

EXPERTISES 



Juin
2024

LES AVIS DE L'ADEME

**Vagues de chaleur :
la climatisation va-t-elle
devenir indispensable ?**

À retenir	2
Les vagues de chaleur : des enjeux nouveaux.....	3
Maîtriser les besoins de froid des bâtiments.....	5
Rafraîchir les bâtiments.....	6
La planification.....	9
Préconisations.....	10

Vagues de chaleur : la climatisation va-t-elle devenir indispensable ?

A retenir

L'augmentation de la durée, de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur liées au changement climatique, enjeu clairement identifié dans les priorités du futur PNACC 3¹, rend de plus en plus indispensable d'adapter les bâtiments. Au-delà des solutions passives comme le déploiement des protection solaires et de l'isolation notamment, le besoin de rafraîchir les bâtiments avec des équipements de production de froid (climatiseurs, PAC en particulier géothermiques, réseau de froids...) devient progressivement inévitable dans de nombreux cas. **Le taux d'équipement est déjà important (25% des ménages équipés, 40% des surfaces du tertiaire) et des études récentes montrent qu'il sera de plus en plus indispensable d'installer des équipements de climatisation à l'horizon 2050.**

Les travaux de l'ADEME ou de RTE montrent que la production photovoltaïque d'électricité devrait être suffisante à l'horizon 2035 pour alimenter ces solutions actives de rafraîchissement, sous réserve notamment de faire fonctionner ces équipements durant les horaires de production solaire et de maîtriser les températures de consigne.

Toutefois, le déploiement des principales solutions actives du marché actuel (climatiseurs) a d'autres impacts qu'il convient de limiter : îlot de chaleur urbain, facture énergétique, émission de GES, nuisances sonores et visuelles.... Les émissions de GES liées à la climatisation sont essentiellement dues aux gaz réfrigérants, que les évolutions réglementaires en cours devraient permettre de résorber à moyenne échéance. Par ailleurs, parmi les solutions actives, certaines rejettent de la chaleur à l'extérieur, ce qui pourrait aggraver les phénomènes d'îlot de chaleur urbain pendant ces périodes de vagues de chaleur. Les solutions actives auront également un impact sur la facture énergétique des entreprises, des collectivités et des ménages, risquant notamment d'aggraver le nombre et la situation des ménages en situation de précarité énergétique.

Il est donc nécessaire d'anticiper l'impact des vagues de chaleurs en planifiant en priorité des actions de réduction des besoins de froid (isolation, protections solaires ou encore brasseurs d'air, gestes et comportements adaptés), qui permettront dans un grand nombre de cas de retarder la nécessité de recourir à la climatisation active, et en tout cas de mieux maîtriser la consommation d'électricité de ces systèmes.

C'est pourquoi l'ADEME établit plusieurs recommandations, détaillées dans cet avis :

- **Intégrer dès aujourd'hui la problématique du confort d'été dans toutes les rénovations** en déployant en priorité et à grande échelle les solutions passives pour aider à mieux supporter les vagues de chaleur dans les bâtiments. Il convient en particulier de compléter la politique de rénovation des bâtiments par un volet d'adaptation aux vagues de chaleurs ; la protection contre les surchauffes constitue ainsi une raison supplémentaire de rénover les bâtiments en agissant sur l'enveloppe.
- **Limiter autant que possible le recours aux équipements de climatisation impactant directement l'îlot de chaleur urbain**, un malus sur les équipements les moins performants pourrait être proposé.
- **Utiliser les systèmes actifs les plus respectueux de l'environnement**, faisant appel aux EnR et utilisés de façon sobre notamment avec une température de consigne jamais en dessous de 26°C ou sans protection solaire efficace installées sur le bâtiment.
- Continuer de développer l'innovation dans les solutions de rafraîchissement sobres et efficaces.
- **Développer les connaissances** sur les impacts de l'augmentation des vagues de chaleurs sur l'habitabilité des logements, sur les inégalités sociales, sur les factures d'électricité des ménages et des entreprises, et sur l'activité des entreprises et de l'industrie. En particulier, **il est nécessaire de clarifier la définition de bouilloire thermique et d'y adosser une politique publique**.
- **Pour les collectivités, renforcer la planification** de l'adaptation aux vagues de chaleurs, cohérente à l'échelle de la ville et des bâtiments, **en anticipant les solutions d'aménagement urbains adaptées (solutions fondées sur la nature) et le besoin en réseaux urbains de froid**.

Les collectivités, grâce à la démarche [TACCT](#) et entreprises en utilisant la méthodologie [ACT Adaptation](#), sont invitées à s'engager dès à présent dans un parcours d'adaptation au changement climatique.

