

## Projet de Fin d'Études (PFE) 2023-2024

# Les enjeux énergétiques sur le parc bâti français

Perspectives sur les enjeux et tentative de solutions pour la rénovation thermique des maisons pavillonnaires



Image générée par l'intelligence artificielle DALL-E 3

**Sous la direction  
d'Éric THOMAS**

**Auteur :  
Corentin JACQUET**

# **Les enjeux énergétiques sur le parc bâti français**

**Perspectives sur les enjeux et solutions pour la  
rénovation thermique des maisons pavillonnaires**

**Directeur de recherche**

**Éric THOMAS**

**2024**

**Auteur**

**Corentin JACQUET**

# Avertissement

---

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

# Formation par la recherche, Projet de Fin d'Études en génie de l'Aménagement et de l'Environnement

---

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'École Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

**Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.**

# REMERCIEMENTS

---

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Monsieur Éric THOMAS, pour sa guidance éclairée, son expertise et son soutien constant tout au long de ce projet de fin d'études. Ses conseils judicieux ont été une source d'inspiration et ont grandement contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à Lucile PAYET, Christel PALANT et Laura VERDELLI pour leurs précieux conseils en architecture, suggestions et les différents documents qui ont enrichi ce travail. Leurs contributions ont apporté une dimension supplémentaire à mes réflexions et ont renforcé la qualité de cette étude.

Enfin, je tiens à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible et la relecture, leur compréhension et leur encouragement constant. Leur présence a été un pilier essentiel tout au long de ce parcours académique. Merci. ありがとう。

Ce mémoire est dédié à la mémoire de ma sœur Alice.

# SOMMAIRE

---

1.	Introduction.....	8
1.1	Le besoin de confort thermique moderne .....	8
1.2	Les enjeux environnementaux actuels .....	9
1.2	Les enjeux actuels de développement territorial.....	9
1.3	La rénovation thermique, un domaine où les avancées sont inégales.....	10
2.	État de l'Art .....	10
2.1	Le parc d'État .....	10
2.1.1	Un parc en différence de phase avec ses usagers .....	10
2.1.2	Le P348, un programme ambitieux .....	10
2.1.3	Le concours national d'architecture « Immeuble à vivre bois » .....	12
2.2	Le parc de logement social .....	13
2.2.1	Un parc homogène et vieillissant .....	13
2.2.2	Le plan stratégique de patrimoine .....	13
2.3	Le parc de logement privé .....	15
2.3.1	Un parc hétérogène en tous points.....	15
2.3.2	Les enjeux de ce parc.....	16
2.3.3	Une enquête sénatoriale .....	18
2.3.4	Différents outils de rénovation thermique .....	21
2.3.5	Des innovations dans le domaine de l'énergétique urbaine .....	22
3.	Problématique et méthodologie .....	23
4.	Modélisation.....	24
4.1	La maison individuelle, historique des années 50 à aujourd'hui .....	24
4.1.1	Définition .....	24
4.1.2	Contexte historique et économique .....	25
4.1.3	Contexte légal .....	29
4.2	Modélisation d'une maison individuelle typique .....	32
4.2.1	Méthodologie de la modélisation .....	32
4.2.2	Choix d'une maison .....	33
4.2.3	Modélisation.....	34
4.2.4	Conclusion de la modélisation.....	39
4.2.5	Poste de rénovation à prioriser en fonction du coût.....	39
5.	Les solutions financières.....	41
5.1	Les solutions de l'État .....	41

5.2	Les solutions des acteurs privés .....	42
6.	La rénovation : Un besoin, un marché florissant et une course au plus offrant .....	44
7.	Bibliographie.....	45
8.	Annexes .....	48

# 1. Introduction

## 1.1 Le besoin de confort thermique moderne

Après la révolution industrielle, et notamment au XX<sup>ème</sup> siècle, l'Homme contemporain s'est peu à peu détaché de différents pans d'une vie naturelle, pour le confort industriel, c'est notamment le cas du confort thermique : L'Homme a perdu l'habitude de vivre avec le froid pour vivre constamment à une température convenable entre 15°C au début du siècle à 20°C à partir des années 1970. (VIGUIÉ 2020) C'est sans aucune pensée écologique, mais plutôt économique, que l'État français, notamment après le premier choc pétrolier de 1973, fixe et éduque les Français à modérer la température de leur logement, la pédagogie étant au cœur de leur stratégie : 20°C est une température idéale qui évite une facture trop lourde, mais à condition d'avoir un bâtiment isolé thermiquement. (VIGUIÉ 2020) Aujourd'hui, dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, l'ADEME a tendance à conseiller 19°C. Il s'agit par ailleurs de la norme légale pour les logements collectifs, sociaux et privés. Cette valeur de 19°C est également utilisée par les constructeurs pour dimensionner leurs produits et ajuster leurs rendements. Ainsi, nous avons cette température qui se retrouve dans un aspect social, politique, juridique et technique. (BRISEPIERRE 2015) Notons cependant que cette valeur de 19°C n'est pas égale à une consommation énergétique fixe : En effet, il faut prendre en compte le rendement des différents équipements et de l'isolation des bâtiments. C'est ce point qui sera apporté dans ce projet de fin d'étude (PFE).



Fig. 1 : Stalactite dans le salon d'un HLM, Source : Ikuko JACQUET

## 1.2 Les enjeux environnementaux actuels

Dans la dynamique mondiale de développement durable, est comprise la transition énergétique, concept créé en Allemagne dans les années 1980. Cette transition possède deux volets principaux : le premier consiste à la transition entre les énergies fossiles vers l'utilisation d'énergies renouvelables, et le deuxième volet de sobriété énergétique. (COLOOS 2016) Selon l'ADEME et EDF, en France, le chauffage (et tout ce qui s'y rapproche, comme les ECS, la ventilation) représente en moyenne entre 60 et 65% de la consommation énergétique d'un foyer. Cette consommation représente 75% de leur émission en gaz à effet de serre. Il s'agit du poste de consommation principal des foyers et représente plus de 20% de la consommation électrique totale de la France (hors chauffage des entreprises) et 30% du mix énergétique complet. (EDF 2020) (BOULETEL 2020)

Aujourd'hui, seuls 7% des logements sont des logements basse consommation, quand 16% du parc total est composé de passoires thermiques, ce qui représente 4,8 millions de logements. Notons que ce chiffre est à remettre en perspective : Les passoires thermiques représentent 7% du parc social mais presque 19% du parc privé. Un logement sur cinq. (BOULETEL 2020)

## 1.2 Les enjeux actuels de développement territorial

L'isolation thermique est donc un enjeu actuel, qui impacte le développement territorial dès 1975, quand a été mise en place la réglementation thermique (RT) des bâtiments, après le premier choc pétrolier. La RT aura évolué, année après année, pour devenir en 2020 la réglementation environnementale, qui se veut plus ambitieuse et exigeante. (Ministère de la transition énergétique 2023) Cette réglementation possède trois axes principaux : Poursuivre la dernière RT de 2012 sur l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments (critère basé sur la consommation des bâtiments en kWh/m<sup>2</sup>/an), à travers la rénovation thermique (ou énergétique) des bâtiments existants, ainsi que la baisse de consommation des bâtiments neufs (qui dans le RT2012, devaient pouvoir produire dès 2020 plus d'énergie qu'ils n'en consomment). Deuxièmement, les bâtiments neufs doivent suivre une analyse de leur cycle de vie et diminuer l'émission de gaz à effet de serre (GES), tout au long de leur vie. Enfin, les bâtiments neufs et anciens doivent pouvoir maintenir un niveau de confort minimal, quelle que soit la température extérieure, notamment en cas de canicule. La part de l'énergie utilisée dans le chauffage à l'échelle nationale augmente car le nombre de maisons individuelles augmentent. En effet, en moyenne, une maison individuelle consomme 4 fois plus d'énergie qu'un immeuble. Le poids du chauffage dans le portefeuille du particulier évolue en fonction de la distance avec le travail. (MAÏZIA 2010)

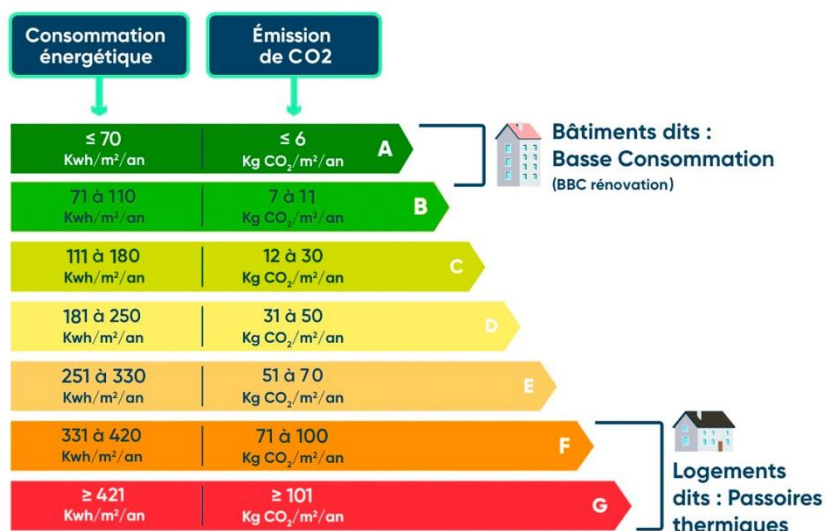


Fig. 2 : Étiquettes énergétiques du RE2020,

Source :  
actuenvironnement.com

Il existe cependant une triste vérité en matière d'enjeu territorial : 75% des rénovations effectuées entre 2014 et 2016 n'ont pas abouti à un changement d'étiquette de performance énergétique, alors que des milliers d'euros sont engagés à chaque travail. De plus, 65% des rénovations des maisons individuelles sont très partielles, en ne prenant en compte qu'un ou deux postes. (BOUTELET 2020)

Enfin, pour isoler, il faut rénover. La rénovation thermique (ou énergétique), consiste en l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment en faisant évoluer sa structure physique.

### 1.3 La rénovation thermique, un domaine où les avancées sont inégales

Nous verrons que ce domaine doit continuer son développement à la vue des enjeux climatiques, et depuis une décennie, la transition est déjà engagée. Cependant, elle n'est engagée que pour certains secteurs, qui en ont les moyens techniques, administratifs et financiers, quand d'autres sont délaissés et prennent du retard. C'est sur cette partie du parc, lésée et contraignante, que ce mémoire portera, nous développerons ce point dans la partie problématique et méthodologie.

## 2. État de l'Art

### 2.1 Le parc d'État

#### 2.1.1 Un parc en différence de phase avec ses usagers

L'État possède sur l'ensemble du territoire des locaux, que l'on appelle « cité administrative ». Ce sont des ensembles de bâtiments qui appartiennent à l'État, et sont très majoritairement des bureaux (préfecture...). Notons que malgré le fait que le terme cité administrative peut comprendre les bâtiments des différentes administrations (mairie...) nous parlerons ici que du parc qui appartient à l'État. Nous dénombrons aujourd'hui 56 cités administratives sur l'ensemble du territoire.

#### 2.1.2 Le P348, un programme ambitieux

En 2018, à travers la direction de l'immobilier de l'État (DIE), le ministère de l'Économie et des finances lance le programme 348 (P348), qui vise à rénover les cités administratives qui en ont le plus besoin, souvent énergivores et vétustes. (DÉJEAN 2019) Le projet avait pour objectif de mettre à niveau 39 cités administratives, soit 150 bâtiments disséminés sur l'ensemble du territoire métropolitain, pour une surface avoisinant les 600 000 m<sup>2</sup>. (Conseil Immobilier de l'État 2019) Le projet de Melun étant annulé, ce seront finalement 38 cités administratives qui seront dans le projet, avec 27 projets de rénovation, 4 de reconstruction et 7 mixtes. La fin du projet initialement prévu en 2022 a été repoussée en 2024. (Conseil Immobilier de l'État 2021)



Fig. 3 : Cité administrative de Bordeaux, recevant 47,5 millions d’euros pour sa rénovation,

Source : France Bleu

Au-delà de des ambitions économique et environnementale de ce projet, l’objectif de l’État est, après la crise des gilets jaunes, de s’afficher, sur l’ensemble du territoire, comme acteur pour l’environnement. Ce projet possède donc un volet politique, qui permet à l’État d’être plus visible à l’échelle locale. (KINDERMANS 2019) Ce programme d’un milliard d’euros livré en 5 ans (voir Fig. 4) et intégré dans le Grand Plan d’Investissement (GPI), réserve une importante partie de son budget, environ 65%, à la rénovation thermique et la performance énergétique. En effet, le parc d’État étant surtout représenté par un parc historique datant des années 60, il n’est pas aux normes actuelles. L’objectif affiché est de réduire la consommation des cités administratives de 67% et l’émission de gaz à effet de serre de 50%. Notons que ce bilan financier comprend les 18 millions du projet de Melun qui a été avorté. C’est notamment le cas de la cité administrative de Bordeaux, construite à la fin des années 60, à laquelle est consacrée 5% du budget total.

