

# Climatisation et enjeux en période de fortes chaleurs

▶ JUIN  
2021

Objectiver l'enjeu de la climatisation individuelle et répertorier les alternatives favorisant le confort d'été dans les logements des ménages



# Introduction

## Information :

L'Agence accompagne la Métropole de Lyon, depuis 2019, dans la mise en œuvre du Schéma directeur énergie. Elle conduit des expertises qui viennent nourrir le plan d'actions et guider la décision politique.

Ainsi, en 2021, l'Agence intervient notamment pour affiner l'analyse de la problématique du confort d'été, l'intégration de l'énergie dans le PLU-H, le potentiel solaire au regard des contraintes urbanistiques, environnementales et patrimoniales.

**En 2021, l'Agence a été sollicitée par la Métropole de Lyon afin d'objectiver l'enjeu de la climatisation individuelle et répertorier les alternatives favorisant le confort d'été dans les logements des ménages.**

## Contexte

Dans un contexte de dérèglement climatique où les vagues de chaleur s'amplifient et où les températures vont continuer d'augmenter (climat de Madrid à Lyon en 2050 - Source : PCAET de la Métropole de Lyon), l'ensemble des leviers doivent être activés pour adapter la ville et les bâtiments.

Le confort d'été constitue l'une des problématiques majeures pour le bien-être des habitants dans leur logement. Aujourd'hui, face aux canicules répétées, les ménages s'équipent de manière hâtive en climatisation individuelle énergivore.

## Commande

La limitation de la climatisation individuelle constitue un objectif stratégique de la Métropole de Lyon, formalisé dans le Schéma directeur énergie (voté en 2019). Il s'agit à la fois de limiter le recours à des équipements de froid, consommateurs d'énergie, et de chercher à améliorer le confort d'été.

Pour autant, le diagnostic de la climatisation individuelle, et plus particulièrement de la climatisation mobile sur le territoire métropolitain demeure partiel à ce jour, et le phénomène nécessite d'être mieux objectivé pour affiner l'action publique : équipements des ménages, état du marché de la climatisation, impacts environnementaux, sanitaires et sociaux.

En outre, l'outillage des services sur la gestion du confort d'été et du rafraîchissement demande à être approfondi afin d'identifier les alternatives aux équipements de climatisation peu performants : solutions faiblement consommatrices d'énergie, aménagements urbains, ...

## Méthodologie

L'Agence a synthétisé une série de ressources bibliographiques et statistiques pour qualifier, quantifier et territorialiser l'enjeu de la climatisation des logements. Elle s'est également appuyée sur des entretiens menés avec quelques experts : EDF et RTE.

## Définition confort d'été

Cette notion ne fait pas l'objet d'une définition réglementaire précise.

Le confort d'été correspond à un degré de température intérieure d'un logement en été qui garantit le bien-être des occupants malgré une forte chaleur extérieure, et ce, principalement grâce à des paramètres liés à la conception et la gestion du bâtiment, sans avoir nécessairement recours à la climatisation.

Le confort d'été peut s'évaluer grâce à une série d'indicateurs :

- L'indicateur des Degrés heures d'inconfort (DH), introduit dans la Réglementation thermique (RE) 2020, évalue la durée et l'intensité des périodes d'inconfort dans le bâtiment lorsque la température intérieure est élevée.

- Le seuil haut maximal de 1 250 DH correspondrait à une période de 25 jours durant laquelle le logement serait continuellement à 30°C le jour et 28°C la nuit.<sup>1</sup>

- La méthode de calcul de la RE 2020 maintiendra **son seuil d'inconfort à 26°C** (journée et nuit, avec un seuil de température adaptatif entre 26 et 28°C le jour).<sup>2</sup>

Pour rappel, le code de la construction et de l'habitation prévoit également la valeur seuil de 26°C à partir de laquelle il faut activer ou maintenir le fonctionnement des systèmes de refroidissement.

*Ce seuil de 26°C correspond également à la température extérieure à partir de laquelle l'organisme humain peut développer des symptômes de stress thermique (voir section sur les impacts sanitaires).*

<sup>1</sup> Source : dossier de presse « RE 2020 Éco-construire pour le confort de tous », ministère de la Transition écologique, février 2021.

<sup>2</sup> Source : Réglementation environnementale 2020 : réduire l'impact carbone des bâtiments neufs, Cerema, janvier 2021).

L'UTCI (indicateur universel du climat thermique) est un indicateur qui permet de déterminer les conditions climatiques permettant le confort thermique du corps humain. Ainsi, il met en évidence que le stress thermique modéré commence à 26°C.

Néanmoins, il existe d'autres critères qui peuvent influencer le ressenti de confort dans les logements l'été <sup>1</sup> :

- les usages et habitudes de l'utilisateur (activité, habillement, occupation, attentes, vécu, habitude...),
- le métabolisme (en fonction de l'état de santé physique et psychologique),
- la rigueur climatique du territoire,
- le taux d'humidité (idéalement entre 40 et 60%) <sup>2</sup>,
- la différence avec l'extérieur (idéalement, maximum 7°C) <sup>3</sup>.

### Indicateur des Degrés heures d'inconfort (DH)\* de la réglementation thermique 2020

Seuil haut maximal de DH (interdiction de dépasser)

1 250 DH

25 jours continus à 30°C le jour et 28°C la nuit

\*Nombre d'heures dans l'année durant lesquelles le bâtiment dépasserait le seuil de 28°C le jour (26°C la nuit), multiplié par la différence entre la température simulée et l'écart avec la limite de 28°C (resp. 26°C).

Par exemple, s'il fait 20°C toute l'année dans un logement, excepté pendant 10 jours et 10 nuits durant lesquels la température grimpe à 30°C en continu, l'indicateur du confort d'été sera de 720 DH (2°C x 12h x 10 jours + 4°C x 12h x 10 nuits).



UTCI (°C)	Catégories
Au dessus de +46	stress thermique extrême
+38 à +46	stress thermique très fort
+32 à +38	stress thermique fort
+26 à +32	stress thermique modéré
+9 à +26	absence de stress thermique
+9 à 0	léger stress dû au froid
0 à -13	stress dû au froid modéré
-13 à -27	stress dû au froid
-27 à -40	très fort stress dû au froid
Au dessous de -40	stress extrême dû au froid

Source : Tribu, Etude Carré de Soie, 2020



Source : Tribu, Etude Carré de Soie, 2020

<sup>1</sup> Source : Confort et qualité d'usage, Jean-Alain Bouchet, Noélie Carretero, Cerema, 2018

<sup>2</sup> Source : « Un air sain chez soi, des conseils pour préserver votre santé », Ademe, 2019

<sup>3</sup> Source : « Chaud dehors, froid dedans, garder son logement frais en été », Ademe, 2020

# Synthèse : quelques éléments à retenir et chiffres clés

## Définition :

Confort d'été, de quoi s'agit-il ?

Idéalement :

**26°C**

maximum dans un logement,

**7°C**

maximum de différence avec la température extérieure,

**Entre 40 et 60%**

d'humidité.

## Équipement en climatisation

- Les ménages grands lyonnais s'équipent toujours plus en climatisation :

**14 %**

des ménages équipés en 2017 (14 % en France en 2016).

**21%**

des ménages équipés en 2020 dont **8,5% en climatisation mobile**

(22% en France en 2019 dont 8,5% en clim mobile).

- En 2050, on prévoit en Europe presque **3x** plus d'usage de la climatisation qu'aujourd'hui.

- Les logements équipés (tout système de climatisation) sont principalement les maisons et les logements récents.

**20 à 25%**

de logements ayant moins de 6 ans sont climatisés en France

- La climatisation n'est pas réservée aux personnes les plus aisées, et touche toutes les catégories socio-professionnelles

**8,4 %**

des CSP+ et

**7,3 %**

des CSP- sont équipés en climatisation en France

## Impact et nuisances de la climatisation

- Les équipements en climatisation sont énergivores, notamment la climatisation mobile : Les climatisations mobiles consomment presque :

**3,5x**

plus d'énergie que les pompes à chaleur air/eau.

Régler la température de la climatisation 1°C moins froid, permet de réduire la consommation énergétique de l'appareil de

**5 à 10%**

- Un rejet d'air chaud dans la rue localement mais également à l'échelle de l'agglomération (effet d'Ilot de Chaleur Urbain) :

**+1°C**

dans les rues des villes chaudes/sèches dû à l'utilisation de la climatisation la nuit

+2,4°C après 9 jours de canicule (similaire à 2003),

+3,6°C après 9 jours de canicule extrême.

**Environ +4,5°C**

d'écart entre le centre et la périphérie

(rejets sensibles de la climatisation) contre +3,75°C (sans climatisation) modélisés à Paris.

- Les fluides frigorigènes, toxiques pour l'Homme, qui peuvent s'échapper en cas de fuite, ont un pouvoir réchauffant

**700x** plus élevé que le CO<sub>2</sub> à masse équivalente

- Un équipement efficace pour réduire le stress thermique des personnes vulnérables, mais l'organisme ne supporte pas le « chaud-froid ».

- La climatisation exacerbe les inégalités et la vulnérabilité des personnes notamment les femmes, les personnes âgées, les enfants, les personnes à faibles revenus.



## Alternatives et perspectives

Des bâtiments bioclimatiques conçus pour garder la fraîcheur en favorisant la ventilation naturelle (diversification des hauteurs, appartements traversants, bâtiments sur pilotis, cour intérieure, intégration du végétal au cœur du projet, tours à vents...), et en protégeant des excès de chaleur (éco-matériaux, isolation extérieure, masques solaires, revêtements clairs mais non éblouissants, façades et toitures végétalisées...)

Des équipements et installations écologiques pour rafraîchir ou climatiser le bâti (bio climatisation, climatisation solaire, ventilateur et brumisateurs, réseaux urbains de froid, PAC géothermiques).

## Le poids des comportements individuels

Un décalage de l'horaire de coucher à

### 1h du matin (au lieu de 11h du soir),

permettant de réduire de 14% le nombre d'heures de sommeil marquées par une forte chaleur.

Un usage modéré et un maintien d'une température de :

### 28°C dans les bâtiments résidentiels et de 26°C dans les bureaux.

Au-delà des comportements individuels, une adaptation des horaires de travail par l'employeur est possible, à l'instar des Départements et Collectivités d'Outre-mer, avec un décalage du début de la journée de

travail à **7h30** le matin.

## La nécessité d'adapter la ville dans son ensemble

Le confort d'été des ménages se joue également sur les espaces de vie, à proximité de leur logement : les oasis de fraîcheur permettent de réduire la durée journalière passée en situation de stress thermique : infrastructures vertes (parcs, espaces verts, fontaines, brumisateurs d'espaces publics, et piscines accessibles à toute heure...), physiques (règles d'isolation, matériaux, ombrages des espaces publics...). Les villes et pays méditerranéens peuvent constituer une source d'inspiration pour lutter contre la chaleur. Mais, il paraît utile d'aller plus loin avec des approches globales qui favorisent les co-bénéfices environnementaux (consommations énergétiques, biodiversité, gestion de l'eau, santé, qualité urbaine...).

## La climatisation restera incontournable

L'ensemble des mesures d'adaptation individuelles et sociétales ne suffiront pas à se passer entièrement et définitivement de la climatisation, pour garantir un confort thermique aux habitants pendant les vagues

de chaleur : encore **6h**/ jour en situation de stress thermique élevé, , malgré la mise en place de mesures d'adaptation (végétalisation, isolation et matériaux adaptés de construction, sobriété des usages).

## Conclusion

Il convient de maîtriser le développement de la climatisation et de modérer son usage. L'adaptation individuelle et sociétale seront des enjeux majeurs pour parvenir à ces objectifs.





**I - LA PLACE DE LA  
CLIMATISATION**  
UN USAGE EN EXPANSION



# La climatisation, une technologie recouvrant une diversité de systèmes

## Définition

### Systèmes de climatisation :

Les systèmes de climatisations sont des appareils permettant de rafraîchir l'air ambiant.

Ils peuvent être de différents types :

- climatisation individuelle,
- climatisation décentralisée,
- climatisation centralisée.

## Les systèmes de climatisation individuelle

Ils servent à rafraîchir un local unique, en produisant directement le froid dans l'appareil sans l'intermédiaire d'un circuit d'eau glacée. Ils regroupent les climatiseurs mobiles, les climatiseurs de fenêtre et les split ou condensateurs à air.

Les climatiseurs monoblocs mobiles (temporaires) ou de fenêtre (installés de façon pérenne sur la façade) sont constitués d'un seul appareil, et fonctionnent de la même manière : l'air du local ou l'air de l'extérieur est refroidi à travers le condenseur, puis rejeté à l'extérieur.

A noter : ils peuvent ne pas comporter d'évacuation extérieure, il s'agit alors plutôt de rafraîchisseurs d'air (fonctionnement par brumisation d'un réservoir d'eau).

Les splits sont quant à eux composés de deux appareils : une unité de condensation (placée à l'extérieur) et une unité d'évaporation (placée à l'intérieur du bâtiment).

Le prix de ces systèmes varie entre 200 et 2 000 € en moyenne, mais peuvent monter jusqu'à 4 000 €<sup>1</sup>. Un climatiseur mobile silencieux coûte entre 700 € et 3 000 €. Un climatiseur mobile de base coûte 200 €, un climatiseur fixe environ 2 500 €<sup>2</sup>.

## Les systèmes de climatisation décentralisée

Ils servent à rafraîchir des surfaces plus importantes que les climatiseurs individuels et/ou permettent un plus haut niveau de refroidissement. Pour cela, ils disposent de plusieurs unités de production de froid, installées dans chaque zone du bâtiment à rafraîchir.

Ils regroupent les armoires de climatisation, rooftop et Pompes à chaleur aérothermiques (PAC air/air et PAC air/eau). Les armoires de climatisation servent par exemple à rafraîchir les serveurs informatiques. Les PAC air/air transforment l'air pour le rafraîchir ou le réchauffer et le transférer dans un espace.

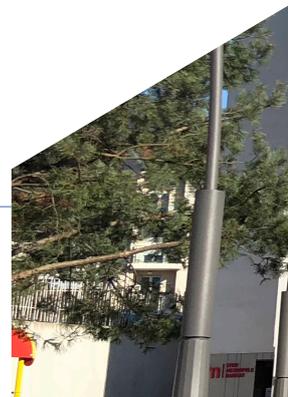
Ces systèmes coûtent entre 5 000 et 10 000 €, ils sont très répandus en France (71% des PAC en France). Les Pompes à chaleur air/eau (PAC air/eau) fonctionnent de la même manière que la pompe à chaleur air/air, en puisant les calories d'air froid, et coûtent environ 12 000 € mais sont éligibles aux aides publiques car le système est plus performant.