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/france-sadapte-christophe-bechu-reuni-elus-citoyens-acteurs-economiques-societe-civile-et-experts>



LES VAGUES DE CHALEUR : DES ENJEUX NOUVEAUX AUXQUELS LES BATIMENTS ET LEURS OCCUPANTS SONT MAL PREPARES

Des bâtiments de plus en plus exposés aux vagues de chaleur

Selon le rapport du GIEC² (2022), la fréquence, la durée et l'intensité des vagues de chaleur vont augmenter, perturbant fortement les territoires. Ces vagues pourraient survenir trois années sur quatre et durer de mai à octobre, amplifiant les îlots de chaleur urbains et réduisant le confort thermique. L'ADEME³ souligne que, même dans un scénario de respect des engagements climatiques, 26% à 27% des bâtiments seront exposés à un « risque très fort », c'est-à-dire situés sur un territoire exposé à des températures futures fortes et/ou dans un îlot de chaleur urbain. Sans régulation climatique, cette proportion pourrait atteindre 61% à 65%. Dans le cadre de la trajectoire de réchauffement de référence (TRACC) adoptée par la France⁴ en 2022 (+4° C en 2100), et selon l'OID⁵, plus de 90% du parc immobilier du territoire métropolitain sera fortement à très fortement exposé aux vagues de chaleur d'ici 2100, sauf sur certaines zones montagneuses. Les territoires ultramarins, déjà chauds, feront également face à des défis accrus décrit ci-après.

Des impacts socio-sanitaires des vagues de chaleurs d'ores et déjà visibles

La chaleur provoque déjà de nombreux problèmes de santé, y compris au travail. De 2014 à 2022, sur l'ensemble des départements métropolitains, plus de 32 000 décès sont attribuables à la chaleur, selon Santé Publique France⁶. 28% de ces décès ont été observés pendant les canicules telles que définies par le plan de gestion des vagues de chaleur. Les canicules sont les événements climatiques extrêmes les plus meurtriers, causant aussi des problèmes de santé périnatale, mentale, et aggravant des maladies existantes (cardiovasculaires, respiratoires, rénales). Socialement, les plus modestes, souvent logés dans des habitats mal isolés, sont particulièrement vulnérables⁷. Environ 1,2 million de personnes pauvres vivent dans des zones très exposées à la chaleur, avec 510 000 dans les zones les plus touchées par les anomalies de chaleur nocturnes. L'augmentation des épisodes de chaleur devrait faire apparaître de nouvelles formes d'inégalité, et pourrait accroître les dépenses énergétiques des ménages précaires, ou poussant potentiellement de nouveaux ménages vers la précarité énergétique. Selon EDF, l'usage de climatiseurs peut augmenter les factures d'électricité de 15% par mois⁸ pendant les mois d'été.

Des bâtiments peu adaptés aux vagues de chaleur à venir

Un récent travail de recherche soutenu par l'ADEME⁹ (projet RESILIENCE) a évalué le confort thermique de divers types de bâtiments à Nîmes et Paris aux horizons proche (2050) ou plus lointain (2100). Les tendances qui ressortent de ce travail de recherche, en considérant avec prudence les données climatiques prospectives, montrent qu'en l'absence de mesures d'adaptation (protections solaires, isolation, ventilation, etc.), tous les bâtiments étudiés récents ou anciens seront inadaptés au changement climatique. À un horizon proche (2050), les logements, et de manière beaucoup plus forte à Nîmes, présenteront un inconfort élevé, sauf certains bâtiments très anciens à forte inertie (murs en pierre épais, terre-plein...). Les bâtiments tertiaires à Nîmes seront également inconfortables dès 2050. D'ici la fin du siècle, cette inadéquation sera encore plus marquée sur l'ensemble des cas étudiés et quel que soit la localisation géographique. Par ailleurs, le projet a démontré que, jusqu'à 2050, des mesures d'adaptation (isolation, protections solaires, ventilation, etc.) peuvent assurer un confort satisfaisant pour les climats

2 GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), « Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability », GIEC, Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report, février 2022

3 <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/5751-les-enjeux-de-l-adaptation-au-changement-climatique-du-secteur-immobilier-dans-les-scenarios-transitions-2050.html>

4 <https://www.ecologie.gouv.fr/trajectoire-rechauffement-reference-ladaptation-au-changement-climatique-tracc#~:text=l%20se%20fond%20sur%20une%20c%C3%A8re%20p%C3%A9riode%20d%20industrie>

5 https://resources.taloen.fr/resources/documents/9754_240304_OID_EcoTRACC.pdf

6 <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/rapport-synthese/estimation-de-la-fraction-de-la-mortalite-attribuable-a-1-exposition-de-la-population-generale-a-la-chaleur-en-france-metropolitaine.-application-a>

7 INSEE Première - <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6522912#titre-bloc-7>

8 EDF, « Consommation de la climatisation : Que consomme un climatiseur ? », 2022, <https://www.edfenergi.com/guide-solaire/consommation-climatisation/>

9 Projet « Résilience » - <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6409-resilience.html>

projétés les moins critiques, retardant le besoin de climatisation. Cependant **à partir de 2050, les évolutions climatiques projetées sont telles que l'action sur l'enveloppe sera insuffisante pour tous les bâtiments étudiés, à Nîmes comme à Paris.** Les stratégies d'adaptation nécessiteront ainsi d'être complétées par des apports de rafraîchissement (brasseurs d'air, puits climatique, rafraîchissement adiabatique¹⁰...) ou de froid (Géothermie, Réseaux de froids, climatisation...) pour maintenir des conditions de confort acceptables.

