

# Tous climatisés en 2050?

L'adaptation de nos logements au réchauffement climatique

Antoine Bultel et Camille Celier

Préface de Franck Lirzin



Antoine Bultel et Camille Celier, *Tous climatisés en 2050 ?*, Paris, Presses des Mines, Collection Ingénieurs de demain, 2025.

© Presses des MINES – TRANSVALOR, 2025

60, boulevard Saint-Michel – 75272 Paris Cedex 06 – France

[presses@minesparis.psl.eu](mailto:presses@minesparis.psl.eu)

[www.pressesdesmines.com](http://www.pressesdesmines.com)

ISBN : 978-2-38542-632-3

© Image de couverture : Freepik

Dépôt légal : 2025

Achevé d'imprimer en 2025 (Paris)

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

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

**TOUS CLIMATISÉS  
EN 2050 ?**



Antoine Bultel et Camille Celier  
Préface de Franck Lirzin

# TOUS CLIMATISÉS EN 2050 ?



PSL 

PRESSES **DES MINES**  
*L'excellence scientifique*

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	10
<b>Préface</b> .....	12
<b>Résumé exécutif</b> .....	16
<b>Introduction – Face à la chaleur, notre inadaptation engendre un risque sanitaire fort</b> .....	18
2003: un traumatisme et son retour annoncé.....	19
Le problème n'est pas la chaleur, mais notre inadaptation.....	21
Alors, comment s'adapter? .....	25
<b>Chapitre 1 – Le logement neuf, révélateur des tensions entre adaptation et atténuation</b> .....	26
Un peu d'histoire: entre adaptation et atténuation, une synergie loin d'être évidente.....	27
Quand l'atténuation va contre l'adaptation: l'exemple de la RT2012 .....	30
Corriger le tir et intégrer le confort d'été dans la réglementation: la RE2020 .....	32
Malgré ces améliorations, des obstacles persistent: faible maturité de la filière et ralentissement de la construction .....	34
<b>Chapitre 2 – Le logement existant: vers la climatisation généralisée?</b> .....	36
État des lieux: un parc extrêmement varié, largement inadapté... bientôt climatisé? .....	37
La climatisation, une maladaptation? .....	40
<b>Chapitre 3 – Les solutions alternatives à la climatisation.</b>	
<b>Un panel hétéroclite pertinent au cas par cas</b> .....	50
Les solutions « sans regret »: des techniques simples pour un effet significatif, mais insuffisantes d'ici 2050.....	51
Les solutions « ventilation »: un effet réel mais difficile à quantifier.....	53
Les solutions « eau »: vertueuses mais complexes à implémenter .....	53
Les solutions « innovantes »: attention aux fausses bonnes idées .....	55

<b>Chapitre 4 – L’adaptation est un chemin : pour un <i>merit-order</i> du rafraîchissement.....</b>	<b>56</b>
Adapter et atténuer : deux paradigmes différents .....	57
Les chemins d’adaptation : une méthode pour planifier en tenant compte des individualités.....	60
 <b>Chapitre 5 – Accompagner le logement social, pionnier d’une adaptation alternative.....</b>	<b>68</b>
Fournir un logement social confortable en été : l’équation impossible des bailleurs sociaux.....	69
L’adaptation sous contrainte des bailleurs sociaux : le <i>merit-order</i> en action .....	78
 <b>Conclusion.....</b>	<b>86</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>88</b>



# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement notre pilote, Pierre Couveinhes, pour son implication à nos côtés et ses commentaires avisés durant toutes les étapes de ce travail. Ce livre est la prolongation d'un exercice de mémoire, mené dans le cadre de notre troisième année de formation au sein du Corps des Mines. À ce titre nous souhaitons remercier tous les membres de la formation nous ayant aiguillé aux différentes étapes de ce travail.

Une phase de cet exercice a été commune avec des élèves de la promotion Joséphine Baker de l'INSP (Institut national du service public) : nous remercions amicalement tous les élèves de notre groupe, ainsi que notre commanditaire Alexandre Dozières et notre référent Mickaël Thiery, qui ont permis à cette phase intense d'être des plus fructueuses intellectuellement.

Nous tenions également à remercier les Presse des Mines pour leur confiance et leur aide sur la conception de ce livre. Enfin, nous tenons à remercier les lecteurs pour leur intérêt pour cet ouvrage. Nous espérons que celui-ci sera utile et apprécié par tous ceux qui le liront.