Les Pompes à chaleur hydrothermiques (ou « PAC eau géothermiques ») récupèrent les frigories à partir d'un point d'eau (nappes, aquifères, lacs, cours d'eau). Il est conseillé de pratiquer un double forage afin de restituer l'eau à sa source après utilisation, afin de limiter un éventuel déséquilibre environnemental.

Les PAC les plus efficaces sont les PAC géothermiques, qui récupèrent la chaleur du sol (à l'horizontal entre 60 et 120 cm dans le sol, ou à la verticale à 100 m de profondeur). Elles sont encore peu répandues et coûtent en 15 000 et 25 000 €.

<sup>1</sup> Source : site interne « quelleénergie.fr »

<sup>2</sup> Source : Le marché de la climatisation en France, Businesscoot, janvier 2021.





### Les systèmes de climatisation centralisée

Ils servent à rafraîchir plusieurs locaux voire plusieurs bâtiments. Ils regroupent les systèmes à Débit réfrigérant variable (DRV), les groupes d'eau glacée, les pompes à chaleur eau/eau sur nappe ou cours d'eau et les réseaux de froid.

Les systèmes à débit réfrigérant variable relient un condenseur (unité extérieure) à des unités d'évaporation (grâce à un circuit de distribution), et revalorisent la chaleur extraite par ailleurs.

Les groupes d'eau glacée correspondent à un réseau d'eau glacée qui circule dans le bâtiment, réseau refroidi soit avec condensation à air (contact avec l'air extérieur), soit avec condensation à eau (circuit d'eau), ou bien encore avec des tours aéroréfrigérantes (différents systèmes de contact eau et air).

Les réseaux de froid urbain combinent des centrales de production de froid et un réseau de distribution alimentant les bâtiments reliés disposant de sous-stations.

### Des prix légèrement décroissants mais variables selon les gammes

Les prix des climatiseurs varient entre 200 et 2 500 € l'unité. En moyenne, un modèle de climatiseur de base (branché sur secteur, évacuation de l'air chaud vers l'extérieur avec un tuyau) coûte 200 € en 2018. Un climatiseur mobile silencieux (système de condensation à l'extérieur) coûte entre 700€ et 3 000€. Un climatiseur fixe a un coût d'achat de 2 500€ l'unité.

Selon l'Insee, les prix à la consommation des appareils de climatisation et de chauffage en France ont diminué de plus de 2% depuis 2015.

Néanmoins, la complexité technologique croissante des équipements de climatisation installés nécessite une main d'œuvre mieux qualifiée et donc des coûts plus élevés.





# Équipement des ménages et état du marché de la climatisation

## Un équipement des ménages partiel mais en forte augmentation

Aujourd'hui :

### 21%

**des habitants de la métropole de Lyon** étaient équipés en climatisation en 2020 (11% d'une climatisation fixe, 10% d'appareils de climatisation mobile).<sup>1</sup> Le taux d'équipement des Grand Lyonnais est très proche du niveau national.

### 22%

**des ménages en France en 2019 disposaient d'une climatisation** (8,5% disposant d'un équipement de climatisation mobile).<sup>2</sup> 16% de ceux qui n'en possédaient pas envisageaient de s'équiper dans l'année qui vient.

### 50%

**de progression du taux d'équipement en climatisation des Grand Lyonnais, en 3 ans.**

Il est passé de 14% en 2017 (environ 280 ménages interrogés sur 2 000) à 21% (environ 435 ménages interrogés sur 2 075) en 2020.<sup>3</sup>

*Les Grands Lyonnais se seraient fortement équipés entre 2019 et 2020, du fait des fortes chaleurs : les enquêtes des baromètres métropolitains révèlent un taux d'équipement à 17% en 2019 et à 21% en 2020. Néanmoins, ces chiffres doivent être manipulés avec précaution, du fait de la faible taille de l'échantillon des enquêtes. Ils permettent d'identifier des tendances générales.<sup>4</sup>*

### 57%

**d'augmentation du taux d'équipement en climatisation en France, en 3 ans.**

En 2016, 14% des ménages uniquement étaient équipés en climatisation, contre 22% trois ans après. Le taux d'équipement le plus important se situe sur les régions du pourtour méditerranéen, où les besoins de climatisation sont susceptibles d'être les plus forts.

Demain :

La dynamique d'équipement française actuelle pourrait conduire à un léger ralentissement de la tendance observée dans les années à venir, la plupart des profils intéressés s'étant équipés. Avec un taux d'équipement de 39% d'ici 2030, on estime qu'il est à prévoir en 2050, en Europ, presque

### 3x

**plus d'usage de la climatisation qu'aujourd'hui, en lien avec la hausse des températures.<sup>5</sup>**

## Le marché de la climatisation en croissance

Le marché français de la climatisation<sup>6</sup> est en croissance, avec notamment une hausse de :

### 24%

**des travaux d'équipements thermiques et de climatisation entre 2016 et 2019.<sup>7</sup>**

Le segment résidentiel est particulièrement dynamique.

### 34%

**d'augmentation de demande de climatiseurs en France entre 2011 et 2017.<sup>8</sup>**

*L'explosion de cet usage est visible également dans le secteur tertiaire, qui s'équipe très fortement : sur la métropole de Lyon, les consommations d'énergie liées à la climatisation dans le secteur tertiaire en sont une illustration : elles ont quasiment triplées en trente ans, entre 1990 et 2020 (passant de 174 GWh en 1990 à 604 GWh en 2018).*

<sup>1</sup> Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020.

<sup>2</sup> Source : Etude Conser 3, enquête auprès de 4 000 ménages, EDF Recherche & Développement, 2020.

<sup>3</sup> Sources : Baromètre métropolitain énergie, Enquête auprès de 2 075 habitants - Métropole de Lyon, services urbains, 2017 et Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020.

<sup>4</sup> Sources : Baromètre métropolitain énergie, Enquête auprès de 2 075 habitants - Métropole de Lyon, services urbains, 2017 et Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020.

<sup>5</sup> Source : Agence internationale de l'énergie, 2018.

<sup>6</sup> Nomenclature Insee : installation de systèmes de chauffage, chaudières, tours de refroidissement, capteurs d'énergie solaire non électriques, matériel et conduites de ventilation et de climatisation, conduites de distribution de vapeur.

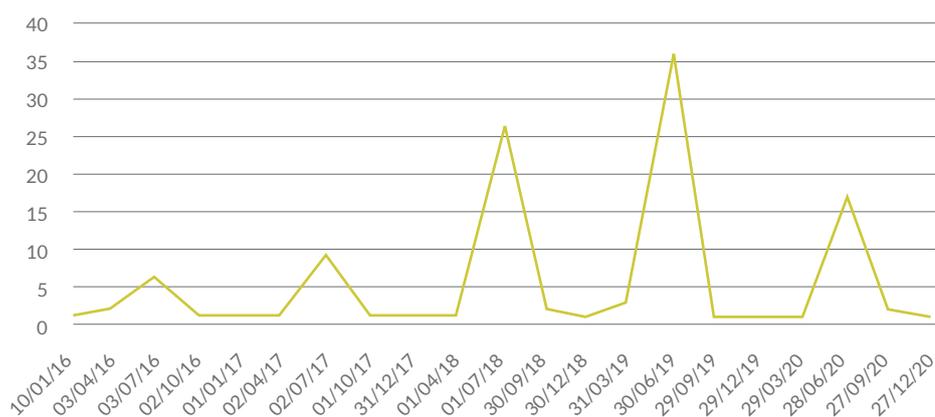
<sup>7</sup> Source : Le marché de la climatisation en France, Businesscoot, janvier 2021

<sup>8</sup> Source : Le marché de la climatisation en France, Businesscoot, janvier 2021



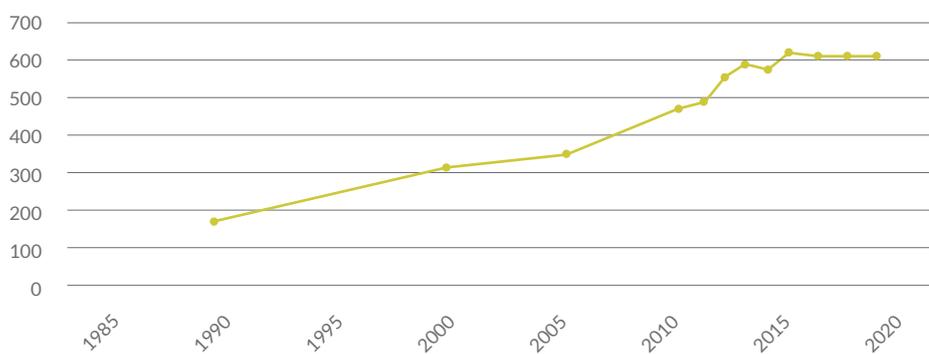
### Résultat Google Trends pour le terme «Climatiseur» (France, 2015-2019, indice Google)

Source : Businesscout, 2021, Google trends



### Évolution des consommations d'énergies liées à la climatisation dans le secteur tertiaire sur la métropole de Lyon depuis 1990 (en GWh)

Source : Observatoire Régional Climat Air Energie (ORCAE)



<sup>1</sup> Proportion de recherches portant sur un mot-clé donné dans une région et pour une période spécifique, par rapport au moment où le taux d'utilisation de ce mot-clé a été le plus élevé (valeur de 100) : une valeur de 50 signifie que le mot-clé a été utilisé deux fois moins dans la région concernée, et une valeur de 0 signifie que les données pour ce mot-clé sont insuffisantes



# Les usages de la climatisation en France et à Lyon

## Un usage de la climatisation encore partiel

La climatisation s'est largement répandue dans les commerces, voitures et au travail. Pour autant, il s'agit d'un usage encore partiel, comme évoqué précédemment dans la section concernant le taux d'équipement des ménages.

La ventilation et la climatisation représentent :

### 4%

## en moyenne des consommations énergétiques des usages du secteur résidentiel en France,

en 2019, parmi l'ensemble des usages : chauffage, eau chaude, sanitaire, cuisson, éclairage, froid et lavage, audiovisuel et informatique...<sup>1</sup>

Afin de faire face aux canicules, les habitants s'appuient principalement sur l'utilisation de ventilateurs ou des changements temporaires de comportement (boire plus d'eau, changer les horaires de travail, limiter l'activité physique, etc.).

Néanmoins, les étés de plus en plus chauds contribuent à un équipement en climatisation en augmentation (détail des données plus bas) afin de maintenir un confort thermique pendant les vagues de chaleur.

## Les déterminants de la climatisation : changement climatique, état du bâti, besoin de confort

D'après une enquête des usages de la climatisation des particuliers<sup>2</sup>, plusieurs enjeux constitueraient des facteurs déterminants pour l'équipement en climatisation chez les particuliers.

- Le changement climatique : les épisodes de fortes chaleurs et de canicules vont devenir de plus en plus récurrents (+20 à 50 jours en 2100), les prévisions climatiques estiment ainsi que Lyon connaîtra le climat de Madrid en 2050 et le climat d'Alger en 2100 (+5°C).

- L'état du bâti : les bâtiments anciens subissent des isolations souvent défectueuses ou des rénovations énergétiques partielles (par exemple : seulement les fenêtres ou le toit sans traiter l'entièreté de la façade) du fait des coûts importants nécessaires pour les réhabiliter.

- La notion de confort : la logique consumériste et technologique actuelle promeut le multi-équipement et la satisfaction de toujours plus de « besoins », dans un cercle vicieux énergétique.

## Le choix de la climatisation : primauté au confort, conscience écologique, ou nécessité sanitaire

Les ménages se positionnent de différentes manières face au besoin de confort d'été et à la manière de se rafraîchir.<sup>3</sup>

- La primauté au confort : elle priorise le besoin de s'affranchir des aléas climatiques, avec un niveau de bien-être constant chez soi, grâce à la technique comme solution simple et efficace. Le climatiseur s'impose comme outil principal de régulation permanente de l'air ambiant, apportant fraîcheur en été et chaleur en hiver, pour un coût financier jugé acceptable.

- La conscience écologique : elle met en avant l'idéal d'un « confort durable », éthique, qui ne porte pas atteinte à l'environnement, par ses choix énergétiques et ses modes de vie. La solution ne passe pas par la technique, mais par l'adoption de pratiques sociales et gestes quotidiens, bien que moins efficaces (fermer ses volets le jour, les ouvrir la nuit, s'hydrater abondamment...).

- La nécessité sanitaire : les personnes fragiles particulièrement sensibles à la chaleur, notamment les personnes âgées et les malades, vont rechercher impérativement à se protéger de la chaleur. Les logements mal isolés et particulièrement exposés à la chaleur (en appartement, notamment avec une orientation plein sud ou sous les toits par exemple) ne pourront se contenter d'une climatisation naturelle en cas de canicule, justifiant le recours aux systèmes techniques de climatisation.

- L'inutilité ou le refus de s'équiper : un logement bien isolé et bien orienté subira moins fortement les fortes chaleurs. De même, les personnes les plus éloignées de la technique ne souhaiteront pas s'équiper. Certaines personnes n'apprécient pas la qualité de l'air climatisé, pulsé et trop sec ou les nuisances générées par l'appareil (mauvaises odeurs, bruit, nuisance visuelle). D'autres considèrent la climatisation comme un gadget ou un luxe dont on peut se passer. Enfin, et surtout, un grand nombre n'a pas les moyens d'investir dans un climatiseur ou privilégie d'autres dépenses.

*Le baromètre des fortes chaleurs de la Métropole de Lyon a permis de préciser les raisons pour lesquelles les ménages n'envisagent pas de s'équiper en climatisation : le fait que ce ne soit pas écologique (13%), le coût élevé (11%), le statut de locataire (8%), le fait que ce soit mauvais pour la santé (1%).<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Source : Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, RTE, 2021.

<sup>2</sup> Source : Usage de la climatisation en Midi-Pyrénées et en France, BASLEY Christophe, Août 2010, enquête auprès d'un panel d'habitants.