Type de projet	Quantité <i>nombre</i>	Surface cible <i>en m<sup>2</sup> SUB</i>	Investissement <i>en €</i>	Coût unitaire <i>en € / m<sup>2</sup> SUB</i>
Total Rénovation	28	361 100	382 754 000 €	1 060 €
Total Mixte	7	136 184	244 064 000 €	1 792 €
Total Reconstruction	4	102 158	361 785 000 €	3 541 €
<b>Total général</b>	<b>39</b>	<b>599 442</b>	<b>988 603 000 €</b>	<b>1 649 €</b>

Sources : SGCIE d’après tableau DIE P348 données 2020

Fig. 4 : Répartition des crédits d’investissement selon la nature des opérations réalisées, Source : SGCIE

Ces rénovations ont un impact majeur sur la consommation des immeubles, en augmentant leur efficacité énergétique de 75%. (KINDERMANS 2019) Il est estimé que 40 millions d’euros par an d’électricité seront économisés (sur la tarification en vigueur en 2019). Ce qui représente 9 millions de kg équivalent CO<sub>2</sub>, et 139 millions de kWh d’énergie primaire (énergie brute, en comptabilisant les différents rendements) par an. Cette économie comprend deux parties : L’économie d’énergie effectuée par l’amélioration de l’isolation thermique d’une part, d’autre part l’économie se fera en densifiant les espaces de travail, ce qui permettra de chauffer moins d’espace différents, tout en augmentant les apports amenés par les humains et différentes machines. (KINDERMANS 2019). Notons cependant que malgré les annonces de l’État, assurant un meilleur cadre de travail (Conseil Immobilier de l’État 2019), selon certains syndicats, la rationalisation des ressources peut impacter le travail des fonctionnaires. (KINDERMANS 2019) Cette mutualisation permet à l’État de libérer du foncier, qu’il pourra garder comme réserve foncière, ou vendre. (Conseil Immobilier de l’État 2019) Les rénovations permettront

également d'adapter ces bâtiments aux normes en vigueur, notamment avec toutes les lois sur l'inclusivité des personnes à mobilité réduite (PMR). (Conseil Immobilier de l'État 2019) Enfin, ce programme sera supervisé par chaque préfet, qui sera chargé de faire un appel d'offre sur les marchés publics. Chaque cité pouvant bénéficier du travail d'acteurs différents. (KINDERMANS 2019)

Le parc d'État est donc en pleine rénovation, et évolue d'un parc trop grand et mal isolé à un parc en phase avec ses besoins actuels.

### 2.1.3 Le concours national d'architecture « Immeuble à vivre bois »

En 2017, l'Association pour le Développement des Immeubles à Vivre BOIS, ADIVBOIS, en partenariat avec l'État à travers son service interministériel PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture), met en place un concours national d'architecture, nommé Immeuble à vivre bois, qui a pour objectif de concrétiser certaines idées en concept. Ce concours possédait plusieurs critères, comprenant l'utilisation du bois et le nombre important d'étages. Des contraintes d'un point de vue architectural qui de l'œil d'un urbaniste permet de répondre à des enjeux de densification et d'isolation.

Ce concours, qui avait pour objectif de définir et de prouver l'usage du bois comme matériau moderne, répond aux exigences actuelles. Il permettait donc d'expérimenter et de valider certaines thèses, notamment ici sur la pertinence du bois, qui pourrait devenir moteur, en termes d'innovations architecturales et techniques, notamment liées à l'isolation.

Les constructions lauréates de ce concours sont toutes des immeubles de grandes hauteurs (IGH), avec des hauteurs comprises entre R+6 et R+15. Nous répondons donc à la problématique de la densification.

Le choix du bois permet une haute performance énergétique et une plus grande versatilité pour son intégration dans les différents milieux. Ce matériau permet aux architectes d'innover, en apportant une grande part de nouveauté, et une grande possibilité de personnalisation et d'adaptabilité. (ADIVBOIS 2017)

Fig. 5 : Lauréat du concours, Saint-Herblain, Balcon en forêt

Source : Le Moniteur



## 2.2 Le parc de logement social

### 2.2.1 Un parc homogène et vieillissant

Le logement social en France se divise en deux grands groupes : Les logements sociaux de fait, et les logements sociaux de droit. Ici, nous traitons des habitations à loyer modéré, les HLM, qui sont des logements sociaux de droit.

Dans les années 2000, une enquête IPSOS montre que 70% des Français pensent que les HLM ne sont pas un endroit agréable à vivre et 57% pensent que ce sont des lieux peu fréquentables. Selon le ministère de la transition écologique, en 2021, 15,6% des résidences principales étaient des HLM. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2021)

Dans ce contexte, la loi SRU est votée (loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain du 13 décembre 2000) et impose à chaque commune de se doter sur son territoire de 20% des logements sociaux de droit. Cette loi incite à ne plus stigmatiser les HLM, et le parc de logements sociaux devient un levier pour l'inclusivité. Elle incite également les villes à intégrer dans leur politique l'idée de requalification urbaine, l'idée de la remise aux normes de confort les HLM vieillissants, ce qui implique l'isolation thermique de ces bâtiments. (STÉBÉ 2007)

Depuis 2009, l'organisation des différents organismes HLM a évolué : la position de l'USH (Union Sociale pour l'Habitat) est renforcée, avec les fusions des différents collecteurs interprofessionnels du logement qui passent d'une centaine à une vingtaine. Ainsi les financements de l'ANRU (agence nationale pour la rénovation urbaine) et de l'Anah (agence nationale de l'habitat) sont facilités et renforcés. (THOMAS 2022)

Depuis 2018, à travers la loi ÉLAN (évolution du logement, de l'aménagement et du numérique), le secteur du logement social évolue : la loi accélère le regroupement des organismes HLM (ce qui permet aux OPH d'avoir plus de moyens), tout en les incitant à vendre des logements. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2022) Ces mesures ont pour but d'augmenter les moyens économiques des OPH, ce qui permettra aux offices d'avoir plus d'argent pour les différents investissements, le développement, l'évolution et le renouvellement du parc HLM. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2018)

La loi permet également de simplifier et de moderniser les différentes démarches administratives, ce qui permet de répondre aux besoins du plus grand nombre. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2018)

### 2.2.2 Le plan stratégique de patrimoine

#### 2.2.2.A Une feuille de route pour une décennie

Le plan stratégique de patrimoine, dit PSP, est un document de référence publié par l'union sociale pour l'habitat (USH), obligatoire à travers des circulaires de programmation depuis 2001, puis dans le code de la construction et de l'habitation de 2009, à travers la loi MOLLE et l'application de l'article L.411.9. (USH 2019) que chaque organisme HLM doit pouvoir présenter aux autorités le cas échéant. Ce document présente trois parties, traitant du diagnostic patrimonial, de la définition des orientations patrimoniales de l'organisme pour les 10 ans à venir, et de la politique de développement de l'organisme.

Ce document se doit de prendre les différents enjeux liés au patrimoine : les risques commerciaux, sociaux, techniques et financiers.

Ce document est un document clef, une feuille de route, qui se doit d'être clair et de prendre en compte l'ensemble des variables locales et nationales, afin d'allouer au mieux les ressources financières, avec la temporalité la plus juste, pour la gestion et le développement du parc HLM. Ainsi, le PSP permet de classer les HLM, pour en tirer un indice global de performance, et permet aux offices HLM une meilleure appréciation de leur parc. (USH 2019)

### 2.2.2.B Exemple du PSP de Paris Habitat

Nous pouvons prendre pour exemple le PSP de Paris Habitat. Ce plan, qui porte sur les années 2019-2028, possède des axes principaux, que nous pouvons classer en suivant les catégories que nous avons vu précédemment :

Pour l'aspect commercial, il y a une volonté de promouvoir le patrimoine, connaître ses forces et ses faiblesses.

Pour l'aspect social, qui est plutôt sociétal ici, le PSP répond à l'évolution de la société, en prenant en compte le vieillissement de la population, l'accroissement des inégalités sociales, et la paupérisation des locataires sociaux, ainsi que la restructuration des foyers. Également est présente la volonté de créer un habitat participatif et inclusif en introduisant les locataires au milieu immobilier.

Pour l'aspect technique, les HLM doivent s'adapter et répondre aux nouvelles normes techniques et sécuritaires.

Et enfin, pour l'aspect financier, il y a la prise en compte des nouveaux outils d'aides, de l'adaptation aux lois en vigueur, de la création de programme de consolidation budgétaire et d'une anticipation des différentes actions. (Paris Habitat 2019)

Fig. 6 : Exemple d'évolution du parc d'HLM de Paris, rénovation et extension par surélévation filière bois, Rue de la glacière, 13<sup>ème</sup>

Source : PSP Paris Habitat



## 2.3 Le parc de logement privé

### 2.3.1 Un parc hétérogène en tous points

Le parc de logement privé représente 60% des logements (des résidences principales) en France. Ce parc est composé de type de logements très variés : maisons individuelles, immeubles en monopropriété, immeubles en copropriété, logements anciens...

Dans le parc privé, les maisons individuelles représentent 60% des logements, et 40% pour les appartements.

Le parc de logement privé en France représente une part importante du marché immobilier résidentiel. Il se compose principalement de maisons individuelles et d'appartements appartenant à des propriétaires privés, qui peuvent les louer ou les occuper eux-mêmes. Selon l'INSEE, en 2020, le parc de logements privés en France représentait environ 23,6 millions de logements, soit près de 84 % de l'ensemble du parc résidentiel. Bien que ce secteur soit très diversifié, il est caractérisé par une grande hétérogénéité de la qualité des logements, de leur état et de leur âge, ce qui a un impact direct sur leur valeur immobilière et leur performance énergétique. (INSEE 2020)

La majorité des logements privés ont été construits avant les années 1990, avec une part importante datant même d'avant les années 1940. Cela signifie que ces logements sont souvent mal isolés, peu performants d'un point de vue énergétique et nécessitent des travaux de rénovation pour répondre aux normes environnementales actuelles. La question de la rénovation énergétique est d'ailleurs devenue un enjeu majeur ces dernières années, car elle permet de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre tout en améliorant le confort et la qualité de vie des occupants. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2021)

Le parc de logements privés en France est également marqué par une forte diversité géographique et socio-économique. En effet, la qualité des logements, leur prix et leur localisation varient considérablement selon les régions et les zones urbaines ou rurales. De plus, la proportion de logements privés occupés par leur propriétaire est plus importante en zone rurale que dans les grandes villes, où la location est plus courante. (Observatoire des inégalités 2019)

Enfin, la crise du logement est une réalité en France, avec une demande importante de logements à des prix abordables dans les zones urbaines. Le parc de logement privé est donc soumis à une forte pression de la part des demandeurs de logements, en particulier les jeunes, les personnes à faibles revenus et les ménages en situation de précarité. (LASJAUNIAS 2020)

En somme, le parc de logements privés en France est un enjeu majeur qui impacte à la fois l'environnement, l'économie et la société. Il nécessite une attention particulière de la part des politiques publiques et des acteurs du secteur immobilier pour répondre aux défis de la rénovation énergétique, de l'accessibilité et de la qualité des logements pour tous. (LASJAUNIAS 2020)

