité des services des collectivités. Une meilleure intégration des différents services administratifs de la ville peut aussi avoir des effets positifs pour les particuliers, pour lesquels les démarches et les informations sur le sujet, comme les mécanismes de subventions, les réglementations, etc., seraient simplifiées.

De même, la question de la participation citoyenne est assez intéressante dans les questions d'adaptation. Si, comme expliqué dans la partie 2, les quatre études de terrain ont chacune fait remonter des avancées en matière d'intégration citoyenne, les nombreux débats sur la participation citoyenne ces dernières années viennent à laisser penser que si nous décidons de nous organiser autrement, aussi pour faire face aux fortes chaleurs, il est nécessaire d'y inclure beaucoup plus les populations. Tout simplement parce que ce seront les premières concernées, non seulement par les effets de ces canicules, mais également par les aménagements mis en place. A ce sujet, Simonet pose un constat intéressant, celui d'une notion sociale prédominante derrière les enjeux de réorganisation. Partant de là, avoir une position d'expert pour défendre des enjeux de bien-être au nom des populations alors qu'elles n'y participent pas n'est pas logique pour ce dernier. Si la consultation des projets urbains est obligatoire et qu'il est dans l'ère du temps pour les acteurs publics et privés de tendre vers des mécanismes d'association de la population lors des étapes de planification et d'aménagement, ceux-ci restent encore souvent superficiels et pourraient être approfondis. En effet, comme mentionné en partie 2, il y a une conscience de la part des acteurs publics qu'il faut élargir les mécanismes de participation citoyenne dans la décision publique, mais une approche systématique de la concertation et de la co-construction autour des projets d'aménagement n'est pas encore d'actualité.

Ainsi, il est intéressant de repenser l'échelle à laquelle les décisions sont prises, notamment à celle des lieux de vie des citoyens, le quartier, pour impliquer ce dernier et le responsabiliser sur les solutions mises en place. Si les réunions locales, les conseils de quartiers et autres dispositifs participatifs permettent de discuter des aménagements, la co-construction sur le format des projets ou



Une manifestation devant l'Hôtel de Ville de Vienne

permettant de prendre en compte les retours et les attentes des personnes sondées ne se fait que très peu en pratique. Des démarches participatives approfondies et systématiques pourraient donc être mises en oeuvre afin de faciliter l'acceptabilité du projet due à une bonne compréhension de ce dernier. Cela permet également d'impliquer les personnes concernées et dès lors, de les sensibiliser à la cause et de les responsabiliser. Cela fait écho aux remarques d'un agent de la métropole de Lyon sur le besoin de sortir d'une logique top-down, avec un schéma *c'est le sachant qui fait et qui régule depuis sa position d'experts*. Pour lui, il est essentiel d'aller dans une logique de démultiplication, de diffusion, où l'acteur public a la position de celui qui encourage, qui conseille, qui aide.

Cela nous amène indéniablement vers le débat de la place des sciences participatives, mécanisme d'auto-apprentissage des participants qui se développe depuis quelques années, défendant ainsi une vision innovante et transgressive dans l'organisation du partage de connaissances. Celles-ci sont mises

en avant pour se distinguer des méthodes de participation classique, notamment par l'idée d'appartenir à une communauté, favorisant dans le même temps une montée en connaissances sur le sujet traité. Le directeur du Musée National d'Histoire Naturelle (MNHN) en souligne cependant lui-même certains freins institutionnels :

« Et le frein c'est que c'est quelque chose d'assez innovant et de transgressif dans l'organisation du partage des connaissances. Il y a beaucoup de freins notamment de la part de la puissance publique : mais si ces données sont collectées, ça va ouvrir plein de questions auxquelles je ne saurai pas faire face ? Des sujets comme la pollution de l'air on ne préfère pas que ça se sache. »

Il faut y ajouter les freins organisationnels éventuels qui pourraient se poser. L'absence des sciences participatives lors des décisions d'aménagement ne relève pas d'une volonté d'exclure ou du mépris envers le citoyen, mais plutôt de la complexité des circuits décisionnels : les décisions autour de l'espace urbain impliquent déjà un grand nombre d'acteurs,

aux temporalités d'action différentes. Faire du citoyen un expert par le biais des sciences participatives modifie le rapport de forces entre acteurs et peut compliquer la prise de décision. Si le citoyen expert n'est pas entendu, ou si les priorités des habitants vont à l'encontre de ce qui est nécessaire pour lutter contre les ICU, le résultat peut être opposé. La sensibilisation doit, donc, nécessairement précéder l'inclusion des habitants. Le Directeur du MNHN rappelle cependant les bienfaits que les sciences participatives peuvent avoir sur la notion de *risques*, puisque le fait d'avoir une communauté investie permet de faire connaître ces risques, de les encadrer, et d'y apporter une réponse collective et inclusive.

S'il existe donc également des risques potentiels à l'usage massifié des sciences participatives lors des politiques de lutte contre les ICU, il est certain qu'une ouverture de la gouvernance, favorisée par la mise en réseaux d'acteurs diversifiés ainsi que par une implication du citoyen plus large par des mécanismes de co-constructions, peut faciliter l'acceptabilité de politique d'adaptation aux ICU et lever certaines barrières administratives et culturelles.

...