<sup>3</sup> Source : Usage de la climatisation en Midi-Pyrénées et en France, BASLEY Christophe, Août 2010, enquête auprès d'un panel d'habitants).

<sup>4</sup> Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020



### Typologie de logements équipés : appartements et logements récents

En France, les maisons individuelles sont plus équipées en systèmes de climatisation (tous systèmes : mobile ou PAC) que les logements collectifs.

Néanmoins, il convient de noter que les logements collectifs sont proportionnellement plus équipés en climatisation mobile que les maisons individuelles, en lien avec la difficulté d'intégration architecturale de la PAC (pompe à chaleur) air/air et la proportion plus grande de locataires en logements collectifs.<sup>1</sup>

## 3 logements sur 5 environ sont des maisons individuelles, sur la métropole de Lyon.

(32 logements sur 51 d'après le baromètre 2020) équipés en climatisation (tous systèmes).

Parmi les ménages équipés de la Métropole de Lyon, sur l'ensemble des logements (maisons et appartements),

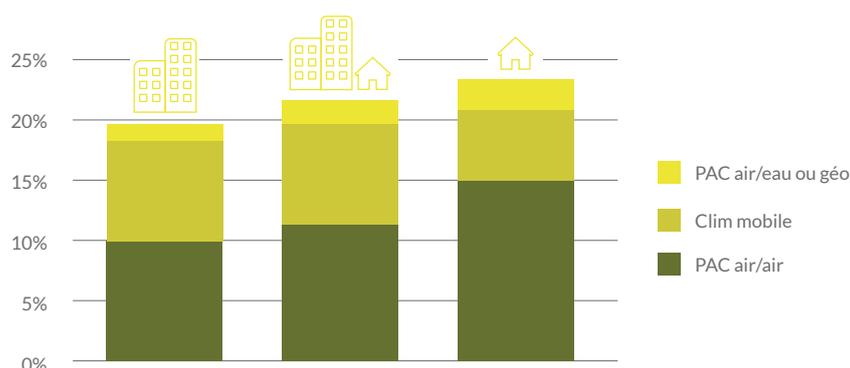
## 1 sur 5 est équipé en climatisation mobile

(soit 19 sur 51).<sup>2</sup>

Les logements chauffés aux systèmes traditionnels (radiateurs électriques, chaudières gaz...) sont, logiquement, plus équipés proportionnellement et en effectif en climatisation mobile que les logements équipés en systèmes de chauffage réversibles (type pompes à chaleur) : environ 15% des logements non chauffés par des PAC air/air sont équipés de climatisation.

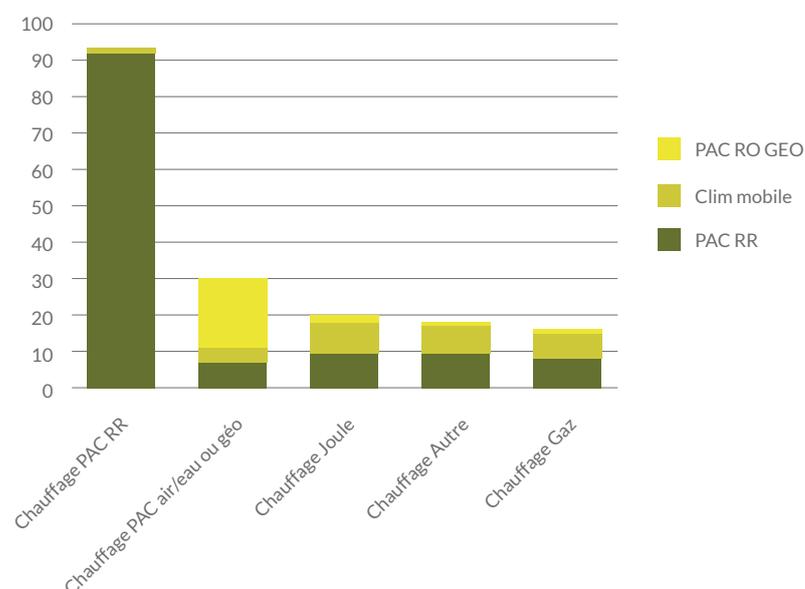
### Taux d'équipement en climatisation selon le type de logement et le type de système

Source : Étude CONSER 3 ©EDF R&D 2020.



### Taux de climatisation en fonction du système de chauffage principal (2019)

Source : Étude CONSER 3 ©EDF R&D 2020.



<sup>1</sup> Source : Étude Conser 3, enquête auprès de 4 000 ménages, EDF Recherche & Développement, 2020).

<sup>2</sup> Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020).

La climatisation est très présente dans les logements récents :

## 20 à 25%

**de logements ayant moins de six ans sont climatisés en France.<sup>1</sup>**

Néanmoins, cette installation ne se fait pas lors de la construction (seulement 1% des logements construits est climatisé), mais après investissement des lieux par les habitants. En d'autres termes, les logements neufs sont très rapidement jugés inconfortables lorsqu'il fait chaud, ou en inter-saison, du fait de l'effet « thermos », comme le souligne Laurent GRIGNON-MASSÉ, Responsable Pôle Expertise, EDF, poussant les habitants à s'équiper en climatisation.

*L'effet « thermos » désigne le phénomène où la chaleur reste à l'intérieur du fait de l'inertie des matériaux qui retiennent la chaleur, mais qui l'été n'arrivent pas à l'éliminer par manque de ventilation naturelle, et la renvoient à l'intérieur du logement. L'inertie thermique correspond à la vitesse à laquelle les matériaux d'isolation réagissent aux perturbations extérieures de température.*

En effet, la Réglementation thermique (RT 2012) est insuffisamment prescriptive sur le volet confort d'été (pas d'obligation de solutions passives et de solutions thermodynamiques). L'installation de systèmes de climatisation après livraison fait grimper les consommations d'énergie des bâtiments neufs, qui deviennent nettement plus énergivores que ne le prévoyait le calcul réglementaire.

*La future Réglementation environnementale (RE 2020) prévoit d'améliorer le confort d'été dans la construction neuve. La version initiale de la RE 2020 prévoyait d'intégrer une méthode de calcul de « climatisation fictive » après livraison pour estimer les risques d'augmentation des consommations énergétiques (source : Pascal POGGI, « RE 2020 : comprendre la notion de « climatisation fictive », Batirama, mai 2020). Néanmoins ce volet a été abandonné pour favoriser les solutions bioclimatiques dans la conception. Un indicateur des « Degrés heures d'inconfort » a été introduit pour évaluer la durée et l'intensité des périodes d'inconfort dans le bâtiment (voir présentation en introduction).*

Nous pouvons noter que les logements récents (construits après 2000), équipés en pompe à chaleur, sont principalement équipés en PAC air/eau (60% des climatisations PAC air/eau GEO sont installés dans des logements construits après 2000 contre moins de la moitié pour les PAC air/air), qui produisent du rafraîchissement plutôt que du froid (PAC air/air).

## Typologie de ménages équipés : actifs contre inactifs

La climatisation n'est pas réservée aux personnes les plus aisées, et touche toutes les catégories socio-professionnelles. Ainsi, sur la zone climatique H1c<sup>2</sup>, la part de Catégories socio-professionnelles (CSP) + (agriculteurs exploitants, artisans, commerçants, chefs entreprise, cadres et professions intellectuelles supérieures, professions intermédiaires) et CSP- (employés, ouvriers) équipée est à peu près équivalente :

**8,4% des CSP+**

**7,3% des CSP-<sup>3</sup>**

Par ailleurs, les actifs sont nettement plus équipés en climatisation mobile que les inactifs (chômeur ayant déjà travaillé, à la recherche d'un premier emploi, élève, étudiant, femme ou homme au foyer, retraité, préretraité) :

**3,1%**

**des inactifs sont équipés en climatisation mobile.<sup>4</sup>**

En effet, les inactifs disposent plutôt d'un équipement fixe (pompes à chaleur) qui présente l'avantage d'être réversible (chauffage en hiver et climatisation l'été) : 12,2% (contre respectivement 11,2 et 11,4% pour les CSP+ et CSP-).

## Équipement des ménages en climatisation en zone H1c (en %)

Source : EDF, 2020

	CSP+	CSP-	Inactifs	Total
<b>PAC AIR/AIR</b>	11,2	11,4	12,2	11,6
<b>PAC AIR/EAU/GEO</b>	2,9	2,3	1,1	2,0
<b>CLIM MOBILE</b>	8,4	7,3	3,1	6,0

<sup>1</sup> Source : Étude EDF R&D, auprès de 643 ménages en zone H1c, selon la CSP et le type de logement, 2020.

<sup>2</sup> Zone recouvrant les départements de l'Ain, Allier, Hautes-Alpes, Cantal, Corrèze, Côte-d'Or, Creuse, Doubs, Isère, Jura, Loire, Haute-Loire, Puy-de-Dôme, Rhône, Saône-et-Loire, Savoie, Haute-Savoie, Haute-Vienne.

<sup>3</sup> Source : Étude EDF R&D, auprès de 643 ménages en zone H1c, selon la CSP et le type de logement, 2020.

<sup>4</sup> Source : Étude EDF R&D, auprès de 643 ménages en zone H1c, selon la CSP et le type de logement, 2020.



## Les retours sur l'équipement : des usagers très satisfaits par la climatisation

Une enquête datant de 2010 révèle une satisfaction globale des usagers de la climatisation, en faisant état d'avantages techniques (simplicité d'utilisation, fiabilité, réactivité et modularité) et habitacionnels (supplément de confort lors des vagues de chaleur), pour un coût acceptable.<sup>1</sup>

Sur le volet technique, il s'agit d'un système pratique et efficace : la montée ou la descente en température est rapide. Il est possible de maintenir une température constante et, en cas de système multi splits, la modularité des systèmes permet une souplesse d'utilisation, pour rafraîchir ou chauffer les pièces selon les besoins. Les contraintes de certains climatiseurs mobiles (encombrement, tuyau d'évacuation) sont minorées au regard du service rendu. Globalement les charges d'énergie restent stables l'été. Quand les habitants estiment un surcoût de la consommation d'énergie, il est jugé relativement minime et acceptable, voire compensé par les économies de chauffage en hiver lorsqu'on dispose d'un système convertible. Ceux qui, par des utilisations plus intensives, ont vu leur facture augmenter fortement, y voient le prix à payer pour un meilleur confort et y consentent volontiers. Personne parmi les enquêtés n'a renoncé à l'usage de son équipement pour des raisons de coûts de fonctionnement trop élevé.

Sur les conditions d'habitation, le confort d'été est jusque là inégalé par l'utilisation de pratiques ou d'équipements d'un autre type. Pour les personnes les plus sensibles à la chaleur, l'équipement a un effet préventif rassurant.

Malgré quelques inconvénients (le bruit notamment), le niveau de satisfaction est très fort, ce qui favorise le choix de s'équiper.

Néanmoins, bien que satisfaits de cet équipement, de nombreux équipés parmi les ménages interrogés concèdent que cet équipement ne fait pas partie des biens qu'ils considèrent comme nécessaires et essentiels à leur mode de vie. En d'autres termes, il s'agit d'un équipement présentant de nombreux avantages, mais qui relève de l'agrément pour améliorer le confort d'été.

Cette enquête nécessiterait d'être renouvelée afin d'étudier si face à la récurrence des canicules, cet équipement serait devenu aujourd'hui « essentiel » et « nécessaire » pour les usagers.

<sup>1</sup> Source : Usage de la climatisation en Midi-Pyrénées et en France, BASLEY Christophe, Août 2010, enquête auprès d'un panel d'habitants.





## II – LES IMPACTS ET NUISANCES PROVOQUÉS PAR LA CLIMATISATION



# Des impacts environnementaux

## Informations

Des impacts connus par tout-es  
L'impact environnemental de la climatisation est bien connu et reconnu, même auprès des habitants :

# 88 %

des habitants de la Métropole de Lyon sont convaincus que la climatisation est mauvaise pour l'environnement<sup>1</sup>, les données le confirment.

## Des systèmes énergivores et générateurs de gaz à effet de serre

La climatisation impacte fortement les consommations énergétiques, et donc les émissions de gaz à effet de serre.

# 60%

**des appareils mobiles de climatisation sont au minimum de classe A**, contre 70% des pompes à chaleur air/air.<sup>2</sup> (s) Néanmoins, il s'agit de systèmes qui nécessitent d'ouvrir une fenêtre pour l'évacuation de l'air, ce qui conduit à faire entrer de la chaleur et augmenter l'énergie nécessaire pour rafraîchir le local. En outre, l'étiquetage actuellement en vigueur repose sur des tests de performances différenciés entre climatiseurs mobiles et fixes : à classe identique, un système mobile sera bien moins efficace qu'un système fixe.

Les climatiseurs individuels monoblocs présentent des niveaux de consommation énergétiques importants et sont peu performants. Le split, bien que plus économe en énergie, demeure peu performant également. Les climatisations mobiles sont les plus énergivores, avec des taux de consommations énergétiques presque

# 3,5x

**plus élevés que les pompes à chaleur air/eau**, pour un service rendu moindre (surface climatisée plus petite) : entre 800 et 900 kWh/an pour la climatisation mobile (sur 77 jours d'usage, soit environ 11 kWh consommés chaque jour d'utilisation) contre 400 à 500 kWh/an pour les PAC air/eau (sur 135 jours d'usage, soit environ 3,3 kWh consommés chaque jour d'utilisation).

## Des usages accentuant les consommations d'énergie

Plus la température réglée est basse, plus les consommations sont élevées. En 2004, on estimait qu'un abaissement de 1 degré augmentait de 20 à 25% la consommation d'énergie liée à la climatisation.<sup>3</sup>

En 2020, l'Ademe affirme sur son site que si l'on augmente cette température de 1°C (par exemple en passant de 25°C au lieu de 26°C), on réduit de

# 5 à 10%

**la consommation annuelle de l'équipement.**

*L'Ademe conseille de régler la climatisation au maximum à 7°C sous la température extérieure, afin de limiter les consommations énergétiques ainsi que les chocs thermiques.*<sup>4</sup>

EDF R&D a étudié<sup>5</sup> l'impact énergétique des climatisations mobiles par rapport aux usages : le temps d'usage par jour des climatisations mobiles est similaire aux systèmes de climatisations fixes, générant des consommations énergétiques très importantes : ainsi, en moyenne, la climatisation mobile est utilisée 471 minutes par jour, contre 460 minutes pour les PAC air/eau et 620 minutes pour les PAC air/air. Cependant, les climatisations mobiles sont utilisées en moyenne moins de jours dans l'année que les PAC : 77 jours d'utilisation pour les climatisations mobiles, contre respectivement 135 jours et 110 jours par pour les PAC air/eau et les PAC air/air.