# Préface

Pendant longtemps, le changement climatique n'a été qu'une menace abstraite, un futur possible dont on espérait qu'il n'advierait pas, ou plus tard, beaucoup plus tard. Force est de constater que le futur nous a rattrapé, et que le changement climatique est devenu une réalité tangible qui va s'inscrire durablement dans notre quotidien. Partout sur notre planète, les signes sont manifestes : inondations de plus en plus soudaines et brutales, canicules et vagues de chaleur précoces et plus dures, érosion accélérée des côtes. C'est à regret qu'il faut admettre qu'à défaut de gagner la bataille contre le dérèglement climatique, nous devons nous préparer au pire et être prêt à nous adapter.

L'adaptation au changement climatique, longtemps un sujet tabou et qualifié de défaitiste, est devenue un incontournable aussi bien dans nos vies quotidiennes que dans le fonctionnement même des entreprises. La réalité des faits s'est imposée à nous, implacables, même si nous sommes encore loin de bien mesurer et comprendre le monde dans lequel nous pénétrons. Certaines études scientifiques laissent penser que le phénomène pourrait être en train de s'accélérer. Nous avons beaucoup de mal à anticiper de possibles ruptures dans l'évolution climatique et leurs conséquences. Pourtant comprendre ce risque est essentiel pour penser l'adaptation à sa juste mesure. Prenons l'exemple de la température intérieure d'un appartement : à 35°C, vous avez chaud ; à 40°C, vous êtes fiévreux ; à 45°C, vous êtes morts. Le réchauffement n'est donc pas une évolution linéaire et il ne suffit pas de s'adapter pas à pas à un environnement qui change lentement. C'est à plus long terme, dans un univers très incertain et sans doute hostile, qu'il est nécessaire de se projeter et d'agir. Quoi de plus difficile dans une société de l'immédiateté, où le besoin de sécurité surpasse tous les autres ?

Le changement climatique est un phénomène global, mais ses manifestations sont locales. Montpellier fait face à la montée des eaux et l'érosion de ses côtes ; Paris affronte des canicules amplifiées par la minéralité de son urbanisme ; 90 % des Hauts-de-France sont confrontés à des phénomènes de retrait-gonflement des argiles. Les réponses ont besoin de s'adapter à chaque situation, au plus près des territoires et des réalités. Il n'existe pas de solution unique et, souvent, plusieurs technologies peuvent apporter chacune une partie de la réponse. C'est leur combinaison avec un savant dosage d'ingéniosité qui est la bonne solution. Cela nécessite d'agir à rebours de tout ce que l'urbanisme moderne nous a appris : collectivement, scientifiquement, patiemment et démocratiquement. Les solutions inspirées

de la nature (bioclimatisme ou biomimétisme) se mêlent à des solutions technologiques avancées (surveillance satellitaire, réseaux de chaud/froid). Scientifiques, ingénieurs, architectes, bâtisseurs, politiques, citoyens ont besoin de travailler main dans la main, d'oser expérimenter, d'innover, de tester à leur échelle et selon leur temporalité.

Parmi les fléaux climatiques, les canicules se sont imposées dans l'opinion publique comme le plus révélateur des dérèglements, sans doute parce qu'elles suscitent en nous une peur millénaire du chaud, du feu, de l'Enfer. Longtemps, les canicules ont été considérées comme un simple problème de confort. Ne suffisait-il pas de s'aérer et de boire, et d'attendre que le mercure redescende ? Lors de la canicule qui a sévi en Europe en 2022, on estime que 62 000 personnes sont mortes des conséquences d'une exposition aux fortes températures. Ces décès peuvent intervenir plusieurs jours après l'exposition. Le décompte oublie les millions d'animaux et de végétaux, morts eux aussi. Les canicules ne sont donc pas un simple inconfort, mais un véritable enjeu de santé publique.

Pour les entreprises, les canicules aussi sont un risque opérationnel croissant : ralentissement des trains lorsque les rails se dilatent sous l'effet du soleil, arrêt des centrales nucléaires lorsque l'étyage des fleuves qui les refroidissent est trop bas, accidents mortels sur les chantiers BTP trop exposés. La chaleur n'est pas un risque à prendre à la légère. À leur tour, les banques et les assurances s'en préoccupent, craignant de n'être plus capables de couvrir des risques mal maîtrisés et qui ne cessent d'augmenter.