L'expression "bouilloire thermique" a émergé récemment, notamment après une analyse de la Fondation Abbé Pierre en juin 2023 sur la précarité énergétique estivale. Elle décrit des logements qui, en plus d'être froids en hiver, deviennent insupportablement chauds en été. Cette double vulnérabilité touche 73% des ménages souffrant déjà du froid en hiver. Le terme met en lumière le défi majeur de l'habitabilité future des bâtiments actuels, qui devront subir des adaptations importantes pour assurer des conditions de vie décentes. Si le terme a le mérite de faire comprendre les enjeux de surchauffe du bâti, il ne permet pas de mobiliser les imaginaires sur ce vers quoi il serait souhaitable d'aller, à savoir des logements "oasis" préservés de la chaleur par une combinaison de facteurs relevant à la fois du bâti et des comportements des occupants.

Les territoires ultramarins en zone tropicale

Bien que ces territoires, du fait de leur situation géographique en zone tropicale (climat chaud et humide), soient majoritairement déjà concernés toute l'année par les enjeux de rafraîchissement des bâtiments, le changement climatique pourrait accentuer davantage les vagues de chaleur et les épisodes secs, notamment aux Antilles¹¹.

Des méthodes efficaces dans l'hexagone, comme la ventilation nocturne, ne sont pas adaptées en outre-mer où les écarts de température entre le jour et la nuit sont trop peu importants. Ainsi, l'enjeu se situe dans la réduction de l'apport de chaleur, notamment au niveau de la toiture et des ouvertures. Les solutions préconisées sont les protections solaires (horizontales comme les casquettes, auvent, débords de toiture ou verticales comme les brise soleil orientables, joues fixes, panneaux coulissants...), l'isolation des toitures et les ventilations traversantes (naturelles ou mécaniques avec les brasseurs d'air), avec pour objectif de concevoir des bâtiments « poreux ». Cette conception est très différente de la conception de bâtiments ayant également besoin d'être isolés du froid en hiver.

L'usage de la climatisation en outre-mer doit être optimisé, et ce d'autant plus que l'impact technico-économique sur le réseau électrique y est plus tangible que dans l'hexagone (enjeux relatifs au pic de demande et au coût de production dans un contexte où il n'y a pas de besoin de chauffer les bâtiments). Ces territoires doivent donc poursuivre leur dynamique de maîtrise de la consommation d'électricité, notamment avec un usage optimal du climatiseur (température de consigne, fermeture des ouvrants, couplage avec l'utilisation d'un brasseur d'air pour augmenter la température de consigne sans diminuer le confort thermique...). Pour les locaux tertiaires, il convient de favoriser le développement des groupes froids centralisés qui sont plus performants que les split-systems. Une attention particulière doit être apportée à la montée en compétence de la filière de réparation et d'entretien des équipements, notamment du point de vue de la collecte des fluides frigorigènes. L'aménagement urbain a également toute son importance afin de diminuer l'impact des îlots de chaleur (déminéralisation, création d'espaces végétalisés...).

¹⁰ Le rafraîchissement adiabatique aussi appelé rafraîchissement par évaporation, repose sur l'évaporation de l'eau afin de refroidir l'air ambiant

¹¹ Pour en savoir plus, consulter les livrables du projet collaboratif multidisciplinaire C3AF - Changement Climatique et Conséquences aux Antilles Françaises – à l'échelle des Antilles françaises (Guadeloupe, Martinique, Saint-Barthélemy, Saint-Martin): <https://c3af.univ-montp3.fr/>

Projet exemplaire, le concept de la plus grande aérogare bioclimatique du monde en milieu tropical¹², inaugurée en mars 2024 à La Réunion, repose sur l'optimisation de la circulation naturelle de l'air via un canyon central et sur le brassage de l'air. L'architecture tient compte des vents dominants et des îlots de végétation endémique assurent des îlots de fraîcheur à l'intérieur. Le projet permet d'éviter de recourir massivement à la climatisation.

MAITRISER LES BESOINS DE FROID DES BATIMENTS : LE MOMENT CLE DE LA RENOVATION ENERGETIQUE

Au vu de l'inadaptation des bâtiments actuels aux vagues de chaleur à venir, l'enjeu est **de profiter de la rénovation des bâtiments¹³ pour réduire et mieux maîtriser les besoins de froid** en adaptant les enveloppes des bâtiments et en recourant, le cas échéant, à des systèmes de rafraîchissement ou de climatisation les plus efficaces, notamment afin de maîtriser la consommation d'énergie liée. La rénovation doit être l'occasion de mettre en place une stratégie de gestion des surchauffes, ce qui est aujourd'hui insuffisamment pris en compte.

Celle-ci doit passer d'abord par l'installation systématique de protections solaires extérieures efficaces (volets, jalousies, stores, brise-soleils orientables ou non, etc.) et qui permettent de gérer également le besoin de lumière naturelle. L'isolation des bâtiments, idéalement par l'extérieur, est essentielle pour limiter l'inconfort thermique. Les isolants les plus denses (comme c'est le cas pour certains isolants biosourcés) améliorent la capacité de déphasage¹⁴ des parois, néanmoins cet effet sera de second ordre par rapport à la résistance thermique de l'isolant. L'aération nocturne est également un levier important pour améliorer le confort, nécessitant une action des occupants et une anticipation lors des rénovations (protection contre la pluie, les moustiques, les intrusions, etc.): combiner l'isolation avec la possibilité d'aérer les locaux la nuit est crucial. Les brasseurs d'air sont également une solution complémentaire efficace, à faible coût et limitant la consommation d'énergie.

