

## Tous climatisés en 2050 ? L'adaptation de nos logements au réchauffement climatique

**En France, les vagues de chaleur tuent autant que les accidents de la route. Nos bâtiments, conçus pour conserver la chaleur, sont inadaptés face aux canicules qui s'intensifient, alors comment les rendre vivables ? Au rythme des ventes actuelles, en 2050, 80 % des logements seront équipés d'une climatisation. Un plébiscite souvent qualifié de « maladaptation » environnementale, mais dont les risques sont surtout sociaux.**

L'été 2003 restera dans les mémoires comme l'un des plus meurtriers en Europe, avec plus de 70 000 morts, dont près de 15 000 en France. Durant plus de quinze jours, les températures ont dépassé les 35°C, atteignant des records au-delà de 40°C. Les hôpitaux débordés, les personnes âgées isolées, les services publics à bout de souffle : les conséquences furent dramatiques. Les autorités ont réagi en mettant en place un plan d'urgence : renforts pour les hôpitaux, distribution d'eau et de nourriture, et mesures de prévention.

Cette canicule a révélé les failles du système de santé et la nécessité d'anticiper les épisodes de fortes chaleurs. Car elles reviendront, plus fréquentes et plus intenses, en raison du réchauffement climatique. D'après Météo France, les vagues de chaleur ont été multipliées par trois sur la période 1985-2020 par rapport à la période 1950-1985, et continueront à doubler en fréquence d'ici 2050, pour devenir quasi annuelles.

Certes, de telles températures existent déjà dans de nombreux pays du Sud. Mais, habitués par des siècles de chaleur, ils ont développé des comportements et des infrastructures adaptés. En France, nos comportements et nos villes ne sont pas prêts pour ces températures extrêmes. Franck Lirzin dans *Paris face au changement climatique* décrit le cas pathologique de notre capitale : « Depuis la rotonde en simple vitrage du Grand Palais, jusqu'aux musées [...] bâtis les pieds dans l'eau, en passant par ses brûlants toits en zinc, Paris expose à l'œil averti sa totale inadéquation avec son futur climatique ». Les comportements individuels,



comme le défaut d'hydratation ou la mauvaise gestion de l'aération, aggravent les effets de la canicule. Nos logements ont été historiquement pensés pour capter et retenir la chaleur : une analyse des dix millions de DPE réalisés depuis 2021 indique que 78 % des logements diagnostiqués présentent un confort d'été insuffisant ou moyen. Alors, comment s'adapter ?

### Comment éviter le traumatisme de 2003 ?

Depuis 2003, des mesures ont été mises en place, au premier rang desquelles le Plan National Canicule. Elles ne suffiront pas. La chaleur, en 2022, causait encore 2 816 décès supplémentaires – presque autant que de morts sur la route.

Il est donc crucial d'adapter nos comportements, nos villes, et surtout nos logements. Les Français se tournent de plus en plus vers la climatisation, mais cela ne doit pas être la seule réponse. Une adaptation plus durable et équitable est nécessaire pour faire face à ces futures canicules.

### *Le neuf : de retardataire à premier de cordée ?*

Le secteur du bâtiment s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre, aboutissant à des réglementations de plus en plus strictes. La réglementation thermique de 2012 (RT2012) avec son plafond de consommation énergétique de 50 kWhEP/m<sup>2</sup>/an, visait à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Par opposition, les exigences de confort d'été étaient très légères, ce qui a conduit à la conception de logements pensés pour capter et retenir la chaleur, surnommés « thermos » ou « bouilloires thermiques », qui se retournent contre leurs occupants lors des canicules. Les données de l'ADEME le confirment : 20 % des logements construits d'après les normes de la RT2012 ont un confort d'été jugé bon, contre 32 % des logements construits avant cette réglementation. Un paradoxe largement médiatisé depuis quelques étés.

