

Climatisation : maladaptation ou nécessité face au réchauffement climatique ?

Publié en ligne le 25 juin 2026 - [Climat](https://www.afis.org/Climatisation-maladaptation-ou-necessite-face-au-rechauffement-climatique) - <https://www.afis.org/Climatisation-maladaptation-ou-necessite-face-au-rechauffement-climatique>

Symbole de confort moderne pour les uns, aberration écologique pour les autres, déjà vital pour certains [1], l'usage de la climatisation est fortement débattu. Alors que le réchauffement climatique rend nos étés de plus en plus torrides, elle s'installe progressivement dans les foyers et déclenche son lot de débats et d'idées reçues. Est-ce une technologie particulièrement énergivore et polluante ? Y a-t-il des alternatives préférables ? Peut-on vraiment parler de maladaptation [2] ? Cet article propose de faire le point, en s'appuyant sur les données scientifiques disponibles, pour distinguer les faits des mythes.

Un peu d'histoire

L'idée de rafraîchir l'air est ancienne. Dès 1842, le médecin américain John Gorrie conçoit une machine à fabriquer de la glace pour soulager ses patients atteints de fièvre jaune. Mais c'est en 1902 que naît la climatisation moderne, grâce à l'ingénieur Willis Haviland Carrier. Sa mission initiale n'était pas le confort des humains, mais le contrôle de l'humidité dans une imprimerie de Brooklyn, qui empêchait une impression correcte des couleurs. Son invention, qui permettait de maîtriser à la fois la température et l'hygrométrie, posait les bases de la technologie actuelle.



Un petit coup contre le froid, Erskine Nicol (1825-1904)

Le développement de la climatisation est indissociable de celui des fluides frigorigènes. Ceux-ci doivent avoir une température de changement d'état (liquide-gaz) proche de la température ambiante. Dans les années 1930, l'ingénieur et chimiste Thomas Midgley Jr. met au point les chlorofluorocarbures (CFC), plus connus sous le nom de marque « Fréon ». Jugés miraculeux car stables et non toxiques, ils démocratisent le réfrigérateur et le climatiseur. Il faudra attendre les années 1970 pour découvrir leur effet dévastateur sur la couche d'ozone.

Après la Seconde Guerre mondiale, la climatisation conquiert le grand public, notamment aux États-Unis, transformant l'économie et la démographie de régions entières comme la Sun Belt (les températures d'été de la Floride, de l'Arizona et du Texas étaient jusqu'alors un repoussoir) [3]. Aujourd'hui, elle est devenue un équipement de masse dans de nombreux pays et on estime qu'il existe deux milliards d'unités en fonctionnement dans le monde [4].

Quels impacts néfastes ?

Les critiques adressées à la climatisation se concentrent sur trois points : sa consommation énergétique, la pollution des fluides frigorigènes en cas de fuite (durant l'utilisation comme en fin de vie) et le rejet de chaleur dans l'environnement.

La consommation énergétique

Un appareil de climatisation consomme de l'énergie électrique. RTE, le gestionnaire du réseau de transport, estime que les appareils de climatisation en France ont consommé, en 2020, 26 TWh (6,3 pour le résidentiel, 19,7 pour le tertiaire), et que cette consommation pourrait monter à 32 TWh à l'échéance 2035, principalement du fait de la croissance du taux d'équipement dans le résidentiel [5]. Cette consommation resterait bien inférieure à celle du chauffage électrique (y compris les pompes à chaleur) qui était de l'ordre de 62 TWh en 2020. À titre de comparaison, la consommation électrique totale française est de l'ordre de 450 TWh. L'usage de la climatisation est logiquement plus important en été, en journée et en soirée. Cette consommation est néanmoins assez facilement absorbée par le réseau électrique grâce notamment au parc photovoltaïque dont la production est assez bien en phase avec l'usage de la climatisation (malgré un décalage de quelques heures). Notons que les climatiseurs sont efficaces en énergie, comme les pompes à chaleur, puisque 1 kWh d'électricité permet de fournir 3 à 4 kWh thermiques, en chaud ou en froid (voir encadré ci-dessous « Comment ça marche ? »). Cette efficacité est cependant bien moindre pour les climatiseurs mobiles.