Pour répondre à la question qui a occupé nos recherches : "Comment s'opère l'adaptation aux fortes chaleurs en milieu urbain en termes de mise en place de solutions pratiques et de gouvernance ?", nous avons vu que les mesures visant à repenser la place de l'eau en ville, de l'ombre, des façons de construire ainsi qu'un travail plus poussé sur les comportements institutionnels et individuels aide à lutter contre le phénomène d'ICU en milieu urbain. La première partie a permis de mettre en évidence l'intérêt de :

- Travailler sur une morphologie urbaine plus végétale, avec une végétalisation de l'espace public et du bâtiment par des terrasses et toitures végétalisées, et plus perméable avec l'installation de revêtements perméables ;
- Accorder plus d'importance aux d'installation d'eau comme les fontaines, les brumisateurs, les arrosages de chaussées ainsi qu'aux mécanismes d'ombrages, des plus classiques avec les volets aux méthodes plus techniques ;
- Prêter une attention particulière à une meilleure gestion des courants d'air, à un meilleur albédo et à une isolation correcte des bâtiments ;
- Et travailler sur des mécanismes favorisant l'inclusion et la participation du citoyen.

Le panel de solutions à mettre en place pour diminuer l'ICU et rendre plus vivable les périodes de fortes chaleur est vaste.

Il est important de garder à l'esprit l'argument, souvent avancé, selon lequel la priorisation des actions contre les ICU se doit d'être à niveau égal des contraintes financières pour les collectivités, l'argent public étant limité. Cela nous amène à insister sur le fait qu'il est important d'étudier sous différents aspects le panel de solutions contre les ICU. Il existe tout un rang de solutions pouvant être appliquées, certaines avec un coût très bas, d'autres dont le coût d'installation élevé s'amortit au fil des années, ce qui revient à un coût global plus bas par rapport à la solution classique. On peut citer l'exemple de la végétalisation des toits, qui élimine le besoin d'élargir les égouts à cause de l'augmentation des fortes pluies, ou encore la construction passive des maisons qui a priori coûte chère, mais qui réduit les coûts de maintenance et d'utilisation à moyen et long termes.

De la même manière qu'il est, encore une fois, primordial de rappeler qu'il n'y a pas de solution *one size fits all* lorsqu'il s'agit de lutte contre les ICU : chaque territoire a son propre climat, sa propre structure, sa propre culture, ses enjeux et ses capacités. Il convient dès lors d'étudier le contexte consciencieusement lors des phases d'études de projet.

Rappelons enfin que, comme nous venons de le voir, une approche globale à la chaleur et à l'adaptation au changement climatique dans le sens large est nécessaire. Sans une réflexion plus profonde sur l'organisation de nos villes ainsi que sur les barrières cognitives et culturelles, le risque de proposer des solutions qui ne sont pas à la hauteur des attentes en matière d'adaptation aux fortes chaleurs et de manière générale, aux enjeux climatiques de demain, est présent.



Un petit balcon mis à disposition pour la végétation à Paris



SOURCES

Articles Scientifiques

AHSANULLAH Saiful Islam, VAN ZANDT Shannon. The impact of zoning regulations on thermal comfort in non-conditioned housing in hot, humid climates : findings from Dhaka, Bangladesh. *Journal of Housing and the Built Environment*, 2014, vol. 29, p. 677–697.

AL TAWAYHA Fajer, BRAGANCA Luis, MATEUS Ricardo. Contribution of the Vernacular Architecture to the Sustainability: A Comparative Study between the Contemporary Areas and the Old Quarter of a Mediterranean City. *Sustainability*, 2019, vol.11, no. 3, p. 896.

ALI Asif. Passive Cooling and Vernacularism in Mughal Buildings in North India: A Source of Inspiration for Sustainable Development. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 2016, vol. 6, no. 1, p. 15-27.

BHAMARE Dnyandip K., RATHOD Manish K., BANERJEE Jyotirmay. Passive cooling techniques for building and their applicability in different climatic zones—The state of art. *Energy and Building*, 2019, vol. 198, p. 467-490.

CARDINALE N., MICUCCI M., RUGGIERO F. Analysis of energy saving using natural ventilation in a traditional Italian building. *Energy and Buildings*, 2003, vol. 35, p. 135-159.

CZACHS C., REINWALD F., DAMYANOVIC D., BRANDENBURG C., GANTNER B., ALLEX B., PREISS J., LIEBL U. Urban Heat Islands- Strategy Plan Vienna. *Panning Times*, 2013, p. 1037-1044.

DAMYANOVIC D. et al. Pilot Action City of Vienna- UHI-STRAT Vienna In: Musco F. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. Springer Cham, 2016, p. 257-280.

DESOGUS Giuseppe, CANNAS Leonardo Giuseppe Felice, SANNA Antonello. Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture : The Sardinian case study. *Energy and Building*, 2016, vol. 129, p. 574-588.

FERNANDES J., CORREIA DA SILVA J. Passive cooling in Évora’s traditional architecture. *PALENC*, septembre 2007, vol. 1, p. 341-345.

FORUZANMEHR Ahmadreza, VELLINGA Marcel. Vernacular architecture: questions of comfort and practicability. *Building Research & Information*, vol. 39, no. 3, p. 274-285.

HENDEL, Martin, COLOMBERT, Morgane, DIAB, Youssef, ROYON, Laurent. Expérimentation de rafraîchissement de l’espace public en période caniculaire à Paris. *Techniques Sciences Méthodes, ASTEE/EDP Sciences*, 2015, p. 41-51.



HENDEL Martin, COLOMBERT Morgane, GRADOS Arnaud, DIAB Youssef. Comparaison des matériaux de l'espace public parisien : caractérisation de la contribution aux îlots de chaleur urbains. XIIème colloque interuniversitaire Franco-Québécois sur la thermique des système, juin 2015. Sherbrooke : 2015. 6 p.