Il y a donc tension entre adaptation (confort d'été) et atténuation (efficacité hivernale). Pour corriger cela, la réglementation RE2020 a été introduite, prenant en compte le confort d'été de manière plus rigoureuse. Une nouvelle métrique, les Degré-Heures d'Inconfort (DHI), rend plus finement compte de la souffrance des habitants dans le logement. Si le bâtiment est trop inconfortable, on considère que les habitants chercheront à se climatiser, et on impute au logement les consommations correspondantes. Plus possible d'atteindre des objectifs hivernaux en sacrifiant le confort estival.

Cependant, la filière ne s'est pas pleinement emparée de ces outils : les maîtrises d'ouvrage ne proposent pas spontanément d'inclure ces éléments dans la conception des bâtiments, qui sont encore trop souvent construits sans prendre en compte cette problématique.

### *Des bâtiments existants déjà jugés inconfortables*

De fait, **environ 80 % des logements de 2050 sont déjà construits aujourd'hui**. D'après les diagnostics de performance énergétique (DPE) réalisés depuis 2021, 43 % d'entre eux ont un confort d'été moyen et 35 % un confort insuffisant. La majorité des logements nécessitent donc des adaptations pour améliorer leur habitabilité. Toutefois, adapter les règles de construction aux bâtiments existants est complexe en raison de la diversité des constructions et des contraintes locales. « Adapter son logement » ne voudra pas dire la même chose pour un propriétaire avec jardin en zone rurale (qui pourra se tourner vers un système géothermique haut-de-gamme) que pour un locataire en centre-ville près d'un monument classé (qui aura du mal à installer des volets).

Pris entre des températures qui montent, des logements dépassés, et un foisonnement peu lisible de solutions de rafraîchissement, 25 % des propriétaires se sont déjà équipés de **climatisation**. D'après l'ADEME, à ce rythme, **95 % des Français en seront équipés en 2050**. Ce plébiscite suscite une vive controverse. Ses défenseurs la considèrent comme une technologie mature, simple, efficace et une solution spontanée à encadrer par l'État. Ses détracteurs la voient comme une technologie érogivore, polluante et une adaptation inégalitaire, une maladaptation qui aggrave les vulnérabilités au lieu de les résorber, et que l'État devrait réguler.

Faut-il se rafraîchir au risque d'aggraver le réchauffement climatique ? Serons-nous tous climatisés en 2050 ? Pour éclairer ce débat, il faut traiter deux questions :

- quelles sont les alternatives à la climatisation ? Peuvent-elles suffire à assurer le confort thermique ?
- la climatisation est-elle une maladaptation ?

### **Quelles solutions pour améliorer le confort thermique ?**

Un large éventail d'options existe, mais leur diversité rend difficile le choix des citoyens. Les alternatives varient de simples techniques passives à des solutions technologiques avancées.

#### *Les techniques de base et passives*

**Aération et occultation** : Les méthodes ancestrales, comme aérer durant les heures fraîches et empêcher l'entrée du soleil en journée, peuvent réduire la température intérieure jusqu'à -5°C, mais leur mise en œuvre est parfois limitée par des contraintes de sécurité, de bruit ou de réglementation patrimoniale.

**Isolation thermique** : L'isolation est généralement bénéfique, mais mal réalisée elle peut aggraver la chaleur en été : ce sont les fameuses « bouilloires thermiques ». Il est crucial d'intégrer la réflexion sur le confort d'été dans toute rénovation globale.

#### *Les solutions actives*

**Ventilation et déshumidification** : Les ventilateurs et les déshumidificateurs améliorent le confort en jouant sur l'humidité et la circulation de l'air plutôt que sur la température elle-même. Leur efficacité est cependant limitée, et la recherche sur leur potentiel est encore embryonnaire.

**Pompes à chaleur (PAC) à eau** : Ces systèmes peuvent offrir un rafraîchissement limité, mais sont plus éco-énergétiques et contribuent moins aux îlots de chaleur urbains, surtout les PAC géothermiques. Il est impératif pour cela que le logement ait des diffuseurs adaptés : radiateurs ventilo-convecteurs ou plancher chauffant. Ceux-ci sont cependant peu courants chez les particuliers.