Comment ça marche ?

Mélangez un litre d'eau chaude avec un litre d'eau froide et vous obtenez deux litres d'eau tiède. C'est le sens spontané des transferts thermiques : aller vers une homogénéisation des températures. Un climatiseur, un réfrigérateur ou une pompe à chaleur sont des machines thermodynamiques qui permettent d'aller à l'inverse du

sens naturel des transferts thermiques, de faire un litre d'eau chaude et un litre d'eau froide à partir de deux litres d'eau tiède. Cette opération est réalisée grâce à un travail mécanique (typiquement un compresseur) et un fluide frigorigène qui circule en circuit fermé et change d'état (liquide/gaz) au gré des variations de pression. Le cycle pour un climatiseur se décompose en quatre étapes clés.

1. Le fluide frigorigène, d'abord à l'état liquide, est mis à basse pression à l'aide d'un détendeur, ce qui a pour effet de le refroidir et d'abaisser sa température d'ébullition.
2. Le fluide froid est ensuite mis en contact, via un échangeur de chaleur (le bloc soufflant), avec l'air de la pièce que l'on cherche à refroidir. L'air de la pièce est refroidi, le fluide est réchauffé, ce qui conduit à son évaporation.
3. Le fluide frigorigène, maintenant à l'état gazeux, est alors comprimé (à l'aide d'un compresseur) ce qui a pour effet de le réchauffer et d'augmenter sa température de condensation. C'est cette étape de compression qui consomme le plus d'électricité.
4. Le gaz chaud, sous haute pression, passe alors dans un second échangeur de chaleur, cette fois-ci en contact avec l'extérieur. Le gaz se refroidit et condense (il redevient liquide). Ce faisant, il cède à l'environnement la chaleur captée dans la pièce.

Les climatiseurs peuvent être réversibles : en inversant le cycle, ils captent la chaleur de l'air extérieur (plus froid que le logement) pour la restituer au logement et ainsi le chauffer en hiver. C'est le principe de la pompe à chaleur. Ainsi, en échange d'une consommation électrique pour le compresseur et quelques accessoires (ventilateurs, électronique) on obtient une relativement grande quantité de chaleur ou fraîcheur. L'efficacité de ces machines thermodynamiques est caractérisée par le COP (coefficient de performance) qui compare la chaleur (ou fraîcheur) fournie par rapport à la consommation électrique. Ce coefficient atteint 4 pour les meilleures installations : c'est-à-dire que pour un kWh d'électricité consommé on récupère quatre kWh de chaleur (ou fraîcheur). Ce chiffre est à comparer avec l'efficacité d'un radiateur électrique ou d'une chaudière à gaz, qui est proche de l'unité. Mais pas de magie ici : le premier principe de la thermodynamique, qui pose la conservation de l'énergie, est bien respecté ! Les 3 kWh « gratuits » de notre pompe à chaleur proviennent de l'environnement : on a déplacé 3 kWh d'énergie thermique entre l'extérieur et l'intérieur du logement.