L'approche de la rénovation thermique et d'adaptation aux surchauffes doit donc être globale, et doit anticiper ou déployer selon les zones ou types de bâtiments, des systèmes actifs de rafraîchissement à haute efficacité énergétique et/ou utilisant au maximum les énergies renouvelables (puits climatiques, geocooling, PAC géothermiques, rafraîchissement adiabatique, double flux...) en intégrant dans la rénovation les systèmes d'émission de froids adaptés.

¹²<https://oceaan-indien.ademe.fr/entreprises-et-monde-agricole/reduire-mes-impacts/concevoir-un-batiment-bioclimatique/la-nouvelle-aerogare-de-laeroport-roland-garros-est-ouverte>

¹³ Voir également l'avis d'expert sur la rénovation des logements <https://presse.ademe.fr/2024/05/renovation-performante-des-logements-une-condition-necessaire-pour-atteindre-les-objectifs-climatiques.html>

¹⁴ Le déphasage reflète le temps que met la chaleur pour traverser un matériau. Les matériaux à fort déphasage pourront retarder la transmission de la chaleur, ce qui peut être mis à profit pour la nuit, et faciliter ainsi l'évacuation de la chaleur. A ne pas confondre avec la capacité d'un matériau à absorber ou à restituer la chaleur (inertie).

RAFRAICHIR LES BATIMENTS : LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DES DIFFERENTES SOLUTIONS

Les solutions actives les plus performantes

Il existe plusieurs solutions actives¹⁵ efficaces pour répondre au besoin de refroidissement des bâtiments, adaptées à différents contextes et besoins, dont :

- Les brasseurs d'air sont des équipements peu énergivores, capables d'améliorer le confort des occupants lorsqu'ils sont correctement dimensionnés et positionnés. Le projet BRASSE¹⁶ a confirmé leur efficacité sous réserve de conditions adéquates d'installation et d'utilisation.
- Le puit climatique, appelé également puit canadien ou provençal, exploite la fraîcheur du sol pour refroidir l'air insufflé dans le bâtiment, en le faisant préalablement passer dans un conduit enterré à 1,5 à 2 m de profondeur dans le sol, la température variant peu sur l'année à cette profondeur.
- Le rafraîchissement adiabatique utilise l'évaporation d'eau pour abaisser la température de l'air ambiant, offrant des solutions complémentaires pour le refroidissement performant.
- La géothermie de surface, qui permet de récupérer de l'énergie dans les 200 premiers mètres du sous-sol, est une solution performante et particulièrement adaptée au tertiaire, permettant de produire du froid (et du chaud en hiver) de manière efficace et économique grâce à des pompes à chaleur réversibles, et offrant la possibilité d'apporter du rafraîchissement en mode « geocooling » (c'est-à-dire sans mettre en marche la pompe à chaleur) ou encore la possibilité de stocker l'énergie thermique dans le sol pour une utilisation ultérieure (géostockage).
- Enfin, les réseaux de froid renouvelables, basés sur la mutualisation des besoins énergétiques et l'exploitation de sources locales (géothermie, eaux d'exhaure, cours d'eau...), sont une solution prometteuse pour les zones urbaines denses, offrant une efficacité énergétique accrue sans pollution sonore ni visuelle.

Le marché actuel de la climatisation

Le marché de la climatisation connaît une croissance significative, avec une augmentation constante des ventes passant d'environ 350 000 unités vendues en 2014 à plus de 800 000 unités en 2020. Cela a conduit à une hausse des taux d'équipement, atteignant 25% pour les ménages résidentiels et un taux de surface climatisée de 40% pour le secteur tertiaire en 2020¹⁷.

Le secteur tertiaire est plus équipé que le résidentiel. En effet, les grands immeubles de bureau sont systématiquement équipés avec des groupes froids (chillers) alimentant des boucles d'eau glacée, alors que les plus petits immeubles recourent majoritairement à des systèmes centralisés multi-split à débit de réfrigérant variable (DRV). Les entrepôts logistiques et les bâtiments des grandes surfaces commerciales utilisent pour leur part majoritairement des systèmes de type « Roof Top ».

Le taux d'équipements moyen de 25% pour les ménages recouvre de fortes disparités. Les habitants en maison individuelles sont 31% à posséder un équipement de climatisation contre 20% en logement collectif. Le type d'équipement varie également. Les climatiseurs mobiles (monobloc ou split-système) ou fixe (split-système ou monobloc) sont plus souvent présents dans les appartements alors que les propriétaires de maisons individuelles privilégiennent davantage les PAC (pompe à chaleur) réversibles. Ainsi, les occupants d'appartements utilisent plus souvent des climatiseurs mobiles (40% contre 30%), des équipements nettement moins performants que les autres catégories de climatiseurs, ce qui tend à accroître le ratio de consommation d'électricité par mètre carré. Les taux d'équipement sont aussi marqués socio-économiquement : 37% des professions libérales, cadres et professions intellectuelles

¹⁵ Solutions qui vont consommer de l'énergie pour produire du rafraîchissement ou du froid

¹⁶ <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6791-brasse.html>

¹⁷ D'après les données du syndicat professionnel Uniclima. - Etude ADEME - CODA Stratégies « La climatisation de confort dans les bâtiments résidentiels et tertiaires »

supérieures sont équipés contre seulement 19% des ménages dont la personne de référence est sans emploi ou inactive.

