

Le défi thermique

Normes, territoires et politiques de la chaleur
et du chauffage

Antoine Fontaine et Laurence Rocher (dir.)

Antoine Fontaine et Laurence Rocher (dir.), *Le défi thermique. Normes, territoires et politiques de la chaleur et du chauffage*, Paris, Presses des Mines, collection Énergie et développement durable, 2025.

© Presses des MINES - TRANSVALOR, 2025.

60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06.

presses@minesparis.psl.eu

www.pressesdesmines.com

ISBN : 978-2-38542-698-9

Dépôt légal : 2025

Achevé d'imprimer en 2025 (Paris)

Photo de couverture : © Pixabay.

Cette publication a bénéficié du soutien de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

Le défi thermique

Antoine Fontaine et Laurence Rocher (dir.)

Le défi thermique

Normes, territoires et politiques
de la chaleur et du chauffage

Sommaire

Introduction – Les enjeux thermiques de la transition énergétique	9
<i>Antoine Fontaine et Laurence Rocher</i>	
Partie 1 – Qualifications et problématisations	26
1. Le rejet thermique n'est pas fatalement un déchet. Penser une hiérarchie des usages de la chaleur à partir de la thermodynamique	27
<i>Antoine Fontaine, Julien Ramousse et Jocelyn Bonjour</i>	
2. Chaleur, objet de droit(s). La qualification juridique de la chaleur, source d'une approche exergetique de la politique énergétique	53
<i>Blanche Lormeteau</i>	
Partie 2 – Mises en politiques	74
3. Une chaleur souterraine. Trajectoire sociotechnique de la géothermie profonde française.....	75
<i>Justin Missaghieh-Poncet</i>	
4. Performativité des instruments pour le déploiement de réseaux de chaleur vertueux. Une comparaison France-Danemark	95
<i>Johanna Ayrault</i>	
5. Le choix du nucléaire, une question de chaleur. Politiques et régimes concurrents pour chauffer la France au cours des années 1970.....	115
<i>Antoine Fontaine</i>	
Partie 3 – Sources, ressources et territoires	138
6. Une histoire du réseau de chauffage urbain grand lyonnais (1930-1982). De l'incinération des déchets à la diversification énergétique.....	139
<i>Yann Brunet</i>	
7. Bois-énergie et chaleur. Retour sur les transformations silencieuses d'un usage «traditionnel».....	161
<i>Vincent Banos</i>	
8. La chaleur fatale : une ressource locale pour des villes en transition.....	183
<i>Antoine Fontaine et Laurence Rocher</i>	
Partie 4 – Normes et usages	204
9. Penser le confort thermique. Une histoire culturelle et technique d'un concept récent.....	205
<i>Renan Viguié</i>	
10. Impacts de la crise énergétique sur les pratiques des ménages français. Entre privations et redéfinitions du confort thermique	223
<i>Julien Haine et Lise Desvallées</i>	
Conclusion – Pour une approche thermique des systèmes énergétiques	249
<i>Antoine Fontaine et Laurence Rocher</i>	
Notices biographiques	264

Introduction

Les enjeux thermiques de la transition énergétique

Antoine Fontaine et Laurence Rocher

La crise énergétique est une crise thermique

À l'automne 2022, gestionnaires de services publics, entreprises privées et particuliers s'inquiètent de possibles restrictions énergétiques lors de l'hiver à venir, ainsi que de leur capacité à faire face à la forte augmentation des prix du gaz, du fioul et de l'électricité. Le gouvernement français appelle l'ensemble de ces acteurs à faire preuve de sobriété énergétique et donne consigne de limiter le chauffage des locaux à 19°C. La presse relaie alors quotidiennement les récits de tentatives d'adaptation à marche forcée. L'annonce de la fermeture de lieux publics au cours de l'hiver pour faire des économies de chauffage, par exemple à l'Université de Strasbourg, a été vivement critiquée. Du côté du secteur privé, si les plus gros consommateurs bénéficient de tarifs protecteurs négociés sur le long terme, les plus petits se révèlent beaucoup plus exposés à la volatilité des prix de l'énergie. Dans le secteur de la boulangerie par exemple, des entreprises ayant souscrit des offres indexées sur les marchés voient leurs factures multipliées parfois par dix. La mise en place de plusieurs dispositifs d'aide gouvernementale n'empêche pas nombre d'entre elles de mettre la clé sous la porte. Cette situation est l'aboutissement d'une succession d'événements qui démarrent en 2020. Après la mise à l'arrêt de l'économie mondiale au début de la pandémie de Covid-19, la relance économique tous azimuts à la suite des confinements a suscité en 2021 une demande massive d'énergie, notamment de pétrole et de gaz, et provoqué une hausse rapide des prix. Le déclenchement en 2022 de la guerre russo-ukrainienne, qui bouleverse l'approvisionnement européen et amplifie la grande volatilité des marchés internationaux de l'énergie, a conduit de nombreux pays à se tourner vers des sources alternatives au gaz russe, souvent beaucoup plus coûteuses.

Par son impact sur l'économie nationale, cette crise est également celle de l'indépendance énergétique. Depuis l'arrêt de l'extraction de charbon au début des années 2000, la production d'énergie primaire en France repose à plus de 70% sur le parc nucléaire. Le niveau d'indépendance énergétique de la France (55% en 2019, contre 25% dans les années 1970) est plus élevé que la plupart des pays d'Europe de l'ouest qui se retrouvent davantage exposés à la crise de 2022. Il n'en demeure pas moins que près de la moitié de la consommation française repose sur les énergies

fossiles importées (pétrole 30,3%, gaz naturel 15,5%, charbon 2,9%) (Ministère de la Transition énergétique, 2023: 29), et que l'économie nationale est fortement exposée à l'augmentation rapide des prix et aux incertitudes des marchés internationaux. Ainsi, entre 2021 et 2022, la facture énergétique nationale est passée de 45 à 116 milliards d'euros (*Ibid*: 6). En outre, le parc nucléaire français, principal vecteur de la – relative – indépendance, rencontre de sérieuses difficultés de productivité. En raison de problèmes techniques sur près de la moitié des réacteurs du parc français, occasionnant des arrêts pour maintenance, la production électrique nucléaire a baissé de 30% entre 2018 et 2022¹.

Comme dans les années 1970, lorsque l'augmentation rapide du prix des énergies fossiles à la suite du premier choc pétrolier avait poussé les gouvernements du monde entier à adopter de nouvelles solutions et à faire la promotion des économies, la crise actuelle interroge nos choix énergétiques et ouvre des perspectives en même temps qu'elle les brouille (Kuzemko *et al.*, 2022). Les politiques d'accélération de la décarbonation, par le biais d'investissements massifs dans les renouvelables, amorcées en Europe comme aux États-Unis, soulèvent des doutes et suscitent des critiques. D'un côté, libéraux et conservateurs dénoncent un processus de décarbonation de l'économie dont les règles du jeu sont trop contraignantes, ciblant en particulier les normes environnementales. De l'autre, les défenseurs d'une transition écologique plus radicale souhaitent s'éloigner d'un agenda politique libéral pour transformer progressivement et en profondeur les sociétés. À travers l'idée d'une «écologie de guerre», Pierre Charbonnier recommande l'abandon des importations d'énergies fossiles depuis la Russie sans chercher pour autant à les remplacer, afin d'agir en même temps sur la sécurité géopolitique et la sécurité énergétique de l'Europe, tout en accélérant les mesures de sobriété et d'efficacité (Charbonnier, 2024). Bien que depuis plusieurs décennies les politiques publiques européennes et françaises mettent l'accent sur l'efficacité et la sobriété pour lutter contre le changement climatique et pour opérer une transition énergétique, elles échouent jusqu'à présent à enclencher une véritable baisse des consommations. En effet, la consommation d'énergie demeure stable, elle augmente même légèrement dans le secteur des transports (Ministère de la Transition énergétique, 2023: 34).