KUMAR Sanjay, TIWARI G. N., BHAGAT N. C. Amalgamation of traditional and modern cooling techniques in a passive solar house : A design analysis. *Energy Conversation and Management Journal*, 1994, vol. 35, no. 8, p. 671-682.

SHORT C. A., LOMAS K. J., WOODS A. Design strategy for low-energy ventilation and cooling within an urban heat island. *Building Research & Information*, mai-juin 2004, vol. 32, no. 3, p. 187–206.

SINGH Manoj Kumar, MAHAPATRA Sadhan, ATREYA S.K. Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. *Building and Environment*, 2009, vol. 44, p. 878–888.

VISSILIA Anna-Maria. Evaluation of a sustainable Greek vernacular settlement and its landscape : Architectural typology and building physics. *Building and Environment*, 2009, vol. 44, p. 1095–1106.

YAMAGATA H., NASU M., YOSHIKAWA M., MINAMIYAMA M. Heat island mitigation using water retentive pavement sprinkled with reclaimed wastewater. *Water Science & Technology*, 2008, vol. 57.5, p. 763-771.

Rapports de recherche et plans stratégiques

ADEME. Guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités territoriales. Paris : ADEME, Octobre 2012. 69 p.

ADEME. Rafraîchissement des villes : de quelles connaissances avons-nous besoin ? Actes de la journée scientifique et technique du 27 juin 2017 à Lyon. Lyon : ADEME, 2017. 42 p.

Apur. Les îlots de chaleur urbains à Paris. Cahier no. 4 : influence climatique des revêtements de sol à Paris. Paris : Apur, Juillet 2017. 36 p.

Apur. Les îlots de chaleur urbains à Paris, cahier no. 1. Paris : Apur, Décembre 2012. 40 p.

Apur. Les îlots de chaleur urbains à Paris, cahier no. 2 : simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements. Paris : Apur, Mai 2014. 40 p.

GIGUÈRE Mélissa. Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains. Québec : Institut national de santé publique du Québec, Juillet 2009. 95 p.



GUTLEBEN Caroline, MUSY Marjorie, POMMIER Guillaume, PROVENDIER Damien. Impact du végétal en ville. Angers : Plante & Cité, Septembre 2014. 61 p.

Institut d'aménagement et d'urbanisme. Les îlots de chaleur urbaines : Répertoire de fiches connaissance. Paris : IAU Île-de-France, Novembre 2010. 58 p .

International Energy Agency. Transition to Sustainable Buildings. Strategies and Opportunities to 2050. Paris : IEA Publications, 2013. 290 p.

JONKEREN O., KAGER R., HARMS L., BRÖMMELSTROET M. The bicycle-train travellers in the Netherlands: personal profiles and travel choices. Transportation, 2019. 22 p.

OSMOND Paul, SHARIFI Ehsan. Guide to Urban Cooling Strategies. Sidney : Cooperative Research Centre for Low Carbon Living, 2017. 74 p.

SEforALL. Cooling for all, cooling solutions for urban environment. Vienna/Washington : Mars 2018. 17 p

Syndicat Mixte d'Action pour l'Expansion de la Gâtine. Guide de la définition et des bons usages des matériaux de revêtement et du petit mobilier urbain relatifs à l'espace public. Parthenay : 2011. 221 p.

UrbanLab. S'adapter au changement climatique, le programme d'expérimentations. Synthèse d'évaluation. Paris : Septembre 2018. 72 p.

YENNETI Komali, SANTAMOURIS Mattheos, PRASAD Deo, DING Lan. Cooling Cities. Strategies and Technologies to Mitigate Urban Heat. Cooperative Research Centre for Low Carbon Living. Sidney : Juillet 2017. 43 p.

Mémoires et thèses

HIRSCH Yolene. Caractéristiques de l'îlot de chaleur urbain et recherche d'une solution paysagère pour le site de la résidence Damrémont à Paris. Thèse de fin d'études: Master architecte paysagiste : Liège : Gembloux Agro-Bio Tech : 2017. 91 p.

JEAN, Raphael. 2019. Résilience et adaptation au changement climatique en politique municipale. Paris face aux fortes chaleurs. Sciences Po Grenoble. p74

Articles de presse et sites internet

BAILEY Stephanie. Green roofs are sprouting up on buses. CNNhealth [en ligne]. 18 juin 2019 [consulté le 21 décembre 2019]. Disponible sur : www.nouveau-europresse.com



CAREZ Céline. Paris : la végétalisation des toits pour lutter contre la chaleur. Le Parisien [en ligne]. 31 juillet 2019 [consulté le 25 mars 2020]. Disponible sur : www.nouveau-europresse.com

COLIN Béatrice. Toulouse : Pour lutter contre la chaleur, voici les premiers pavés rafraîchissants testés en Europe. 20minutes.fr [en ligne]. 6 juin 2019 [consulté le 6 décembre 2019]. Disponible sur : www.nouveau-europresse.com

COLOMBERT Morgane. Îlots de chaleur, un enjeu d'adaptation au changement climatique. Construction 21 [en ligne]. 31 juillet 2018 [consulté le 8 novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.construction21.org/france/articles/fr/ilot-de-chaleur-un-enjeu-d-adaptation-au-changement-climatique.html>

FABREGAT, Sophie. Comprendre le phénomène pour l'éviter pour le réduire. Actu-Environnement [en ligne]. 04 juillet 2016 [consulté le 19 novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/ilots-chaleur/comprendre-phenomene-eviter-reduire-capteurs.php>

Ilots de chaleur : Agir dans les territoires pour adapter les villes au changement climatique. CEREMA [en ligne]. 28 juillet 2019 [consulté le 28 mai 2020]. Disponible sur : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/ilots-chaleur-agir-territoires-adapter-villes-au-changement>