L'étiquette énergie

La climatisation est une solution à étudier avec précaution, le risque à se précipiter pour acheter du matériel au moment d'une canicule est d'acquérir un produit peu fiable, peu efficace, gourmand en énergie, qui coûtera cher à l'usage et contribuera à l'effet d'îlot de Chaleur Urbain.

L'étiquette énergie permet d'identifier les climatisations et les pompes à chaleur réversibles avec la meilleure classe énergétique possible (A+++ selon les technologies). Un point de vigilance toutefois : la classe A est la moins performante autorisée sur le marché actuellement pour les climatiseurs mobiles. Ce qui induit un biais cognitif car on pourrait penser a priori qu'un produit classé A a un bon rendement énergétique.

Pour comparer et classer les performances des différents systèmes et trouver les produits offrant le meilleur rapport qualité-prix, le Guide TOPTEN¹⁸ est la référence pour choisir des équipements en fonction de leur performance, caractéristiques techniques, dont le coût à l'usage ou encore le bruit généré.

Les climatiseurs monoblocs sont en général peu coûteux, mais peu puissants, bruyants et très énergivores, en particulier les monoblocs mobiles à simple ou double conduit. Ces derniers, même bien classés, sont moins performants que des appareils fixes mal classés. A noter que le guide TOPTEN inclut également les brasseurs d'air.

Dans les cas d'usage impératif de la climatisation, l'ADEME rappelle qu'il sera essentiel de conserver les bons réflexes pour limiter au maximum les apports solaires directs ou indirects et donc le besoin de froid, et de ne pas utiliser la climatisation avec une température de consigne inférieure à 26°C). A titre d'exemple passer d'une consigne de 23 °C à 26 °C divise la consommation par 4,2 à Paris, par 3 à Lyon et par 2,5 à Montpellier¹⁹.

Un impact avéré sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain

L'intensification des vagues de chaleur et de l'effet d'îlot de chaleur urbain augmentera la vulnérabilité de tous les territoires, et en particulier des habitants des villes et de leurs habitants tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments, du fait du phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Il est important de noter que **les systèmes de climatisation sur air extérieur rejettent de la chaleur dans l'air extérieur, contribuant ainsi à l'aggravation de la surchauffe urbaine**. Une étude de modélisation²⁰ appliquée à l'échelle de la région Île-de-France montre que l'utilisation généralisée de la climatisation pourrait augmenter les températures extérieures jusqu'à 2°C à Paris, voire davantage en cas de canicules extrêmes. En cas de vague de chaleur plus intense que celle de 2003, l'augmentation pourrait être beaucoup plus importante, dépassant par exemple 3,6°C pour les canicules les plus extrêmes projetées pour les années 2030.

Limiter l'impact des solutions de rafraîchissement qui accentuent la surchauffe locale (comme la climatisation fonctionnant avec des équipements qui rejettent de la chaleur dans l'air extérieur) constitue donc une priorité, et la recherche de sobriété en matière de rafraîchissement est ainsi primordiale pour ne pas agraver la situation lors des vagues de chaleur. Les solutions de rafraîchissement qui accentuent

¹⁸ <https://www.guidetopten.fr/>

¹⁹ Source Etude ADEME - MICO 2024 - <https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/1189-modelisation-et-evaluation-des-impacts-environnementaux-de-produits-de-consommation-et-biens-d-equipement.html>

²⁰ Viguie, Vincent, Aude Lemonsu, Stephane Hallegatte, Anne-Lise Beaulant, Colette Marchadier, Valery Masson, Gregoire Pigeon, et Jean-Luc Salagnac. 2020. « Early Adaptation to Heat Waves and Future Reduction of Air-Conditioning Energy Use in Paris ». Environmental Research Letters 15 (7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6a24>.

la surchauffe locale doivent donc être le plus possible évitées et, si elles sont la seule solution, leur utilisation doit être limitée au maximum.

Les émissions de GES par la climatisation

L'utilisation de la climatisation a généré l'équivalent de 4,4 millions de tonnes de CO₂ en 2020 (soit environ 5% des émissions totales de la France), dont 3,5 liées aux gaz frigorigènes (fuites et récupération partielle en fin de vie) et 0,9 liés à la consommation de CO₂ par les équipements²¹.

L'impact important des fluides frigorigènes est désormais bien cerné et a été pris en compte par les différents accords internationaux sur le climat. En ce qui concerne plus spécifiquement l'Europe et la France, la réglementation européenne « F-GAS » adoptée en 2014 s'est fixée pour objectif de diviser par 5 les émissions de GES liées aux fluides frigorigènes à l'horizon 2030.

Les fluides frigorigènes

Les fluides frigorigènes classiquement utilisés dans les climatiseurs et pompes à chaleur sont de très puissants gaz à effet de serre : leur impact peut être de plusieurs centaines ou milliers de fois supérieur à la quantité équivalente de CO₂. Par exemple, le fluide le plus courant, qui est le R410, a un PRG (Potentiel de Réchauffement Global) de 2038, ce qui signifie qu'1kg de R410 émet autant de gaz à effet de serre que 2038 kg de CO₂. Le R32, utilisé en substitution du R410 dans de nombreux climatiseurs, a quant à lui un PRG de 675.