La chaleur extrême devient un risque sanitaire, économique, financier, et donc politique, dans un pays qui n'y est pas (encore) habitué. Il n'est donc guère étonnant que l'État et l'Union européenne s'en préoccupent et tâchent de fédérer les acteurs économiques et sociaux autour de trajectoires d'adaptation.

Dans cet ensemble, les villes se distinguent. Première source des émissions de gaz à effet de serre, elles sont aussi les premières victimes du changement climatique. Alors qu'un humain sur deux vit en ville, et trois sur quatre d'ici un quart de siècle, anticiper l'impact du changement climatique sur les espaces métropolitains est primordial.

Adapter la ville prend du temps. Ceux qui travaillent dans le secteur de l'immobilier le savent bien : tout projet prend au moins 5 ans, le plus souvent 10 ans, et parfois bien davantage. Plus le projet implique d'intérêts différents et souvent opposés, plus il avance lentement. Or s'adapter, c'est précisément mobiliser des intérêts différents qu'on tente d'unir dans une cause commune. Planter des arbres, désimperméabiliser, construire des réseaux de froid, modifier l'organisation et l'esthétique des toits et des façades prend du temps, parfois trop de temps.

La tentation est grande de choisir une solution simple et purement individuelle : la climatisation.

Cette technologie, comme rarement dans le bâtiment, a ses détracteurs comme ses prosélytes. Les uns dénoncent une technologie néfaste pour l'environnement, aggravant les effets d'îlots de chaleur urbaine et encourageant la consommation électrique, tandis que les autres promeuvent une technologie très efficace, plutôt neutre, facile à installer et déjà utilisée à grande échelle dans le monde entier sauf en Europe. Il est parfois difficile de s'y retrouver tant les partis s'opposent sans vraiment s'écouter. À rester dans les postures sans chercher à construire, on passe à côté de son époque et le train passe sans nous : au rythme actuel, dans 10 ans, nous aurons tous un climatiseur chez nous. Si on ne fait rien, ceux qui en ont les moyens s'équiperont de climatiseurs dernier cri, et sans doute assez vertueux, tandis que les plus modestes choisiront des solutions peu efficaces et continueront à souffrir. Les inégalités climatiques s'additionneront aux inégalités sociales, on le voit partout. Choisir une voie individuelle à un problème collectif ne conduit pas à un optimum social, bien au contraire. Il est donc urgent d'y voir clair pour faire les bons choix.

Ce mémoire des élèves ingénieur du Corps des Mines a l'immense mérite de poser avec calme et beaucoup de sérieux la question. Antoine Bultel et Camille Celier ont fait un travail de terrain méticuleux pour apporter un regard documenté et sans parti pris, qui s'avère très précieux pour comprendre les enjeux du moment et proposer des solutions opérationnelles comme institutionnelles. Alors que les changements qui se dressent devant nous, menaçants et difficiles, nous poussent tantôt dans l'indignation tantôt dans l'apathie, trouver un chemin médian et raisonné est en soi une victoire qui montre l'espoir d'un chemin d'action.

**Franck Lirzin**

***Auteur de Paris face au changement climatique***

# Résumé exécutif

La France se réchauffe, les canicules vont devenir plus fréquentes et plus intenses. Face à ce risque sanitaire, nos comportements, nos villes, mais surtout nos bâtiments ne sont plus adaptés : 59 % des Français<sup>1</sup> souffrent de la chaleur dans leur logement. Si les professionnels du secteur semblent intégrer ces enjeux pour les constructions neuves, le problème du parc existant demeure, avec des dispositifs d'adaptation insuffisants. 25 % des propriétaires<sup>2</sup> se sont déjà équipés de solutions de climatisation, suscitant une controverse médiatique : faut-il se rafraîchir au risque d'aggraver le réchauffement ? Serons-nous tous climatisés en 2050 ?