L'arbre urbain est un formidable outil pour lutter contre le changement climatique [en ligne], France. Arboclimat. 2019 [consulté le 21 décembre 2019]. Disponible sur <http://www.arbre-en-ville.fr/arboclimat/>

SIMONET Guillaume. « Il faut se protéger, mais aussi changer nos modes de vie et nos mentalités », entretien avec Guillaume Simonet. Actu-Environnement [en ligne]. 04 juillet 2016 [consulté le 8 novembre 2019]. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/ilots-chaleur/guillaume-simonet-changer-modes-vie-mentalites.php>

SINAÏ Agnès. La ville de Paris entend valoriser le réseau d'eau non potable dans la capitale. Actu-Environnement [en ligne]. 25 septembre 2015 [consulté le 14 décembre 2019]. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/paris-reseau-eau-non-potable-25345.php4>

UNEP. Les espaces verts de demain - Enquête Unep-Ipsos 2008. UNEP [en ligne]. 2008 [consulté le 28 décembre 2019]. Disponible sur : <https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/base-documentaire/enquetes-de-lunep/>

Vagues de chaleur et canicules [en ligne], France. Météo France. 2020. Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/meteo-et-sante/canicules>



ANNEXE

**Tableau des solutions
identifiées pour rafraîchir
les villes**

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS GRISES

1. Ombrières et auvents

<i>Ombrage passif fixe</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût initial élevé ; coût d'entretien bas ; très résistant ; difficilement réversible ; difficilement installable dans un bâtiment existant	Réduit l'impact direct du soleil, donc réduction de la température à l'intérieur	Élément non connu dans l'architecture traditionnelle occidentale, mais déjà en utilisation depuis quelques années	/	Bloque la lumière aussi lors de jours gris -> possible d'utilisation augmentée de la lumière artificielle dans la journée ; peuvent donner l'impression d'une <i>prison</i> ; non-praticable devant des sorties (vérandas, balcons etc.)
<i>Ombrage passif amovible</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût initial moyen ; coût d'entretien moyen, moyennement résistant, réversible ; installable dans un bâtiment existant	Réduit l'impact direct du soleil, donc réduction de la température à l'intérieur	Élément très connu de l'architecture traditionnelle occidentale	Forme facilement adaptable selon les goûts personnels ; permet le réglage de la lumière en fonction du temps	/
<i>Ombrage actif</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation et d'entretien élevé ; installable dans un bâtiment existant ; difficilement réversible	Réduit l'impact direct du soleil, donc réduction de la température à l'intérieur	Ne permet pas le réglage individuel de l'ombfrage	Permet l'intégration avec un système climatique autonome	Consommation constante d'énergie ; pourrait bloquer lumière aussi lors de jours gris ce qui entraîne une possible augmentation d'utilisation de

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
------------------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

						la lumière artificielle dans la journée
<i>Toiles tendues ou parasols</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Facilement installable, temporaire ou pas (mais besoin de prévoir un lieu de stockage dans ce cas) ; peu cher ; peut-être vulnérable aux intempéries, peuvent retenir l'eau de pluie	Réduit l'impact direct du soleil ; Ombre plus limitée que pour les toiles tendues	Potentielle complexité organisationnelle (besoin d'obtenir les autorisations des propriétaires des façades d'accroche)	Esthétique, forme facilement adaptable selon les goûts personnels	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS GRISES