Si l'on s'attache aux usages, sachant qu'en Europe, la moitié de l'énergie consommée sert à produire de la chaleur ou du froid, on peut affirmer que la crise contemporaine est avant tout une crise thermique. Plus précisément, 27% de l'énergie consommée est destinée au chauffage des bâtiments, 16% à alimenter en chaleur des procédés industriels 4% à produire de l'eau chaude sanitaire (Heat Roadmap Europe, 2017). La climatisation, qui ne représentait en 2018 qu'un centième de la consommation finale européenne, est en pleine croissance. L'agence internationale de l'énergie

¹ La production du parc nucléaire est de 393TWh en 2018 et de 279TWh en 2022 (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2024).

projette un triplement du nombre de climatiseurs installés en Europe entre 2016 et 2050, qui passeraient de 97 à 275 millions d'unités (International Energy Agency, 2018). Or la production de chaleur et de froid est jusqu'à présent particulièrement polluante. En Europe, elle repose à plus de 80% sur des sources carbonées (Heat Roadmap Europe, 2017 :3) et s'avère responsable de plus d'un tiers de l'ensemble des émissions carbonées du continent. À l'échelle mondiale, la production de chaleur et le froid représentent 40% des émissions totales (IEA, 2021), sachant que le seul secteur du froid est responsable de 10% des émissions carbonées (Dong, Coleman et Miller, 2021). Aussi, les actions engagées pour la décarbonation de la chaleur et du froid ainsi qu'en direction d'usages plus efficaces et plus sobres sont primordiales dans la lutte contre le changement climatique.

Alors que le dérèglement climatique s'accélère (GIEC, 2021) et que la décennie 2010-2020 a été la plus chaude jamais enregistrée (Organisation Météorologique Mondiale, 2020), les sociétés thermo-industrielles (Gras, 2007), qui n'ont jamais autant consommé d'énergie pour produire de la chaleur et du froid, sont confrontées à un défi thermique majeur. Face à l'urgence, à l'ampleur du défi, et à l'impératif de formuler des réponses systémiques et ambitieuses, une réflexion sur le rapport de nos sociétés à la chaleur et au froid semble nécessaire. C'est l'objectif de cet ouvrage que de contribuer à mettre en évidence les grandes lignes de ce « défi thermique », à en examiner les ressorts politiques, sociaux, économiques, techniques ou encore environnementaux. Il part du constat que la production et la consommation de chaleur et de froid, sont rarement abordées en tant qu'enjeux centraux des politiques énergétiques. La question thermique est peu traitée en tant que telle, si ce n'est comme partie prenante des systèmes énergétiques « en transition », ou à travers la question des usages, notamment sous l'angle de la précarité énergétique qui se manifeste en premier lieu par une incapacité à se chauffer. Pourtant, la production, l'utilisation, la régulation de la chaleur et du froid relèvent de choix sociotechniques et politiques, de pratiques sociales, qui comportent une multitude de cadrages, souvent implicites, qu'il s'agit de mettre en évidence et de questionner. Dans le cas de la France, étudié dans cet ouvrage, une première clé de lecture de ce relatif impensé thermique réside dans l'héritage du pilotage énergétique à la fois très centralisé et électrocentré.

La chaleur, parent pauvre des politiques énergétiques

En France, 43% de l'énergie consommée sert à produire de la chaleur ou du froid (Ministère de la transition énergétique, 2023 : 55). Issue de la combustion du gaz (42%), du pétrole (15%), et du charbon (7%), la production thermique est encore très intense en carbone. Elle se distingue des autres pays européens par une part élevée de l'électricité (17%), largement issue du nucléaire, et par une part réduite des réseaux de chaleur urbains (3%) et des énergies renouvelables thermiques (biomasse 12%, solaire

thermique moins de 1%) (Heat Roadmap Europe, 2018). L'organisation actuelle de la production thermique, pour répondre aux besoins domestiques comme industriels, s'explique par un ensemble de choix historiques et par un modèle de gouvernance énergétique centralisé qui s'est avéré, jusqu'à présent, plus propice au développement du gaz et de l'électricité qu'à leurs alternatives.

Au début du ^{xx}^e siècle, la production de chaleur en France reposait essentiellement sur les combustibles solides, en particulier pour le chauffage des logements, majoritairement assuré par des cuisinières et des poêles au charbon ou au bois (Viguié, 2024:39). Malgré la commercialisation dès la fin du ^{xix}^e siècle de premiers radiateurs fonctionnant à l'électricité ou au gaz, ces deux énergies étaient encore très peu mobilisées pour le chauffage. La création des entreprises publiques Électricité de France (EDF) et Gaz de France (GDF) suite à la loi de nationalisation en 1946 a toutefois changé la donne. Le développement d'une infrastructure de transport à l'échelle nationale a permis d'étendre et d'amplifier le recours au gaz pour le chauffage domestique et par les industriels (Beltran et Williot, 1992, Beltran, 1992). La découverte du gisement de gaz naturel de Lacq, dans le sud-ouest du pays, à la fin des années 1950 a également facilité le déploiement de ces nouveaux usages et permis l'abandon progressif du « gaz de ville », gaz de synthèse issu du charbon, plus toxique (Beltran, 1992, Williot, 2003). Côté électricité, la construction des grands barrages hydroélectriques à partir des années 1920 et les grands travaux d'électrification financés par l'État avaient permis de raccorder et d'alimenter presque toutes les communes françaises avant les années 1940 (Berthonnet, 2003, Poupeau, 2017). Mais l'électricité répondait alors essentiellement à d'autres besoins que le chauffage. C'est dans le contexte de la crise pétrolière des années 1970 que la situation a changé. Alors que l'augmentation rapide du prix du pétrole menaçait l'économie française et sa compétitivité, le gouvernement se lança dans un programme nucléaire d'envergure permettant d'augmenter drastiquement la production d'énergie dans le pays. Ce programme nucléaire s'avéra surdimensionné par rapport aux besoins énergétiques du pays, et le développement du chauffage électrique constitua une opportunité pour absorber le surplus de production électrique.