Cet ouvrage met avant l'idée que la climatisation n'est pas la seule solution permettant d'améliorer le confort d'été, mais qu'elle est la plus populaire car, dans bien des cas, elle est la plus simple et la plus efficace. Contrairement aux idées reçues, son bilan écologique reste maîtrisé à condition qu'elle soit utilisée avec bon sens et en complément de mesures passives, selon une logique de « *merit-order* » du rafraîchissement. En revanche, le coût élevé de la climatisation risque de placer de nombreux ménages dans une nouvelle forme de précarité, la « précarité énergétique d'été ». Plus qu'une catastrophe écologique, une catastrophe sociale se profile si l'on n'offre pas à ces ménages un autre chemin d'adaptation.

Nous avons rencontré des bailleurs sociaux, pionniers en la matière. Contraints de penser l'adaptation sans climatisation, ils développent une approche alternative, tournée vers des solutions plus sobres, mais se heurtent à plusieurs difficultés : diagnostic, financement, maturité de l'écosystème... Il faut leur proposer un accompagnement et des moyens financiers centrés sur l'adaptation, et ce dès aujourd'hui. 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.

<sup>1</sup> Fondation Abbé Pierre (2023), La précarité énergétique d'été : une nouvelle forme de mal-logement.

<sup>2</sup> ADEME (2021). La climatisation dans le bâtiment. État des lieux et prospective 2050.

# Introduction

Face à la chaleur, notre inadaptation engendre un risque sanitaire fort

### **2003 : un traumatisme et son retour annoncé**

Été 2003 : la France fait face à une canicule sans précédent qui marquera durablement les esprits. Pendant plus de quinze jours consécutifs, dans de nombreux départements français, les températures dépassent les 35°C à l'ombre, et ne descendent pas en dessous de 20°C la nuit. Plusieurs records absolus de température sont battus cette année-là : 43°C à Orange, 40°C à Lyon, 41°C à Auxerre... Cette vague de chaleur, la plus meurtrière du XXI<sup>e</sup> siècle en Europe, causera la mort de plus de 70 000 personnes sur le continent, dont près de 15 000 en France.

Les conséquences de cette canicule sont multiples et dramatiques. Les hôpitaux sont rapidement débordés, faisant face à un afflux massif de patients souffrant de déshydratation, d'insolation ou de coups de chaleur. Les personnes âgées, isolées et vulnérables, sont les premières victimes de cette catastrophe sanitaire. Les services publics et les associations peinent à répondre aux besoins urgents de la population, et les stocks d'eau sont rapidement épuisés.

Dans les grandes villes, les transports en commun sont perturbés, et les autorités appellent la population à limiter ses déplacements. Les événements sportifs et culturels sont annulés ou reportés. Les agriculteurs font face à d'importantes pertes, les récoltes étant ravagées par la sécheresse et la chaleur.

Face à cette crise, les autorités mettent en place un plan d'urgence, comprenant la mobilisation de moyens supplémentaires pour les hôpitaux, la distribution d'eau et de nourriture aux personnes les plus vulnérables et la mise en place de mesures de prévention et d'information. Des cellules de crise sont créées au niveau local et national pour coordonner les actions et répondre aux besoins de la population.

Cette canicule de 2003 a mis en lumière les vulnérabilités du système de santé, ainsi que la nécessité de mieux préparer et anticiper les épisodes de fortes chaleurs. Aujourd'hui, on sait malheureusement que la canicule de 2003 n'était pas un cas extrême, mais un avertissement. Elle reviendra dans les prochaines décennies, augmentant en fréquence et en intensité. En effet, si la température de la planète augmente, selon les observations et

projections bien connues du GIEC<sup>3</sup> (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), la France se réchauffe quant à elle plus vite que la moyenne du globe. Ainsi, depuis l'ère préindustrielle, elle s'est réchauffée de 2,3°C, soit deux fois plus que la moyenne mondiale qui s'établit à 1,3°C. Ajoutez à cela qu'en Europe, les températures extrêmes estivales augmentent deux fois plus vite que les températures moyennes<sup>4</sup>, et c'est un risque de canicule hors normes qui se profile.

Dans un travail de 2020<sup>5</sup>, Météo France a voulu objectiver ce risque. Les résultats sont édifiants :

- L'emballlement caniculaire est déjà visible : les vagues de chaleur ont été trois fois plus nombreuses sur la période 1985-2020 que sur la période 1950-1985.
- Quels que soient les profils d'émissions mondiales, elles doubleront encore en fréquence d'ici 2050.
- Dans le scénario tendanciel du GIEC (dit RCP 8.5), « les vagues de chaleur pourraient survenir trois années sur quatre au cœur de l'été et se produire de mai à octobre » dans la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle.