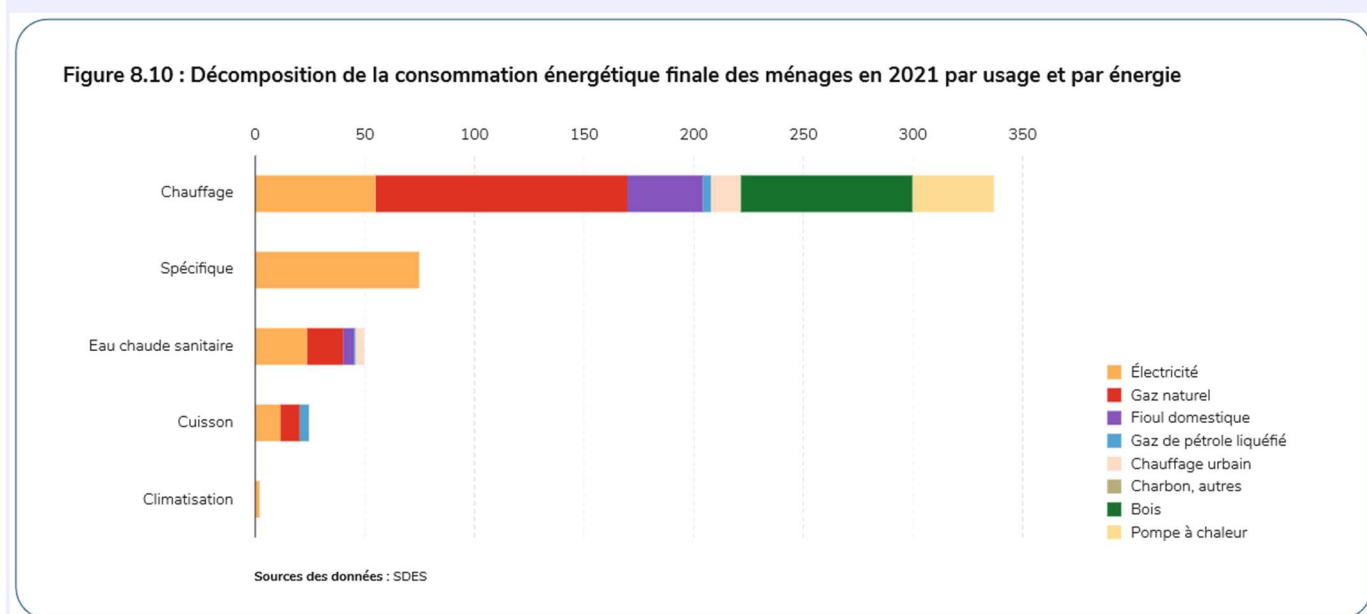


Sous la serre, Dennis Miller Bunker (1861-1890)

Il est intéressant de noter que le confort thermique apporté par les climatiseurs en été est décrié alors que ce n'est pas le cas pour les appareils de chauffage qui apportent un confort similaire en hiver. Et ce particulièrement en France où l'énergie utilisée par les appareils de climatisation (électricité) est peu carbonée, contrairement à l'énergie consommée pour le chauffage qui repose encore beaucoup sur des énergies fossiles (gaz, fioul, GPL, voir la figure). La consommation énergétique de la climatisation en France reste modeste, et restera, selon toute probabilité, bien inférieure à celle du chauffage dans les décennies à venir, malgré le réchauffement et un taux d'équipement en hausse [6]. Ainsi, les émissions de CO₂ associés à la climatisation sont et resteront, en France, très inférieures à celles dues au chauffage.

Répartition de la consommation des ménages

Décomposition de la consommation finale d'énergie des ménages pour les différents usages en France en 2021 (TWh).



Source

RTE, « [Décomposition de la consommation énergétique finale des ménages en 2021 par usage et par énergie : figure 8. 10](#) » in *Bilan électrique 2024*. Sur assets.rte-france.com

L'effet de serre des fluides frigorigènes

Les fluides utilisés dans les climatiseurs ont des caractéristiques bien particulières. Ils sont choisis pour bouillir et se condenser à des températures et pressions bien précises. Comme ils fonctionnent en circuit fermé, les fuites dans l'environnement sont l'exception plutôt que la règle. En pratique, elles surviennent surtout en fin de vie lors de la destruction d'un appareil mais peuvent se produire également en fonctionnement, notamment avec des appareils bas de gamme (compresseur non étanche). Les gaz de première génération avaient le défaut d'être toxiques. Les CFC (chlorofluorocarbures) les ont remplacés à partir des années 1930 et jusqu'aux années 1980, lorsque leur impact néfaste sur la couche d'ozone a été découvert. Les fluides actuels (HFC pour hydrofluorocarbures) sont stables chimiquement, non toxiques et peu impactants pour l'ozone. Cependant, ce sont des gaz à effet de serre très puissant. Il y a typiquement un

kilogramme de fluide frigorigène dans une unité de climatisation. Si ce fluide venait à fuir vers l'atmosphère, il représenterait l'équivalent d'une à deux tonnes de CO₂ en termes de pouvoir réchauffant. Depuis le 1^{er} janvier 2025, les fluides frigorigènes au pouvoir de réchauffement global¹ supérieur à 750 sont interdits dans les nouveaux appareils et la plupart de ceux supérieurs à 150 le seront à partir de 2027 [7]. À cette échéance, l'éventuelle fuite complète d'un appareil de climatisation aura alors un impact réduit à 150 kg d'équivalent CO₂.