Sur l'ensemble des logements présentant des problèmes d'isolation, 93% des passoires thermiques sont dans le parc privé, dont 58% sont habités par les propriétaires des lieux. Ces chiffres mettent en valeur le premier problème du parc privé, qui est probablement son problème principal : la majorité des biens appartenance à des particuliers, les marges de manœuvre, les moyens financiers, sont beaucoup plus limités que pour le parc d'État (à travers l'État) ou le parc social (à travers les offices publics de l'habitat). (MONIER-VINARD 2022) Nous retrouvons donc la justification des rénovations partielles pour la grande majorité des maisons individuelles (65% des rénovations ne prennent en compte qu'un ou deux postes de pertes thermiques). (BOULETEL 2020)

## 2.3.2 Les enjeux de ce parc

### 2.3.2.A Le problème des maisons individuelles

Dans le contexte de réchauffement climatique, dans les années 2010, en l'absence de réglementation, la caisse des dépôts et des consignations (CDC), a décidé de porter leur priorité sur la rénovation des maisons individuelles, et de porter un mouvement national de rénovation thermique. En effet, entre 2012 et 2016, seul 0,2% des maisons rénovées ont pu être classées comme « bâtiment basse consommation rénovation » (BBC rénovation). Dans ce cadre, Olivier Sichel, alors directeur général adjoint de la caisse des dépôts et des consignations, proposa un projet universel et simplifié pour permettre une accessibilité facilitée à la rénovation thermique pour les particuliers. Cependant, ce système a rapidement montré ses limites d'un point de vue financier, le montant d'une rénovation thermique complète d'un bâtiment s'élevant souvent entre 37 000 et 63 000€ (soit dix fois plus que l'investissement moyen des particuliers). De plus, ce système ne prend pas en compte les autres formes de logements privés comme les immeubles en copropriété. (COLOOS 2021) Pour une maison individuelle, on estime le coût moyen d'une rénovation thermique complète, qui permettrait d'avoir le label BBC à 465€ par m<sup>2</sup> (BOSVIEUX 2023). De plus, chaque année, l'agence nationale de l'habitat (Anah), propose un rapport sur ses activités, notamment un bilan des aides financières apportées. Sur la mouture 2022 de ce document, nous apprenons que près de 670 000 logements ont profité d'une aide pour une rénovation énergétique pour un total de 3,4 milliards d'euros, cependant seuls 10% de ces rénovations ont subi une rénovation complète (Anah 2022), or rappelons que l'isolation partielle d'une maison n'est pas très efficace : 75% des rénovations thermiques effectuées entre 2014 et 2016 n'ont pas abouti à une amélioration de l'étiquette énergétique (CAZI et al., 2020). Pour comprendre, nous pouvons prendre l'exemple d'une baignoire pleine d'eau trouée de part en part : Reboucher une partie de ces trous n'empêche pas la baignoire de fuir.

D'un point de vue technique, il faut comprendre que chaque logement, en fonction des matériaux utilisés, n'a pas les mêmes besoins : certains matériaux doivent respirer pour évacuer l'humidité. Cette technicité de la rénovation, la rend difficilement accessible aux néophytes et aux particuliers (PIRON 2020). De plus, il est intéressant de noter que malgré une isolation médiocre, la forme urbaine peut avoir un fort impact sur les pertes énergétiques des bâtiments : en effet, en zone urbaine dense, des bâtiments mal isolés mais contigus limitent leurs enveloppes externes et peuvent être plus économe que des zones moins denses (MAÏZIA 2010). À l'inverse, les maisons individuelles sont le plus souvent en France isolée au milieu du terrain, à équidistance des limites de la propriété (LÉGER 2010), et donc ne profite pas de cet effet de densité. Nous retrouvons ce schéma pour les maisons individuelles anciennes (des fermes au milieu d'un grand terrain), mais aussi et surtout pour l'ensemble des lotissements construits depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, pour lesquels il s'agit du modèle majoritaire (LÉGER 2010).

### 2.3.2.B Le problème du parc ancien

Il faut également prendre en compte le fait que les bâtiments qui ne répondent plus aux normes de confort, ce qui comprend surtout les logements anciens (voir Fig. 7), ont tendance à être délaissés, et à devenir vacants, ce qui dérègle le marché immobilier local. Malgré l'existence d'outils comme les opérations programmées pour l'amélioration de l'habitat (OPAH), le parc ancien est parfois tellement obsolète qu'il devient problématique, en ne trouvant aucun repreneur. En effet, au-delà de la rénovation thermique du bâtiment ancien, beaucoup de frais sont à prévoir pour remettre à niveau les logements qui ne répondent pas aux exigences actuelles (pièces trop petites, absence d'ascenseur, cuisine sous équipée, impossibilité de garer son véhicule, absence de fibre...). Ces logements sont donc obsolètes socialement, techniquement et légalement. (PIRON 2020)

Avant 1919	Maisons	3,6	11,9%
	Appartements	1,2	17,9%
1920-1945	Maisons	2,0	10,8%
	Appartements	1,0	15,5%
Avant 1946	Maisons	5,7	11,5%
	Appartements	2,2	16,8%
	Ensemble	7,9	13,0%

Fig. 7 : Taux de vacance par type de logements d'avant 1945, en millions, Source : INSEE

Face à ces logements dépassés, l'ancien secrétaire général du Plan Urbanisme Construction Architecture, Olivier PIRON, considère que la démolition est l'option la plus viable. En effet, il s'oppose à la politique actuelle selon laquelle tout logement doit être sauvé. Mais pour lui, la démolition permet de régler de nombreux problèmes (critères actuels, densification, technologie de pointe), tout en optimisant les ressources matérielles, humaines et économiques. Enfin, à la vue des enjeux environnementaux, l'auteur considère qu'une méthode d'accompagnement financier par les pouvoirs publics est insuffisante, cependant la démolition imposée, une évolution brutale, permettrait une réelle avancée. (PIRON 2020)

### 2.3.2.C Le problème du parc locatif privé

Un autre enjeu de la rénovation thermique réside dans le parc locatif privé. En effet, il représente presque 23% du parc, et 35% sont des passoires thermiques. (MONIER-VINARD 2022) Ce parc connaît plusieurs problèmes notables :

- La diversité des bailleurs, et du type de location
- La majorité des aides existantes sont pour les particuliers, et les propriétaires non-bailleurs ou elles demandent des contreparties sévères (les OPAH, par exemple, imposent des loyers plafonnés)
- Presque la moitié du parc locatif privé se trouve dans des immeubles en copropriété, ce qui implique de nombreux problèmes organisationnels et administratifs.

Ce dernier point est le problème le plus important de la gestion du parc, car il dépend de nombreux facteurs : les propriétaires sous-traitent souvent (dans 30% des cas) la gestion de leurs biens, tous les copropriétaires doivent se mettre d'accord durant une assemblée générale, or la préparation de dossier pour la rénovation thermique est fastidieuse, et tous ne sont pas engagés au même niveau, et parfois, les bailleurs ne sont même pas sur le site du bien. Cependant, l'amélioration de ces logements sont une opportunité pour ces propriétaires, en leur permettant de rester compétitif sur le marché immobilier local, et de bénéficier d'avantages fiscaux pour les logements en BBC (bâtiment basse consommation), et enfin, malgré la difficulté, l'accès aux aides n'est pas impossible. (BRISEPIERRE 2019)

Cependant, ces bâtiments en copropriété sont souvent imposants, et leur rénovation très onéreuse. Le sociologue Gaëtan Brisepierre, spécialiste en économie d'énergie dans les logements collectifs, considère qu'il faut des copropriétés d'au moins 30 logements minimum pour qu'ils puissent dégager

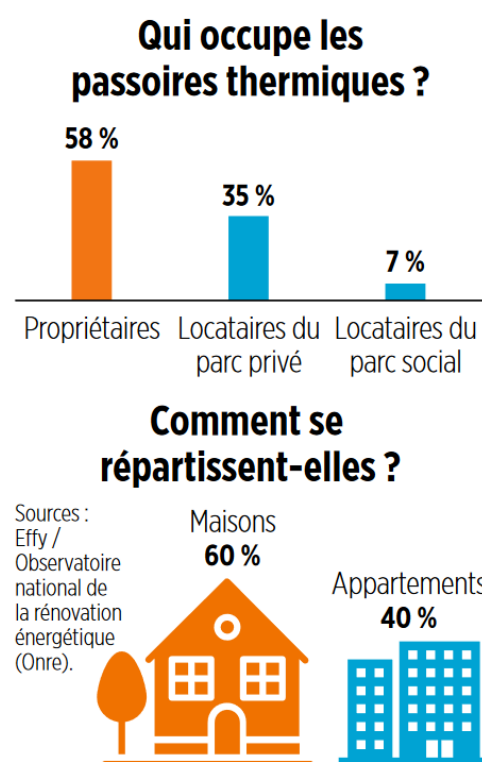


Fig. 8 : Infographie, Qui occupe les passoires thermiques ?

Source : Le Point

les ressources nécessaires à la rénovation. De plus, les professionnels de l'immobilier, qui accompagnent les petits bailleurs, ne sont pas souvent aux faits, en termes d'isolation énergétique, secteur considéré comme trop technique. (BRISEPIERRE 2019)

Face à ce manque de connaissance et de moyen administratif, le sociologue propose un grand plan national de communication et d'éducation autour de la rénovation thermique, pour que locataires et bailleurs puissent ensemble améliorer le bâti, ce plan comprenant également une simplification des démarches pour l'accès à certaines aides et une vulgarisation, une accessibilité aux informations techniques liés à l'isolation simplifiée. (BRISEPIERRE 2019)

En 2023, dans le cadre de la loi « Climat et Résilience » et face à l'envolée des prix de l'énergie (BOSVIEUX 2023), les passoires thermiques, et donc les logements avec une performance énergétique G, auraient dû être interdit à la location et les baux n'auraient pas pu être renouvelés. Cette restriction devrait s'étendre dans les 15 prochaines années pour les logements F, E puis D. Et le 27 septembre 2023, malgré la volonté de Bruno Le Maire, ministre de l'Économie, de reporter l'interdiction de la location de ces logements, le calendrier est maintenu, mais des modifications sont apportées dans le calcul du diagnostic de performance énergétique (DPE) (LACAZE 2023).

Notons que pour augmenter d'un échelon, il faut en moyenne déboursier 17 500€. À la lumière de ce constat, l'État a tenté de faciliter l'accès à certaines aides comme « MaPrimeRenov' ». Cependant, malgré ces changements, beaucoup de bailleurs dénoncent un prix trop élevé de ces logements loués, qui souvent combinent plusieurs problèmes : de nombreux logements en copropriété sont des passoires thermiques dans des bâtiments anciens. (MONIER-VINARD 2022)

Selon le statisticien Jean Bosvieux, ces mesures risquent d'avoir des impacts importants sur les marchés immobiliers, avec beaucoup de bailleurs qui retireront leurs biens du marché plutôt que de le rénover. De plus, le nombre de logements précaires thermiquement n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire national et certains marchés très tendus comme Paris risquent d'être fortement déséquilibrés (BOSVIEUX 2023), avec un logement sur quatre dans la capitale qui possède une étiquette énergétique F ou G. (MONIER-VINARD 2022) Mais il est aussi possible que certains marchés se détendent, avec la vente massive de ces passoires thermiques. (BOSVIEUX 2023)

#### *2.3.2.D Une conjoncture de problèmes*

Nous retrouvons donc un problème majeur : De la conjonction de l'urgence climatique qui nécessite une rénovation énergétique rapide, puis, comme le pense Olivier Piron, ancien secrétaire général du PUCA, d'une absence d'une politique ambitieuse (PIRON 2020) et de la diversité du parc privé du point de vue architectural et sociologique, il en résulte une incapacité pour la France de répondre aux enjeux actuels.