Des surmortalités comparables à celle de 2003 n'ont jamais été observées depuis, prouvant que ces 15 000 décès étaient largement imputables à l'impréparation complète du pays. Mais la chaleur demeure un enjeu de santé publique 20 ans plus tard. En 2022, année la plus chaude jamais enregistrée sur le territoire métropolitain, Santé Publique France<sup>6</sup> comptait 2 816 décès en excès – à titre de comparaison, cette même année, 3 550 personnes mourraient sur les routes.

Dans une France à +4°C, des canicules trois fois plus intenses frapperaient comme des « épidémies estivales » comparables aux épidémies virales ou bactériennes que nous connaissons en hiver. Mais à la différence de ces épidémies, on ne peut pas espérer les

<sup>3</sup> GIEC (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

<sup>4</sup> University of Oxford (2023), *Extremely hot days are warming twice as fast as average summer days in North-West Europe*.

<sup>5</sup> Météo France (2020), *Changement climatique : des canicules deux fois plus fréquentes d'ici 2050*.

<sup>6</sup> Santé Publique France (2022). *Bulletin de santé publique canicule. Bilan été 2022*.

prévenir par des vaccins ou des confinements. La chaleur va s'installer dans nos vies, qu'on le veuille ou non : le mot d'ordre sera de s'adapter.

### **Le problème n'est pas la chaleur, mais notre inadaptation**

Commençons par une prise de recul internationale. En mai 2024, la ville de Tambacounda, au Sénégal oriental, a subi peu ou prou les mêmes températures que la France en 2003. Pendant plus de quinze jours consécutifs, les températures ont dépassé les 35°C à l'ombre, et ne sont pas descendues en dessous de 20°C la nuit : 41°C le 26 mai, 42°C le 31 mai<sup>7</sup>... Canicule ? Non, il s'agit d'un temps printanier très classique pour la saison, n'impactant pas outre mesure l'activité de cette ville de 165 000 habitants, pour la plupart non climatisés. Même sans se comparer au Sénégal oriental, on peut calculer que les augmentations de températures présentées dans le paragraphe précédent devraient projeter la France sur les climats actuels de l'Espagne ou de l'Italie. Autant de pays où la chaleur se fait ressentir, mais loin d'être invivables.

### **Alors, pourquoi craint-on pour la France ?**

Des éléments de réponse peuvent être tirés de cette photographie d'une célèbre avenue parisienne un jour d'été.

<sup>7</sup> MeteoConsult.fr, consulté le 3 juin 2024.



**Figure 1.**

Photographie depuis l'Arc de Triomphe, par l'utilisateur `\HH/a.P` du site Pexels

Sur cette photo, ce sont nos deux grandes vulnérabilités face à la chaleur qui sont illustrées.

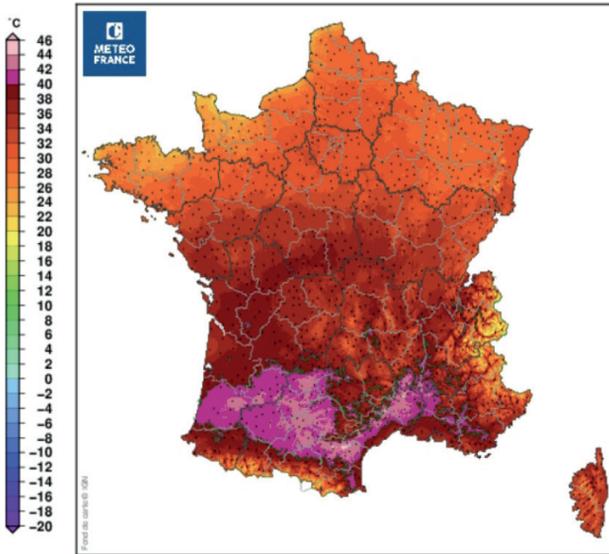
- Nos comportements : qu'il s'agisse des dizaines de passants marchant en plein soleil alors que de l'ombre est disponible, ou les habitants des façades exposées qui ouvrent rideaux et fenêtres en plein zénith, les comportements des habitants de cette rue sont loin d'être optimaux. Santé Publique France<sup>8</sup> rappelle pourtant que les trois pathologies caractéristiques de la canicule (hyperthermie, déshydratation et hyponatrémie) comportent toutes une forte dimension comportementale et peuvent être évitées en limitant son exposition et en maîtrisant son hydratation.
- Nos villes : cela est sans doute moins frappant, mais l'architecture trahit l'inadaptation de Paris. Façades sans ombrages, décor minéral et rectiligne... Vues du ciel, les deux rangées d'arbres semblent bien en peine de rafraîchir l'atmosphère face à une avenue qui semble bâtie comme un thermos à ciel ouvert. Et c'est sans doute volontaire ! Il faut se rappeler que notre capitale a connu son essor sous un climat autrement plus froid que le nôtre, où il arrivait à la Seine de geler. La priorité des urbanistes était de conserver la chaleur plus que de s'en protéger.