Aujourd'hui, les estimations d'émissions de HFC en France – la plus grosse partie étant en lien avec la génération de froid (industriel, tertiaire et résidentiel) – sont de l'ordre de 8 millions de tonnes d'équivalent CO₂ par an, soit 2,4 % des émissions nationales [8]. Poussées par les évolutions réglementaires sur les pratiques et les fluides utilisés, ces émissions sont en diminution rapide, malgré un stock en augmentation. Il est nécessaire que cette tendance se poursuive pour accompagner les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la France.

L'impact des fuites de fluides frigorigènes est donc significatif, bien qu'en diminution et ce malgré un nombre croissant d'appareils en circulation. Cette amélioration s'explique par le renouvellement du parc (notamment automobile) et par les réglementations qui imposent désormais des fluides dont l'impact climatique est drastiquement inférieur à celui des générations précédentes. Un entretien régulier réduit également le risque de fuites durant la vie de l'appareil et une collecte rigoureuse permet de récupérer le fluide afin qu'il ne soit jamais libéré dans l'atmosphère.

Le rejet de chaleur et les îlots de chaleur urbains

La climatisation extrait la chaleur d'un bâtiment pour la rejeter vers l'extérieur, contribuant ainsi au réchauffement de l'atmosphère environnante. La conservation de l'énergie implique que la chaleur totale rejetée en extérieur est la somme de la chaleur extraite de la pièce et de l'énergie électrique consommée par l'appareil. Ainsi, l'apport thermique « net » ajouté à l'environnement extérieur correspond précisément à la consommation électrique du climatiseur, de l'ordre de un à quelques kW. À titre de comparaison, en France, le rayonnement solaire apporte une puissance maximale d'environ 1 kW par m² de surface au sol lors des heures les plus chaudes. Dans les zones rurales ou peu denses, l'impact des climatiseurs sur la température de l'air reste donc négligeable face à l'énergie solaire. En revanche, dans les centres urbains denses où le taux d'équipement est élevé, l'accumulation de ces rejets thermiques devient significative et participe activement au phénomène d'îlot de chaleur urbain (voir l'article [« L'îlot de chaleur urbain »](#) dans ce dossier).

Ce phénomène désigne une hausse localisée des températures, particulièrement marquée la nuit, qui rend les centres-villes nettement plus chauds que les zones rurales périphériques. Il est le résultat de plusieurs phénomènes : d'une part, les matériaux (bitume, béton) qui emmagasinent la chaleur solaire pendant la journée pour la restituer la nuit, d'autre part la réduction de l'évaporation par imperméabilisation des

surfaces, et enfin les activités humaines (climatisation, chauffage, trafic routier) qui rejettent de la chaleur directement dans l'air ambiant.



Un après-midi chaud (détail), Winslow Homer (1836-1910)

Dans une ville dense comme Tokyo, où la climatisation est omniprésente, une étude conclut que celle-ci augmenterait la température extérieure de 1 à 2 degrés [9]. Pour la région parisienne, une étude a modélisé l'impact d'une climatisation généralisée à l'horizon 2100 [10]. Dans un scénario de canicule extrême, similaire à l'épisode de 2003, l'augmentation de la température de l'air extérieur due aux rejets de chaleur serait supérieure à 0,25 °C en moyenne sur l'agglomération, mais atteindrait un pic de + 2,4 °C dans les zones les plus denses (en dehors de Paris intramuros) durant la nuit. Ces chiffres sont à comparer avec les écarts de température entre Paris et la campagne environnante qui sont de l'ordre de 4 à 8 °C aujourd'hui, avec un taux d'équipement en climatisation relativement faible.