Le développement simultané du recours au gaz et à l'électricité pour le chauffage, encouragé par chacune des deux grandes entreprises nationales, a toutefois soulevé des critiques. Celles-ci émanaient notamment de l'Agence des économies d'énergie (AEE, ancêtre de l'Agence de la transition écologique, l'ADEME), missionnée par le gouvernement pour faire la promotion d'actions d'efficacité et de sobriété énergétique. L'AEE, favorable à des priorisations territoriales, recommandait le recours à des solutions individuelles de chauffage (à l'électricité ou au gaz), combinée à l'isolation thermique des logements, dans les territoires peu densément peuplés, et le développement de réseaux de chauffage (alimentés par l'incinération des déchets, la biomasse et par la récupération de chaleur fatale) dans les villes. Toutefois, la politique énergétique menée au sommet de l'État s'est alignée sur les intérêts des

opérateurs publics, parmi lesquels les acteurs du secteur nucléaire disposaient d'une influence majeure (Simonnot, 1978). La proposition de planification nationale du chauffage portée par l'AEE n'a pas été retenue (Fontaine, 2021), laissant à EDF et GDF la latitude de capter les marchés ouverts par les nouvelles constructions (Viguié, 2024). Alors que la crise énergétique des années 1970 pousse certains pays européens comme le Danemark à adopter des politiques d'investissement dans des infrastructures d'énergies thermiques renouvelables (Johansen et Werner, 2022) et à renforcer les compétences des collectivités locales en la matière, la France s'engage dans une voie diamétralement opposée avec une gouvernance centralisée et électrocentrée. L'électricité fait figure de priorité au regard de ses avantages : elle permet de répondre à tous types de services énergétiques, elle est facilement transportable grâce aux nombreux investissements consentis par l'État pour l'électrification du territoire. La distribution de chaleur, énergie dégradée, difficilement transportable en l'absence de grands réseaux thermiques incapables de répondre à tous les services énergétiques est alors, par effet de contraste, moins valorisée.

Le double héritage du choix nucléaire et de l'investissement public conséquent dans le réseau électrique pose les bases de l'«électrocentrisme» qui marque durablement les politiques énergétiques françaises, et semble s'être renforcé au cours des débats récents autour de la stratégie nationale énergie-climat (Poupeau, 2023). Parallèlement à l'électrification des mobilités, celle du secteur industriel, en particulier des procédés thermiques, est depuis le début des années 2020 présenté comme le vecteur privilégié de la décarbonation de la société (Commission de régulation de l'énergie, 2023). Cet objectif est au cœur des investissements du programme France 2030, doté d'un budget de plus de 5 milliards d'euros dédié à la décarbonation des 50 plus gros sites industriels². Ce programme s'appuie sur une vision largement répandue – formulée notamment par Jérémy Rifkin (2012) – selon laquelle une réponse efficace pour lutter contre et s'adapter au changement climatique passerait par une nouvelle révolution industrielle mobilisant davantage des réseaux électriques alimentés par des énergies renouvelables. Un tel prisme électrocentré soulève néanmoins des critiques, en premier lieu parce qu'il masque une dépendance encore massive aux énergies fossiles utilisées pour générer cette électricité, si ce n'est en France, tout du moins dans de nombreuses régions du monde (Dubey et Gras, 2021). Il est également le fruit des politiques de l'offre, qui tendent à ignorer les enjeux d'efficacité et de sobriété énergétique. Le recours à l'électricité pour la décarbonation des besoins thermiques industriels (fours, séchage, chauffage, refroidissement, traitements thermiques divers) entraîne de fait une multiplication des conversions énergétiques et par conséquent une gabegie énergétique.

Lors d'une audition commune à l'Assemblée nationale portant sur la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, Michèle Pappalardo et

² <https://www.economie.gouv.fr/actualites/transition-ecologique-strategie-acceleration-decarbonation-sites-industriels>

Nicolas Hulot, respectivement ancienne présidente de l'ADEME et ancien ministre de la transition écologique et solidaire, qualifient la chaleur renouvelable, dont ils jugent la potentielle contribution sous-estimée par rapport aux énergies renouvelables électriques, de «parent pauvre» de la politique énergétique nationale (Assemblée nationale, 2023: 23). Ce constat avait déjà été exprimé en 2018 par la Cour des comptes qui soulignait que l'investissement public en soutien aux énergies renouvelables électriques était presque dix fois plus important que celui destiné aux énergies renouvelables thermiques (Cour des comptes, 2018:48). Il est d'autant plus sévère que les premières (en particulier les filières éoliennes et photovoltaïques) bénéficient de mesures de soutien très coûteuses (Evrard, 2013; Cointe, 2014), alors qu'elles ne représentent que 10% de la production primaire d'énergies renouvelables nationale, loin derrière les filières des énergies renouvelables thermiques, en particulier celle du bois-énergie (Ministère de la Transition écologique et Solidaire, 2018: 25). L'effort consenti pour le développement des filières électriques (nucléaire et renouvelables) masque un manque d'investissement, ou un soutien trop instable (Labussière et Nadaï, 2024) envers les filières thermiques telles que la géothermie ou le solaire thermique. Le timide engagement de l'État français en faveur de la chaleur renouvelable doit se comprendre comme le corolaire de son choix électrique. Pour autant, la décentralisation énergétique à l'œuvre depuis la fin des années 2000 tend à rebattre les cartes et ouvre des opportunités pour le développement des filières de la chaleur renouvelable et de récupération.

Le chauffage urbain, une option (re)considérée

Contrairement aux services publics de l'électricité et du gaz, organisés à l'échelle nationale, la production et la distribution de chaleur relèvent nécessairement d'un pilotage local. À défaut de pouvoir transporter la chaleur sur de longues distances à moindre coût sans la convertir, sa distribution repose sur des circuits courts réunissant à l'échelle d'un quartier ou d'une ville une ou plusieurs unités de production (chaudières bois, centrales géothermiques, unités d'incinération de déchets) et des bénéficiaires publics ou privés du chauffage dit urbain. De telles infrastructures apparaissent en France dans les années 1930 (à Paris et Villeurbanne par exemple), puis se développent dans le cadre des politiques de reconstruction d'après-guerre et la construction des grands ensembles des années 1960 et 1970 (Legoullon, 2016). Bien qu'alimentés principalement par des énergies fossiles (fioul et gaz), certains réseaux thermiques développés lors de la crise des années 1970 ont mobilisé des sources alternatives, telles que la géothermie dans le bassin parisien (Labussière et Nadaï, 2024).

S'ils s'avèrent moins courants et moins étendus en France que dans les pays du Nord et de l'Est de l'Europe, les systèmes de chauffage collectifs suscitent un intérêt non démenti

depuis la fin des années 2000. L'adoption de plusieurs réformes territoriales³, tout en restant limitée dans son ambition décentralisatrice (Poupeau, 2014), a indéniablement encouragé le développement de réseaux de chaleur. Dotées de nouvelles compétences en matière de planification et de gestion des réseaux thermiques, les collectivités locales se sont saisies de ces infrastructures comme des leviers essentiels de leurs politiques énergie-climat (Rocher, 2014). Nombre d'entre elles se sont engagées dans la constitution de services publics locaux de la chaleur conjuguant objectifs environnementaux, recours à des sources d'énergies renouvelables et de récupération locales et tarification sociale. Principalement urbain, l'engouement pour les réseaux de chaleur s'observe aussi dans des territoires moins denses (Lepin et Maillefert, 2022).