La réglementation européenne « F-GAZ » 517/2014/UE adoptée en 2014 s'est fixée pour objectif de diviser par 5 les émissions de GES liées aux fluides frigorigènes à l'horizon 2030, en particulier via une régulation du secteur de la réfrigération et de la climatisation à travers des normes de plus en plus ambitieuses (maintenance et contrôle des équipements mais également et surtout recours à des fluides au PRG moindre, comme par exemple les fluides frigorigènes naturels comme l'ammoniac R717, le dioxyde de carbone R744 et le propane R290). Fin février 2024, le règlement européen F-GAZ a été révisé, il fixe notamment un calendrier d'interdiction de mise sur le marché et de restriction d'utilisation des fluides frigorigènes d'ici à 2032 pour les pompes à chaleur et les climatiseurs selon les puissances, les technologies (monoblocs, bi-blocs, etc.) et autres critères techniques.

L'évolution de la consommation d'énergie de la climatisation à 2050

En 2020, la **consommation totale des systèmes de climatisation** s'est élevée à 15,5 TWh, dont 10,6 TWh dans le secteur tertiaire (bureaux et commerces représentent la majeure partie de cette consommation) et 4,9 TWh dans le résidentiel (les maisons individuelles étant les plus gros consommateurs)²².

L'intensification des vagues de chaleur entraînera une augmentation de la demande d'électricité pour la climatisation. Les scénarios de transition énergétique de l'ADEME montrent des variations significatives dans la consommation de climatisation, allant de 6 TWh (dans une démarche de sobriété) à 27 TWh en 2050. La rénovation des bâtiments, les températures de consigne plus élevées et l'utilisation d'équipements efficaces pourraient contribuer à réduire ces consommations. Toutefois, la baisse de la demande d'électricité pour le chauffage étant légèrement plus intense que la hausse pour la climatisation, l'impact total sur la demande en électricité des évolutions des besoins de froid et de chaleur est globalement faible en énergie annuelle.

Les appels de puissance liés à la climatisation pourront, sur des épisodes de très forte chaleur, approcher 35 GW (contre un peu plus de 20 GW aujourd'hui). Néanmoins, les études de sécurité d'approvisionnement des différents scénarios de RTE indiquent qu'il n'y a pas de contraintes d'approvisionnement spécifiques aux vagues de chaleur, la production d'électricité étant suffisante sur

²¹ Etude ADEME - CODA Stratégies « La climatisation dans le bâtiment – Etat des lieux et prospective 2050 »

²² Etude ADEME - CODA Stratégies « La climatisation dans le bâtiment – Etat des lieux et prospective 2050 »

ces périodes. Le pic de production solaire, déjà relativement en phase avec le pic de demande de climatisation, devrait pouvoir être mieux exploité pour satisfaire la demande de climatisation, et ce d'autant plus que la production solaire est peu sensible aux impacts du changement climatique. En effet, dès 2035, RTE prévoit une capacité photovoltaïque installée variant entre 55 et 90 GW, soit bien au-dessus de l'appel de puissance de 35 GW projeté en 2050, ce qui permettrait au solaire de couvrir par ailleurs d'autres usages flexibles (électroménager...). L'accroissement de puissance appelée devrait donc pouvoir être satisfait pour l'essentiel par le photovoltaïque, tout particulièrement si on respecte les préconisations de RTE de positionner les consommations flexibles et en particulier la climatisation sur les plages de production solaire maximale. C'est pourquoi RTE conclut qu'en été, lors des périodes sans vent, les moyens de production sont de manière générale suffisants pour couvrir la consommation, même sans recourir aux imports. Ceci suppose cependant que la capacité de production électrique non photovoltaïque ne soit pas trop impactée par les vagues de chaleur.

Ce schéma sera d'autant plus possible et fonctionnel avec des bâtiments adaptés aux vagues de chaleur, dotés d'une forte inertie couplée à une bonne isolation, des protections solaires efficaces, etc. car cela pourrait permettre de stocker un maximum de froid dans les bâtiments et ainsi limiter à la fois l'usage de la climatisation et faciliter son usage sur les plages horaires préconisées par RTE. L'efficacité du stockage de froid dans le bâtiment en profitant des heures suggérées devra être comparée avec celle de la ventilation naturelle la nuit, qui est probablement moins énergivore, mais qui pourrait peut-être apporter moins de confort.

A noter cependant que les modèles sous-tendant les projections de consommation et de puissance associés à la climatisation sont moins matures que ceux sur les autres usages thermiques (chauffage, eau chaude sanitaire), du fait de la relative nouveauté de cet usage. Aussi, il sera nécessaire de les affiner pour améliorer la capacité collective à projeter ces consommations et appels de puissance.

LA PLANIFICATION : UNE COMPETENCE INCONTOURNABLE DES COLLECTIVITES POUR ANTICIPER LE RECHAUFFEMENT

Afin de prévenir et de limiter l'ensemble des impacts du changement climatique et des vagues de chaleur, l'État met en place plusieurs actions dont des actions intégrées dans le Plan National d'Adaptation au changement Climatique (PNACC), le plan d'anticipation des vagues de chaleur²³ et un dispositif sur les risques sanitaires lié aux canicules²⁴, ces deux derniers plans permettant de gérer concrètement et du mieux possible les situations lorsque qu'elle se présentent.