2. Architecture et morphologie urbaine

<i>Cheminée solaire</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation élevé, coût d'entretien faible ; pas installable dans un bâtiment existant ; non-réversible ; ne fonctionne que quand la température extérieure est plus froide que l'intérieur	Réduit la température en fonction de la différence entre température extérieure et intérieure : crée un courant d'air à l'intérieur du bâtiment	Pas connu dans l'architecture traditionnelle occidentale ; ne fonctionne que dans un système intégré de rafraîchissement	Amélioration de la qualité d'air à l'intérieur	Nécessité de chauffer plus en période froide à cause de la perte de chaleur à travers la cheminée
<i>Rafraîchissement passif évaporatif</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation et d'entretien élevé ; non-installable dans un bâtiment existant	Réduit la température de 10 °C max. ; ne peut pas se substituer une climatisation traditionnelle	Augmentation de l'humidité à l'intérieur	Réduit la consommation d'énergie de la climatisation d'environ 30%	Nécessite une quantité d'eau fraîche et filtrée constante
<i>Véranda</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation élevée ; coût d'entretien bas ; difficilement installable dans bâtiment existant	Crée une zone tampon entre l'extérieur chaud et l'intérieur froid ; ne fonctionne que si l'intérieur est bien isolé	/	Complète bien les installations d'ombrage passif	/
<i>Cour intérieure</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation élevé ; coût d'entretien bas nécessite beaucoup de place ; pas installable dans un bâtiment existant	Bloque l'impact direct du soleil ; crée un îlot de fraîcheur qui rafraîchit les chambres autour	Demande de l'espace, compliqué dans une ville à grande densité	/	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
<i>Attrape-vent</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation élevé ; coût d'entretien bas ; pas installable dans un bâtiment existant ; doit être axé dans la direction du vent dominant	Crée un courant d'air dans le bâtiment ; ne crée pas de conditions climatiques confortables tout seul	Non connu dans l'architecture traditionnelle occidentale ; ne fonctionne bien que dans un système intégré de rafraîchissement	/	/
<i>Chambres saisonnières (seasonal rooms : chambres s'utilisant selon la température)</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Coût d'installation bas ; coût d'entretien bas	Conditions climatiques différentes dans chaque chambre	<i>Gaspillage d'espace</i> dans une ville à grande densité car beaucoup de chambres non-utilisées dans la journée ; nécessite un mouvement constant d'une chambre à l'autre	/	/
<i>Grande hauteur sous plafond / coupoles / greniers</i>	Bâtiment - Niveau individuel et institutionnel	Coût d'installation élevé ; coût d'entretien bas	L'air chaud monte, est remplacé par l'air frais ;	<i>Gaspillage d'espace</i> ; réduction des rendements fonciers ;	La hauteur des coupoles / arches crée de l'ombre, ce qui refroidit les espaces autour	/
<i>Zonage</i>	Ville - Niveau institutionnel	Demande une concertation de tous les acteurs concernés	Permet une réglementation qui optimise l'ombrage et la présence de dispositifs de rafraîchissement	Met en cause la structure traditionnelle occidentale de la ville	Réduit consommation d'énergie pour la climatisation des bâtiments	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
<i>Conduit d'aération</i>	Ville - Niveau institutionnel	Coût initial élevé ; Demande des études des courants d'air et de reconstruction de l'espace public ; coût d'entretien bas	Réduit la température de l'air ressentie de plusieurs degrés	Demande potentiellement la démolition de structures bloquant les courants d'air, donc pas applicable dans quartiers historiques / résidentiels	Réduit la pollution en emportant les particules	/
<i>Tour de ventilation</i>	Ville - Niveau individuel et institutionnel	Coût d'installation et d'entretien élevé ; Fonctionne que dans une ville sans courants d'air naturels aux rues étroites	Baisse de la température ressentie de 5 °C	/	Réduit la pollution en emportant les particules	/
<i>Ventilation naturelle</i>	Bâtiment / Quartier / Ville - Niveau individuel et institutionnel	Nécessite une structure intérieure qui permet la ventilation transversale	Réduit la température ressentie en fonction de la vitesse des courants d'air, l'humidité et de la température extérieur	Problème d'acceptabilité dû à l'idée que les courants d'air causent des rhumes ; vent bouge potentiellement des objets	Réduit l'énergie consommée pour refroidir la maison	/
<i>Réseaux de froid urbain</i>	Quartier / Ville - Niveau institutionnel	Lourdeur de l'infrastructure : difficile à l'adapter quand les besoins évoluent ; Potentiel limité des transformations urbaines dans les bâtiments anciens et patrimoniaux : à	Demande d'énergie inférieure de 40% à 50% par rapport aux bâtiments classiques en été ; Pérennité menacée par le réchauffement attendu des cours d'eau, risques de	/	Energie nécessaire au système pouvant être récupérée ailleurs (chaleur produite par les industries) ; pareil pour l'eau (rivière, mer, eaux usées)	Gestion des risques : les fuites de liquide frigorigène sont très polluantes

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
------------------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		mettre en place dans les nouvelles constructions ; Utile seulement si mis en place dans une zone suffisamment dense	sécheresse, baisse du niveau d'étiage des rivières			
--	--	---	--	--	--	--

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	-----------------------	---	---------------------------	-------------------------------------	--	------------------------

SOLUTIONS GRISES

3. Utilisation de l'eau

<i>Arrosage des chaussées</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Dépend de la disponibilité en eau de chaque ville Nécessité d'être équipé en véhicules spéciaux pour arroser les villes, sinon perte de temps / énergie (la chaleur générée par les engins mécaniques renforce le phénomène d'ICU). Possibilité d'utiliser les bouches de lavage des rues, comme l'a expérimenté Paris	Refroidissement de la chaussée jusqu'à 15 °C, moindre stockage de la chaleur en journée. Résultats nocturnes aussi concluants : baisse des températures de surface jusqu'à 3 °C. Résultats fortement dépendants de la quantité d'eau aspergée, et de la nature du revêtement (efficacité nocturne accrue pour les matériaux sablonneux / pulvérulents par exemple)	Technique très ancienne (notamment au Japon, par l'Uchimizu) mais barrière culturelle : difficile de faire accepter qu'on vaporise de l'eau dans les rues sans un minimum de communication	/	Consommation d'eau à maîtriser, notamment dans un contexte de raréfaction de la ressource
<i>Brumisateurs</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau individuel	Mise en œuvre et maintenance : dispositif ne devant pas être trop ensoleillé ; contraintes d'entretien car la maintenance très encadrée	Rafraîchissement observé de l'air entre 2 et 7 °C, et de 5 à 15 °C en exposition directe Aussi efficace pour le rafraîchissement de la peau /	Humidification forcée pouvant être peu appréciée	Dimension ludique	Consommation d'eau à maîtriser, notamment dans un contexte de raréfaction de la ressource. Si l'évaporation provoquée est plus importante que

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		par la réglementation sanitaire	sensation de rafraîchissement			l'évaporation naturelle, elle consomme beaucoup plus d'eau
<i>Fontaines et jets d'eau</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau individuel et institutionnel	Contraintes d'entretien : maintenance très encadrée par la réglementation sanitaire	Effet brumisation par transport de gouttelettes du jet par le vent	/	Dimension ludique	Certains risques sanitaires : accès au bassin interdit au public (ENP + présence de déchets / tessons au fond de la fontaine), eau stagnante
<i>Fontaines pour bornes à incendies (expérimentations)</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau institutionnel	Facilité de la mise en œuvre : branchement d'une fontaine clipsable sur la bouche d'arrosage	/	Peut représenter une solution à l'ouverture intempestive des bouches à incendies en été en autorisant, et sécurisant, l'utilisation de ce point d'eau à des fins de jeu	Dimension ludique, création de lien social	Nuisances sonores, conflits d'usages potentiels ; Besoin de s'assurer de la bonne largeur du trottoir, et de la non-présence de commerces ou appartements à proximité immédiate