Cette illustration, si frappante qu'elle soit, n'est qu'un cas particulier. Mais nous pensons qu'elle donne toutes les clés pour expliquer les relations inattendues entre surmortalité<sup>9</sup> et température<sup>10</sup> dans l'Hexagone lors de la canicule 2023.

<sup>8</sup> Santé Publique France (2022), Fortes chaleurs et canicule : un impact sur la mortalité important nécessitant le renforcement de la prévention et de l'adaptation au changement climatique.

<sup>9</sup> Santé Publique France (2023), Canicule et santé : excès de mortalité. Point au 12 septembre 2023.

<sup>10</sup> Météo France (2023), Août 2023 : une canicule tardive exceptionnelle sur une grande partie du pays.



**Figure 2.**  
Température maximales du 23 août 2023

Des départements ayant connus les mêmes maximales peuvent présenter des surmortalités extrêmement différentes. Le Gard et le Gers ont ainsi tous les deux eu des maximales à 46°C sur une large partie de leur territoire, avec une surmortalité trois fois plus élevée pour le second (30 % contre 10 %). Les Hautes-Alpes ont même eu une surmortalité supérieure à celle du Gard ou du Vaucluse (20 %), malgré des maximales jusqu'à 10°C inférieures ! La seule explication possible est qu'à température égale les villes, les bâtiments et les habitants des Alpes sont moins adaptés à ces chaleurs que les départements du pourtour méditerranéen, qui ont eux traversé la crise avec pas ou peu de surmortalité.

Cette mortalité différenciée est pour nous la preuve que, si les canicules sont inévitables, c'est l'adaptation des sociétés qui fait leur résilience.

## **Alors, comment s'adapter ?**

La canicule de 2003 et ses milliers de victimes ont au moins permis de créer, dans les années qui ont suivi, un arsenal de mesures de prévention et de suivi encore actives aujourd'hui. Le plus connu est le Plan national canicule (PNC), mis en place en 2004. Il comporte quatre niveaux d'alerte, en coordination avec les niveaux de vigilance météorologique de Météo France, qui déclenchent des actions graduées, notamment pour assurer la continuité des services publics.

Le PNC, quoique très efficace, est un exemple d'adaptation « en réaction » : il donne des leviers aux décideurs une fois la chaleur installée et le risque sanitaire imminent. Ces outils ne seront pas suffisants face à l'intensification et la multiplication des vagues de chaleur. Il faut également anticiper les canicules futures. Si les comportements et les villes sont des échelons d'action prometteurs, leur temps caractéristique d'évolution est plus long, et leur adaptation complexe à objectiver.

Une échelle plus « terre-à-terre » d'adaptation, plus facile à actionner et à évaluer, est celle du logement. Les logements ont en effet l'avantage d'être des systèmes localisés, que l'on peut adapter par des actes ponctuels, reposant souvent sur des solutions techniques et non comportementales. La complexité du sujet réside toutefois dans la grande diversité du parc : selon qu'on parle d'une ancienne maison de campagne, ou d'une barre d'immeuble en construction dans un centre urbain, « s'adapter au changement climatique » ne signifie pas du tout la même chose.

Nous étudierons trois typologies de logement (logement neuf, logement existant, logement social) en cherchant à chaque fois à répondre aux questions suivantes : quelle est l'ampleur de l'inadaptation ? Les acteurs s'adaptent-ils spontanément ? Comment ? Quels sont les risques ? Partant de ces cas concrets, nous développerons également une réflexion plus générale sur l'adaptation, et la place qu'elle doit prendre dès aujourd'hui dans notre société.