**Réseaux de froid** : Les réseaux de froid, similaires aux réseaux de chauffage urbain, représentent une alternative prometteuse. Ils permettent un refroidissement plus efficace et collectif, mais sont actuellement inaccessibles pour les particuliers en raison des coûts et des travaux nécessaires.

#### *Les solutions innovantes*

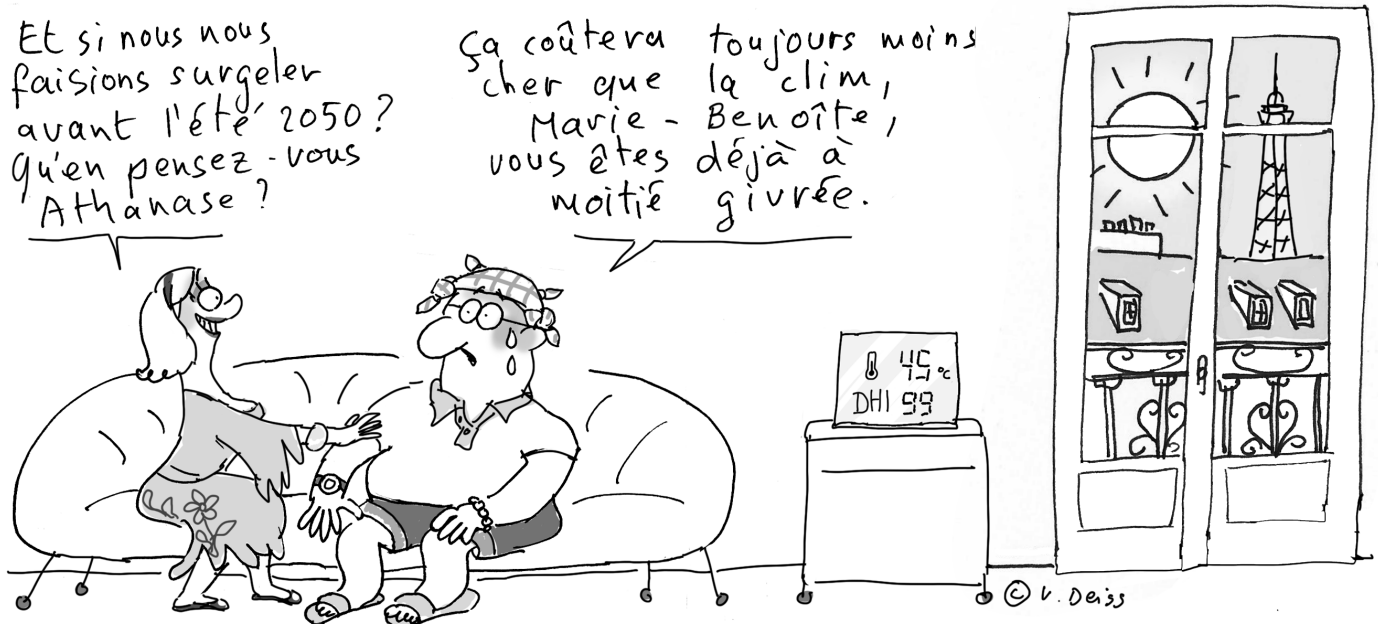
**Végétalisation des toits** : Efficace en outre-mer, cette solution est moins applicable dans les étés secs de métropole et nécessite des structures adaptées pour supporter la végétation.

**Cool-roofing** : Peindre les toits en couleurs réfléchissantes réduit l'apport solaire, mais peut augmenter les besoins de chauffage en hiver, ce qui pourrait ne pas être optimal pour atténuer le changement climatique.

#### *Les solutions passives ne suffiront pas*

Des études, comme Résilience de l'ADEME ou LoPacc du CSTB, montrent que les solutions passives seront

**« D'après les diagnostics de performance énergétique (DPE) réalisés depuis 2021, 43 % des logements ont un confort d'été moyen et 35 % un confort insuffisant. »**



insuffisantes pour rendre les logements vivables face aux vagues de chaleur de 2050. Les systèmes actifs plus économes en énergie, comme les PAC ou les réseaux de froid, seront essentiels pour garantir un confort thermique durable.