#### *2.3.3 Une enquête sénatoriale*

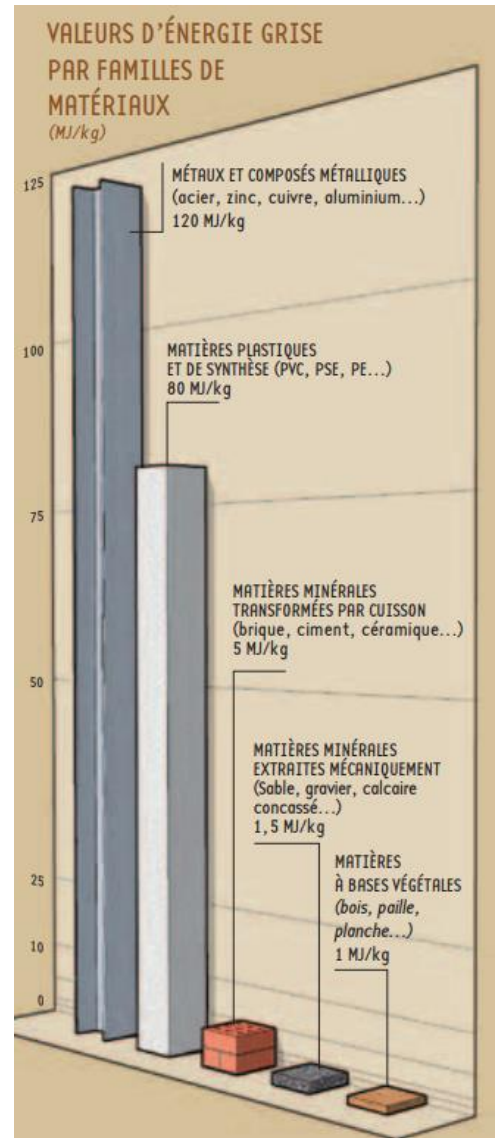
Face à tous ces enjeux, toutes cette diversité, la conclusion de la nécessité d'avoir une vision claire de la situation à vue le jour. Ainsi, une commission d'enquête sénatoriale, intitulée « Commission d'enquête sur l'efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique » a été menée par le groupe écologistes – solidarité et territoire, de janvier à juillet 2023.

Ce rapport s'articule autour de trois axes : un bilan des enjeux en matière de rénovation thermique, un bilan des politiques publiques et une conclusion sous forme de recommandations.

Fig. 10b : Infographie, Valeur d'énergie grise par famille de matériaux, Source : CAUE 38

Pour le premier axe, le rapport soulève 4 points :

- L'impact du parc pour l'objectif de neutralité carbone : dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), ce secteur qui émet 28% des GES en France, et devra agir dans le domaine de la décarbonation. Pour répondre au SNBC, la France devra passer 370 000 logements en BBC par an jusqu'en 2030, puis 700 000 logements par an. Cependant, aujourd'hui, le nombre de rénovation énergétique est inférieur à 100 000 logements par an. En outre, selon le rapport, deux tiers du parc nécessite une rénovation énergétique, le secteur du bâtiment représentant près de 50% de la consommation nationale d'énergie (toutes énergies confondues), dont environ deux tiers consacrés au résidentiel (voir fig. 9). Il est à noter que ce chiffre de consommation d'énergie prend en compte le cycle de vie total du bâtiment, donc sa création, son utilisation jusqu'à sa fin de vie. L'énergie utilisée tout au long de ce cycle de vie se sépare en deux catégories : l'énergie grise qui regroupe toutes l'énergie consommée, en dehors de l'énergie durant l'utilisation, et l'énergie d'usage. Aucune de ces catégories ne sont négligeables par rapport à l'autre (fig. 10a). La rénovation thermique permet de jouer sur le levier de l'énergie d'usage, mais le choix des matériaux et des techniques de construction n'est pas à négliger pour baisser la consommation énergétique et les émissions de GES du secteur. Par exemple, l'utilisation de métaux consomme 120 fois plus d'énergie que l'utilisation de matières végétales (voir fig. 10b) (CAUE 38, 2011).



#### CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE PAR SECTEUR

TOTAL : 1 618 TWh en 2021 (donnée corrigée des variations climatiques)

En TWh (données corrigées des variations climatiques)

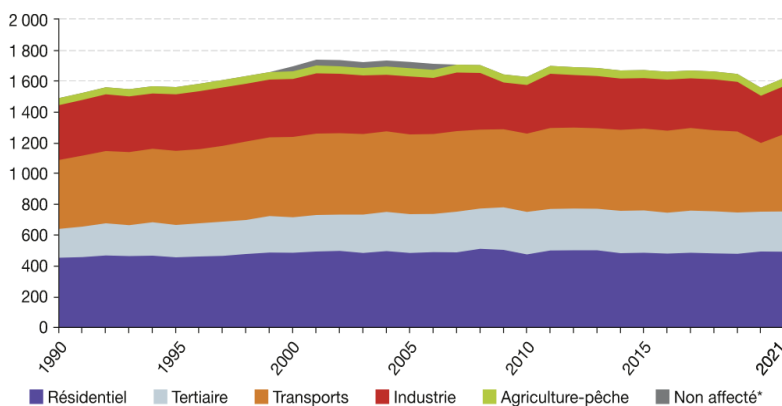


Fig. 9 : Consommation finale énergétique par secteur, Source : DATALAB

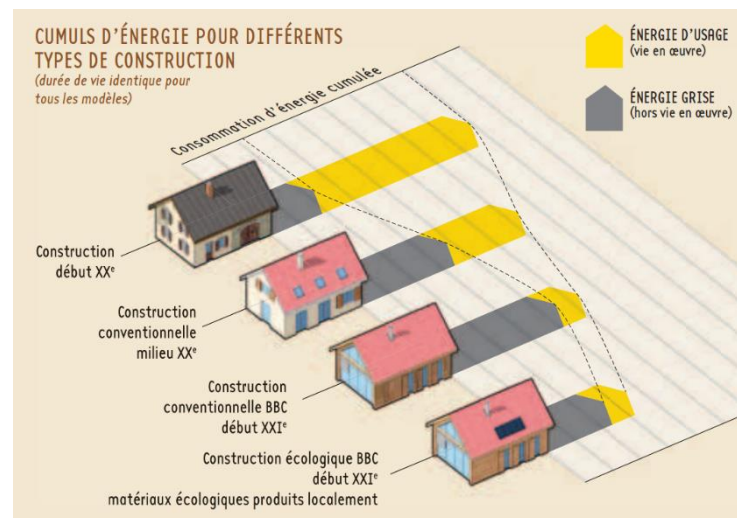
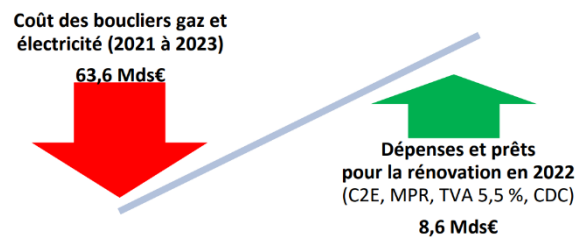


Fig. 10a : Infographie, Cumuls d'énergie pour différents types de construction, Source : CAUE 38

- Le deuxième point prend en compte le contexte social : Selon l'observatoire national de la précarité énergétique (ONPE), 5,6 millions de ménages ; sur les 29,5 millions de ménages (INSEE 2021) ; sont dans une situation de précarité énergétique. La précarité énergétique se définit par une obligation à baisser sa consommation d'énergie pour réussir à payer sa facture (en baissant le chauffage par exemple). Cette précarité peut, selon l'observatoire français des conjonctures économiques (OFCE), peut augmenter de 50% les risques de maladie. L'enquête soulève également que les moyens proposés pour la rénovation énergétique sont très loin derrière les coûts engendrés par les différents « boucliers tarifaires » mis en place par le gouvernement face aux récentes crises sanitaires (Covid-19) et humaines (guerre en Ukraine) (voir fig.11).
- Le troisième point rappelle l'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN).
- Le dernier point est un point économique : Il traduit la nécessité de créer une filière française, pour que tous les moyens engagés par l'État ne partent pas dans des entreprises étrangères.



Sources : SGPE et commission des finances

Fig. 11 : Balance de différents budget engagé par l'État, Source : Sénat

Cette première partie de l'enquête sénatoriale tire le bilan sur les enjeux énergétiques, économiques et sociaux liés à la rénovation énergétique, et peut être résumé par les chiffres clés de la figure 12.



Fig. 12 : Bilan des besoins lié à la rénovation énergétique, Source : Sénat

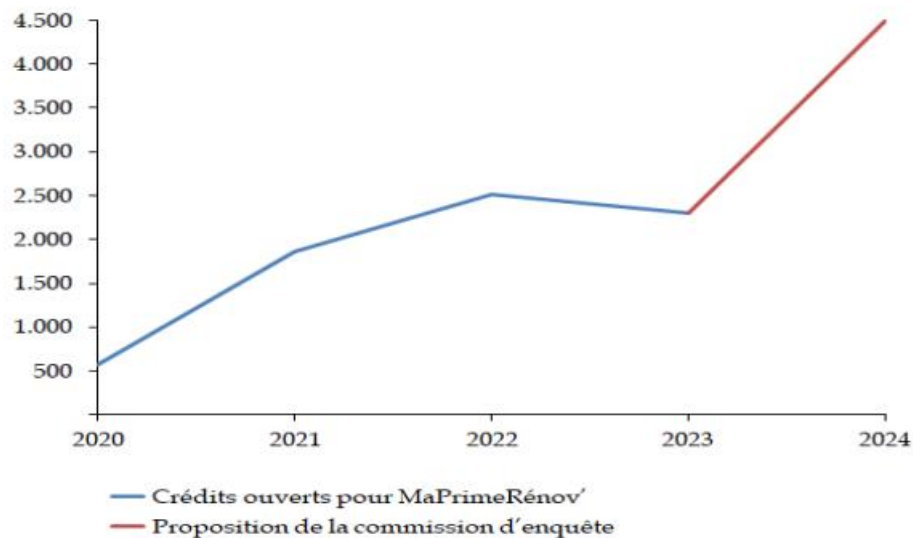
Comme dit précédemment, le deuxième axe porte sur la politique actuelle de la France vis-à-vis de la rénovation énergétique. Politique qui est toujours en évolution. Ici, 3 points sont abordés :

- Le premier point traite du risque de découragement des particuliers dans la mise en place de travaux de rénovation énergétique, découlant de quatre raisons principales : Une politique peu claire, qualifiée d'instable par les sénateurs, lié à la disparition ou la modification d'outils légaux (comme ma prime renov', qui a connue de grande modification dans ses conditions d'accès). Cette instabilité créant pour les particuliers de la complexité, avec une offre difficilement lisible, le tout pour une aide qui selon les auditionnés manque d'envergure, avec un reste à payer trop important : ce reste à payer peut représenter 6 à 12 mois de salaire pour les ménages les plus précaires. Le dernier point est indépendant de la volonté politique, et réside dans une confiance des particuliers qui a été érodée à cause de différentes arnaques.
- Le deuxième point soulève le fait que le nombre d'aides a augmenté, mais l'aide étant limitée, cela a pu être une entrave à une rénovation totale. De plus, dans certains cas les aides n'ont pas servi à une rénovation à proprement parler, mais à un simple changement du mode de chauffage.

- Enfin, le Sénat soulève les problèmes liés à la rapidité d'exécution de certaines lois, qui auraient nécessité une étape de calage.

Le dernier axe porte sur les propositions du Sénat pour améliorer les processus de rénovation énergétique

- Stabiliser les enjeux autour de la rénovation énergétique des bâtiments : Lois, valeurs portées par les lois, fluidifier les échanges entre les ministères et maintenir le mix énergétique
- Redonner confiance, mieux accompagner cette transition avec des réseaux locaux
- Augmenter le financement pour favoriser les rénovations complètes et efficaces
- Former les professionnels du secteur aux nouveaux outils et à cette approche du bâtiment.



Source : Cour des comptes et les documents budgétaires

Fig. 13 : Proposition d'investissement de l'État dans les rénovations, Source : Sénat

#### 2.3.4 Différents outils de rénovation thermique

Il existe différents outils, administratifs et financiers, mis en place par l'État pour le parc privé (voir annexe 1). Cependant, certains de ces outils sont plus souvent cités ou plébiscités, comme les OPAH, mais surtout ma prime renov'.