Si l'offre de chauffage urbain relève des collectivités locales, le développement de la chaleur renouvelable est fortement soutenu par des dispositifs nationaux, en particulier par le Fonds chaleur. Créé en 2009 à la suite des débats du Grenelle de l'environnement, ce fonds permet de subventionner des projets de production (biomasse, géothermie, solaire, méthanisation), de récupération de chaleur fatale ou encore de création et d'extension de réseaux de distribution de chaleur et de froid. L'augmentation de l'enveloppe budgétaire dédiée⁴ témoigne du volontarisme de l'État, en adéquation avec les politiques européennes de soutien aux réseaux de chauffage et de climatisation urbains (Commission européenne, 2016). Cette ambition, confirmée par la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) et la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)⁵, est motif d'espoir pour les acteurs des filières concernées. Pour autant, malgré cette dynamique favorable, les réseaux urbains demeurent en France une option très minoritaire pour le chauffage des logements et bureaux, des équipements publics ou encore des sites industriels. En 2022, les 950 réseaux de chaleur collectifs et 40 réseaux de froids ne représentent qu'environ 3% de la consommation finale de chaleur en France (FEDENE, 2023).

Cet aperçu des liens entre gouvernance et technologie n'explique qu'en partie l'organisation actuelle de la production et de la distribution de la chaleur et du froid, qui n'est pas réductible à des choix de techniques ou de sources d'énergie. En l'occurrence, l'installation de dispositifs de chauffage individuels ou collectifs, devenue systématique dans tous les logements au début du xx^e siècle, ne garantit pas l'accès au confort thermique. Ce dernier dépend également de la qualité thermique des bâtiments et d'un ensemble de gestes

³ En particulier, la loi Grenelle (2009) impose aux régions et aux EPCI la réalisation de diagnostics énergie-climat et de plan d'actions; la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (MAPTAM, 2014) organise le transfert de compétences en matière d'énergie-climat en direction des communes et des EPCI; la loi transition énergétique pour une croissance verte (TECV, 2015) impose aux EPCI la réalisation de schémas directeurs des réseaux de chaleur et de froid.

⁴ Le Fonds chaleur est géré par l'ADEME. Sa dotation est passée de 175 millions d'euros en 2009, à 350 millions d'euros en 2020 et 820 millions en 2024 (Gouvernement français, 2023:10).

⁵ La stratégie énergie-climat proposée par le gouvernement français table sur le passage d'une production de chaleur grâce aux énergies renouvelables et de récupération de 182 TWh en 2021 à un objectif maximal de 419 TWh en 2035 en mobilisant l'ensemble des filières : biomasse, géothermie, pompes à chaleur aérothermiques, solaire thermique, récupération de chaleur fatale, biogaz et combustible solides de récupération (CSR) (Ministère de la Transition énergétique, 2023 : 56).

routiniers de chauffage et de conservation de la chaleur, lesquels reflètent de grandes inégalités sociales.

De l'invention du confort thermique à l'essor de la précarité énergétique

Les enjeux liés aux consommations et aux pratiques quotidiennes ordinaires, à la marge d'une histoire des grandes inventions, ont été peu documentés par une histoire de l'énergie centrée sur les productions qui a focalisé son attention sur les sources d'énergies primaires (l'eau, le soleil, le bois, le charbon, le gaz...), les convertisseurs énergétiques (la machine à vapeur, le four solaire, le moulin à vent, la centrale thermique...) ou les grands inventeurs (Massard-Guilbaud, 2019). Des travaux récents contribuent toutefois à dépasser cet angle mort. Charles-François Mathis a par exemple mis en évidence combien la consommation de charbon a façonné les villes, les relations sociales et les pratiques du quotidien, notamment pour le chauffage et la cuisson (Mathis, 2021). De la même manière, Renan Viguié a décrypté de concert les aspects techniques, politiques et les pratiques quotidiennes en matière de chauffage domestique en France au ^{xx}^e siècle (Viguié, 2024). Le récit qu'il propose n'est ni celui d'un passage irrémédiable du charbon et du bois, au fioul domestique puis au gaz et à l'électricité, ni celui de l'abandon progressif de systèmes techniques de chauffage supposément archaïques au profit de systèmes résolument plus modernes. Au contraire, il donne à voir une trajectoire de transformation lente et non linéaire des gestes et des routines de chauffage.

L'invention et la normalisation du confort thermique, mises en évidence par les approches historiques, reposent également sur la construction progressive d'une réglementation thermique, laquelle prend une dimension structurante lors de la crise des années 1970. Pour réduire la dépendance aux énergies fossiles, l'isolation des bâtiments et le chauffage sont ciblés comme les principaux leviers d'économie. À partir d'avril 1974, les bâtiments neufs doivent respecter des normes en matière d'isolation thermique et de réglage des installations de chauffage (Viguié, 2020). Depuis, les exigences d'isolation thermique et de consommation des bâtiments neufs ont été progressivement renforcées, afin de répondre aux objectifs nationaux climat-énergie (Pouget, 2018)⁶. À partir de 2020, la réglementation environnementale (RE) normalise non seulement la consommation énergétique liée aux usages, mais également celle liée à la construction des bâtiments.

En près de 50 ans, l'évolution de la réglementation thermique a permis d'augmenter fortement les performances énergétiques du bâti neuf. Ces performances demeurent toutefois théoriques dans la mesure où elles reposent en grande partie sur la manière

⁶ Entre 1974 et 2012, la norme de consommation énergétique à ne pas dépasser pour les nouveaux bâtiments est ainsi passée de 300 kWh/m²/an à 50 kWh/m²/an. L'évolution de cette réglementation s'est également accompagnée de l'apparition de labels désignant la qualité énergétique des bâtiments : les bâtiments à haute isolation, à haute performance énergétique, à basse consommation, et désormais les logements à énergie positive, c'est-à-dire qui génèrent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

dont les occupants de ces logements adoptent ou non de nouveaux comportements (Labussière, 2015; Fijalkow et Maresca, 2019). En outre, alors que plus de la moitié des logements en France a été construite avant 1974⁷ (INSEE, 2017), la rénovation du parc ancien demeure un chantier d'ampleur. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015 a fixé des objectifs ambitieux en matière de rénovation thermique du parc ancien: en 2050, l'ensemble du parc immobilier devra respecter les normes du bâtiment basse consommation⁸. Pourtant le rythme effectif des rénovations est très en-deçà de ces objectifs. Dispositif central de la politique nationale de rénovation thermique, MaPrimeRénov', qui permet d'accompagner les propriétaires dans le financement de leurs travaux, incarne en partie l'échec de cette politique⁹. En effet, elle finance en majorité l'installation de systèmes de chauffage plus performants (pompes à chaleur, poêles à bois, chaudières gaz, chaudières bois ou solaire), loin devant les travaux d'isolation thermique (Observatoire national de la rénovation énergétique, 2023). En cela, cette politique peine à réduire le nombre de passoires thermiques en France – 4,8 millions en 2023, soit 15 % de l'ensemble du parc des résidences principales – et à accompagner les personnes qui éprouvent des difficultés à se chauffer.