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS GRISES

4. Matériaux

<i>Toitures à haut albédo</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Peu cher ; différentes façons de le mettre en œuvre : couvrir les toitures plates de membranes réfléchissantes, appliquer des enduits réfléchissants sur les toitures ; Mais dégradation des propriétés rafraîchissantes avec le temps si n'est pas nettoyé : besoin d'un certain entretien	Réduction des températures de surface de -0,5 à -2 °C la nuit, -1 à -4 °C la journée ; Les résultats peuvent varier en fonction de la composition des matériaux, leur vieillissement et leur exposition climatique	Pas disruptifs : existent depuis longtemps dans les pays chauds, mais blocage visuel et thermique possible des ANABF si le toit est à portée de vue (privilégier les toits plats à ceux en pente)	Amélioration du confort thermique intérieur au bâtiment et réduction des besoins énergétiques liés à l'usage de climatiseurs	/
<i>Façades à haut albédo</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Peu cher, différentes façons de le mettre en œuvre : couvrir les façades de membranes réfléchissantes, y appliquer des enduits réfléchissants ; Mais dégradation des propriétés rafraîchissantes avec le	Ne font pas fondamentalement baisser la température de l'air : -0,5 à -1 °C la nuit, -1 à -2 °C la journée	Pas disruptifs : existent depuis longtemps dans les pays chauds, mais blocage possible des Architectes des Bâtiments de France ; Inconfort visuel et thermique accru par rapport aux toitures à haut albédo.	Amélioration du confort thermique intérieur au bâtiment et réduction des besoins énergétiques liés à l'usage de climatiseurs	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		temps si ce n'est pas nettoyé : besoin d'un certain entretien		Solution à privilégier hors des lieux fréquentés		
<i>Revêtement à albédo élevé</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau individuel	A mettre en place dans des zones largement exposées au soleil ; Entretien pour le ciment : assombrissement, salissure	Peut augmenter la réflexion entre 20% et 40-70% par rapport à l'asphalte traditionnel (selon si on utilise de l'asphalte à haut albédo, ou du ciment à très haut albédo) ; Permet la réduction de la chaleur du matériau (jour et nuit), mais a une action moindre sur la température de l'air ; résultats dépendant des propriétés émissives du matériau, de l'exposition au vent, et des formes urbaines	Réflexion parfois éblouissante de la lumière : éviter les revêtements trop réfléchissants dans les espaces les plus fréquentés / touristiques ; Inconfort thermique par réverbération de la chaleur du sol sur les passants	Réduction du choc thermique entre des eaux de ruissellement plus chaude ; Réduction du besoin en éclairage public nocturne	Besoins en énergie grise élevés pour la production de certains matériaux, comme le ciment
<i>Resurfacement avec du ciment (whitetopping)</i>	Bâtiment / quartier - Niveau individuel	Entretien : assombrissement, salissure ; matériau qui permet la circulation de tout type de véhicule ; transformation	Peut augmenter la réflexion de plus de 20% par rapport à l'asphalte conventionnel ; permet la réduction de la chaleur du matériau		Possibilité de favoriser un ciment poreux, qui cumule albédo élevé et perméabilité	Besoins en énergie grise élevés pour la production du ciment

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		rapide de la voirie existante / dégradée	(jour et nuit), mais a une action moindre sur la température de l'air			
<i>Revêtements stabilisés</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau individuel	Nécessité de désherber / ratisser pour conserver leurs capacités de rétention d'eau Moins pérenne que les bitumes, bétons etc.	Ne stocke pas la chaleur lorsqu'est exposé au soleil ; Rétention de l'eau permettant un rafraîchissement nocturne ; meilleurs résultats dans les zones à climat assez humide, pouvant aller jusqu'à un rafraîchissement de l'air de 1,5° C	Inconfortable en cas de pluie ; Déformation (creux / bosses) et débordements fréquents ; plus faible accessibilité pour les personnes à mobilité réduite	Aspect naturel ; possibilités de végétalisation rase contrôlée ; solution aux débordements d'égouts induits par les fortes pluies, les tempêtes et les inondations	/
<i>Enrobés à liant végétal (Expérimentations)</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau individuel	Fragile et faible pérennité : nids de poule / déformations dues au gel / dégel, tâches, fissures à proximité de végétaux à fortes racines, dégradation par les UV ; pas de désherbage nécessaire ; plus cher qu'un enrobé classique : entre 30 et 40 euros le m ²	Peu de recul sur ses résultats	Réparation peu esthétique	Elaboré à partir de matières végétales renouvelables à 95%. Entièrement recyclable (en matériau de remblais) ; Bonne intégration paysagère (couleurs naturelles miel et possibilité d'ajouter des pigments : gamme de couleur presque infinie)	Imperméable

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
<i>Pavés évaporatifs (Expérimentations)</i>	Bâtiment / Quartier - Niveau institutionnel	Prix, volumes d'eau à injecter encore à déterminer, dépendent notamment de la réutilisation des eaux de pluie	Baisse de la chaleur de surface de 5 °C	/	L'évapotranspiration peut également permettre de lutter contre la neige en hiver	Consommation d'eau potentiellement élevée si l'eau de pluie n'est pas réutilisée par un système de stockage et de drainage de l'eau sous le pavé