Il convient de noter que les différents systèmes de pompe à chaleur ne sont pas utilisés de la même manière : la PAC air/air est utilisée de manière plus intensive par ses possesseurs, qui l'utilisent dans une « logique climatisation »<sup>6</sup>, pour sa capacité à produire du froid, alors que la PAC air/ eau produit plutôt un rafraîchissement.

Elles sont utilisées plus longtemps tous les jours mais également sur l'année : en effet, les PAC air/air sont utilisées dès les premières journées chaudes de l'année, alors que les PAC air/eau sont généralement mises en veille pendant l'inter-saison.

<sup>1</sup> Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020.

<sup>2</sup> Source : Etude Conser 3, enquête auprès de 4 000 ménages, EDF Recherche & Développement, 2020.

<sup>3</sup> Source : Impacts sanitaires des installations de climatisation, Agence française de sécurité sanitaire environnementale et Centre scientifique et technique du bâtiment, 2004.

<sup>4</sup> Source : Chaud dehors, froid dedans, garder son logement frais en été, Ademe, 2020.

<sup>5</sup> Source : Etude Conser 3, enquête auprès de 4 000 ménages, EDF Recherche & Développement, 2020.

<sup>6</sup> Source : Laurent GRIGNON-MASSÉ, Responsable Pôle Expertise, EDF.



Il convient de noter cependant, que sur une année entière, l'énergie totale consommée par la climatisation pendant les vagues de chaleur n'est pas extrêmement élevée, car la durée totale des vagues de chaleur ne représente que quelques semaines par an. Néanmoins, le risque est que les ménages équipés utilisent la climatisation en-dehors des jours de vague de chaleur.<sup>1</sup>

Enfin, du fait que l'on s'équipe plus dans les maisons individuelles, la surface moyenne climatisée est en moyenne plus grande qu'en appartement, engendrant ainsi des consommations énergétiques d'autant plus importantes.

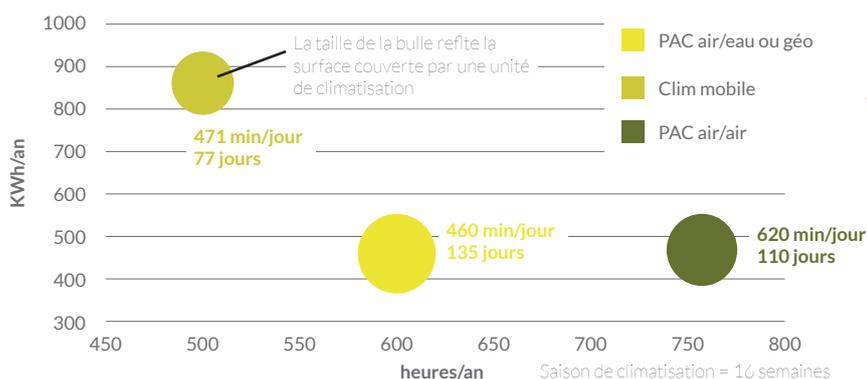
### Des pointes énergétiques très légères en été par rapport à l'hiver

À ce jour, l'appel de puissance énergétique en été, potentiellement lié aux climatisations, n'est pas comparable à celui de l'hiver, lié au chauffage. L'appel de puissance moyen entre juillet et août est bien inférieur à celui du chauffage entre novembre et février, comme on peut le constater sur les schémas suivants (évolution mensuelle des consommations d'énergie). Ainsi, les pointes estivales sont légèrement visibles autour du mois de juillet sur la région Auvergne-Rhône-Alpes et la Métropole de Lyon, mais selon Vincent BRIAT, responsable des affaires RTE en région Auvergne-Rhône-Alpes, elles « ne remettent pas en question la sécurité du réseau ». Les données suivantes présentent l'ensemble des consommations d'énergie tout usage confondu, sur chaque mois de l'année.

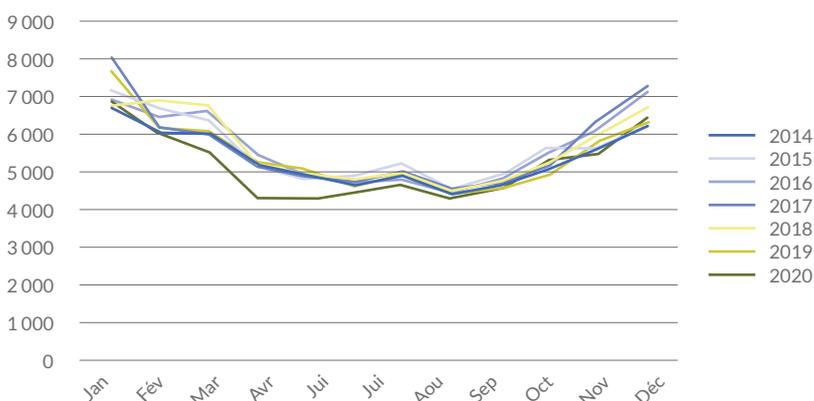
Néanmoins, Vincent BRIAT, responsable des affaires RTE en région Auvergne-Rhône-Alpes affirme que RTE se préoccupe à long terme de la gestion de l'équilibre offre-demande sur le réseau tout au long de l'année, en anticipant l'évolution du mix énergétique et les éventuelles tensions sur les centrales nucléaires l'été (nécessité de stopper certains réacteurs pour préserver la fraîcheur de l'eau servant au refroidissement des centrales).<sup>2</sup>

### Estimation des consommations unitaires de climatisation

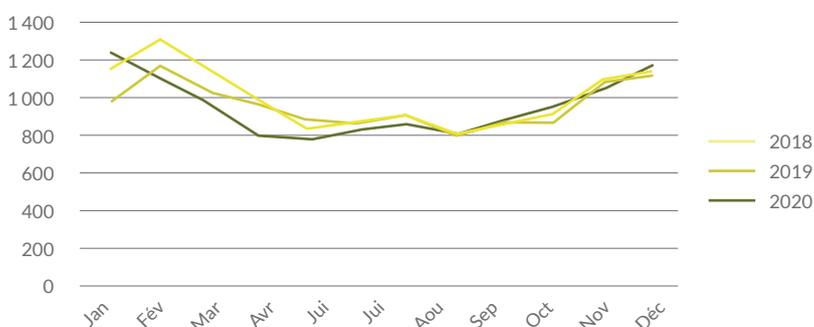
Source : Étude CONSER 3 ©EDF R&D 2020.



### Évolution mensuelle des consommations d'énergie sur la région AURA entre 2014 et 2020 (moyennes mensuelles en MW)



### Évolution mensuelle des consommations d'énergie sur la métropole de Lyon entre 2018 et 2020 (moyennes mensuelles en MW)



<sup>1</sup> Source : : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15, number 7), Vincent VIGUIE, Aude LEMONSU, Stéphane HALLEGATTE, Anne-Lise BEAULANT, Colette MARCHADIER, Valéry MASSON, Grégoire PIGEON and Jean-Luc SALAGNAC - Juillet 2020.

<sup>2</sup> Source : Canicule : EDF doit mettre à l'arrêt deux réacteurs nucléaires, Nabil WAKIM, Le Monde, 2019.

## Informations

La directive Ecoconception 2009/125/CE définit les exigences minimales d'efficacité des produits liés à l'énergie, tels que les chauffe-eau, pompes à chaleur, chaudières, chauffe-eaux solaires, émetteurs de chauffage et émetteurs de chauffage pour salle de bain ; la directive étiquetage énergétique 2010/30/UE impose une classification obligatoire de chaque produit en termes de consommation d'énergie, de niveau sonore et d'autres informations spécifiques aux produits.

Pour mesurer l'impact environnemental, on utilise une grandeur appelée Pouvoir de réchauffement global (PRG) ou « Global warming potential » (GWP). Son unité de mesure est la masse équivalente CO<sub>2</sub> (quantité de CO<sub>2</sub> qui aurait le même impact de réchauffement que 1 kg de ce fluide émis dans l'atmosphère).

Ainsi, les PRG des principaux fluides frigorigènes utilisés dans la climatisation sont les suivants :

- 1 kg de HFC R134a = 1 300 kg de CO<sub>2</sub>
- (R 12 : 10 200 ;
- R 404A : 3 943 ;
- R 410A : 1 924 ;
- R 22 : 1 760 ;
- R134a : 1 300).

À titre de comparaison : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : 1 ; méthane (CH<sub>4</sub>) : 28 ; oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) : 265 ; hydrofluorocarbures (HFC, famille de gaz) : 4 à 12 400 ; hydrocarbures perfluorés (PFC, famille de gaz) : 6 630 à 11 100 ; hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) : 23 500.

## Un rejet d'air chaud dans la rue et dans la ville

Les climatisations avec évacuation extérieure génèrent d'importants rejets de chaleur, qui ont un double impact :

- ils augmentent l'air extérieur de la rue ;
- et indirectement ils contribuent à accentuer l'effet d'îlot de chaleur (à l'échelle de la ville). La variation de la température de l'air dans la rue liée à la climatisation augmenterait légèrement plus la nuit que le jour.<sup>1</sup>

Plusieurs études révèlent l'impact sur les températures dans la rue. Ainsi, une étude a démontré que la climatisation augmente d'environ 20 minutes par jour la durée passée dans des conditions de stress thermique élevé dans les rues ».<sup>2</sup>

Une simulation de chaleur extrême dans la ville de Phoenix aux Etats-Unis a montré que la climatisation serait responsable d'une hausse de la température de 2°C la nuit. La température moyenne augmente de plus de 1°C la journée (à 2 mètres des systèmes de climatisation) pour certaines zones urbaines et entre 0,5 et 0,75°C pour la plupart des zones.<sup>3</sup>

Des chercheurs du CNRS et de Météo France ont réalisé des modélisations de plusieurs scénarios de climatisation en ville : en simulant les rejets thermiques actuels, la température de la rue augmenterait de

**0,5°C.**

Si la chaleur émise par les climatiseurs venait à être doublée, l'augmentation de la température serait de

**2°C.**<sup>4</sup>

Des travaux plus récents ont permis de mettre en évidence un réchauffement local de

**1°C des atmosphères urbaines** dans

les villes chaudes/sèches dû à l'utilisation de la climatisation la nuit.<sup>5</sup>

Néanmoins, si la vague de chaleur persiste dans le temps, les variations de température explosent : cette même étude démontre qu'en raison du dégagement de chaleur lié à la climatisation, après 9 jours d'une vague de chaleur similaire à celle de 2003 (HW38), la température de l'air a augmenté jusqu'à :

**2,4°C.**<sup>6</sup>

Après 9 jours du type de canicule le plus intense (indice de chaleur HW46, combinant humidité et température), la température de l'air a augmenté jusqu'à :

**3,6 °C.**<sup>7</sup>

En outre, la climatisation accentue l'effet de l'îlot de chaleur urbain (impact plus important dans les centres urbains qu'en périphérie), phénomène qui s'étudie à l'échelle de la ville.

Les *Ilots de chaleur urbains (ICU)* désignent la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes, qui est la conséquence des apports de chaleur naturels et anthropiques et des conditions climatiques et météorologiques.

Une étude modélise l'amplitude de l'ICU entre le centre et la périphérie à Paris, selon les usages de la climatisation : + 3,75°C (sans climatisation)/+ 4,5°C (avec rejet sensible de tous les bâtiments dans l'air)/+ 5,5°C (rejets multipliés par 2).<sup>8</sup>

## Des performances énergétiques à réévaluer

Les équipements de climatisation sont soumis à des normes européennes pour l'efficacité énergétique, avec l'obligation d'étiqueter leur performance énergétique (note de A à G).

Cet enjeu a été identifié par les experts et va faire l'objet d'arbitrages en 2021 à l'échelle européenne. L'amélioration de l'efficacité énergétique des appareils utilisés pour la climatisation permettrait de compenser partiellement l'augmentation des ménages équipés.

*Philippe RIVIERE (MINES ParisTech, ingénieur ENSTA et docteur en énergétique) intervient en 2021 auprès de la Commission européenne pour faire évoluer la réglementation des équipements de climatisation mobile, avec l'objectif d'harmoniser les tests de performance énergétiques entre les différents appareils de climatisation.*

## Les fluides frigorigènes polluants progressivement interdits

L'Ademe explique que les climatisations contiennent des fluides frigorigènes pour leur fonctionnement, dont leurs fuites peuvent être particulièrement nocives pour l'environnement et pour l'Homme (notamment lors de leur manipulation pour maintenance et entretien), en lien avec leur fort pouvoir de réchauffement global (RPG - cf. « informations ») :

**environ 700 fois + réchauffant que le CO<sub>2</sub>.**<sup>9</sup>

Les émissions globales dues aux fuites de fluides frigorigènes (tous fluides y compris CFC et HCFC) sont estimées en France à 18,4 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>, soit près de

**4%**

**des émissions totales du pays.**<sup>10</sup>

Le protocole de Montréal en 1987 a interdit les fluides ChloroFluoroCarbures (CFC) et HydroChloroFluoroCarbures (HCFC). Depuis 2015, les HydroFluoroCarbures (HFC) ont été interdits.

Aujourd'hui, les systèmes de climatisation disposent de nouveaux types de gaz réfrigérants plus respectueux de l'environnement, à très faible PRG ou n'utilisant pas de tels gaz. Néanmoins, l'enjeu demeure fort pour tous les logements équipés avec des systèmes antérieurs aux nouvelles réglementations. Les industriels ont également l'obligation de dépolluer les appareils avant de les jeter.



# Des impacts sanitaires

## Un équipement efficace pour réduire le stress thermique

Les vagues de chaleur causent du stress thermique (accumulation de chaleur dans l'organisme qui l'empêche de maintenir une température corporelle normale) sur les habitants, avec des degrés de symptômes plus ou moins graves (crampes, déshydratation, maux de tête, nausées, étourdissements, évanouissement), jusqu'au coup de chaleur (confusion, perte de conscience, convulsions...) qui peut être fatal.