Si le confort thermique est devenu la norme, il est loin d'être accessible à tous. La Loi Grenelle 2 (2010) définit une personne en situation de précarité énergétique comme celle «qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou conditions d'habitat». L'Observatoire national de la précarité énergétique (ONPE), créé en 2011, souligne que la précarité énergétique est en grande partie une précarité thermique. Alors que le taux de ménages concernés a atteint 14 % en 2022 (ONPE, 2023), les difficultés à se chauffer touchent davantage de personnes encore: 79 % des Français déclarent avoir restreint le chauffage pour contrôler leurs factures et 26 % déclarent avoir souffert du froid chez eux au cours de l'hiver 2022-2023 (*Ibid*). Le confort thermique devient une variable d'ajustement pour de nombreuses familles alors que les dépenses énergétiques représentent un quart du budget des ménages (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2023: 20) et que la génération de chaleur et de froid (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et climatisation) compte pour 85 % des dépenses énergétiques résidentielles¹⁰.

⁷ Source : données de l'INSEE de 2017 consultées en 2024. Fiches références - Parc de logements - édition 2017. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2586036?sommaire=2586377>

⁸ Pour cela, 500 000 logements devaient faire l'objet chaque année d'une rénovation globale et performante à partir de 2017 en visant en priorité les passoires thermiques, c'est-à-dire les logements présentant une consommation supérieure à 330 kWh/m²/an. Cet objectif a depuis été relevé à 900 000 logements par an.

⁹ Sur 670 000 logements ayant bénéficié d'une subvention à ce titre en 2022, seuls un dixième ont fait l'objet d'une rénovation globale permettant d'améliorer durablement la qualité thermique du logement (Assemblée nationale, 2023).

¹⁰ Source : données du SDES relatives à la consommation d'énergie par usage du résidentiel. Données de 2021 consultées en 2024. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel?rubrique=&dossier=168>

L'imposition de normes dans les bâtiments neufs et les efforts engagés pour la rénovation du parc ancien visent encore essentiellement à améliorer le confort hivernal. Mais face au changement climatique et à la multiplication des épisodes caniculaires, la précarité thermique est d'évidence de plus en plus estivale. Si la RT 2000 introduit la question du confort thermique estival, il reste beaucoup de chemin à faire pour formuler des réponses à l'ensemble des situations problématiques caractéristiques d'une société en surchauffe.

Face aux surchauffes : vulnérabilités sociales et environnementales

La crise climatique et énergétique se manifeste non seulement par une augmentation globale des températures mais également par la multiplication des épisodes ponctuels et localisés de vagues de chaleur¹¹ qui deviennent un enjeu de santé publique majeur. Par exemple, au cours de l'été 2023, les services de soins d'urgence ont enregistré environ 20 000 consultations pour des troubles liés à la chaleur, plus de 10 000 hospitalisations et plus de 5 000 décès (Santé Publique France, 2024). Les conséquences des vagues de chaleur sont particulièrement graves dans les espaces où la forme urbaine, les matériaux de construction utilisés et l'absence de végétation entraînent une accumulation de chaleur et un déficit de circulation de l'air (Reghezza-Zitt, 2023). Face aux épisodes caniculaires de plus en plus fréquents, la recherche de confort thermique estival se traduit par le recours à la climatisation, le plus souvent par le biais d'appareils individuels électriques, lesquels rejettent de l'air chaud à l'extérieur et contribuent à aggraver les phénomènes d'îlots de chaleur (De Munck *et al.*, 2013). La dépendance croissante à un air frais artificiel et énergivore pour vivre l'été, voire à l'année dans certaines régions du monde, transforme les manières de vivre en ville et s'avère discriminante (Graham, 2015). À partir d'une analyse fouillée de la vague de chaleur mortelle ayant frappé la ville de Chicago durant l'été 1995, le sociologue Eric Klinenberg, en mettant en évidence que l'essentiel des victimes sont des personnes issues des classes populaires, socialement peu entourées et déconnectées des services sociaux, montre combien ces catastrophes sont avant tout sociales (Klinenberg, 2022). Les vagues de chaleur tendant à renforcer les inégalités préexistantes (Allagnat, 2022), le développement de la climatisation en ville constitue un cas d'école d'injustices sociale et climatique cumulées (Rice, Long et Levenda, 2023). En effet, ce sont les personnes résidant dans des logements de piètre qualité thermique, en incapacité économique à s'équiper d'un dispositif de climatisation, qui subissent le plus l'essor de la climatisation au sein des classes sociales plus aisées.

Contrairement aux États-Unis, au Japon et à la Chine, qui comptent parmi les principales régions de développement de la climatisation individuelle (International Energy Agency,

¹¹ Les vagues de chaleur, ou canicules, sont des épisodes météorologiques de plusieurs jours à plusieurs semaines durant lesquels les températures diurnes dépassent des seuils compris entre 36°C au sud de la France et 30°C au nord et les températures nocturnes baissent moins qu'en temps normal.

2018), la France a jusqu'à présent défendu une doctrine du « froid passif », selon laquelle le rafraîchissement des logements doit être atteint en priorité par l'isolation thermique et la circulation naturelle de l'air. Mais faute d'une réglementation claire en la matière, le développement de la climatisation individuelle électrique n'est pas encadré, si l'on fait exception de quelques mesures éparses prises par des collectivités locales. L'annonce du président de la République en 2023 concernant l'installation d'un million de pompes à chaleur d'ici 2027 pourrait même indirectement encourager le développement de la climatisation individuelle électrique, si l'on considère que ces appareils de chauffage, généralement réversibles, sont aussi des climatiseurs. Pour répondre aux besoins de rafraîchissement dans les espaces denses, et éviter la multiplication de la climatisation individuelle, certaines collectivités investissent dans des réseaux de froid. Conçus sur le même modèle que les réseaux de chaleur, ces infrastructures, qui permettent une production et une distribution de froid plus efficace avec un impact limité sur les îlots de chaleur urbain, sont encore très peu nombreuses¹².