Les OPAH, ou opérations programmées d'amélioration de l'habitat, sont un dispositif de l'Anah datant de 1977, qui ont pour objectif de lancer des dynamiques de réhabilitation, de rénovation, et de revalorisation d'un quartier à travers des subventions. Initialement ouverts à tous les logements du parc privé antérieur à 1948, il a été progressivement ouvert à tous les logements de plus de 15 ans. Une OPAH dure 3 ans et subventionne en moyenne 30% de l'opération. Le bailleur peut accéder à des aides plus importantes en s'engageant à louer son bien à un loyer plafonné ce qui aura pour effet de créer des logements sociaux de fait. (THOMAS 2022) Aujourd'hui, les OPAH possèdent un volet « précarité énergétique » et « autonomie », pour les PMR, qui peut être utilisé pour des travaux de rénovations énergétiques. Dans ce contexte, l'outil OPAH-RU (OPAH rénovation urbaine), peut accompagner les propriétaires jusqu'à 50% de leurs dépenses hors taxes, pour une limite annuelle de 125 000€, toutes aides de l'Anah confondues. (Anah 2019)

Ma prime renov' est une aide lancée en 2020, pour tous les propriétaires et les copropriétaires de bâtiments de plus de 15 ans qui a pour objectif d'apporter une amélioration ponctuelle à un logement, comme améliorer l'isolation. (MaPrimeRenov.gouv.fr 2023) Ce dispositif a été créé en lien avec l'Anah (agence nationale de l'habitat), qui accompagne les rénovations. Dans certains contextes, la prime peut être versée pour des logements moins vieux, sur des points très précis comme le remplacement d'une chaudière au fioul. La prime peut également être majorée en fonction de l'utilisation qui en est faite, c'est le cas pour l'isolation des passoires thermiques. Le dispositif a été pensé pour être accessible et pousser à la rénovation, qui est devenue obligatoire dans certains cas (ministère de l'Économie des finances et de la souveraineté industrielle et numérique 2022). Selon un sondage de l'Anah sur la performance de Ma prime renov' auprès de ses bénéficiaires, le dispositif a été globalement apprécié (88% des clients satisfaits), mais ressort certains points plus sombres : d'abord, pour la partie communication, 30 à 40% des bénéficiaires sont mécontents de la communication, et 88% pensaient pouvoir toucher plus d'aides, ce qui a empêché dans un tiers des cas des travaux plus importants. Enfin, notons que dans 55% des cas, les démarches ont été accomplies par des professionnels. Cependant, le Sénat dans son enquête (voir 2.3.3), face à la versatilité des conditions d'attribution et la rigidité du dispositif, a considéré ce dispositif comme « kafkaïen », et donc absurde et oppressant. (Sénat 2023)

Cependant, de nombreuses critiques ont été émises contre ce programme, à tel point que la défenseuse des droits Claire Hédon a été saisie. Pour rappel, le défenseur des droits est une autorité indépendante, intégrée à la constitution, qui existe pour défendre les citoyens contre certaines dérives des administrations françaises. En effet, depuis sa mise en place, de nombreuses difficultés techniques ont émergé, notamment liées à la complexité de l'offre, qui est difficilement lisible, et au numérique : le service étant entièrement dématérialisé, en cas de problème, contacter un interlocuteur de l'Anah est difficile, et pose la contrainte de refuser l'accès à ce service pour les personnes en rupture numérique. Enfin, le traitement anormalement long de certains dossiers met en danger les dossiers les plus précaires, le service permettant le plus souvent d'accéder à un remboursement (Défenseur des droits 2022). Le 13 avril 2023, soit 6 mois après que la DDD ait saisi le dossier, Claire Hédon auditionnée par le Sénat, dans le cadre de l'enquête sénatoriale sur la rénovation énergétique assurait que les difficultés mis en lumière par la DDD étaient loin d'être résolues et que depuis 900 réclamations supplémentaires à propos du service Ma prime renov' lui sont parvenues, en plus des 500 initiales. (CAPITAL 2023)

Les obstacles administratifs font donc défaut aux particuliers, qui n'ont donc pas accès à un outil efficace les incitant à effectuer leurs travaux de rénovation énergétique.

### 2.3.5 Des innovations dans le domaine de l'énergie urbaine

Face à ces nouveaux enjeux, plusieurs sociétés essaient d'innover, en s'attaquant à de nouveaux marchés comme celui des bâtiments basse consommation, BBC. C'est notamment le cas de la société berlinoise Catella Residential Investment Management (CRIM), qui a lancé en partenariat avec le groupe Elithis, un plan d'investissement en France de 500 millions d'euros. Il s'agit de bâtiments à énergie positive, c'est-à-dire qui produisent plus d'énergies qu'ils n'en consomment. De plus, ces bâtiments seront neutres en carbone durant leurs utilisations. Ce programme de 10 ans dans toute l'Europe a pour ambition de créer un nouveau standard, avec des bâtiments à la hauteur des enjeux énergétiques, environnementaux et économiques actuels, avec une volonté d'avoir des logements abordables et des économies sur les factures d'énergies.



Fig. 13 : Tour Elithis à Vandoeuvre-les-Nancy, par le cabinet SCAU Architecture Source : Catella

Ces avancées se font à travers des technologies d'optimisation de l'enveloppe, l'ajout de moyens de production d'énergies renouvelables comme des panneaux solaires photovoltaïques sur les façades et le toit. Un enjeu de sobriété est également présent, avec l'idée de répondre juste au besoin et de ne pas surconsommer, avec une application pour contrôler plusieurs facteurs dans les logements comme la température. Un autre argument vient du fait qu'étant producteur d'énergie avec leurs logements, les résidents auront tout intérêt à consommer le moins d'énergie pour en renvoyer le maximum sur le réseau électrique, et donc augmenter leurs pouvoirs d'achat à travers cette vente. (CATELLA 2022)

### 3. Problématique et méthodologie

Nous avons donc vu dans l'état de l'art que le parc d'État avait été pris en charge assez tôt, et que le parc social de droit, à travers les PSP avait une vision globale des enjeux, les organismes HLM, les anciens OPH, s'étant regroupés, possèdent désormais des moyens humains et financiers importants pour répondre aux enjeux environnementaux et énergétiques.

Il reste donc le parc privé, qui comme vu dans l'état de l'art, pose un problème. Pour rappel, les enjeux énoncés précédemment sont l'urgence climatique, des rénovations partielles inefficaces, l'absence de politique ambitieuse à l'échelle de l'ensemble du parc privé et d'outils administratifs efficaces, et pour terminer, la diversité très importante de ce parc. De plus, il est important de prendre en compte la conjoncture actuelle, avec une inflation importante sur l'ensemble des matières premières et sur l'énergie, ce qui a un impact important sur le pouvoir d'achat des Français. Enfin, le parc ancien ayant un accès aux OPAH, et les grandes copropriétés, des ressources suffisantes, le problème porte donc surtout sur les maisons individuelles et les petites copropriétés de moins de 30 logements.

À travers cet état de l'art, nous pouvons formuler la problématique suivante :

### **Quelles solutions prioriser pour répondre aux enjeux énergétiques des maisons pavillonnaires ?**

Avec les nombreux nouveaux acteurs innovants, il est intéressant d'étudier quels impacts peuvent avoir ces innovations, et voir si elles sont suffisantes, ou si elles doivent être appuyées par des aspects complémentaires comme la communication, des outils administratifs, ou l'éducation. Nous pouvons donc formuler les axes suivants :

- La définition de la maison individuelle pavillonnaire
- La modélisation des besoins en matière de rénovation thermique de ces maisons
- Les acteurs de l'innovation technique en matière d'isolation thermique (architectes, ingénieurs, sociétés privées, collectivités territoriales...)
- Les différentes solutions à prioriser, des acteurs publics et privés

Pour répondre à cette problématique, les deux premiers axes nous permettent d'avoir une vue précise de ce parc, avec ses enjeux et ses contraintes. Le troisième axe est important et permet d'avoir une vue d'ensemble des différentes pistes suivies par les acteurs privés et publics. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une vue d'ensemble des différentes technologies de pointe, et des politiques mises en place, en neuf et en rénovation. Enfin, le dernier axe permet de voir si les solutions proposées par les acteurs répondent au cahier des charges identifiés, et nous concluons sur les autres points d'améliorations nécessaires, notamment les outils administratifs, l'accès à l'information et l'éducation en matière de rénovation énergétique ainsi que les potentiels facteurs nuisant.

## **4. Modélisation**

### **4.1 La maison individuelle, historique des années 50 à aujourd'hui**

#### **4.1.1 Définition**

---

*« C'est un sentiment tout particulier que d'avoir sa maison, de pouvoir fermer sur le monde la porte non pas de sa chambre, non pas de son appartement, mais celle de sa maison tout court » - Franz Kafka*

---

Pavillon, maison individuelle, villa... Il convient d'abord d'éclaircir et définir tous ces termes. Si nous nous référons au dictionnaire lexicographique du centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL) et aux plaquettes publicitaires pour les maisons pavillonnaires, nous constatons que ces termes désignaient différents types d'habitation dans l'histoire (un pavillon était une maison légère dans la nature ou le jardin qui n'était pas destinée à la vie quotidienne alors qu'une villa se rapproche plus d'une grande maison de villégiature), mais aujourd'hui ces termes sont utilisés dans le marketing des groupes immobiliers pour désigner une maison individuelle avec jardin construite en série, et conçue pour un modèle familial conventionnel. Ces résidences principales se situent souvent dans des quartiers monofonctionnels, des lotissements, en zone périurbaine, à l'interface entre le monde urbain et rural, et ont une architecture standardisée, sans spécificité régionale. Elles suivent le modèle du rêve pavillonnaire : Il s'agit du rêve d'accéder à la propriété, avec jardin pour les familles de la classe moyenne.

Rêve devenu possible grâce à une volonté politique forte et l'avènement du modèle tout voiture : En effet, les lotissements sont construits loin du centre-ville et rend dépendant les ménages d'un véhicule pour tout motif de déplacement, avec parfois, des trajets domicile-travail très importants.

Ce modèle, derrière une promesse de vie idéale, pose donc des problèmes majeurs de justice sociale et environnementale : l'éloignement du centre-ville et des emplois pour les ménages les moins aisés, qui ont succombé à cette promesse d'une vie meilleure, le coût environnemental engendré par l'étalement urbain, la qualité de fabrication parfois faible, (nous traiterons des maisons phénix dans la partie suivante), et une densité faible qui engendre plus de pertes thermiques. De plus, ces dégradations sociales et environnementales peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des habitants, écho ironique de la promesse du rêve pavillonnaire. (Public Sénat 2019)

#### 4.1.2 Contexte historique et économique

La genèse des maisons individuelles en périphérie de ville date de la fin de la révolution industrielle, au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle. Cependant, ces maisons ne sont pas encore construites en série, et il faudra attendre encore 100 ans pour voir apparaître le modèle actuel des maisons individuelles, en périphérie de ville, fabriquées en série, dans des quartiers monofonctionnels.