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS VERTES ET BLEUES

<i>Végétalisation intensive</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Besoin d'une structure imperméable capable de supporter un poids lourd, d'un système de drainage et des plantes qui puissent pousser dans Ces conditions nécessitent un entretien l'hiver pour éviter le gel des systèmes de drainage	Permet de réaliser des économies d'énergie en climatisation de 23 à 28% en été à 4,5% en hiver ; Amélioration du confort thermique	Très à la mode en France et en Allemagne ; Peut entrer en conflit avec la préservation du patrimoine architecturale (ex : bâtiment haussmannien à Paris)	Refuge pour la biodiversité ; exploitable pour l'agriculture urbaine ; positif pour la rétention d'eau	/
<i>Végétalisation extensive</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Mise en place facile et initiative nécessitant peu d'entretien ; peut s'adapter à des toits en pente ; nécessite cependant un arrosage important en période chaude	Permet d'améliorer le confort thermique	Peut entrer en conflit avec la préservation du patrimoine architecturale (ex : bâtiment haussmannien à Paris)	/	/
<i>Végétalisation des transports en commun (expérimentation à Singapour)</i>	Bâtiment - Niveau institutionnel	Nécessite d'adapter les toits des transports comme les bus à supporter la végétalisation	Permettrait de réduire le risque d'inondations, capter la pollution et d'amener de la biodiversité	/	/	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

<i>Revêtement de façade</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Plantes Directement attachées à la façade ou qui sont supportées par un câble	Permet de protéger les bâtiments du réchauffement (si pas climatisé, améliore Beaucoup le confort interne)	Peut entrer en conflit avec la préservation du patrimoine architecturale (ex : bâtiment haussmannien à Paris)	Caractère esthétique ; questions de bien-être, de qualité de vie	/
<i>Murs végétaux</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Nécessite une base artificielle verticale pour supporter les plantes car culture hors sol ; peut-être arrosé avec des pompes automatiques ou un circuit fermé - peut nécessiter beaucoup d'eau (surtout en été) et d'énergie pour l'entretien ; entretien particulier en hiver pour prévenir du gel	Permet de protéger les bâtiments du réchauffement (si pas climatisé, améliore Beaucoup le confort interne) ; diminue la température de la façade avec une température max de 30 °C contre 60 °C pour un mur sans végétalisation	Peut entrer en conflit avec la préservation du patrimoine architecturale (ex : bâtiment haussmannien à Paris)	Caractère esthétique ; questions de bien-être, de qualité de vie	/
<i>Arbres d'alignement</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Contraintes imposées par le milieu urbain (pollution, manque de biodiversité dans les sols) ; beaucoup d'entretien régulier ; faire attention aux essences plantées	Protège du Rayonnement solaire direct ; fournit de l'ombre ; contribue au confort thermique ; Permet une augmentation de l'humidité avec le	Peut entraîner des allergies avec le pollen ; les feuilles recouvrent la chaussée donc à prendre en compte	Permet d'améliorer la qualité de l'air ; solution esthétique ; Positive pour le psychique	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

			mécanisme d'évapotranspiration ; lutte contre la pollution - véritable <i>puits de carbone</i>			
<i>Arbustes hors sol</i>	Quartier - Niveau individuel	Pas besoin de pleine terre, facile à mettre en place	Participe au rafraîchissement par évapotranspiration	/	Caractère esthétique ; initiative <i>portable</i> : peut être utilisé pour des événements, des mesures transitoires	/
<i>Forêt urbaine</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Nécessite beaucoup d'espace ; attention particulière qui doit être portée aux essences d'arbres	Protège du Rayonnement solaire direct ; fournit de l'ombre ; contribue au confort thermique ; Permet une augmentation de l'humidité avec le mécanisme d'évapotranspiration ; lutte contre la pollution - véritable <i>puits de carbone</i>	Nécessite une volonté politique forte pour porter ce genre de projets	Permet d'améliorer la qualité de l'air ; solution esthétique ; Positive pour le psychique ; ludique	/
<i>Parc de prestige avec gestion horticole</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Nécessite beaucoup d'entretien régulier	Permet une baisse de température de 5 à 10 °C ; Effet de refroidissement très	/	Permet d'améliorer la qualité de l'air ; solution esthétique ; Positive pour le psychique ; ludique	/

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	-----------------------	---	---------------------------	-------------------------------------	--	------------------------

			localisé autour du parc ; protège du Rayonnement solaire direct ; contribue au confort thermique ; permet une augmentation de l'humidité avec le mécanisme d'évapotranspiration ; lutte contre la pollution - véritable <i>puits de carbone</i>			
<i>Prairies urbaines / gazon naturel / surfaces non-pavées</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Besoin d'être arrosé pour un effet plus important. Attention au contre-effet avec du gazon artificiel qui va lui, absorber la chaleur	Rafrâichissement qui dépend de l'arrosage : si bien arrosée, la surface enherbée va jusqu'à 15 °C de moins qu'une surface pavée en pleine exposition, sinon son Effet restera en dessous de 5 °C	/	Refuge pour la biodiversité ; dimension ludique	/
<i>Pavés enherbés / sols aléatoires</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Besoin d'être entretenu à travers l'arrosage ; pavé en pierre ont un moindre impact carbone	Perméabilisation du sol	Pas adapté à un trafic routier important ; peut être perçu comme <i>sale</i> en ville donc un changement de	Apport de biodiversité en ville	/

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
------------------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

				perspective est nécessaire		
<i>Bassins / points d'eau</i>	Quartier - Niveau institutionnel	Entretien varie selon l'installation et la taille de celle-ci	Rafraîchit aux abords du point d'eau	Généralement bien accepté ; réticences cependant avec la prolifération de certains indésirables comme les moustiques. Potentiellement un risque de dépôt sauvage aussi	Dimension ludique ; apport de biodiversité	Attention aux contre-effets qui peuvent se dégager de ces techniques comme un ensoleillement de petites surfaces aquatiques stagnantes qui entraînent une augmentation de la sensation de la chaleur