Face à ce panel de solutions, la popularité de la climatisation s'explique surtout par sa polyvalence, sa facilité d'installation, et sa capacité à répondre rapidement aux vagues de chaleur en atteignant une température de consigne.

### La climatisation, une maladaptation ?

La climatisation est-elle une maladaptation ? Pour répondre à cette question, étudions les principales critiques qui lui sont faites.

#### « La climatisation émet des gaz à effet de serre »

C'est vrai : la climatisation est un objet manufacturé, souvent loin de France, qui utilise de l'électricité pour fonctionner, et contient des gaz frigorigènes qui contribuent à l'effet de serre s'ils fuient. Mais des efforts massifs ont été engagés par les pouvoirs publics pour relocaliser la production, interdire les gaz frigorigènes les plus mauvais pour le climat, développer le solaire pour une électricité estivale bas-carbone... Enfin, il ne faut pas oublier qu'un climatiseur permet aussi de chauffer, et que pris sur une année complète, il émet trois fois moins qu'un chauffage au gaz ! En prenant en compte tous ces effets, nous calculons qu'en 2070, dans une France climatisée, les climatiseurs n'apporteraient qu'1 Mt d'équivalent de CO<sub>2</sub> par an, soit 2 % de l'empreinte carbone actuelle du secteur du bâtiment.

#### « La climatisation pèse sur notre réseau électrique et fait risquer des blackouts »

Si l'effet sera réel, les projections de RTE montrent que le pic estival restera durablement inférieur au pic hivernal. En outre, l'électricité solaire se développe, produite au moment où l'on a besoin de climatisation : tous les gestionnaires de réseaux rencontrés considèrent ce risque comme maîtrisé.

#### « La climatisation pèse sur notre balance commerciale et met en danger notre souveraineté »

C'est vrai aujourd'hui puisque 80 % des climatisations achetées en France sont produites aux États-Unis ou en Asie. Cependant, la direction générale des Entreprises a annoncé en avril 2024 un plan d'action visant à produire 1 million de pompes à chaleur en France qui diminuerait notre dépendance. Cela suppose toutefois que ce plan soit couronné de succès, ce qui est loin de faire l'unanimité parmi les professionnels du secteur.

#### « La climatisation participe à l'îlot de chaleur urbain en relâchant de l'air chaud dans les rues »

Une étude des Ponts ParisTech a simulé sur l'île de France une canicule similaire à 2003, mais en supposant tous les ménages climatisés. Le résultat est une différence de température allant jusqu'à + 2.4°C dans les rues. Une augmentation réelle mais à mettre en perspective des températures en question, 40 voire 45°C...

#### « La climatisation crée de la précarité énergétique »

La climatisation coûte cher, autant, voire plus, que le

chauffage. En hiver, la précarité énergétique affecte 5,6 millions de foyers. Ces mêmes ménages, mal isolés ou à faibles revenus, vont également souffrir en été. Si l'on a que des climatiseurs énergivores à leur proposer, le même dilemme va apparaître : étouffer ou s'appauvrir.

## L'adaptation pensée comme un chemin : les bailleurs sociaux en première ligne

Une combinaison de solutions passives et actives, soutenue par des politiques publiques et des innovations technologiques, sera donc nécessaire pour adapter efficacement les logements aux changements climatiques futurs.

Si l'impact de la climatisation sur l'environnement ne doit pas être minimisé, peut rester maîtrisé à condition que les mesures passives soient privilégiées par rapport aux mesures actives telles que la climatisation. Celle-ci peut alors être vue comme **un dernier recours et non plus comme un tabou**. Il est probable que la tendance d'achat de climatiseurs se poursuive pour les Français les moins en difficulté financièrement.

En revanche, le coût élevé de la climatisation risque de placer de nombreux ménages dans **une précarité énergétique d'été**, et il faut construire pour eux d'autres chemins d'adaptation.