#### 1945-1973 : Le début du rêve pavillonnaire

Après les années de ténèbres et d'horreurs qu'ont constituées la seconde guerre mondiale, le monde et la France connurent une période prospère de croissance économique importante, les trente glorieuses. Et après la désillusion pour les grands ensembles, qui ne correspondait pas à l'idéal des ménages (S. LECLER pour Public Sénat, 2019) et sous l'influence états-unienne dès les années 60, une « préférence massive des français pour la maison individuelle » était soulevée par les sociologues français. Notons que cette classe moyenne considérait que les logements collectifs étaient suffisants, mais qu'ils aspiraient à mieux. (JAILLET 1982)

Au-delà de la propriété, de l'objet, la maison individuelle traduit un idéal, un rêve, un mode de vie. (RAYMONT et al., 2004) En effet, derrière la maison individuelle, existe une idéologie mettant en avant la famille, la propriété, la proximité avec la nature et l'identité soutenue par de nombreuses personnalité politique dont Jean Royer, maire de Tours, qui dans le journal Libération le 6 novembre 1976 déclare « Ainsi, celui qui jette les bases de sa maison... ne remettra pas en cause les bases de la société ». (JAILLET 1982)

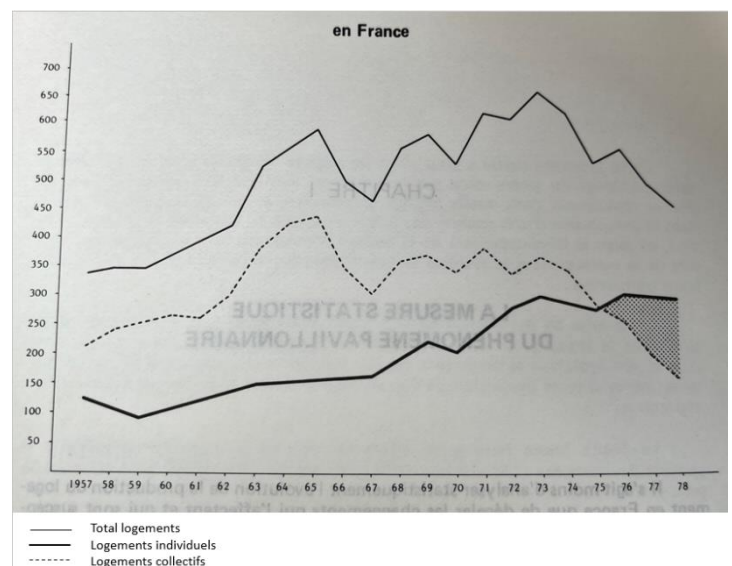


Fig. 14 : Évolution de la production des logements autorisés de 1957 à 1978 (en milliers de logements)

Source : JAILLET 1982

Une personnalité politique importante pour l'hégémonie de l'habitat pavillonnaire est Albin Chalandon, ministre du logement et de l'équipement entre 1968 et 1972. En effet, c'est son ministère qui a lancé la politique pavillonnaire à l'échelle nationale, et a permis aux pavillonneurs de prospérer. Il a notamment fait entrer le logement dans une économie de marché, favorisé l'accession à la propriété, mis en place un système de prêt et organisé les différents corps professionnels. Ses différentes politiques ont également participé à pousser les lotisseurs à tirer les tarifs vers le bas, et ainsi inciter plus de ménages à se tourner vers la propriété. Les grandes bases de sa politique sont restées en vigueur jusqu'à la fin des années 1980.



Fig. 15 : Photographie d'Albin Chalandon Source : Wikipédia

Ainsi, à partir de cette décennie, la proportion de logements individuels construits chaque année commença à augmenter, mais il faudra attendre le début des années 1970 pour voir la véritable arrivée des maisons individuelles qui finit par dépasser en 1976 le nombre de logements collectifs construits (voir figure 14). Ces années coïncident également avec le désengagement progressif de l'État dans l'aide à la pierre. (JAILLET 1982)

Ainsi, et comme nous pouvons le voir sur la figure 16 le nombre de propriétaires a ainsi augmenté depuis les années 60. (Les données sont en pourcentage et prend en compte la croissance démographique)

Nous pouvons conclure plusieurs choses de ces années-là : Ces décennies correspondent aux trente glorieuses et sont empreint de l'optimisme de la recherche de l'idéal : Après avoir atteint un niveau de vie suffisant, les ménages ont comblé leur besoin avec les logements collectifs. Ainsi, les maisons individuelles ne répondent pas à un besoin, mais à un désir.

Ainsi, c'est la conjonction de ces quatre facteurs : l'accès à des équipements tels que l'automobile, la profusion de l'offre, le désir mimétique et la recherche de l'idéal familial qui ont fini par créer une demande toujours plus forte de maisons individuelles.

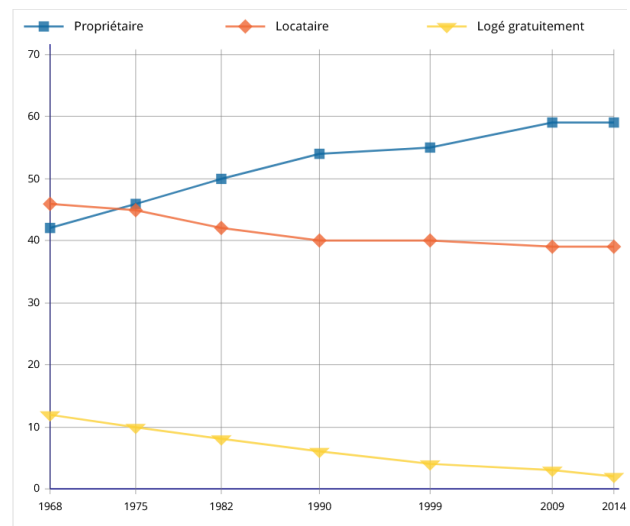


Fig. 16 : Une croissance du statut de propriétaire ralentie dans les années 1990 Source : INSEE

### Le groupe Phénix

À cette époque-là, le groupe Phénix, entreprise créée après-guerre, était leader du marché. Créée en 1945, elle a permis au début des années 1960 la démocratisation des maisons individuelles, en industrialisant la fabrique de maison : en fabriquant des maisons à la chaîne, avec des éléments préfabriqués à un coût mesuré.

Ces maisons Phénix, malgré leur fragilité, une pérennité absente (Public Sénat 2019) et un début difficile (les quinze premières années de l'entreprise, Phénix construisait des maisons de manière traditionnelle et connaissait de grandes difficultés économiques), elles ont initié le mouvement, l'envie des maisons individuelles, à grand renfort de marketing, de désir mimétique et surtout de propagande, avec la création d'outils comme le SMI (Syndicat de constructeurs de Maisons Individuelles) ou le CIMINDI

(Comité Interprofessionnel de la Maison INDIViduelle) finira par entraîner la majorité de la population vers les lotissements. (JAILLET 1982)

Ces syndicats ont été des outils puissants auprès des pouvoirs publics pour promouvoir et faciliter la création de lotissement. Cette propagande a notamment permis en 1979 de se passer d'architecte pour les bâtiments avec une surface inférieure à 150m<sup>2</sup> (voir la partie suivante, 4.1.2)

En parallèle des promoteurs, d'avènement des maisons individuelles ont intéressé d'autres industries, comme l'industrie automobile, l'industrie du bois et autres matériaux. Ce potentiel économique a facilité le récit du rêve pavillonnaire de s'installer.



Fig. 17 : Exemple d'une maison phénix de 1955 « Les Castors de Richeville » à Conflans-Sainte-Honorine (78) Source : POP (plateforme ouverte du patrimoine) – Ministère de la culture

### 1973-1990 : Les conséquences des chocs pétrolier

La décennie 1970 marque un tournant dans le parc de logements français. C'est à cette époque que tout le travail des différents lobbys pavillonneurs portent leurs fruits. Mais, c'est également à cette époque que les chocs pétroliers de 1973 et de 1979 marquent l'ensemble de la société, avec une forte inflation et une crise économique. C'est l'ensemble du système économique mit en place après-guerre qui vacille. (Matthieu Auzanneau pour France Inter, 2017)

Cependant, malgré cette crise, l'industrie du pavillon se porte très bien, les entreprises principales du secteur connaissant dans la décennie 1970 des croissances annuelles du chiffre d'affaires variant entre 15 et 60% (voir fig. 18). (JAILLET 1982)

	Effectif en 1979	Rang national			Chiffre d'affaires en 1979	Evolution du chiffre d'affaires		Marge commer- ciale en 1979 %
		1977	1978	1979		en 1977-78 %	en 1978-79 %	
Maison Phénix	8 518	91	90	75	2 565 300	+ 12,4	+ 29,4	+ 5,3
Groupe Maison Familiale	3 428			83	2 334 000	+ 74,4	+ 56	+ 5,3
Maison Chalet Idéal	1 695	353	334	325	476 452	+ 4,9	+ 17,6	
Maison Bruno Petit	2 151	375	364	326	476 000	+ 23,1	+ 29,5	+ 3,7

Fig. 18 : Les grands constructeurs de maisons individuelles : leur place dans le palmarès des entreprises françaises Source : L'Expansion

Mais le secteur réellement marqué par les chocs pétroliers, est le secteur de l'énergie. En effet, cette crise a été si importante pour ce secteur, que dès le printemps 1974, il y eut une modification des mœurs. En effet, l'État français, par décret interministériel a modifié les différentes modalités liées à la construction de bâtiment, dont le « Document Technique Unifié : Hygrothermique », document de référence pour l'isolation thermique du bâti. Le fait que ce décret soit mis en place alors qu'il y avait une loi en cours de rédaction pour l'automne 1974, portant sur l'économie d'énergie, souligne l'urgence et l'importance de la situation. Ainsi, en parallèle de la croissance de la capacité de production énergétique de la France, avec une accélération du développement de l'énergie nucléaire, le pays se dote de nouvelles techniques de construction, avec de nouveaux matériaux, en prenant en compte l'isolation du bâtiment, et de nouveaux outils législatifs, avec notamment les RT : les réglementations thermiques. (BONHOMME 1975)

En plus de ces crises énergétiques, un nouveau problème a émergé question foncière : en effet le coût du terrain augmente au fil des ans pour plusieurs raisons.

D'abord, le potentiel économique qui est devenu plus tangible, et le jeu de l'offre et la demande a fait son travail. Ensuite, la modification des équilibres traditionnels, perturbés par l'arrivée massive des lotissements, devient un frein de plus en plus important pour les locaux, qui pour compenser cette gêne, augmente les tarifs. (JAILLET 1982)

Enfin, comme le souligne Jean-Louis Guigou, spécialiste en aménagement du territoire, professeur d'université et haut fonctionnaire, dans la revue « Études foncières » en 1979, la propriété foncière privée est un obstacle à toute forme d'évolution. En effet, l'aspect constitutionnel de la propriété foncière en France rend difficile toute modification de la loi, et la propriété en France est depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle facteur de concurrence entre les citoyens. Cette rigidité rend toute forme d'aménagement difficile, que ça soit pour l'urbaniste qui souhaite créer une nouvelle dynamique dans un quartier, l'entrepreneur qui souhaite implanter son industrie, ou bien sûr le pavillonneur qui souhaite bâtir son lotissement. Ainsi, la propriété, comme d'autres pans du *libido sentiendi*, est non reproductible, rare et limité, et peut être un frein au développement territorial.

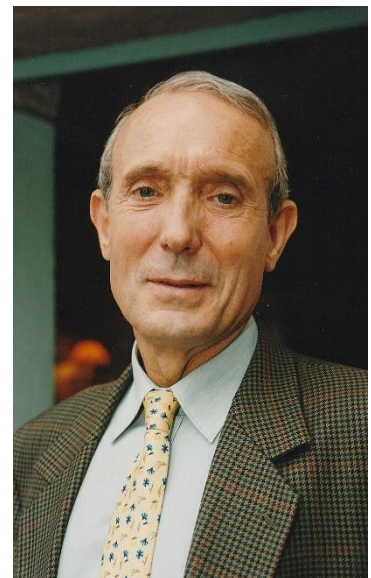


Fig. 19 : Photographie de Jean-Louis Guigou Source : Wikipédia

### 1990-2023 : Un rêve changeant

Ces trente dernières années sont marquées par la désillusion. Même si la volonté de posséder une maison est encore assez forte en France (en 2011, 76% des Français souhaitent devenir propriétaire d'un pavillon), de nouveaux freins sont ressentis par les ménages. En effet, nous pouvons lister quatre nouvelles familles d'entraves, qui tendent à transformer le rêve pavillonnaire en cauchemar pavillonnaire.

D'abord, il y a la désillusion : la différence entre les promesses et le constat. En effet, les promesses liées à la santé, et au bonheur de la famille ne sont pas tenus : Le rêve s'effrite face aux problèmes pratiques, comme la pollution liée aux voitures, les distances importantes, la qualité de fabrication des pavillons construits en série et une société qui évolue, avec un modèle familial classique, de plus en plus remis en question. (RAYMOND et al. 2004)

Ensuite, d'un point de vue urbanistique, ces quartiers monofonctionnels sont vus comme des archaïsme, quand on pense aux écoquartiers ou aux différentes tendances d'aménagement, qui tendent plus vers des quartiers plurifonctionnels, où tous les besoins sont accessibles en quelques minutes à pied. (RAYMOND et al. 2004) La maison pavillonnaire, qui ne permet la mutualisation d'aucune ressource et impose le modèle tout-voiture est donc dépassée face aux enjeux environnementaux actuels.