En matière de planification urbaine et stratégique, l'adaptation au changement climatique (et donc le rafraîchissement urbain) est inscrite dans le Code de l'urbanisme et est un enjeu qui doit obligatoirement être traité dans les documents d'urbanisme. Il est fondamental que les collectivités territoriales se saisissent pleinement et massivement du sujet. Pour les aider à élaborer une politique d'adaptation au changement climatique, elles peuvent s'appuyer sur la démarche TACCT²⁵ allant du diagnostic de vulnérabilité jusqu'au suivi des mesures et à l'évaluation de la stratégie. Les collectivités sont également directement compétentes pour la mise en œuvre et le déploiement des infrastructures qui permettront de favoriser le rafraîchissement (aménagement des rues, solutions fondées sur la nature, réseaux de chaleur et de froid...).

Enfin, sur le plan européen, la directive sur l'efficacité énergétique adoptée le 13 septembre 2023 prévoit spécifiquement que les villes de plus de 45 000 habitants seront tenues d'élaborer et de mettre en œuvre des plans locaux détaillés visant à optimiser la résilience des systèmes de chauffage et de refroidissement des bâtiments.

²³ <https://www.ecologie.gouv.fr/vagues-chaleur-plan-national-anticiper>

²⁴ <https://www.santepubliefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/notre-action/#tabs>

²⁵ <https://tacct.ademe.fr/>

PRECONISATIONS

Face à cette situation, l'ADEME émet les recommandations suivantes :

Se préserver dès aujourd’hui des vagues de chaleur

1. **Adopter des bons gestes** : limiter l'ensoleillement direct, empêcher l'entrée d'air chaud pendant la journée, réduire les apports de chaleur à l'intérieur des bâtiments et évacuer l'air chaud pendant la nuit. L'installation de brasseurs d'air ou de ventilateurs améliore également le confort des occupants, que les bâtiments soient équipés de climatisation ou non.
2. **Adopter la bonne température de consigne** : pour les bâtiments équipés de système de production de froid, adopter une température de consigne d'au moins 26°C contribuera à réduire l'impact de ces équipements sur le système électrique, tout en apportant le confort nécessaire.
3. **Utiliser les équipements lors des pointes de production d'électricité photovoltaïque** : utiliser ces systèmes préférentiellement sur la plage 11h-18h selon les préconisations de RTE contribuera à préserver le système électrique. Plus généralement, il s'agira aussi de déployer des systèmes pilotables pour s'adapter notamment à la production d'électricité.
4. **Anticipation des aménagements et travaux** : Il est essentiel d'anticiper les aménagements et travaux pour mieux gérer les épisodes de fortes chaleurs. Cela inclut l'installation de protections solaires, l'isolation des bâtiments, le choix de couleurs claires pour les toits, murs et volets, la mise en place d'une gestion intégrée et durable des eaux pluviales ou encore la plantation d'arbres et de haies pour fournir de l'ombre tout en assurant une ventilation adéquate. Sur ce dernier aspect, l'outils d'aide à la décision Sésame²⁶ d'identifier les espèces les plus à même de produire les services attendus dans le cadre de projets d'aménagement ou de végétalisation (faire de l'ombre sur les façades Sud et Ouest en priorité, sans bloquer la ventilation naturelle, en utilisant des essences peu consommatoires en eau afin d'éviter de contribuer au phénomène du Retrait Gonflement d'Argile, ou encore adaptées au climat local et présent et futur).
5. **Au-delà du bâtiment : agir en cohérence à l'échelle de la parcelle, du quartier et de la ville**. Il est nécessaire d'agir simultanément et en cohérence sur le rafraîchissement à l'intérieur des bâtiments et sur le rafraîchissement urbain. Le service numérique « Plus fraîche ma ville »²⁷ est un outil adapté pour aider les collectivités dans le choix de solutions de rafraîchissement urbain pérennes et durables.

« Plus Fraîche ma Ville » : Un outil pour proposer des solutions clefs face à la surchauffe urbaine

« Plus fraîche ma ville » est un outil numérique d'aide à la décision sur le rafraîchissement urbain. Soutenue par l'Association des Maires de France, « Plus fraîche ma ville » a pour ambition d'accompagner les collectivités dans leurs choix de solutions durables de rafraîchissement urbain adaptées à leurs contexte et besoins. L'outil offre une approche des solutions déclinées selon différents espaces urbains d'intervention, des retours d'expérience de villes françaises les ayant déjà déployées, et est alimenté en continue par les nouveaux retours d'expériences des collectivités, ce qui permet d'enrichir son panel de solutions.

²⁶ <https://sesame.cerema.fr/>
²⁷ <https://plusfraichemaville.fr/>

Mieux connaître les inégalités face aux impacts des vagues de chaleur, et agir

6. **Renforcer la recherche et l'observation sur les disparités, notamment sociales** dans la capacité des ménages à faire face aux vagues de chaleur, afin de concevoir des politiques pour réduire ces inégalités. De la même manière, développer la connaissance des entreprises et industrie en difficulté aujourd'hui ou demain face aux vagues de chaleurs, est indispensable pour développer des solutions adaptées aux différents cas de figure.
7. **Tenir compte dès aujourd'hui des inégalités**, en mettant en œuvre des mesures simples pour atténuer la vulnérabilité aux vagues de chaleurs dans les logements pour les ménages précaires ou sensibles, ainsi que pour les entreprise et industrie les plus vulnérables, et **introduire dans la définition de la décence des logements une dimension « vagues de chaleur »**. La première étape consiste à définir les caractéristiques d'un logement décent face aux vagues de chaleur, en tenant compte de leur impact sur la santé, la précarité et la sécurité des occupants.