À la vulnérabilité sociale, s'ajoute la vulnérabilité des milieux naturels, particulièrement sensibles sur le plan thermique et pourtant de plus en plus sollicités pour absorber des rejets anthropiques de chaleur. En France, la production d'électricité génère d'importants rejets thermiques (Ministère de la transition énergétique, 2023: 32-33), les centrales nucléaires étant dépendantes d'une source froide (un cours d'eau ou la mer) pour leur refroidissement. Ce dernier doit respecter un ensemble de normes, en particulier des seuils de température de l'eau rejetée, afin de protéger les écosystèmes aquatiques (Khalanski et Gras, 1996). Or, étant donné l'élévation des températures moyennes des cours d'eau, ces seuils sont de plus en plus fréquemment atteints, alors que la demande électrique est de plus en plus forte en période estivale. Ainsi, lors de la vague de chaleur l'été 2023, la remise en service de l'un des réacteurs de la centrale nucléaire de Golfech dans le Tarn-et-Garonne (arrêté pour une opération de maintenance) a dû être reportée à cause de la température trop élevée de la Garonne. En plus du nucléaire, ce sont de nombreux secteurs industriels qui mobilisent des cours d'eau pour se refroidir et doivent respecter des normes de rejets spécifiées dans le cadre de la réglementation relative aux Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Au-delà de l'atteinte aux milieux naturels, les rejets thermiques représentent une gabegie énergétique qui pose question. À l'échelle mondiale, près des deux tiers de l'énergie primaire consommée est perdue après conversion, principalement sous la forme de rejets thermiques générés par la production d'électricité, le secteur des transports et l'industrie (Forman *et al.*, 2016). Les opérations de récupération et de valorisation de cette chaleur dite fatale, quelle que soit son origine, est une forme de réponse à cette déperdition massive (Fontaine et Rocher, 2024). Encore peu mise en avant il y a une décennie, la chaleur fatale est l'objet d'une attention croissante et

¹² 40 réseaux urbains de froid sont en service en France en 2022, permettant de climatiser 1560 bâtiments (FEDENE, 2023).

trouve sa place à la fois dans la politique nationale et dans les actions menées par les collectivités territoriales, notamment à travers les réseaux de chaleur urbains (Fontaine et Rocher, 2021), ou encore au sein des stratégies énergétiques des grandes entreprises (Lopez et Diguët, 2023). Cela étant, les mesures ponctuelles de sobriété et d'efficacité adoptées pour réduire la déperdition thermique et préserver les écosystèmes sont très anecdotiques au regard de l'ampleur des pertes.

Regards croisés sur les enjeux thermiques passés et contemporains

Dans le prolongement des constats introductifs, l'objectif est d'appréhender la diversité et l'entremêlement des multiples dimensions qui constituent le «défi thermique». L'objectif de cet ouvrage est d'appréhender la manière dont la chaleur et le froid font système, c'est-à-dire dont ils impliquent non seulement des infrastructures techniques mais également des politiques publiques et des pratiques autour desquelles s'organise le cycle de la chaleur et du froid, de sa production à son utilisation. En réunissant des travaux issus d'une diversité de disciplines des sciences humaines et sociales (droit, géographie, gestion, histoire, urbanisme), nous entendons montrer le rôle central des considérations thermiques dans le rapport énergie-sociétés. Car si l'énergie a largement retenu l'attention des sciences humaines et sociales (Labussière et Nadaï, 2015, 2019), attentives aux nouvelles formes de gouvernance, aux recompositions sociales et spatiales, au fonctionnement des marchés ou encore aux rôles et effets des nouvelles technologies, cette attention est fortement marquée par le tropisme électrique. L'ampleur des recherches portant sur la filière nucléaire ou les énergies renouvelables électriques – en particulier l'éolien et le solaire photovoltaïque – révèle par contraste le relatif désintérêt pour l'énergie thermique dont les filières industrielles et technologiques, les enjeux écologiques, sociaux et politiques sont rarement saisis ensemble. En interrogeant la place de la chaleur dans la construction des systèmes énergétiques sur le temps long, tout en examinant les nouvelles pratiques de chauffage et de climatisation à la fois plus sobres, plus efficaces et plus durables, ce livre donne à voir combien la question thermique est l'objet d'une problématisation évolutive, encore mal assurée, mais de plus en plus affirmée. Les contributions ainsi rassemblées attestent de la diversité, de l'originalité et de la complémentarité des approches, nécessaires pour saisir dans toute sa complexité cet enjeu brûlant s'il en est. Chacune des quatre parties de l'ouvrage, consacrées successivement à des enjeux de définition, de politiques publiques, de territoires et d'usages, met en dialogue des regards disciplinaires différents sur des objets communs.

C'est la nature-même et le statut de l'énergie thermique qui sont discutés dans la première partie du livre. Dans le premier chapitre, Antoine Fontaine, Julien Ramousse et Jocelyn Bonjour croisent leurs regards de thermodynamiciens, de juriste et de

géographe pour développer une appréhension qualitative de la chaleur à partir d'une lecture exergétique du fonctionnement des systèmes énergétiques. Ils interrogent en particulier le statut de « déchet » de la chaleur dite fatale, et proposent, par analogie avec la hiérarchie des déchets, une hiérarchie des usages de la chaleur comme vecteur d'efficacité et de sobriété énergétique. La discussion se poursuit avec le point de vue d'une juriste. Blanche Lormeteau (chapitre 2) décrypte la manière dont le droit opère une distinction entre différents états de la chaleur. Après avoir mis en lumière un processus de qualification juridique fluctuant – la chaleur étant tantôt une chose, tantôt un bien – l'autrice appelle de ses vœux l'introduction en droit d'une approche exergétique de façon à mieux prendre en compte les usages associés aux différentes formes de la chaleur.

La seconde partie du livre fait état, à partir d'objets et de contextes très différents, de processus singuliers de mise en politique de la chaleur. Justin Missaghieh--Poncet (chapitre 3) retrace l'histoire du développement de la géothermie profonde en France. Depuis les années 1960, au fil d'incitations économiques et politiques fluctuantes, plusieurs modalités de soutien à la géothermie se sont succédé sans jamais se stabiliser. Pourtant qualifiée de renouvelable, la chaleur issue du sous-sol, faute de débouchés suffisamment rémunérateurs, reste cantonnée à un statut de sous-produit de filières extractivistes (pétrole, lithium) en quête d'une caution écologique. Dans le quatrième chapitre, Johanna Ayrault compare les instruments économiques et politiques de soutien aux réseaux de chauffage urbain au Danemark et en France et leurs performativités respectives. Au-delà d'une volonté politique nationale historique, le développement d'envergure des réseaux de chaleur au Danemark repose sur des synergies locales construites autour de partenariats contractualisés. Cette situation contraste avec la France où le soutien aux réseaux de chaleur est longtemps resté très mesuré, avant d'être renforcé avec la mise en place du Fonds chaleur à la fin des années 2000. Dans le chapitre suivant, Antoine Fontaine s'intéresse à l'histoire du nucléaire français dans les années 1970. La mise en chantier du programme nucléaire civil s'est accompagné de débats institutionnels, largement méconnus, qui ont porté sur l'opportunité d'utiliser la chaleur produite par les centrales. À travers l'analyse de ces débats, il donne à voir la tentative, finalement avortée, de construction d'une politique de la chaleur attentive aux enjeux d'efficacité énergétique, à la protection des écosystèmes et aux acteurs locaux.