Du point de vue de la santé publique, le bilan est contrasté. À l'intérieur des bâtiments, le stress thermique est totalement annulé pour ceux qui sont équipés, offrant une protection vitale et une récupération physiologique complète aux occupants. Cependant, cette protection individuelle se traduit à l'extérieur par une augmentation moyenne de 20 minutes de la durée d'exposition quotidienne à un stress thermique élevé dans les rues qui peut alors se propager aux logements non équipés.

Cette situation soulève une question éthique majeure : celle d'une « inégalité thermique » croissante. La climatisation agit comme une protection efficace pour ceux qui y ont accès, mais elle transfère une partie de la charge thermique sur l'espace public. Ce dilemme oppose le droit individuel à la sécurité sanitaire en intérieur à la responsabilité collective envers les populations les plus vulnérables – sans-abri, travailleurs en extérieur ou foyers précaires – qui subissent une atmosphère urbaine artificiellement réchauffée. Cette question éthique pousse à limiter l'usage de la climatisation autant que possible.

Demain, tous climatisés ?

Le réchauffement climatique n'est plus une projection lointaine. Les vagues de chaleur sont déjà de plus en plus fréquentes, longues et intenses. Les résultats de l'étude mentionnée plus haut [10] sur la région parisienne sont clairs : les habitants y subiront à l'avenir un stress thermique « très fort » à « extrême » pendant de longues heures, que seule la climatisation peut totalement annuler.

La climatisation apparaît donc de moins en moins comme un luxe et de plus en plus comme un outil de santé publique, indispensable pour protéger les populations vulnérables (personnes âgées, enfants, femmes enceintes, malades chroniques). Le Giec lui-même la décrit comme « *la principale méthode d'adaptation permettant d'atténuer les effets des températures élevées sur la santé* » [11]. Pour les personnes en bonne santé, la climatisation permet d'améliorer la productivité et le sommeil.

Quelles alternatives ?

Bien que plusieurs pistes soient évoquées dans l'étude citée plus haut pour rafraîchir la ville à l'horizon 2100 [10], chacune se heurte à des obstacles structurels, économiques ou environnementaux majeurs. Les chercheurs ont notamment testé la combinaison de trois leviers ambitieux : une reconfiguration urbaine massive allouant 10 % de la surface de la ville à de nouveaux parcs, l'application de normes d'isolation et de matériaux réfléchissants à l'ensemble du bâti (hors centres historiques) et une stratégie de sobriété comportementale relevant les températures de consigne de la climatisation à 26 °C dans les bureaux et 28 °C dans les logements. Si la mise en œuvre simultanée de ces actions permet un rafraîchissement significatif de l'air extérieur, allant jusqu'à abaisser la température nocturne de 4,2 °C, elle s'avère insuffisante pour garantir la sécurité sanitaire à l'intérieur des bâtiments.



Maisons dans un parc, Auguste Renoir (1841-1919)

En effet, l'étude démontre que ces mesures structurelles et comportementales ne parviennent à amputer la durée du stress thermique élevé à l'intérieur (température ressentie supérieure à 32 °C) que de seulement une heure et vingt-trois minutes par jour. En l'absence totale de climatisation, les citoyens seraient encore contraints de passer plus de six heures quotidiennes dans des conditions de chaleur extrême au sein de leurs habitations. Ce constat souligne les limites des protections solaires et de l'isolation qui, si elles retardent la

chauffe, ne suffisent pas à évacuer la chaleur accumulée lors de canicules intenses et prolongées. De plus, si l'étude ne chiffre pas précisément le coût de ces transformations urbaines, leur déploiement à l'échelle d'une métropole représente un défi de financement et de mise en œuvre logistique dont l'ampleur reste à évaluer.

La « maladaptation »

La maladaptation (ou mauvaise adaptation au changement climatique) désigne une mesure d'adaptation qui, au lieu de réduire la vulnérabilité, l'aggrave dans le long terme – pour certaines populations, certains écosystèmes, ou dans certaines régions. C'est un concept central dans les rapports du Giec.