Investir dans l'enveloppe et la résilience des bâtiments pour limiter l'utilisation de la climatisation et réduire le besoin de froid

8. **Concevoir des bâtiments neufs adaptés au climat futur** : Les nouveaux bâtiments doivent être conçus dès maintenant pour s'adapter au climat prévu pour 2100, ce qui nécessite des évolutions de la RE2020. A noter que les travaux sur ce sujet sont engagés.
9. **Inclure l'adaptation aux vagues de chaleur dans la politique de rénovation thermique** : Les programmes de rénovation thermique, notamment via des dispositifs comme France Rénov pour l'habitat et le Dispositif Eco-Energie Tertiaire pour les bâtiments tertiaires, doivent désormais prendre en compte l'adaptation aux vagues de chaleur. En particulier, certaines aides publiques devraient être conditionnées à l'installation de solutions de prévention des surchauffes (ex : protections solaires efficaces sur les bâtiments, etc.) ou de seuils de performance à atteindre sur le confort. En particulier, continuer les travaux engagés sur le DPE pour qu'il intègre progressivement et pleinement l'adaptation aux vagues de chaleur et au changement climatique.
10. **Développer les retours d'expérience et faire monter en compétence l'ensemble des acteurs de l'immobilier et du bâtiment** : Dans ce large secteur, encore trop peu de projets de rénovation intègrent véritablement la résilience face à l'augmentation de l'intensité et de la durée des vagues de chaleurs. Ces initiatives sont à la fois insuffisamment répandues et ne font pas assez l'objet d'un suivi et d'une évaluation des résultats. Elles doivent également servir de base pour développer la **formation et l'information** des acteurs impliqués dans la conception, la construction, la rénovation et l'occupation des bâtiments.
11. **Agir sur l'ensemble des bâtiments**. Pour ceux concernés par des contraintes architecturales fortes, un travail de concertation est nécessaire avec les Architectes des Bâtiments de France, les collectivités territoriales et le Ministère de la Culture afin de concilier préservation de l'architecture, baisse des consommations d'énergie et adaptation aux nouvelles conditions climatiques (comme l'intégration de protections solaires).

Recourir à des solutions de refroidissement performantes

12. **Privilégier les solutions de rafraîchissement les plus respectueuses de l'environnement** : Les solutions comme la géothermie, le géocooling, le géostockage, les puits climatiques et les réseaux de froid doivent être privilégiées, en particulier dans le secteur tertiaire et l'habitat collectif. Il est essentiel d'intégrer les besoins de froid dans la planification des réseaux de chaleur et des infrastructures énergétiques, en les associant systématiquement à des solutions de prévention des surchauffes (ex : protections solaires efficaces, comportements adaptés, etc.) pour optimiser l'utilisation de l'énergie, y compris renouvelable, et le dimensionnement des équipements.

13. **Éviter les climatiseurs mobiles** : Il est recommandé d'éviter autant que possible les climatiseurs mobiles. Dans les cas où ils sont nécessaires, il est primordial d'adapter la température de consigne (au moins 26°C) et de les alimenter de préférence par des systèmes photovoltaïques pour réduire leur impact environnemental. Une réflexion sur l'application d'**un malus pour les climatiseurs mobiles les moins performants** permettrait de favoriser les équipements les moins impactant sur l'ensemble de leur durée de vie (efficaces, pilotables, réparables...).
14. **Investir dans l'innovation** : Il est fondamental de continuer à investir dans l'innovation pour développer des solutions passives de refroidissement et des systèmes moins impactant pour l'environnement. Cela inclut le développement de technologies plus performantes, l'utilisation de fluides frigorigènes moins nocifs, ainsi que la prise en compte de l'impact environnemental tout au long du cycle de vie des équipements, de leur fabrication à leur élimination.

Renforcer les politiques de planification et développer des stratégies d'adaptation à toutes les échelles

15. **Renforcer la planification** : en intégrant pleinement la question de l'habitabilité des logements et des conditions de travail dans les bâtiments tertiaires et industriels dans les dispositifs de planification de l'adaptation au changement climatique, à toutes les échelles, du niveau stratégique au niveau opérationnel (PNACC, PCAET, PLUi, voire schéma directeur pour le développement des réseaux de froid).
16. **Inciter les collectivités et les entreprises à développer des stratégies d'adaptation** : Les territoires et les entreprises sont invitées et encouragés à élaborer des stratégies d'adaptation au changement climatique pour faire face aux aléas climatiques actuels et futurs, tout en continuant à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Les entreprises sont ainsi invitées à s'engager dans un parcours d'adaptation au changement climatique et à raisonner résilience de leur chaîne de valeurs, la méthodologie ACT Adaptation²⁸ leur permettant de structurer leur stratégie et de l'évaluer. Quant aux territoires et collectivités, la démarche TACCT²⁹ les aidera à élaborer une politique d'adaptation au changement climatique de « A à Z », du diagnostic de vulnérabilité jusqu'au suivi des mesures et à l'évaluation de la stratégie.

²⁸ <https://actinitiative.org/methodologie-act-nouvelle-methodologie-adaptation/>

²⁹ <https://tacct.ademe.fr/>