La troisième partie du livre s'intéresse aux formes de territorialisation de la chaleur, observées à différentes périodes à partir de plusieurs filières technologiques qui relèvent de ce qui est aujourd'hui désigné comme la « chaleur renouvelable et de récupération ». Yann Brunet (chapitre 6) livre une histoire des réseaux de chauffage urbains des villes de Lyon et Villeurbanne au cours du ^{xx}e siècle. Au gré des controverses qui jalonnent le développement chahuté de ces infrastructures, il décrit à la fois la montée en compétences progressive des acteurs locaux sur les questions énergétiques,

les transformations urbaines qui accompagnent l'émergence de ces réseaux, et des nouvelles pratiques de chauffage qu'ils rendent possibles. Vincent Banos (chapitre 7) analyse la manière dont les politiques du bois-énergie se sont structurées depuis la fin du ^{xx}^e siècle en s'intéressant à leurs conséquences sur la gestion forestière. Il décrit comment les filières locales du bois-énergie, sources historiques de combustible domestique, se recomposent sous l'effet de politiques qui au nom de la transition énergétique portent des logiques d'industrialisation induisant l'émergence de nouveaux marchés du bois. Dans le chapitre suivant, Antoine Fontaine et Laurence Rocher expliquent comment la récupération et la valorisation de chaleur fatale s'organisent en France, en étudiant la place que les collectivités urbaines accordent à cette ressource dans leurs stratégies énergétiques. Leur enquête montre que si les projets de valorisation de chaleur fatale représentent des opportunités intéressantes pour des villes en quête de décarbonation et d'autonomie énergétique, rares sont ceux qui aboutissent.

La quatrième et dernière partie du livre se tourne vers les usages de la chaleur pour examiner la question du confort thermique et la manière dont il est normalisé. Renan Viguié (chapitre 9) montre à travers un récit historique combien le concept de confort thermique est une invention récente. Jusqu'à la seconde moitié du ^{xx}^e siècle, le chauffage est presque inexistant en dehors des logements bourgeois : la norme est d'avoir froid chez soi. La diffusion des premiers moyens de chauffage a d'abord été accueillie avec réticence et régulièrement critiquée, avant que le chauffage moderne ne se démocratise. Pour finir, Julien Haine et Lise Desvallées s'intéressent à la manière dont les usagers réagissent aux brusques augmentations des prix de l'énergie. À partir d'une récente enquête, ils documentent un processus de montée en compétences des ménages soucieux de maîtriser davantage leur consommation énergétique et leurs factures, tout en mettant en évidence des pratiques sensiblement différentes selon les catégories sociales. En conclusion de cet ouvrage, nous reviendrons sur un certain nombre d'enseignements issus de ces différents travaux et en tirerons plusieurs réflexions prospectives quant à l'appréhension des questions thermiques en tant qu'enjeux scientifiques et sociétaux.

Bibliographie

- Allagnat, M. 2022. *Habiter la périphérie urbaine en périodes de fortes chaleurs : les vécus habitants, leurs dilemmes et les inégalités sociospatiales amplifiées*, thèse de doctorat en géographie, Nantes Université.
- Assemblée nationale. 2023. Commission d'enquête visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France. Compte rendu n°45. Audition de Nicolas Hulot et de Michèle Pappalardo.
- Assemblée nationale. 2023. Rapport d'information de la mission d'information commune sur la rénovation énergétique des bâtiments présenté par Julie Laermoes et Marjolaine Meynier-Millefert. Paris.
- Beltran, A., 1992. Gaz de France et le secteur gazier depuis 1940. *Flux*, n°8, 29–38. <https://doi.org/10.3406/flux.1992.924>

- Beltran, A., Williot, J.-P. et Bérégovoy, P. 1992. *Le noir et le bleu: 40 ans d'histoire de Gaz de France*, P. Belfond, Paris.
- Berthonnet, A. 2003. L'électrification rurale: ou le développement de la « fée électricité » au cœur des campagnes françaises dans le premier xx^e siècle. *Histoire & Sociétés Rurales*, 19, 193. <https://doi.org/10.3917/hsr.019.0193>
- Charbonnier, P. 2024. *Vers l'écologie de guerre: une histoire environnementale de la paix*, Paris: La Découverte.
- Cointe, B. 2014. *The emergence of photovoltaics in France in the light of feed-in tariffs: exploring the markets and politics of a modular technology*. EHESS.
- Commission de Régulation de l'Énergie. 2023. L'électrification des usages. Rapport du groupe de travail n°2 du comité de prospective de la CRE, 64 p.
- Commission Européenne. 2016. Stratégie de l'UE en matière de chauffage et de refroidissement.
- Cour des comptes. 2018. Le soutien aux énergies renouvelables.
- De Munck, C., Pigeon, G., Masson, V., Meunier, F., Bousquet, P., Tréméac, B., Merchat, M., Poeuf, P. et Marchadier, C. 2013. «How Much Can Air Conditioning Increase Air Temperatures for a City like Paris, France?» *International Journal of Climatology*, 33, n° 1, pp. 21027. <https://doi.org/10.1002/joc.3415>.
- Dong, Y., Coleman, M. et Miller, S.A., 2021. Greenhouse Gas Emissions from Air Conditioning and Refrigeration Service Expansion in Developing Countries. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 46, pp. 59–83. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-034103>
- Dubey, G. et Gras, A. 2021. *La servitude électrique: du rêve de liberté à la prison numérique*, Anthropocène. Éditions du Seuil, Paris.
- Evrard, A. 2013. *Contre vents et marées politiques des énergies renouvelables en Europe*, Presses de Sciences Po, Paris.
- FEDENE Réseaux de chaleur et froid. 2023. *Enquête des réseaux de chaleur et de froid*, édition 2023.
- Fijalkow, Y. et Maresca, B. 2019. Normes de chauffe et transition énergétique : les transactions des habitants. *Nat. Sci. Soc.*, 27, pp. 410–421. <https://doi.org/10.1051/nss/2020009>
- Fontaine, A. 2021. Heating France with nuclear power: Alternative heat politics and competing nuclear regimes during the 1970s. *Journal of Historical Geography*, 73, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2021.05.002>
- Fontaine, A. et Rocher, L. 2021. Géographies de la chaleur. L'énergie de récupération comme ressource territoriale. *Espaces et sociétés*, n° 182, pp. 113–129. <https://doi.org/10.3917/esp.182.0113>
- Fontaine, A. et Rocher, L., 2024. Cities looking for waste heat: The dilemmas of energy and industry nexuses in French metropolitan areas. *Urban Studies*, 61, pp. 254–272. <https://doi.org/10.1177/00420980231183263>
- Forman, C., Muritala, I.K., Pardemann, R. et Meyer, B. 2016. Estimating the global waste heat potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1568–1579. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.192>
- GIEC. 2021. Changement climatique 2021. Les bases scientifiques physiques. Contribution du groupe de travail 1 au sixième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- Gouvernement français. 2023. Projet de loi de finances 2024. 10 milliards d'euros supplémentaires pour la planification écologique.
- Graham, S. 2015. Life support: The political ecology of urban air. *City*, 19, 192–215. <https://doi.org/10.1080/13604813.2015.1014710>
- Gras, A. 2007. *Le choix du feu: aux origines de la crise climatique*, Fayard, Paris.
- Heat Roadmap Europe. 2017. Heating and cooling. Facts and figures. The transformation towards a low-carbon heating and cooling sector.

Heat Roadmap Europe. 2017. 2015 Final heating and cooling demand in France.

International Energy Agency. 2018. The Future of Cooling, IEA, Paris.

International Energy Agency. 2021. Renewables 2021. Paris.