Face à cela, la climatisation est un outil particulièrement efficace pour réduire l'impact des vagues de chaleur sur le confort et la santé. Il a été évalué que le stress thermique causé par les vagues de chaleurs est statistiquement observé, en général, au-delà de

## 26 °C

(conditions de stress thermique moyen),

et devient nettement plus prononcé au-delà de

## 32°C

(conditions de stress thermique élevé).<sup>11</sup>

Pour autant, comme évoqué précédemment, les rejets de chaleur liés à la climatisation peuvent impacter la santé des personnes, notamment les plus vulnérables ou celles qui travaillent à l'extérieur.

## De multiples pathologies développées dans les bâtiments climatisés

L'impact de la climatisation sur la santé a été étudié dès les années 1970 en décrivant les Syndromes des bâtiments malsains (SBM) et les « Building related illness » (BAI) qui seraient en partie liés à la climatisation dans les bâtiments et immeubles de bureau climatisés. Les symptômes liés au SBM (fatigue, irritation muqueuse, céphalées, gêne respiratoire, nausée, éternuements, étourdissements, etc.) seraient plus

fréquents en milieu climatisé qu'en immeuble ventilé naturellement.<sup>12</sup> Les mal-façons des systèmes de climatisation peuvent encore aujourd'hui causer des SBM.

Il existe néanmoins des éléments favorisant les SBM tels que, entre autres, la conception et l'entretien du système de climatisation, afin de limiter la prolifération de bactéries et champignons. En logement individuel, la climatisation peut également générer des problèmes comme la moisissure si le système n'est pas bien entretenu. Le respect de règles simples, de bon sens et d'hygiène (installation de systèmes de ventilation, nettoyage des systèmes de ventilation, privilégier les humidificateurs à vapeur, inoxydables, ...), permet de minimiser l'expression de ce syndrome et donc son impact sanitaire.

Il convient de noter que les climatiseurs individuels, sans maîtrise de l'hygrométrie (idéalement 30 à 60%)<sup>13</sup>, peuvent impacter la santé en desséchant les muqueuses et en limitant l'évapotranspiration nécessaire à la régulation thermique.

## L'organisme ne supporte pas le « chaud-froid »

La climatisation conduit souvent à des forts changements de température avec l'extérieur, avec des passages du chaud au froid très rapidement. Or, les variations de température ont pour effet de désorienter l'organisme et faire réagir les organes pour se défendre : lorsqu'il fait chaud, les muqueuses sont dilatées pour expulser l'excédent de chaleur, quand il fait froid, les vaisseaux se contractent pour conserver la chaleur. La chaleur est propice au développement des microbes, et le « chaud-froid » va entraîner une irritation et une inflammation des muqueuses, provoquant des rhinites, des angines, voire des maladies respiratoires.

L'Ademe conseille que la pièce soit à une température de

## 26°C

au plus bas et qu'il n'y ait pas plus de

## 5 à 7°C

de différence entre intérieur et extérieur.<sup>14</sup>

<sup>1</sup> Source : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15, number 7), Vincent VIGUIE, Aude LEMONSU, Stéphane HALLEGATTE, Anne-Lise BEAULANT, Colette MARCHADIER, Valéry MASSON, Grégoire PIGEON and Jean-Luc SALAGNAC - Juillet 2020.

<sup>2</sup> Source : How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France ? - Royal Meteorological Society, Cécile DE MUNCK, Grégoire PIGEON, Valéry MASSON, Francis MEUNIER, Pierre BOUSQUET, Brice TREMEAC, Michèle MERCHAT, Pierre POEUF, COLETTE MARCHADIER - janvier 2012.

<sup>3</sup> Source : Stan Cox, « Cooling a warming planet : a global air conditioning surge », Yale Environment 360, juillet 2012.

<sup>4</sup> Source : How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France ? - Royal Meteorological Society, CECILE DE MUNCK, Grégoire PIGEON, Valéry MASSON, Francis MEUNIER, Pierre BOUSQUET, Brice TREMEAC, Michèle MERCHAT, Pierre POEUF, colette MARCHADIER - janvier 2012.

<sup>5</sup> Source : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15 number 7), Vincent VIGUIE, Aude LEMONSU, Stéphane HALLEGATTE, Anne-Lise BEAULANT, Colette MARCHADIER, Valéry MASSON, Grégoire PIGEON and Jean-Luc SALAGNAC - Juillet 2020.

<sup>6</sup> Source : idem

<sup>7</sup> Source : idem

<sup>8</sup> Source : Projet CLIM<sup>2</sup> Climat urbain et climatisation - Influence of air conditioning management on heat island in Paris air street temperatures - CNRS, Météo France, CECILE DE MUNCK, Grégoire PIGEON, Valéry MASSON, Francis MEUNIER, Pierre BOUSQUET, Brice TREMEAC, Michèle MERCHAT, Pierre POEUF, Colette MARCHADIER - septembre 2012.

<sup>9</sup> Source : Rafrâchir son intérieur sans nuire à la planète, France 5, Vincent Viguié, 2021

<sup>10</sup> Source : La lettre recherche, Ademe, Mars 2018.

<sup>11</sup> Source : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15, number 7), Vincent Viguié, Aude Lemonsu, Stéphane Hallegatte, Anne-Lise Beaulant, Colette Marchadier, Valéry Masson, Grégoire Pigeon and Jean-Luc Salagnac - Juillet 2020.

<sup>12</sup> Source : Sick building syndrome of 4 373 office workers - BURGE S., HEDGE A., WILSON S., BASS J.H., ROBERTSON A. - 1987.

<sup>13</sup> Source : Améliorer le confort d'été dans les établissements pour personnes âgées et handicapées, Ademe, 2009.

<sup>14</sup> Source : Chaud dehors, froid dedans, garder son logement frais en été, Ademe, 2020.

# Des impacts sociaux et économiques

## Information

Le baromètre des fortes chaleurs de la Métropole de Lyon met en évidence les différents degrés de préoccupation des habitants par rapport au phénomène de forte chaleur à travers un diagramme qui croise différents critères socio-économiques et territoriaux, liés au vécu des habitants : lieu de résidence (CTM), type d'habitat et revenus du ménage (voir diagramme ci-dessous).

## L'appréhension des chaleurs corrélées au statut socio-économique

Le baromètre métropolitain des fortes chaleurs met en avant que

**66%**  
**des habitants**

sont inquiets du phénomène des fortes chaleurs et de son impact sur leurs conditions de vie. 86% estiment qu'il sera de plus en plus difficile de vivre dans leur commune dans les prochaines années. A la question « Pensez-vous qu'à cause des périodes de très fortes chaleurs il sera dans les prochaines années de plus en plus difficile à vivre ? », 58% ont répondu « oui certainement », tandis que seulement 3% ont répondu « certainement non ».

Le baromètre révèle également que tous les habitants n'appréhendent pas avec le même degré d'inquiétude ce phénomène. Ainsi, lorsqu'on croise leur réponse avec des critères socio-économiques, on constate que cette appréhension est plus importante notamment lorsque les revenus sont faibles et que le ménage vit en appartement. Le clivage est ainsi corrélé à l'existence d'inégalités sociales et territoriales :

Ainsi, les habitants des Conférences territoriales des maires (CTM) à l'Ouest de Lyon « vivent bien » le phénomène de forte chaleur, celles à l'est et au sud de Lyon le « vivent » plutôt « mal ». Les habitants de la CTM Plateau Nord estiment vivre bien et ne sont pas inquiets des phénomènes de chaleur.

Les personnes en appartement « vivent » plutôt « mal » le phénomène de forte chaleur, contrairement à celles qui habitent en maison.

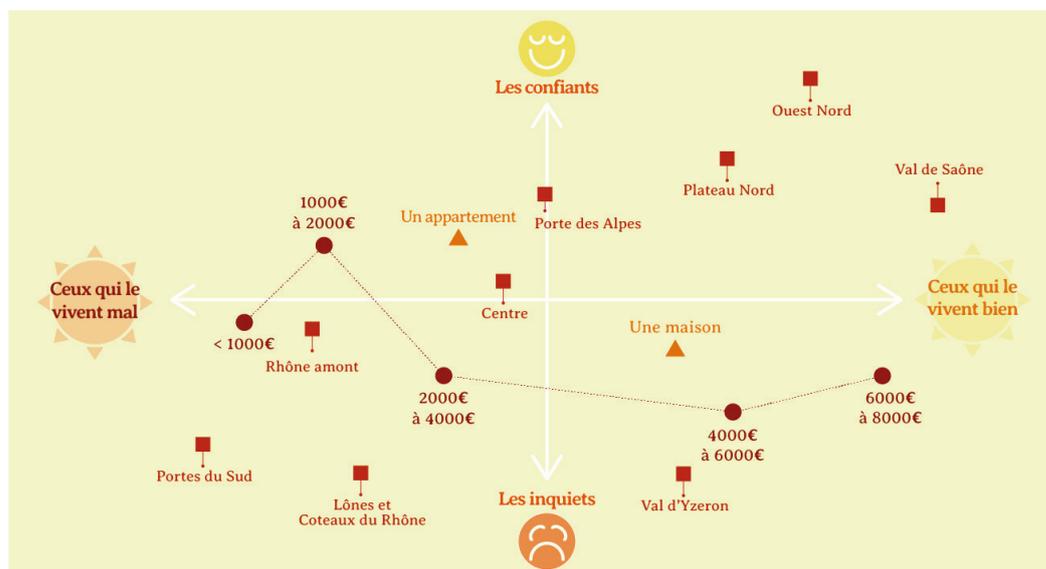
Les ménages aux plus faibles revenus (moins de 1 000 euros par mois) « vivent mal » le phénomène de forte chaleur, à l'inverse les ménages aux plus hauts revenus (plus de 4 000 euros par mois) qui le « vivent bien ».



Source : extrait film « Comment faites-vous avec la chaleur », Métropole de Lyon, 2020

## Baromètre des fortes chaleurs de la Métropole de Lyon

Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, 2020





## La climatisation exacerbe les inégalités et la vulnérabilité des personnes

Les personnes aux faibles revenus qui s'équipent en climatisation mobile peuvent voir leur vulnérabilité économique exacerbée puisqu'il s'agit d'un appareil très énergivore.

À l'inverse, parmi ces personnes, ceux qui ne s'équipent pas (notamment en raison du coût de l'équipement) peuvent voir leur vulnérabilité sanitaire s'exacerber, notamment en subissant plus fortement les symptômes de stress thermique, dont les conséquences, comme évoqué plus haut, peuvent être fatales. Au vu de l'augmentation à prévoir des vagues de chaleur, le cinquième rapport du GIEC affirme : « Bien qu'il s'agisse d'une solution efficace pour les ménages qui en ont les moyens, la climatisation individuelle aggrave la situation des ménages qui ne peuvent ou ne veulent pas l'adopter ».<sup>1</sup>

Certaines personnes sont surexposées à la chaleur et sont donc plus vulnérables<sup>2</sup> :

- Les personnes vivant en milieu urbain et/ou en logements mal isolés thermiquement

*À noter : L'exposition à un épisode de pollution de l'air ambiant aggrave la situation.*

- Les professionnels travaillant à l'extérieur (ex. : maçons, couvreurs) exposés à la chaleur et les sportifs

- Les sportifs sont également vulnérables en raison des efforts physiques intenses qu'ils ont à fournir.

- Les personnes en situation de précarité, sans domicile ou en situation d'isolement, notamment s'ils ne peuvent accéder à aucun endroit frais ou climatisé.

## Les individus n'ont pas tous la même résistance à la chaleur

Tous les individus ne sont pas égaux face aux impacts des fortes chaleurs. Ainsi, par exemple, les femmes sont plus sensibles à la chaleur que les hommes, (tolérance thermique différente de 2 degrés avec les hommes).<sup>3</sup>

Depuis la canicule 2003, les Plans Canicules doivent identifier les personnes vulnérables d'un point de vue sanitaire et doivent faire l'objet d'un recensement par la mairie, afin de permettre une intervention ciblée des services sanitaires et sociaux en cas de canicule<sup>4</sup> :

- Femmes enceintes et nourrissons : par exemple les bébés évacuent 25% de l'eau de leur organisme contre 6% chez un adulte.

- Personnes âgées (plus de 65 ans) : en effet, elles perçoivent moins bien la chaleur et leur sensation de soif est atténuée, et leur capacité à transpirer diminue également.

- Personnes handicapées,

- Personnes isolées (familialement, géographiquement ou affectivement) ou fragiles (difficultés d'ordre sensoriel ou moteur)

- Personnes à risque (pathologies) : maladies chroniques, obésité, dénutrition, troubles mentaux, ...

*Certains traitements médicamenteux peuvent majorer les effets de canicule : aspirine, diurétiques, neuroleptiques, antimigraineux.*

<sup>1</sup> Source : Rapport sur les changements climatiques et leurs évolutions futurs, GIEC, 2014.

<sup>2</sup> Source : Ministère des solidarités et de la santé.

<sup>3</sup> Source : Impacts sanitaires des installations de climatisation, AFSSE, 2004

<sup>4</sup> Source : Ministère des solidarités et de la santé.





### III – LES ALTERNATIVES À LA CLIMATISATION

# Des bâtiments bioclimatiques conçus pour garder la fraîcheur

## Information

Afin de garantir un confort d'été aux habitants dans le logement, il convient d'agir sur les deux volets :

- Réduire le besoin en équipements de froid, avec des solutions passives, notamment la conception en amont de bâtiments conçus pour garder la fraîcheur : en la matière, l'architecture bioclimatique constitue une solution clé qui concilie conception respectueuse de l'environnement et confort des habitants.
- Mettre en œuvre des solutions techniques performantes, à bas coût environnemental (équipements et installations), lorsque cela ne suffit pas (par exemple dans les bâtiments accueillant des personnes vulnérables ou dans les régions du sud).

## Favoriser la ventilation naturelle

- Une implantation et une insertion globale du bâti adaptées

Diversifier les hauteurs, distancer les bâtiments (environ 6 mètres) et implanter en décalage les bâtiments les uns par rapport aux autres, ouvrir largement les façades sous le vent pour favoriser la circulation des vents.

- Une morphologie globale du bâti différente

Appartements traversants, bâtiments sur pilotis ou sur vide sanitaire ventilé (pour rafraîchir par le sol), compacité du bâti (pour limiter les déperditions thermiques), ouverture en haut de la toiture type écope de toiture (pour évacuer l'air chaud qui s'accumule dans les hauteurs), cour intérieure, patio central, courettes et puits de lumière (pour favoriser une ventilation par tirage thermique naturel).