Comme souligné dans cet état de l'art, les maisons individuelles ne mutualisent aucune ressource, et consomment plus de matériaux et plus d'énergie (MAÏZIA 2010). Il faut ajouter à ça l'impact du modèle tout-voiture et bien sûr l'emprise au sol nécessaire pour les lotissements. La limite de l'étalement urbains avec la loi climat et résilience de 2021 et son objectif « Zéro Artificialisation Nette » étant un blocage important pour le modèle pavillonnaire. (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2023)

Enfin, il y a la limite économique, avec une croissance du pouvoir d'achat français qui a ralenti, comme nous pouvons le voir sur la figure 20. Il y a eu une récession au début des années 1990 et la crise des subprimes de 2008 qui ont également été des freins car faire un prêt est devenu plus compliqué pour les ménages (INSEE 2022). De plus, avec une attraction toujours plus grande grandes métropoles (et une crise du logement dans ces métropoles et une dégradation du parc de logement et un abandon des petites et moyennes villes), de nouvelles façons de vivre dans ces villes (colocation, décohabitation) ont profondément modifié et complexifié les marchés locaux de l'habitat. (THOMAS 2022)

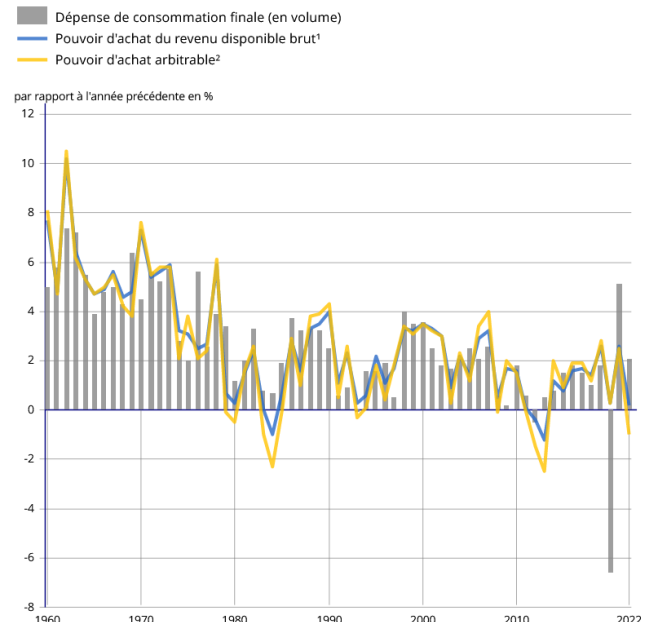


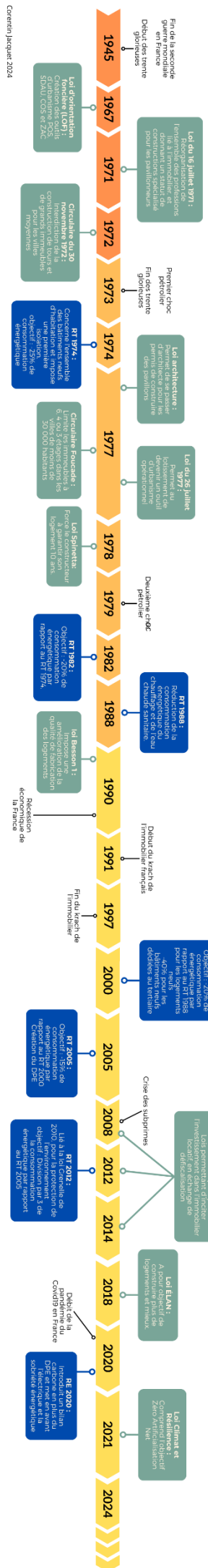
Fig. 20 : Évolution de la dépense et du pouvoir d'achat des ménages Source : INSEE

Cependant, ce constat reste à nuancer, car depuis la crise du Covid-19, l'envie de posséder un jardin et de fuir la ville s'est fait sentir. Aujourd'hui, l'envie de la maison évolue, et de nouvelles formes de propriété semblent intéresser, notamment les jeunes ménages. Ainsi, les maisons anciennes à rénover en milieu rural, et les maisons en deuxième et troisième couronnes deviennent attractives, avec des infrastructures de plus en plus efficaces et présentes, aussi controversées soient-elles.

#### 4.1.3 Contexte légal

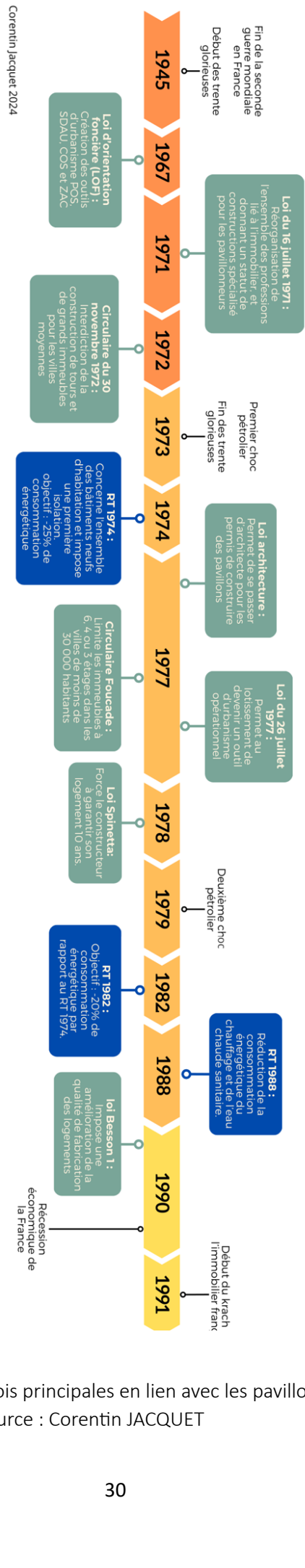
Comme mentionné dans la partie précédente, une série de lois en lien avec les maisons pavillonnaires a vu le jour, surtout après l'intervention d'Albin Chalandon. Nous étudierons ici d'abord les lois principales liées aux lotissements et leurs impacts. Puis nous ferons un point sur l'ensemble des réglementations thermiques, puis environnementales. La frise chronologique figure 21 résume les événements et les lois majeurs autour du logement.

## Frise chronologique des lois principales en lien avec les pavillons de 1945 à nos jours



Corentin Jaquet 2024

## Frise chronologique des lois principales en lien avec les pavillons de 1945 à nos jours



Corentin Jaquet 2024

Fig. 21 : Frise chronologique des lois principales en lien avec les pavillons de 1945 à nos jours, Source : Corentin JACQUET

## Chronologies des lois principales en lien avec les pavillons

- Loi du 30 décembre 1967, dite « loi d'orientation foncière (LOF) », création des outils d'urbanisme POS, SDAU, COS et ZAC
- Loi du 16 juillet 1971, réorganisant l'ensemble des professions lié à l'immobilier, et donnant un statut de constructions spécialisé pour les pavillonneurs
- Circulaire du 30 novembre 1972, interdisant la construction de tours et de grands immeubles pour les villes moyennes
- Loi du 3 janvier 1977, dite « loi architecture » permet de se passer d'architecte pour les permis de construire des pavillons (il n'est plus nécessaire d'avoir un architecte par maisons, mais un architecte pour tout une série d'une même maison)
- Circulaire du 16 mars 1977, dite « circulaire Foucade », limitant les immeubles à 6, 4 ou 3 étages dans les villes de moins de 30 000 habitants
- Loi du 26 juillet 1977, qui permet au lotissement de devenir un outil d'urbanisme opérationnel
- Loi du 4 janvier 1978, dite "loi Spinetta", cette loi remet la responsabilité sur le constructeur : elle permet d'accroître la qualité de fabrication en forçant le constructeur à garantir son logement 10 ans.
- Loi du 31 mai 1990, dite « loi Besson 1 », qui impose une amélioration de la qualité de fabrication des logements
- Loi Scellier (2008), Duflot (2012) et Pinel (2014), lois permettant d'inciter l'investissement dans l'immobilier locatif, en échange de défiscalisation
- Loi du 23 novembre 2018, dite « loi ÉLAN » a pour objectif de construire plus de logements et mieux.
- Loi du 22 août 2021, dite « Loi Climat et Résilience », et son objectif ZAN, zéro artificialisation nette, pour 2050, pour endiguer l'étalement urbain.

Notons que comme dit plus tôt, le foncier est la limite à l'étalement urbain. Et dès le début des années 2010, bien avant la mise en place de l'objectif ZAN, il est observé une décorrélacion entre surface bâtie et surface consommée par l'étalement urbain, avec une décroissance de ce dernier. Cette décorrélacion traduit un effet en matière de densification urbaine. (fig. 22) Cependant, en 2019, la moitié des opérations d'urbanisme pour créer du logement avait une densité inférieure à 8 logements par hectare. (CEREMA, 2023)

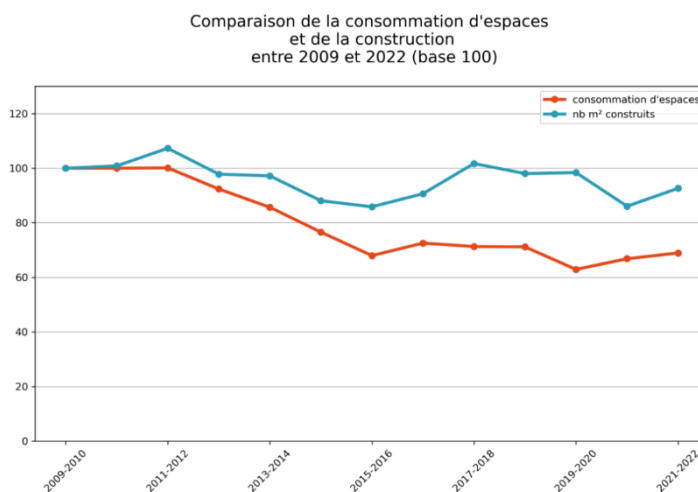


Fig. 22 : Comparaison de la consommation d'espaces et de la construction entre 2009 et 2022

Source : CEREMA, Analyse de la consommation d'espace

## Chronologies des réglementations thermiques

- RT 1974 : Elle fait suite au premier choc pétrolier. Elle concerne l'ensemble des bâtiments neufs d'habitation. Elle impose une première isolation. Son objectif est une réduction de sa consommation énergétique de 25 %.

- RT 1982 : Elle fait suite au deuxième choc pétrolier. Nouvel objectif réduisant la consommation énergétique de 20% par rapport à la RT1974.
- RT 1988 : Réduction de la consommation énergétique du chauffage et de l'eau chaude sanitaire.
- RT 2000 : Nouvel objectif réduisant la consommation énergétique de 20% par rapport à la RT1988 pour les logements neufs, 40% pour les bâtiments neufs dédiés au tertiaire.
- RT 2005 : Nouvel objectif réduisant la consommation énergétique de 15% par rapport à la RT2000. Création du DPE, des méthodes de calcul et d'évaluation du bâti, ainsi que de label pour mieux identifier les différents bâtiments (comme les BBC) et mieux connaître le parc.
- RT 2012 : Lié à la loi Grenelle de 2010, pour la protection de l'environnement. Nouvel objectif divisant la consommation énergétique par 3 par rapport à la RT2005. Impose une réduction des émissions de GES, une ventilation performante et encourage l'innovation.
- RE 2020 : RE pour réglementation environnementale. Il introduit un bilan carbone en plus du DPE. La RE2020 met en avant l'électrique et la sobriété énergétique.

Selon l'ADEME, le logement représente 18% du bilan carbone français (ADEME, 2023). Face à cette part conséquente, nous pouvons nous demander si la RE2020 est suffisante par rapport aux recommandations du GIEC.