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS DOUCES

1. Comportements individuels

<i>Des thermomètres à la maison</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Peu cher, plutôt un changement d'habitude	Plus de conscience vers la possibilité de chaleur extrême	Disruption minimale	Cette pratique encourage la prise de conscience plus générale	/
<i>Aérer le logement en début et en fin de journée</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Pas de coût économique, mais un changement d'habitude	Améliore le confort thermique	/	/	/
<i>Débrancher les machines électroniques</i>	Bâtiment - Niveau individuel	Pas de coût, juste un changement d'habitude	Un ordinateur de table avec un écran cathodique peut augmenter la température d'une pièce de 3 °C en une journée. Les ordinateurs portables et les écrans plats dégagent jusqu'à dix fois moins de chaleur que les ordinateurs avec écran cathodique	/	Réduction des émissions, réduction des coûts d'électricité chez les individuels	/
<i>Équipement au travail</i>	Bâtiment - Niveau individuel et institutionnel	Peu cher ; les tenues de travail plus légères et claires, les couvre-chefs pour le travail extérieur, suppression de	Améliore le confort thermique des personnes	Peut être contesté à cause de la nécessité de changer les traditions	Cette pratique encourage la conscience plus globale ; elle promeut la productivité des	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		l'obligation du port de cravate, etc.			travailleurs avec de meilleures conditions	
<i>Modifier les heures de travail pour éviter les heures les plus chaudes</i>	Bâtiment - Niveau individuel / institutionnel	Pas de coût économique, mais un grand changement de tradition / culture	Améliore le confort thermique	Pas toujours facile pour les employés qui seraient obligés de travailler à des heures décalées	/	Changements des heures traditionnelles

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

SOLUTIONS DOUCES

2. Changements institutionnels

<i>L'utilisation de véhicules moins énergivores</i>	Ville - Niveau institutionnel et individuel	Assez coûteux car mise en place de subventions pour les véhicules moins énergivores ; peut aller avec des contraintes fiscales pour les véhicules consommant plus	Diminue les zones de chaleur causées par les gaz à effet de serre	Pas accessible à tous car nécessité d'acheter / de changer de véhicule	/	Peut entraîner des inégalités d'accès
<i>Les transports en commun fonctionnels et une réduction du parc automobile en milieu urbain</i>	Ville - Niveau institutionnel	Assez coûteux ; besoin de réglementations ; il faut réimaginer la circulation des transports dans des villes ; rendre attractif le vélo, le bus, le train, le covoiturage, les tramways	Importante diminution des gaz à effet de serre et des rejets de chaleur donc moins de chaleur	Problèmes d'acceptabilité pour les usagers : besoin d'une sensibilisation du grand public ainsi que d'une concertation avec les acteurs concernés ; demande aussi un portage politique important	Les voitures individuelles occupent beaucoup d'espace qui pourrait être utilisé autrement, avec de nouveaux espaces verts ; amélioration de la qualité de l'air	Des chantiers à réaliser à court terme pour développer mieux les transports doux et en commun
<i>Les centres de rafraîchissement</i>	Ville - Niveau institutionnel	Très facile économiquement parce que cette fonctionnalité des espaces se passe seulement aux jours spécifiques ; mise en œuvre peut être	Résultat à court terme : ces mesures aident les populations vulnérables pendant les jours chauds	Pas de grande perturbation des espaces qui gardent leur fonction originale sauf aux jours les plus chauds ; freins cognitifs	Possibilité de liens à long terme	/

Solution	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
-----------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

		contesté par les riverains		possibles à cause des riverains		
<i>Subventions financières pour les acteurs publics et privés</i>	Ville - Niveau institutionnel	Permet de faciliter la faisabilité économique et matérielle pour les villes de poursuivre les initiatives anti-chaueur en leur fournissant des moyens ; Besoin de disponibilité des fonds et de communication efficace entre les acteurs différents et des plannings efficaces pour assurer que les initiatives soient réalisables dans le contexte désigné	Grande diversité et potentiel d'impacts rafraîchissants ; permet de penser à long terme, de combattre l'origine du problème des ICU	Grande taille de possibilité de projets, mais des subventions rendent plus acceptable la réalisation des projets	Solutions positives pour le développement durable des villes, motivation de réduire la pollution à long terme	Risque de mauvaise utilisation des fonds ; risque de coût d'entretien trop haut après la fin des subventions
<i>Plans d'action contre la chaleur</i>	Ville - Niveau institutionnel	Besoin de ressources publiques et d'études pour construire ces plans ; parfois, besoin de volontaires pour aider à la distribution des matériaux pendant les vagues de chaleur	Peut sauver les vies et protéger les personnes vulnérables pendant des pics de chaleur	/	Protection des personnes vulnérables et création des stratégies à long terme	/

<i>Solution</i>	Niveau d'implantation	Faisabilité économique et de la mise en œuvre	Résultats rafraîchissants	Acceptabilité sociale et disruption	Externalités positives et transversalité	Externalités négatives
------------------------	------------------------------	--	----------------------------------	--	---	-------------------------------

<i>Des cartes de chaleur</i>	Quartier / Ville - Niveau institutionnel	Collection des données peut être chère, nécessite le développement d'applications ; démarche partenariale	Rôle préventif ; peut protéger / renseigner les personnes vulnérables	/	/	/
------------------------------	--	---	---	---	---	---