*Les cheminées et autres conduits de fumée peuvent constituer de nouveaux modes de rafraîchissement, avec la valorisation de la fraîcheur des caves.<sup>1</sup>*

- Une intégration intelligente du végétal en amont

Construction à proximité d'espaces verts (bénéfiques sur une faible distance), plantation d'arbres en pleine terre au sud-ouest/sud-est du bâti, afin de bénéficier de leur capacité à rafraîchir grâce à l'ombrage et à l'évapotranspiration, choisir des essences adaptées et peu consommatrices d'eau, diversifier les strates végétales, favoriser la continuité des plantations en pleine terre, choisir des arbres à feuilles caduques à l'est, au sud et à l'ouest du bâtiment (tombent en hiver, pour chauffer le bâtiment).

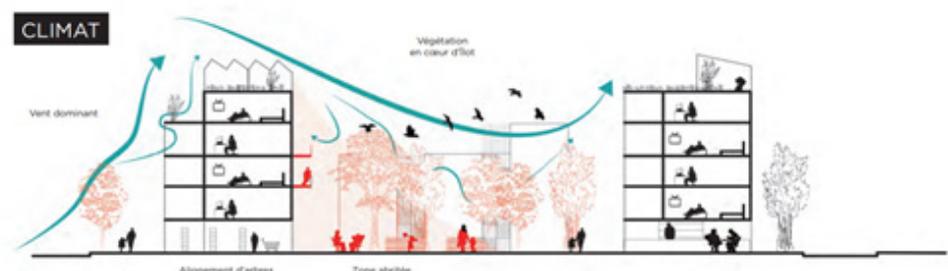
*Les arbres constituent une protection contre la chaleur plus efficace que les pare-soleil.*

- Des systèmes de refroidissement passifs dans la conception du bâti

Le puits canadien (ou puits provençal), correspond à un conduit enterré dans les sous-sols, fonctionnant avec un échangeur air-sol (qui échange les calories de l'air avec celles de la terre) : l'air de l'extérieur est acheminé dans le conduit enterré pour être ensuite insufflé dans l'habitation. L'air est soit réchauffé soit refroidi grâce au différentiel de température entre l'air extérieur et le sous-sol et à l'inertie thermique du sol. Contrairement à la géothermie, il ne va pas en profondeur dans le sol.

Le « free-cooling » constitue une ventilation intensive naturelle du bâti : ce système crée naturellement des mouvements d'air dans le bâti grâce à des ouvertures pensées intelligemment (orienter judicieusement les fenêtres pour capter l'air) et un tirage par ventilation transversale d'une fenêtre à l'autre (l'air se déplace grâce aux pressions exercées par le vent). Les fenêtres, volets ou grilles peuvent s'ouvrir automatiquement en fonction des températures. L'air intérieur est rejeté, grâce à un système de tirage par cheminée verticale. Ce système est utilisé plutôt en période nocturne du fait des courants d'air potentiellement inconfortables.

Les architectures orientales ont intégré depuis des siècles la ventilation naturelle et les systèmes de rafraîchissements du bâti, comme les badguir (tours à vent) en Iran, ces systèmes de cheminées qui « attrapent » le vent pour le diriger vers l'intérieur du bâtiment, en adobe (mélange de paille, argile et eau) à forte inertie thermique (permettant de réduire la transmission de chaleur. Protéger des excès de chaleur



Source : OAP climat-air-énergie du PLUH de Nantes Métropole

<sup>1</sup>Source : Cahier ICU n°5, Institut Paris Région.



### Badguir de la maison des Boroudjerdis, Kashan, Iran, construite en 1857

Source : Urbalyon



### Capteurs de vent modernes, écoquartier BedZed au Royaume-Uni.

Source : Urbalyon



### Protéger des excès de surchauffe

- Des éco-matériaux à forte inertie pour amortir les pics de surchauffe

Les matériaux biosourcés, comme le bois, le pisé, la laine de chanvre, les fibres de bois, utilisés notamment dans les pays chauds, bénéficient d'une forte inertie.

Il est également possible d'associer les matériaux denses (terre, béton) et matériaux légers (bois, fibre végétale) pour améliorer l'inertie thermique du bâti.

La capacité d'inertie d'un matériau correspond à sa capacité à stocker et amortir la chaleur lors des vagues de chaleur, en restituant le plus tardivement cette chaleur au bâtiment et en lissant la température interne. Plus l'inertie d'un bâtiment est forte, plus il se réchauffe et se refroidit lentement. La construction de murs très épais, par exemple, permet de garder la température fraîche l'été et la chaleur l'hiver. Cela nécessite l'emploi de matériaux spécifiques pour assurer la forte capacité thermique, aussi bien pour les murs, les planchers que les cloisons. Contrairement à la simple isolation, l'inertie thermique permet de stocker la chaleur ou la fraîcheur.

- Une isolation par l'extérieur comme masse tampon qui freine le flux de chaleur

L'isolation doit être bien appréhendée afin de garantir une continuité des matériaux et limiter les ponts thermiques (surface, nœud constructif, jonction mal isolée, au niveau des sols, murs, fenêtres, portes, conduits ou gaines) laissant entrer un courant d'air extérieur (froid en hiver, chaud en été). L'isolation par l'extérieur constitue l'isolation la plus efficace, comparativement à une isolation par l'intérieur.

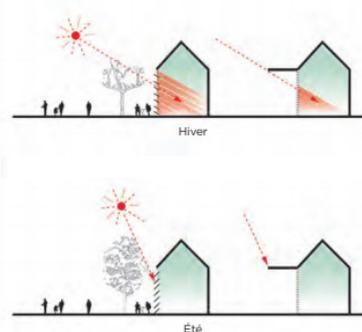
L'enjeu de l'isolation paraît une préoccupation majeure sur le territoire métropolitain : 44% des répondants au Baromètre métropolitain des fortes chaleurs pensent que leur logement n'est pas bien adapté aux fortes chaleurs. La qualité de l'isolation est le premier critère qui, pour les habitants, explique que leur logement soit bien ou mal adapté aux périodes de fortes chaleurs.

Les bâtiments patrimoniaux ne pouvant être isolés par l'extérieur doivent faire l'objet d'une isolation thermique par l'intérieur adaptée aux spécificités des murs en pisé, en pierre ou en tuffeau, selon les régions, mais également une ventilation naturelle et des protections contre les excès de chaleur (comme les volets à jalousie).

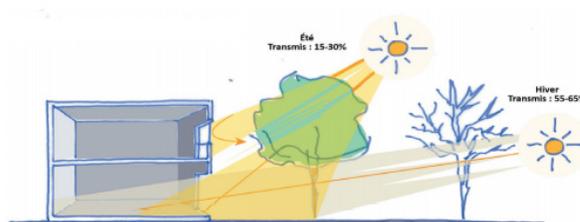
- Des masques solaires pour protéger des rayons directs du soleil

Masques solaires artificiels (store extérieur, brise-soleil orientables, débords de toitures et casquettes de toit avec une protection plus large à l'ouest, où les rayons du soleil sont plus bas et frappent de plein fouet les façades en été) et végétaux ; balcons semi fermés, pellicules sur vitres/film solaire plastique autocollant ; ouvertures bien dimensionnées (limiter excès de vitrage).

Source : OAP climat-air-énergie du PLUH de Nantes Métropole



Source : OAP Bioclimatique et transition écologique du PLUH de Angers Loire Métropole



- Des types de revêtements qui réfléchissent la lumière et la chaleur

Matériaux lisses et de couleur claire, qui tiennent compte pour autant du risque d'éblouissement et n'aggravent pas outre mesure le confort thermique des piétons.

Les pays méditerranéens (Espagne, Italie du sud, Grèce, Maroc...) ont recours à une pratique ancestrale qui consiste à peindre entièrement en blanc les maisons (technique du « cool-roofing ») afin de limiter la chaleur, comme on peut le voir à travers les multiples villages blancs.

Les toits blancs permettent de gagner entre

## 5 et 7°C

dans le bâtiment.<sup>1</sup>

Cette pratique se développe depuis les années 1980 aux Etats-Unis : New York dispose de plus de 850 000 toits peints en blanc.<sup>2</sup>

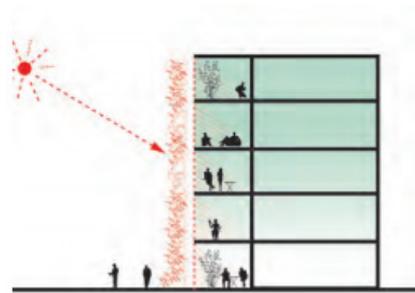
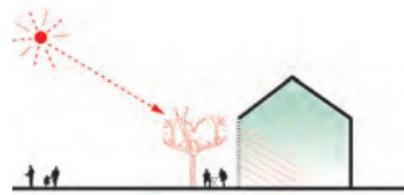
La baisse de la température du bâti permet ainsi de diminuer les besoins en climatisation et donc les consommations énergétiques et rejet d'air chaud.

- Des toitures et façades végétalisées pour mieux isoler

Elles participent de l'isolation du bâtiment renforcent l'inertie thermique, limitent les déperditions, multiplient par deux la durée de vie de la toiture, rafraîchissent le bâtiment et l'environnement proche, etc.

Un substrat de 10 cm permet de réduire l'énergie consommée pour la climatisation estivale de

**25%.<sup>3</sup>**



Source : OAP climat-air-énergie du PLUH de Nantes Métropole

**OCCULTER**

Bloquer les rayons solaires, notamment sur la façade sud (avant-toit, casquette, végétation,...)

**MINIMISER**

- Limiter les ouvertures au Nord
- Privilégier les teintes claires
- Choisir des matériaux renvoyant la chaleur

**AERER**

- Faire circuler l'air au sein du bâtiment pour favoriser son renouvellement
- Utiliser la capacité des matériaux à emmagasiner cette fraîcheur pour la restituer le reste de la journée

Source : OAP climat-air-énergie du PLUH de Nantes Métropole

<sup>1</sup>Source : Comment le cool-roofing permet de lutter contre les îlots de chaleur, Demain la Ville, 2021.

<sup>2</sup>Source : Comment le cool-roofing permet de lutter contre les îlots de chaleur, Demain la Ville, 2021.

<sup>3</sup>Source : La Métro, 2008.



# Des équipements et installations écologiques pour rafraîchir ou climatiser le bâti

## La bio climatisation, intermédiaire entre le ventilateur et la climatisation

Au même titre que les bassins et fontaines, ce système, appelé aussi Rafraîchisseur d'air évaporatif (RAE) utilise l'évaporation de l'eau pour refroidir naturellement une pièce (l'eau injectée dans le système est ventilée par un ventilateur). Seuls la pompe et le ventilateur consomment de l'énergie. Il est particulièrement efficace si l'air initial de la pièce est sec : jusqu'à

**-10 à 15°C.**

## La climatisation solaire thermique, un système encore peu développé

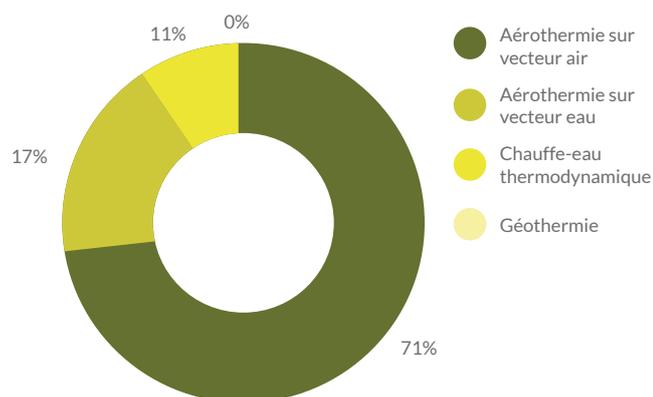
Cette climatisation fonctionne grâce à l'énergie solaire. Des panneaux solaires permettent d'exercer la compression thermique nécessaire pour faire fonctionner la climatisation ; le fluide frigorigène naturel (souvent de l'ammoniac), mélangé avec de l'eau, ainsi chauffé, absorbe la chaleur et la rejette. La production de chaleur peut également servir toute l'année, notamment pour la production d'eau chaude sanitaire, alimenter le réseau de chauffage, etc.

## Les réseaux urbains de froid, efficaces pour les grandes surfaces

Ils correspondent à des installations souterraines qui produisent et acheminent de l'eau glacée vers les bâtiments pour les climatiser. Pour l'instant, ils desservent principalement des bâtiments tertiaires et, de façon marginale, des immeubles d'habitation.

## Répartition du volume de pompes à chaleur (France, 2019, en %)

Source : Le marché de la climatisation en France, Businesscoot, 2021



## Les pompes à chaleur géothermiques, encore minoritaires

Parmi l'ensemble des systèmes de pompes à chaleur, l'aérothermie sur vecteur air (ou PAC air/air) représente la large majorité des systèmes installés (71% en 2019). Les systèmes dits « renouvelables », soit l'aérothermie sur vecteur eau (ou PAC air/eau) et la géothermie demeurent nettement minoritaires (respectivement 17 et 0% en 2019). Les PAC géothermiques peuvent capter horizontalement ou verticalement la chaleur de la terre.

## Le ventilateur, une solution simple et faiblement énergivore

L'Ademe considère que la consommation électrique d'un ventilateur est

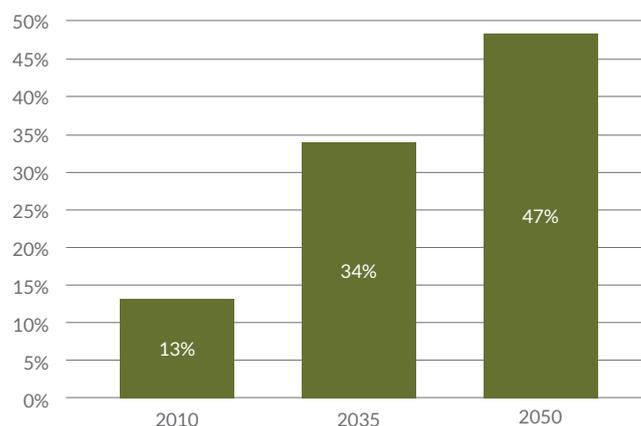
**20 fois inférieure à celle d'un climatiseur individuel.<sup>1</sup>**

Il constitue une solution simple, pour atténuer la température ressentie au niveau de la peau, avec un faible impact environnemental. Les brasseurs d'air (ventilateurs plafonniers), à larges pâles profilées, permettent de gagner en confort l'été, en mettant l'air en mouvement à faible vitesse.