Johansen, K. et Werner, S. 2022. Something is sustainable in the state of Denmark: A review of the Danish district heating sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, pp. 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112117>

Khalanski, M. et Gras, R. 1996. Rejets thermiques en rivières et hydrobiologie - Un aperçu sur l'expérience française. *La Houille Blanche*, 13-18. <https://doi.org/10.1051/lhb/1996046>

Klinenberg, E. 2022. *Canicule, Chicago, été 1995: autopsie sociale d'une catastrophe*, Éditions Deux-Cent-Cinq, Villeurbanne (Rhône).

Kuzemko, C., Blondeel, M., Dupont, C. et Brisbois, M.C. 2022. Russia's war on Ukraine, European energy policy responses & implications for sustainable transformations. *Energy Research & Social Science*, 93, pp. 102-842. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102842>

Labussière, O. 2015. La performance énergétique des bâtiments à l'ère des politiques européennes de démonstration. Le cas du programme CONCERTO et du projet de la ZAC De Bonne, Grenoble, France. *vertigo*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.15671>

Labussière, O. et Nadaï, A. (eds.). 2018. *Energy Transitions: a socio-technical inquiry*, Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77025-3>

Labussière, O. et Nadaï, A. 2015. *L'énergie des sciences sociales*. Alliance Athena, (Paris).

Labussière, O., Merlin, J. et Nadaï, A. 2024. Orchestrer la politique de la géothermie profonde. Étude à partir du cas de l'exploitation du Dogger parisien (1950-1990)., in: Hamman, P., Roudil, N. (eds.), *Villes et énergies en Europe*.

Legoullon, G. 2016. La construction des grands ensembles en France : émergence de nouvelles vulnérabilités environnementales. *Vertigo*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17984>

Lepin, N. et Maillefert, M. 2022. « De l'arbre au radiateur » : vers de nouveaux opérateurs énergétiques territoriaux ? : Innovation sociale territorialisée et enjeux de changements d'échelles. *Noroi*, 15-35. <https://doi.org/10.4000/noroi.12598>

Lopez, F. et Diquet, C. 2023. *Sous le feu numérique: spatialités et énergies des data centers*, VuesDensemble. MétisPresses, Genève.

Massard-Guilbaud, G. 2019. De l'histoire des sources et des filières à l'histoire des systèmes et des transitions: comment on a écrit l'histoire de l'énergie, in: Mathis, C.-F., Massard-Guilbaud, G. (Eds.), *Sous le soleil: systèmes et transitions énergétiques du Moyen Âge à nos jours*. Paris, pp. 7-42.

Mathis, C.-F. 2021. *La civilisation du charbon: en Angleterre, du règne de Victoria à la Seconde guerre mondiale*, Collection Chroniques. Vendémiaire, Paris.

Ministère de la Transition écologique et Solidaire. 2018. Bilan énergétique de la France pour 2016, 140.

Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2019. Réseaux de chaleur et de froid: une filière d'avenir.

Ministère de la Transition énergétique. 2023. Stratégie française pour l'énergie et le climat.

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2024. Bilan énergétique de la France pour 2022.

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2023. Chiffres clés de l'énergie, édition 2023.

Observatoire national de la précarité énergétique. 2023. Tableau de bord de la précarité énergétique, édition novembre 2023. ONPE.

Observatoire national de la rénovation énergétique. 2023. Les rénovations énergétiques aidées par MaPrimeRénov' entre 2020 et 2022. Propriétaires occupants, propriétaires bailleurs, copropriétés. ONRE.

- Organisation Météorologique Mondiale. 2020. 2020 est en passe de devenir l'une des trois années les plus chaudes jamais enregistrées.
- Paardekooper, S., Lund, R.S., Mathiesen, B.V. et Chang, M. 2018. *Heat Roadmap France. Quantifying the impact of low-carbon heating and cooling roadmaps*, Aalborg Universitet.
- Pouget, A. 2018. La mobilisation des réglementations thermiques au service de la transition énergétique. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, n° 90, pp. 68–74. <https://doi.org/10.3917/re1.090.0068>
- Poupeau, F.-M. 2007. La fabrique d'une solidarité nationale: État et élus ruraux dans l'adoption d'une péréquation des tarifs de l'électricité en France. *Revue française de science politique*, 57, p. 599. <https://doi.org/10.3917/rfsp.575.0599>
- Poupeau, F.-M. 2014. Central-Local Relations in French Energy Policy-Making: Towards a New Pattern of Territorial Governance: Central-Local Relations in French Energy Policy-Making. *Env. Pol. Gov.*, 24, pp. 155–168. <https://doi.org/10.1002/eet.1637>
- Poupeau, F.-M. 2017. *L'électricité et les pouvoirs locaux en France (1880-1980): une autre histoire du service public*, Peter Lang, Paris.
- Poupeau, F.-M. 2023. *L'État en quête d'une stratégie énergie-climat*, Sciences sociales, Presses des Mines, Paris.
- Raoult, M. 2008. *Histoire du chauffage urbain*, L'Harmattan, Paris.
- Reghezza-Zitt, M. 2023. *Sociétés humaines et territoires dans un climat qui change. Du réchauffement climatique global aux politiques climatiques*. Géoconfluences.
- Rice, J.L., Long, J. et Levanda, A. (eds.). 2023. *Urban climate justice: theory, praxis, resistance, Geographies of justice and social transformation*, The University of Georgia Press, Athens.
- Rifkin, J., Chemla, F. et Chemla, P. 2012. *La troisième révolution industrielle comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*, LLL Les liens qui libèrent., Paris.
- Rocher, L. 2013. Le chauffage urbain dans la transition énergétique: des reconfigurations entre flux et réseau. *Flux*, 23–35.
- Rocher, L. 2014. Climate-Energy Policies, Heat Provision, and Urban Planning: A Renewal of Interest in District Heating in France: Insights from National and Local Levels. *Journal of Urban Technology*, 21, 3–19. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.940711>
- Rocher, L. 2020. Waste, A Matter of Energy: A Diachronic Analysis (1992-2017) of Waste-to-Energy Rationales, in: Ek, R., Johansson, N. (eds.), *Perspectives on Waste from the Social Sciences and the Humanities: Opening the Bin*. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle-upon-Tyne, pp. 94–112.
- Santé Publique France. 2024. Bilan canicule et santé: un été 2023 marqué par 4 épisodes de canicule avec un impact sanitaire important. Paris.
- Simonnot, P. 1978. *Les nucléocrates*, Presses universitaires de Grenoble, Capitalisme & Survie. Grenoble.
- Viguié, R. 2020. Une courbe pour bien se chauffer. Les températures de chauffage préconisées au xx^e siècle. *Flux*, N°121, 102. <https://doi.org/10.3917/flux1.121.0102>
- Viguié, R. 2024. *Bien au chaud: histoire du chauffage au xx^e siècle*, Histoire, sciences, techniques et sociétés, Presses des Mines, Paris.
- Williot, J.-P. 2003. La respiration des gazomètres ou la consommation de gaz manufacturé à Paris de 1860 à 1960. *Flux*, n° 51, 83–88. <https://doi.org/10.3917/flux.051.0083>