Dans le cadre de la climatisation discutée dans cet article, la maladaptation porte sur la consommation d'électricité, les fuites de gaz à effet de serre et l'augmentation locale de la température extérieure, trois points discutés dans le corps de l'article.

Dans le monde, l'air conditionné consomme 7 % de l'énergie électrique et est responsable de 3 % des émissions de CO₂ [1]. Ces émissions importantes sont causées par l'utilisation de combustibles fossiles, charbon et gaz, pour la production d'électricité. En France grâce au nucléaire, à l'hydraulique et au développement des autres énergies renouvelables (éolien et solaire photovoltaïque), les émissions de CO₂ par kWh produit sont typiquement 10 fois plus faibles que la moyenne mondiale [2]. Le caractère maladaptatif de la climatisation n'est donc pas le même en France que dans le reste du monde.

Références

1 | Ritchie H, "[Air conditioning causes around 3 % of greenhouse gas emissions. How will this change in the future ?](#)", Our World in Data, 29 juillet 2024. Sur [ourworldindata.org](#)

2 | Ember, "[Lifecycle carbon intensity of electricity generation](#)", Our world in Data, 2024. Sur [ourworldindata.org](#)

La végétalisation massive rencontre également une limite environnementale critique : pour que l'effet de refroidissement par évapotranspiration soit optimal, les parcs doivent être abondamment irrigués en période de stress hydrique sévère, créant un conflit d'usage insoluble avec les besoins en eau. Pour Paris, ces besoins seraient de l'ordre du débit de la Seine en été, ce qui rend cette stratégie irréaliste en contexte de sécheresse (voir l'article « [Végétation urbaine et "îlots de fraîcheur"](#) » dans ce dossier).

À l'échelle individuelle, d'autres solutions de bon sens comme l'usage de ventilateurs ou la surventilation nocturne montrent aussi leurs limites. Si le ventilateur améliore le confort ressenti en favorisant l'évaporation à la surface de la peau, son efficacité est réduite aux très hautes températures, et il peut accélérer la déshydratation. De même, l'ouverture des fenêtres la nuit ne suffit plus lors des épisodes caniculaires où la température ne descend plus sous les 20 °C, sans oublier les contraintes liées au bruit ou à la sécurité qui peuvent entraver cette pratique.

En définitive, bien que ces différentes solutions soient utiles et gagnent à être combinées si le but est de limiter l'usage de la climatisation, elles ne permettent pas de s'y substituer entièrement. L'étude démontre que la climatisation reste le seul outil capable de supprimer totalement le stress thermique intérieur. La climatisation apparaît donc comme l'ultime solution garantissant la sécurité sanitaire des occupants lors des vagues de chaleur futures, les autres mesures ne faisant, au mieux, que limiter marginalement la durée du danger.

Conclusion : de problème à solution

La stigmatisation de la climatisation dans le débat public repose sur des arguments souvent partiels ou s'appuyant sur des technologies datées. Ces critiques pointent notamment l'usage de fluides frigorigènes à fort pouvoir de réchauffement (HFC), une consommation électrique jugée excessive ou une aggravation massive de l'îlot de chaleur urbain. Si ces impacts environnementaux sont réels, ils s'avèrent aujourd'hui techniquement gérables : l'électricité peut provenir de sources bas-carbone, les fluides sont de mieux en mieux réglementés avec des filières de recyclage obligatoires, et l'effet sur la chaleur urbaine est négligeable en dehors des zones de forte densité ; s'il est notable dans les zones denses, il est malheureusement incontournable.

Plus qu'un simple outil de confort, la climatisation s'inscrit, selon les données de santé publique, comme la seule solution efficace pour protéger les populations vulnérables lors des épisodes de canicules extrêmes. Au-delà du refroidissement, la climatisation réversible (pompe à chaleur air-air) représente une opportunité pour décarboner les logements. En effet, le chauffage, encore très dépendant du gaz fossile, représente une part bien plus importante des émissions globales que le refroidissement. Le remplacement d'une chaudière à gaz ou au fuel et l'installation d'un système unique, alimenté par une électricité peu carbonée pour chauffer l'hiver et rafraîchir l'été, offre ainsi une voie pour réduire l'empreinte carbone globale du bâtiment.