De manière générale, le marché de la PAC est en forte croissance et devrait continuer de croître d'après l'Ademe d'ici 2050 : 47% des consommations d'énergies renouvelables liées aux PAC en 2050 dans le secteur résidentiel.

## Prévisions de la part des pompes à chaleur dans la consommation d'énergies renouvelables en usage direct dans le résidentiel (France, 2010-2050)

Source : ADEME - traitement Businesscoot - Le marché de la climatisation en France, 2021



<sup>1</sup>Source : site internet de l'Ademe.

# La ville et l'individu, des rôles tout autant déterminants pour le confort d'été

## Information

Les alternatives techniques à la climatisation ne représentent qu'un volet de l'adaptation au dérèglement climatique.

Il est urgent de revoir l'ensemble de l'aménagement urbain et de penser globalement le rafraîchissement en ville. De la même manière, les comportements individuels et les modes de vie impactent fortement la réussite de l'adaptation de notre société aux évolutions climatiques.

L'analyse des solutions pour rafraîchir le bâti et la ville met en évidence la nécessité d'agir sur tous les volets. La climatisation classique elle-même sera sans doute incontournable pour garantir un confort d'été « vivable » dans les années à venir.

## L'urgence d'agir sur le bâti et l'aménagement urbain

Les solutions alternatives à la climatisation peuvent être regroupées en trois catégories, et peuvent être entreprises à l'échelle de la ville, des bâtiments ou des ménages<sup>2</sup> :

- Les « infrastructures vertes » : parcs et espaces verts sur l'ensemble de l'agglomération urbaine\*.
- Les « infrastructures physiques » : règles strictes d'isolation des bâtiments et utilisation de matériaux réfléchissants pour les murs et les toits, appliquées à tous les bâtiments de la ville (à l'exception des bâtiments historiques)
- Et « les comportements », c'est-à-dire des changements dans la manière dont la climatisation est utilisée, avec un usage modéré et le maintien d'une température de

**28°C**  
dans les bâtiments résidentiels et de 26°C dans les bureaux.

Les chercheurs ont mis en évidence que si toutes ces stratégies étaient mises en œuvre ensemble, elles permettraient d'atténuer une grande partie des effets négatifs de la climati-

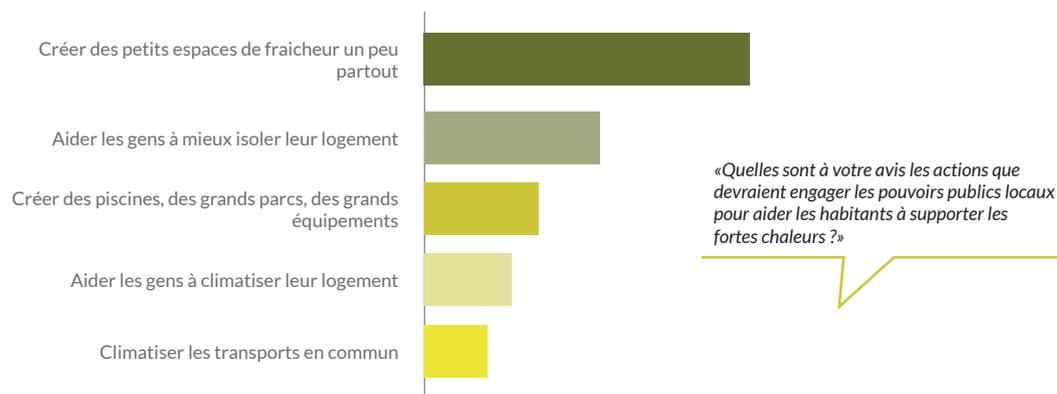
sation : l'air extérieur pourrait ainsi être refroidi de façon importante, jusqu'à 4,2°C pendant la nuit. Ces solutions permettent de réduire de plus de moitié l'énergie que la climatisation requiert pendant les vagues de chaleur. D'autre part, lorsqu'elles sont utilisées conjointement avec la climatisation, ces actions permettent de réduire sa consommation énergétique potentielle (d'environ 60%) et de compenser la dégradation du confort thermique externe que la climatisation crée dans la ville.

Pour rappel, l'imperméabilisation des centres urbains est l'une des principales problématiques liées à la surchauffe en ville et au phénomène des ICU, comme on peut le voir sur les cartes de températures au sol de la Métropole de Lyon (voir cartes ci-après).

Les habitants de la Métropole ont exprimé à l'occasion du Baromètre métropolitain des fortes chaleurs (2020) leurs attentes envers les pouvoirs publics en matière d'adaptation de la ville. 53% aimeraient la création par les pouvoirs publics de petits espaces de fraîcheur un peu partout. 26% estiment qu'il faut aider les gens à isoler leur logement. 13% pensent qu'il faut aider les gens à climatiser leur logement. 43% des Grand Lyonnais trouvent que leur quartier est mal ou très mal adapté.

## Actions attendues des pouvoirs publics

Source : Baromètre métropolitain des fortes chaleurs, Enquête auprès de 2 000 habitants - Direction de la Prospective et du Dialogue public, août 2020

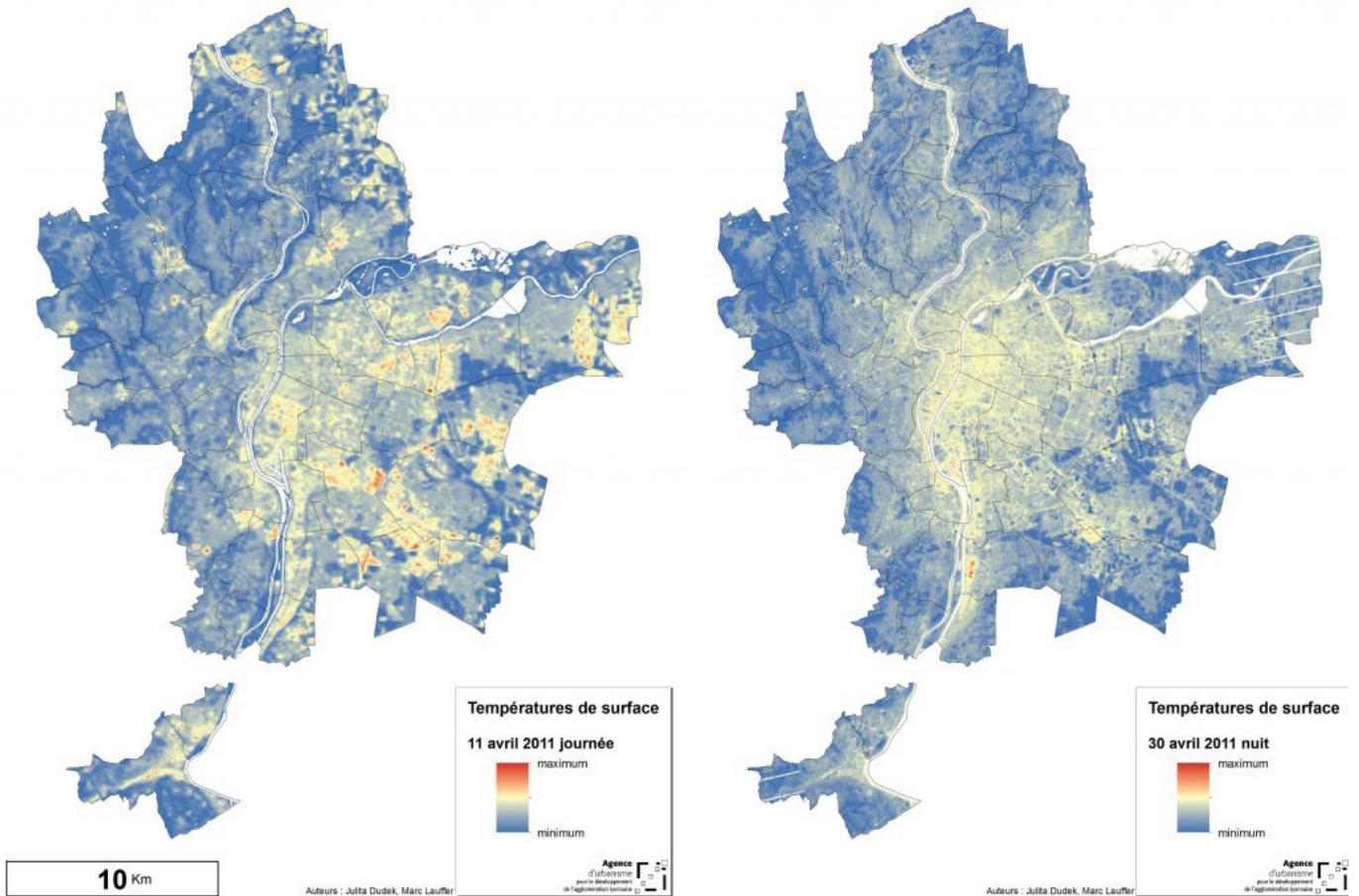


<sup>1</sup> Source : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15 number 7), Vincent Vigié, Aude Lemonsu, Stéphane Hallegatte, Anne-Lise Beaulant, Colette Marchadier, Valéry Masson, Grégoire Pigeon and Jean-Luc Salagnac - Juillet 2020.



Température de surface le jour et la nuit sur la Métropole de Lyon, en avril 2011.

La photo satellite de jour (à gauche) a été prise le 11 avril 2011 à midi, celle de nuit (à droite) le 30 avril à 23h.



La carte des lieux de rafraîchissement de la Métropole de Lyon a permis de mettre en évidence les fontaines, piscines, espaces verts du territoire. La collectivité pourrait proposer à tous les habitants un lieu de fraîcheur à moins de 200 mètres de chez soi, ouvrir les parcs la nuit en période de canicule, les piscines l'été.

Ainsi, la collectivité pourrait envisager la création d'oasis de fraîcheur sur l'ensemble du territoire, accessibles à toute heure, à l'instar des « cours Oasis » à Paris : ces cours d'écoles rénovées pour créer des espaces rafraîchis (végétalisation, infiltration des eaux pluviales, ombrières, fontaines...) sont accessibles à tous les usagers le soir.

L'art et le mobilier urbain constituent également des ressources sur lesquelles s'appuyer pour articuler besoins de fraîcheur et usages dans l'espace public.



*L'œuvre « Rideau » à Nantes, dans le cadre du festival annuel « Voyage à Nantes », en 2020 propose une œuvre éphémère devant le théâtre à partir d'une cascade sous forme de « rideau ».*



Il convient dès aujourd'hui de s'inspirer des modes d'aménagement urbains des pays du sud pour limiter l'exposition à la chaleur à proximité immédiate de son habitation : arcades (comme à Bologne), draps tendus (comme à Tolède), passage couvert, etc.

*Montréal a installé des panneaux de bois équipés de brumisateurs, projet appelé « la vague », au niveau de places de stationnement. Source : Journal du design, 2017*



**Extrait de la carte des lieux de rafraîchissement, zoom sur le centre de Lyon – Villeurbanne, 2020,**



## La nécessité de maintenir malgré tout la climatisation

Si l'urgence des solutions alternatives à la climatisation a été démontrée, des chercheurs ont également mis en évidence que le maintien de la climatisation sera nécessaire face à la vitesse du changement climatique.<sup>1</sup>

Toutes les actions d'adaptation citées plus haut (infrastructures vertes, physiques et comportements) ne suffiront pas à se passer entièrement et définitivement de la climatisation : « un peu plus de 6 heures par jour devraient encore être passées dans des conditions de stress thermique élevé dans les bâtiments si aucune climatisation n'était utilisée. [...] Il faut donc s'attendre à ce que la climatisation soit largement utilisée à l'avenir à Paris et dans les villes aux caractéristiques similaires, si la population veut maintenir son confort thermique pendant les vagues de chaleur ».

L'efficacité de ces mesures dépend de la variable temps : plusieurs années, voire décennies peuvent être nécessaires pour permettre des changements significatifs. La vitesse de ces évolutions est comparable à celle du changement climatique, ce qui nous oblige à prendre des décisions avant que leurs impacts puissent être observés.

En outre, certains bâtiments et locaux ne peuvent se passer d'un système de climatisation efficace, pour des raisons techniques ou légales, comme les laboratoires médicaux, les data centers, les blocs opératoires, etc. Les établissements accueillant des publics vulnérables (comme les EPHAD, les hôpitaux...) doivent quant à eux garantir un confort d'été à ses usagers pour leur santé. En la matière, l'Ademe recommande un usage de la climatisation limité aux moments les plus chauds de l'année dans les établissements accueillant des personnes âgées et handicapées.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Source : Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris - IOP Publishing Ltd (Environmental Research Letters, volume 15 number 7), Vincent Viguié, Aude Lemonsu, Stéphane Hallegatte, Anne-Lise Beuland, Colette Marchadier, Valéry Masson, Grégoire Pigeon and Jean-Luc Salagnac - Juillet 2020.

<sup>2</sup> Source : Améliorer le confort d'été dans les établissements pour personnes âgées et handicapées, Ademe, 2009.