### Les bailleurs sociaux évoluent dans un environnement contraint

Il existe une catégorie d'acteurs confrontés dès aujourd'hui à cet enjeu : les bailleurs sociaux, qui hébergent environ 17 % de la population, soit 10 millions de Français. Ils font face à quatre types de contraintes.

1. Une contrainte liée à leur parc immobilier : malgré une meilleure performance énergétique globale, les logements sociaux ont été construits avec des normes de construction antérieures privilégiant l'isolation hivernale. Cette approche aggrave l'inconfort thermique des locataires, notamment les plus précaires.
2. Une contrainte de précarité des locataires, qui rend la climatisation financièrement inabordable pour beaucoup.
3. Une contrainte réglementaire croissante, exigeant des rénovations thermiques sous peine de ne plus pouvoir louer certains logements à partir de 2025.
4. La contrainte budgétaire, les bailleurs devant financer des travaux d'adaptation avec des ressources limitées, sans aucune aide. En effet, les financements à faibles taux sont presque tous éco-conditionnés : il faut justifier que l'opération financée conduit à des économies d'énergie. Or, les travaux d'adaptation qui évitent un recours futur à la climatisation ne sont pas des économies d'énergie !

### Les bailleurs sociaux sont devenus pionniers d'une adaptation alternative

Malgré ces contraintes, ils montrent une réelle volonté d'action, et ont développé une méthodologie d'adaptation permettant d'amener la bonne solution au bon endroit au bon moment.

- La prise de conscience vient du terrain, avec les retours des locataires et enquêtes.

- Le diagnostic, reposant sur des méthodes internes ou sur des outils développés par la recherche, permet de déterminer les bâtiments qui nécessitent une intervention en priorité.

- La recherche de solutions exclut la climatisation au profit d'options comme l'isolation, les brasseurs d'air, et les réseaux de froid collectifs, ajustés selon la vulnérabilité des résidents et la géographie.

- Le financement reste une barrière majeure. L'éco-conditionnement des prêts contraint les bailleurs à financer les travaux d'adaptation au prix fort, parfois directement sur leurs fonds propres.

- La mise en œuvre des adaptations est également entravée par la pénurie de main-d'œuvre qualifiée.

Demain, cette méthodologie devrait concerner un grand nombre d'acteurs, des particuliers précaires à l'immobilier de l'État. Pour encourager cette approche, il faut leur proposer **un accompagnement et des moyens financiers centrés sur l'adaptation**, et ce dès aujourd'hui.

## En 2050 : tous adaptés !

L'effort de rénovation des logements est encore devant nous : il est urgent qu'il intègre le confort d'été pour que nous soyons **tous adaptés en 2050**. Ignorer cette urgence serait condamner une partie de la population à subir les affres du réchauffement climatique, créant ainsi une fracture sociale supplémentaire. Il est temps de repenser nos espaces de vie pour **un avenir supportable pour tous**.

*Antoine Bultel et Camille Gay-Bellile Celiér,  
ingénieurs des mines*

### La Gazette de la Société et des Techniques

La Gazette de la Société et des Techniques a pour ambition de faire connaître des travaux qui peuvent éclairer l'opinion, sans prendre parti dans les débats politiques et sans être l'expression d'un point de vue officiel. Elle est diffusée par abonnements gratuits. Vous pouvez en demander des exemplaires ou suggérer des noms de personnes que vous estimez bon d'abonner.

Vous pouvez consulter tous les numéros sur le web à l'adresse :  
<https://annales-des-mines.org/gazette-societe-techniques/>

### RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS Dépôt légal Janvier 2025

#### La Gazette de la Société et des Techniques

est éditée par les *Annales des Mines*  
120, rue de Bercy – télédéc 797 – 75012 Paris  
<https://www.annales.org/gazette.html>  
Tél. : 01 42 79 40 84 – Mél. : michel.berry@ecole.org  
N° ISSN 1621-2231

**Directeur de la publication :** Grégoire Postel-Vinay

**Rédacteur en chef :** Michel Berry

**Illustrations :** Véronique Deiss

**Réalisation :** Alexia Kappelmann

**Impression :** service de reprographie du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