Dès lors, la réflexion semble pouvoir se déplacer d'une opposition binaire « pour » ou « contre » vers un pilotage technique et raisonné : encourager les appareils les plus performants, assurer une maintenance rigoureuse pour prévenir les fuites, intégrer ce refroidissement dans une approche globale combinant isolation, protections solaires et végétalisation. Ainsi pensée, la climatisation ne constitue pas une maladaptation, mais une contribution à un futur plus résilient et moins carboné.

Références

- 1 | Raymond C et al. , [“The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance”](#), *Science Advances*, 2020, 6 : eaaw1838.
- 2 | Haut Conseil pour le climat, [« Tenir le cap de la décarbonation, protéger la population »](#), rapport, 2024. Sur [hautconseilclimat. fr](https://hautconseilclimat.fr)
- 3 | Arsenault R, [“The cooling of the South”](#), *The Wilson Quarterly*, 1984, 8 : 150-9.

- 4 | International Energy Agency, [“Space cooling”](#), 2026. Sur [iea.org](#)
- 5 | RTE, [« Trajectoires de référence »](#), *Futurs énergétiques 2050*, février 2022. Sur [assets.rte-france.com](#)
- 6 | RTE, [« Consommation de chauffage et de climatisation dans la trajectoire de référence en 2050 avec le climat actuel et avec les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 : figure 8.9 »](#), in *Futurs énergétiques 2050*, chapitre 8 : « Climat et système électrique », octobre 2021. Sur [assets.rte-france.com](#)
- 7 | Ministère de la Transition écologique, [« Nouvelles obligations réglementaires introduites par le règlement européen \(UE\) 2024/573 sur les gaz à effet de serre fluorés, dit “F-Gaz” »](#), note d’information à vocation pédagogique, décembre 2024. Sur [ecologie.gouv.fr](#)
- 8 | Citepa, AFCE, [« Inventaire des émissions de fluides frigorigènes pour la France métropole. Résultats 2023 et estimation provisoire 2024 »](#), 2025. Sur [afce.asso.fr](#)
- 9 | Ohashi Y et al. , [“Influence of air-conditioning waste heat on air temperature in Tokyo during summer : numerical experiments using an urban canopy model coupled with a building energy model”](#), *J. Appl. Meteorol. Climatol.* , 2007, 46 : 66-81.
- 10 | Viguié V et al. , [“Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris”](#), *Environmental Research Letters*, 2020, 15 : 075006.
- 11 | [“Adaptation options for heat-related morbidity and mortality”](#), in Rapport du Giec AR6-WG2, section 7. 4. 2. 4. Sur [ipcc.ch](#)

¹ Le pouvoir de réchauffement global (PRG) quantifie l’impact climatique d’un gaz par rapport à celui de la même masse de CO₂. Il s’agit d’un facteur de conversion, sans dimension.

Publié dans le [n° 356](#) de la revue

Les auteurs

[François-Marie Bréon](#)

François-Marie Bréon est chercheur physicien-climatologue au Laboratoire des sciences du climat et de l’environnement. Sa spécialité initiale est l’utilisation des satellites pour observer et comprendre le climat de la Terre. Il a ensuite abordé d’autres thématiques, en particulier le bilan d’énergie de la Terre et le cycle du carbone et a contribué à l’écriture du chapitre « Forçages radiatifs naturels et d’origine anthropique » du 5^e rapport du Giec ainsi que du « Résumé pour les décideurs ». Il a été professeur au Collège de France sur une chaire invitée pendant l’année 2024-2025 et y a dispensé un enseignement sur le changement climatique

[Pierre Marty](#)

Maître de conférences à l’[École centrale de Nantes](#), spécialiste de la modélisation énergétique des navires. Son activité de recherche porte sur la décarbonation du transport maritime. Il enseigne la transition énergétique et écologique.