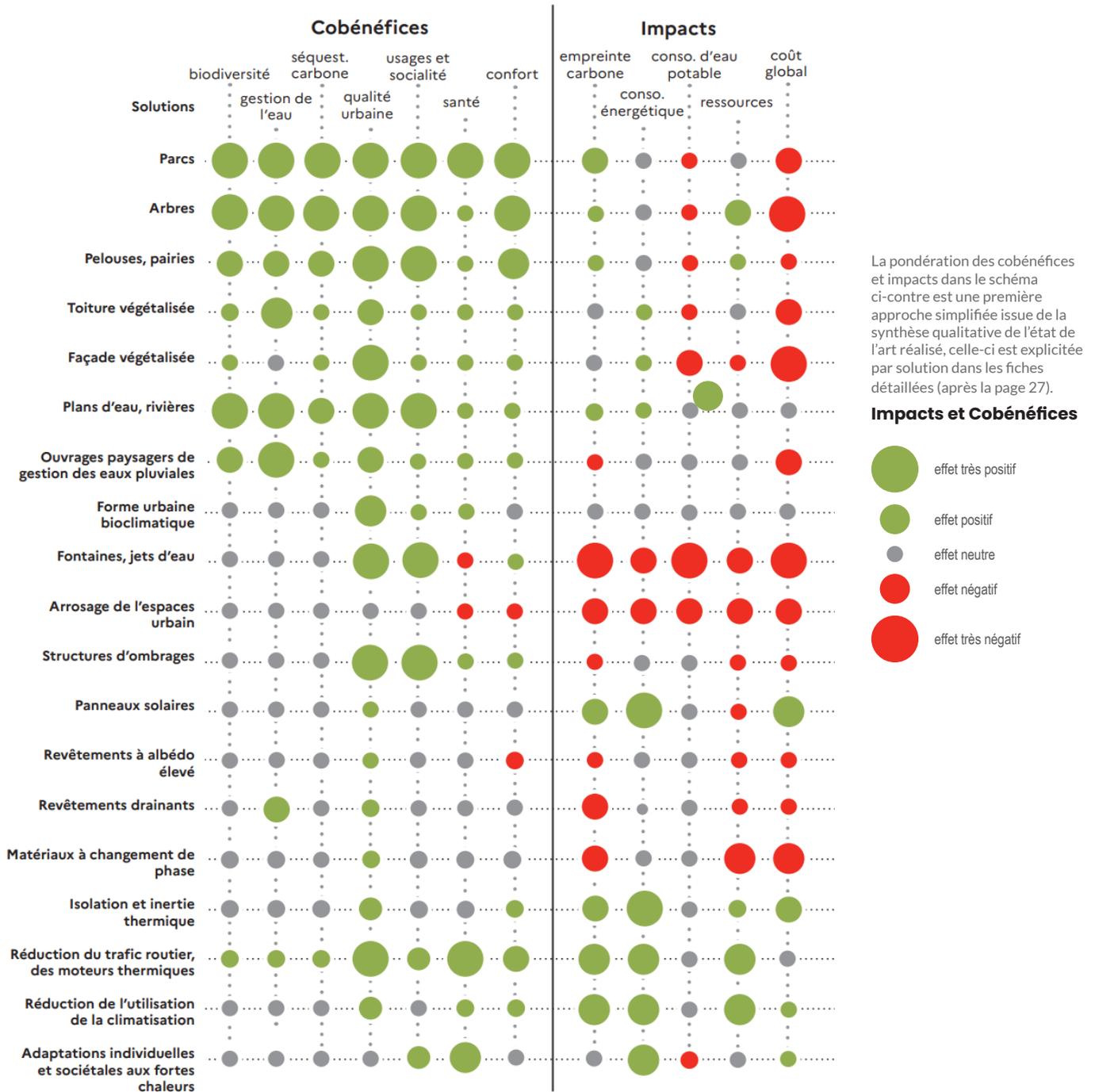
### Des co-bénéfices multiples parmi les solutions passives de rafraîchissement de la ville

De manière générale, les solutions de rafraîchissement de la ville, peuvent présenter des co-bénéfices (biodiversité, séquestration carbone, gestion de l'eau, qualité urbaine, usages et socialité, santé, confort) et des impacts multiples (empreinte carbone, consommation énergétique, consommation d'eau potable, ressources, coût global).

La synthèse ci-contre permet ainsi de mettre en évidence l'efficacité des parcs, arbres, pelouses et prairies, plans d'eau et rivières.

### Pondération des cobénéfices et impacts au regard des enjeux environnementaux, économiques et sociaux

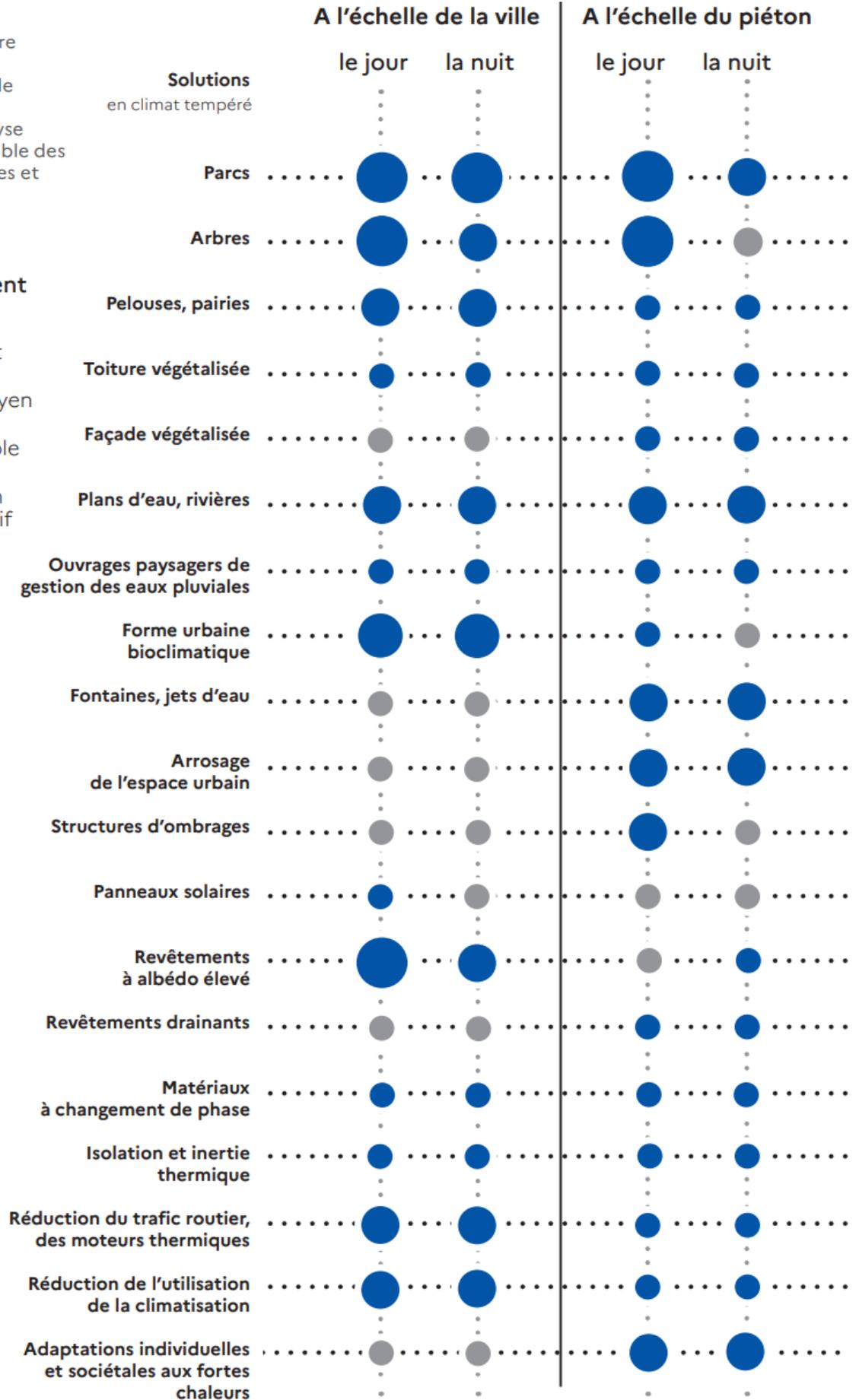
Source : Rafraîchir les villes des solutions variées, Ademe, Cerema, Tribu, 2021



Le schéma ci-contre décrit l'effet de rafraîchissement de chaque solution. Il résulte d'une analyse croisée de l'ensemble des résultats des études et publications.

**Effet de rafraîchissement**

-  effet fort
-  effet moyen
-  effet faible
-  effet non significatif





## L'importance des comportements individuels

Les modifications des comportements individuels pour réduire les impacts des vagues de chaleur ont également des bénéfices importants sur la santé physique et mentale des individus : ouvrir les fenêtres la nuit, décaler les horaires de travail (tôt le matin) et de sommeil (1h du matin au lieu de 11h du soir), réduire les activités en extérieur, etc.<sup>1</sup> :

# 90%

**environ des Québécois**

enquêtés en 2018 affirment que le fait d'adopter un ou plusieurs comportements à la chaleur les aide à ressentir moins de conséquences négatives sur leur santé physique ou mentale.

# -14%

**du nombre d'heures de sommeil**

marquées par une forte chaleur, grâce à un décalage de l'horaire de coucher à 1h du matin (au lieu de 11h du soir) à Paris.<sup>2</sup>

Il existe un consensus scientifique sur l'efficacité de la mise en place de plans de prévention sur la réduction des impacts sanitaires des canicules, notamment dans la réduction de la mortalité des plus âgés :

# 3 à 4 fois

**moins de morts qu'attendu sur des vagues de chaleur à Stockholm, à Londres et en France,**

du fait de la mise en place de politiques nationales d'adaptation.<sup>3</sup>

# - 32 à 69%

**du nombre de morts**

liées aux fortes chaleurs dans un futur marqué par le changement climatique (2050), dans le cas où des mesures d'adaptation seraient mises en œuvre.<sup>4</sup>

Le Plan Canicule du gouvernement propose une série de recommandations à appliquer à destination des personnes vulnérables (enfants, personnes âgées et handicapées, ...) mais également les travailleurs et employeurs. Ainsi, un employeur peut aménager les horaires de travail ; dans les Départements et Collectivités d'Outre-Mer, il s'agit d'un usage ancré dans les pratiques de tous, en commençant la journée de travail à 7h30 le matin.

## Les gestes à réaliser lors d'une canicule

Source : Extrait Canicule, les bons réflexes à partager, Métropole de Lyon, 2021

**LA CANICULE C'EST QUOI ?**



Il fait très chaud.



La température ne descend pas ou très peu la nuit.



Ça dure 3 jours ou plus.

**ADULTES ET ENFANTS**  
Attention à la déshydratation !



**Je perds beaucoup d'eau.** Je risque la déshydratation.

**Mon corps transpire beaucoup** pour se maintenir à 37 °C.



**S'HYDRATER**  
Je bois beaucoup d'eau et j'en donne à mes enfants.

---



**J'évite d'utiliser un climatiseur électrique.**



Je ne consomme pas d'alcool.



Je ne reste pas en plein soleil.



**Je débranche les appareils électriques** que je n'utilise pas (télévision, ordinateur, console...).



**Je m'habille de façon adaptée :** vêtements amples et légers, j'évite les matières synthétiques...



**Je donne de mes nouvelles** à mon entourage.

<sup>1</sup> Source : OQACC, enquête auprès de 1000 québécois sur l'adaptation individuelle aux vagues de chaleur, 2018.

<sup>2</sup> Source : Behavioral adaptation to heat related health risks in cities, Martin Hendel, Karina Azos-Diaz, Brice Tremec – 2017 – Revue Energy and Buildings.

<sup>3</sup> Source : Knappenberger et al, 2014 ; Green et al, 2016 ; Fouillet et al, 2006.

<sup>4</sup> Source : étude prospective sur le Grand Londres, Jenkins et al, 2014.





## ANNEXES



## Entretiens

- 31 mars 2021 - RTE (Réseau de transport d'électricité) :

Vincent BRIAT, Responsable des affaires publiques Auvergne-Rhône-Alpes.

- 12 mai 2021 - EDF R&D

Thimothée DAVID, Directeur du développement territorial sur le Rhône et la Métropole de Lyon ;

Laurent GRIGNON MASSE, Responsable du pôle expertise services énergétiques ;

Raphael Youssef LAAROUCHI, Responsable de la maîtrise de la demande en énergie et stratégie de sobriété énergétique.



## Chiffrés clés sur la climatisation issus du Baromètre métropolitain des fortes chaleurs

Les questions posées sur la climatisation aux habitants :

Q18/ Votre logement est-il équipé d'un système de climatisation ?

Q19/ De quel type d'appareil s'agit-il ?

Q20/ Avez-vous l'intention de vous équiper d'un système de climatisation dans l'année qui vient ?

	Q.18		Q.19		Q.20		
	Logement équipé	Appareil fixe	Appareil mobile	Certainement « oui »	Peut-être « oui »	« Non »	Possèdent déjà
<b>CENTRE</b>	20	9	11	4	9	67	20
<b>LÔNES ET CTX DU RHÔNE</b>	17	11	7	4	9	69	18
<b>OUEST NORD</b>	20	16	4	8	8	64	20
<b>PLATEAU NORD</b>	19	12	7	6	14	60	19
<b>PORTE DES ALPES</b>	26	14	12	5	7	61	27
<b>PORTES DU SUD</b>	17	10	6	4	13	66	17
<b>RHÔNE AMONT</b>	23	13	16	5	19	46	30
<b>VAL D'YZERON</b>	28	16	12	3	13	56	28
<b>VAL DE SAÔNE</b>	26	16	10	4	9	61	26
<b>ENSEMBLE</b>	21	11	10	5	11	64	21



Résultats par caractéristiques sociodémographiques

	Q.18		Q.19		Q.20		Possèdent déjà
	Logement équipé	Appareil fixe	Appareil mobile	Certainement « oui »	Peut-être « oui »	« Non »	
<b>GENRE</b>							
HOMMES	23	12	11	4	11	62	23
FEMMES	20	11	9	5	10	65	20
<b>LOGEMENT</b>							
MAISON	32	24	9	5	9	54	32
APPARTEMENT	19	6	10	5	11	66	19
<b>ÂGE</b>							
18 - 29 ANS	18	8	9	4	10	68	18
30 -44 ANS	22	12	11	4	13	60	23
45 - 59 ANS	22	12	10	6	11	61	22
60 ANS ET PLUS	23	13	10	4	9	65	23
ENSEMBLE DE L'ÉCHANTILLON	21	11	10	5	11	64	21



# Carte des CTM de la Métropole de Lyon





Agence d'**Urbanisme** de l'aire  
métropolitaine **lyonnaise**

Tour Part-Dieu, 23<sup>e</sup> étage  
129 rue Servient  
69326 Lyon Cedex 3  
Tél. : +33(0)4 81 92 33 00  
[www.urbalyon.org](http://www.urbalyon.org)

La réalisation de ce rapport a été permise par la mutualisation  
des moyens engagés par les membres de l'Agence d'urbanisme

Directeur de publication : **Damien Caudron**  
Référents : **Oriane Faure** - 04 81 92 33 66 - [o.faure@urbalyon.org](mailto:o.faure@urbalyon.org)  
**Manon Montes**

Ce rapport résulte d'un travail associant les métiers  
et compétences de l'ensemble du personnel de l'Agence d'urbanisme