La RE2020 et le 6<sup>ème</sup> rapport du GIEC présentent des similitudes quant aux recommandations pour le parc de logement individuel (utilisation de matériaux biosourcé, ventilation, apport solaire, utilisation d'énergies renouvelables...). Malheureusement, je n'ai pas trouvé de donnée chiffrée en correspondant à un objectif de consommation d'énergie primaire annuelle unitaire d'un bâtiment (en kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an), ou de conductance unitaire d'un bâtiment (en W/m<sup>2</sup>°C) (IPCC, 2023 et Ministère de la transition écologique, 2024)

## 4.2 Modélisation d'une maison individuelle typique

### 4.2.1 Méthodologie de la modélisation

Nous cherchons comme finalité à quantifier les déperditions totales d'une maison pavillonnaire des années 70, et également à connaître les postes de rénovation à prioriser. Pour cela, nous considérerons les 5 postes suivants : Les murs, le toit, le plancher du rez-de-chaussée, les vitres, et la porte.

Nous choisissons les plans d'une maison de 1973, car cela nous permet de prendre une maison pavillonnaire à une époque où le rêve pavillonnaire est bien installé et cette volonté par les industriels de construire en masse et de limiter les coûts. Cette date, à l'aube imminente du premier choc pétrolier d'octobre 1973, nous permet d'étudier une maison avec une isolation encore sommaire, juste avant que la question de l'isolation thermiques et de l'économie d'énergie entre dans les foyers.

Pour cela, nous allons utiliser le modèle de toaster de notre professeur Mindjid Maïzia sur la conductance d'un bâtiment, et nous allons utiliser en entrée les données tirées d'un véritable plan de maison pavillonnaires typiques des années 1970, ainsi que d'un livre écrit par André Bonhomme, polytechnicien qui a rédigé le livre « L'isolation thermique des locaux d'habitation, bureaux et constructions scolaires », utilisé par les professionnelles du BTP de l'époque.

#### 4.2.2 Choix d'une maison

Nous cherchons donc une maison pavillonnaire standard du début des années 1970, d'une superficie comprise entre 80 et 100 m<sup>2</sup> isolée. Nous prenons de préférence une maison située au cœur de la France dans l'actuelle région Centre Val-de-Loire.

Pour trouver ces plans, je me suis rendu en archives mais aucuns plans n'étaient disponibles car trop récents. J'ai également cherché dans des magazines spécialisés d'époque, avec un succès relatif car même si des plans étaient présents, aucun n'était exploitable.

J'ai finalement obtenu des plans auprès de Madame Christel Palant-Frapier, Maître de conférences en Histoire et culture architecturale à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris Val-de-Seine, que je remercie chaleureusement.

Ces plans (annexe 2) étaient ceux de deux maisons mitoyennes, mais face au labeur que représente la recherche de plans répondant à l'ensemble de mes critères, je pris ces plans pour la modélisation, malgré sa spécificité. J'ai cependant considéré qu'une seule des deux maisons, comme si elle était isolée pour avoir une maison pavillonnaire la plus standard possible.

Les données ont été retravaillé pour pouvoir être utilisée dans toaster (voir Annexe 3)

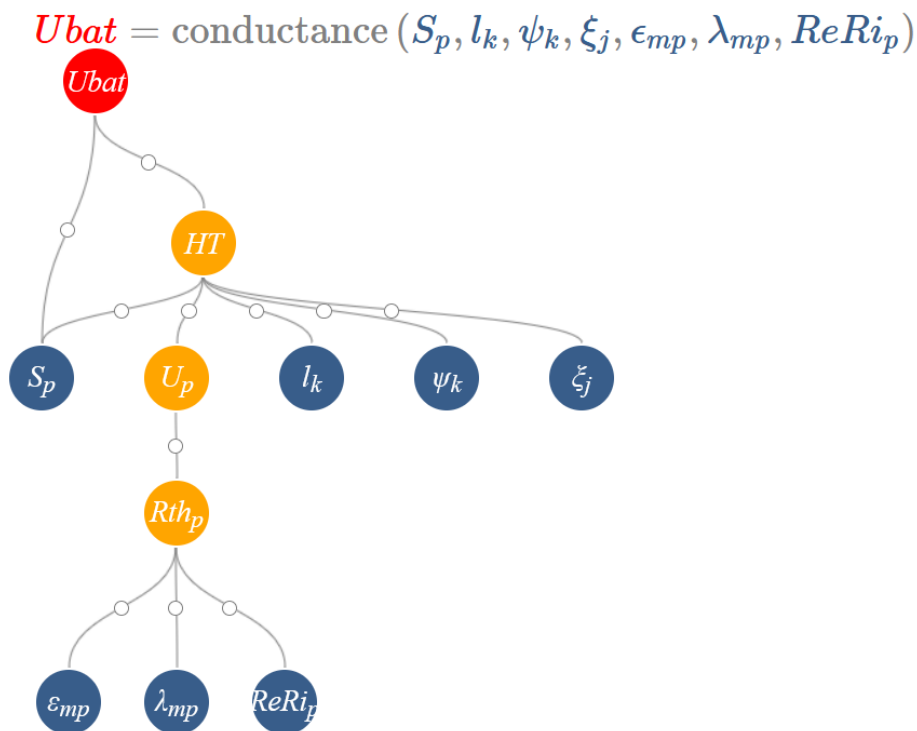


Fig. 23 : Toast « Conductance » Source : Corentin JACQUET

#### 4.2.3 Modélisation

## Conductance d'une maison pavillonnaire

La conductivité thermique d'un bâtiment représente sa capacité à conduire la chaleur à travers lui. C'est une mesure de la facilité avec laquelle la chaleur peut traverser les matériaux de construction.

Nous allons ici nous focaliser sur la modélisation de la conductance d'une maison individuelle construite en 1973, située à Tours (en zone climatique B selon le système de l'époque, H2b aujourd'hui, correspondant à un climat océanique). La particularité de cette maison est qu'elle est mitoyenne, composée de deux pavillons de 80m<sup>2</sup>, accolés.

Cependant, dans notre modélisation, nous allons considérer l'une des deux maisons comme isolée. Ainsi, nous avons un pavillon de 80m<sup>2</sup> sur deux étages, avec une cave non chauffée que nous assimilerons à un vide sanitaire. Il n'y a pas de comble, mais un premier étage directement sous la toiture en pente. Cette maison a été conçue avant le premier choc pétrolier et ne possède aucune isolation particulière.

Les plans utilisés sont annexés en annexe 2.

### Conductance d'une maison pavillonnaire

$U_{bat} = HT/Somme(S_p)$  en W/m<sup>2</sup>°C

Il s'agit d'un scalaire représentant la puissance perdue par mètre carré.

Plus la conductance d'un bâtiment est faible, plus il est isolé thermiquement. Cela signifie que la chaleur a plus de difficulté à traverser la structure, ce qui peut réduire les pertes thermiques et améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment.

Nous pouvons comparer ce résultat à celui d'un bâtiment basse consommation : Dans un document conjoint, EDF et l'association des ingénieurs territoriaux de France préconise une conductance de 1 W/m<sup>2</sup>°C.

```
Script :  
var s = 0  
for (var p=0; p < Somme(Sp); p++) s=s+Sp[p]  
}  
Ubat = HT/s
```

### Coefficient de transmission par l'enveloppe

$HT = Somme(S_p.U_p) + Somme(\psi_k.l_k) + Somme(\xi_j)$  en W/°C

Il s'agit d'un scalaire, une somme obtenue du calcul des pertes par type de paroi, des pertes par les ponts linéiques et des ponts ponctuels. Dans notre contexte, cette variable est d'intérêt car elle nous permet de connaître les pertes totale de notre pavillon.

Le coefficient de transmission thermique à travers l'enveloppe d'un bâtiment représente la capacité de cette enveloppe à transférer la chaleur par mètre carré et par différence de température.



```

Script :
var a = 0
for (var p=0; p a = a + (Up[p]*Sp[p])
}

var b = 0
for (var k=0; k b = b + (psik[k]*lk[k])
}

var c = 0
for (var j=0; j c = c + xij[j]
}

HT = a+b+c

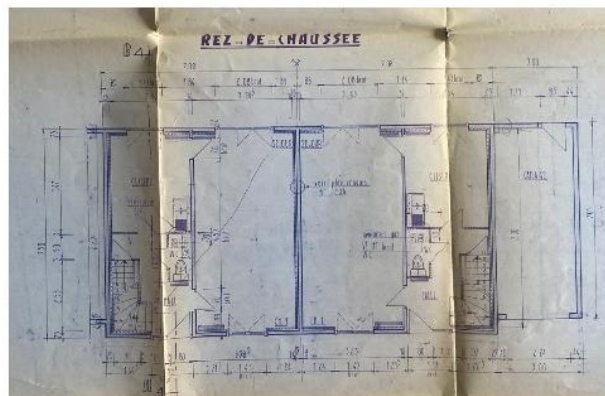
```

#### Surface de chaque paroi

$2.05 \leq S \leq 53.1$  en  $m^2$

Il s'agit d'un vecteur comprenant à chaque position la surface d'un mur. J'appelle "mur" une paroi, située sur le même plan et continue, avec des propriétés homogènes.

Seuls les murs d'une pièce chauffée sont pris en compte. Par conséquent, la cave est considérée comme un espace non chauffé, et je me concentre sur le plancher du rez-de-chaussée.

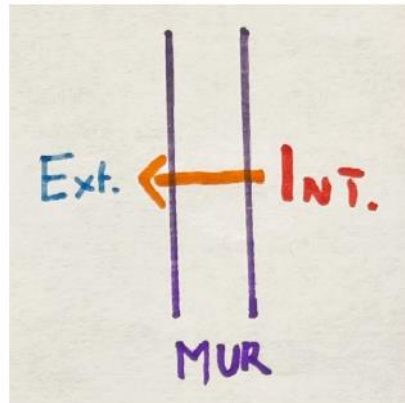


#### Conductance de chaque paroi

$U_p = 1/R_{thp}$  en  $W/^\circ C.m$

Il s'agit d'un vecteur où chaque valeur représente la conductance de chaque paroi, notée  $p$ .

La conductance tient compte à la fois de l'épaisseur de la paroi et de la conductivité des matériaux qui la composent.



Script :

```
Up = []
```

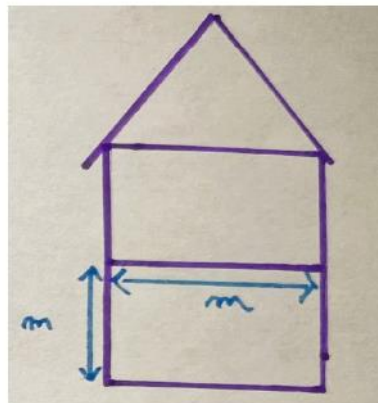
```
for (var p=0; p < Up.length; p++)
  Up.push(1/Rthp[p])
}
```

Longueur de chaque pont linéique

$0.47 \leq l \leq 7.5$  en m

Il s'agit d'un vecteur où chaque k correspond à la longueur d'un pont thermique spécifique.

En l'absence d'isolation extérieure, nous pouvons observer, sur la coupe AB du plan, la présence de ponts thermiques au niveau des deux planchers, du faîtage (le sommet du toit) et au niveau des ouvertures (fenêtres, portes et cheminée).



Conductance de chaque pont linéique

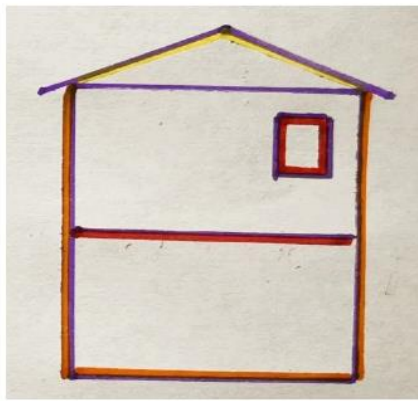
$0.05 \leq \psi \leq 0.33$  en W/m

Il s'agit d'un vecteur où chaque k correspond à la conductance d'un pont thermique spécifique.

Les ponts thermiques sont des zones dans les bâtiments où la résistance thermique est considérablement réduite. Ils se forment aux jonctions entre différents éléments de construction.

Depuis août 2015, les ravalements de façade doivent être réalisés avec une isolation par l'extérieur, car l'isolation par l'intérieur, largement utilisée au XXe siècle, favorise la formation de ponts thermiques au niveau des planchers encastrés dans les murs en contact avec l'extérieur.

Pour notre maison datant de 1973, nous considérerons la présence d'un pont thermique le long du plancher.



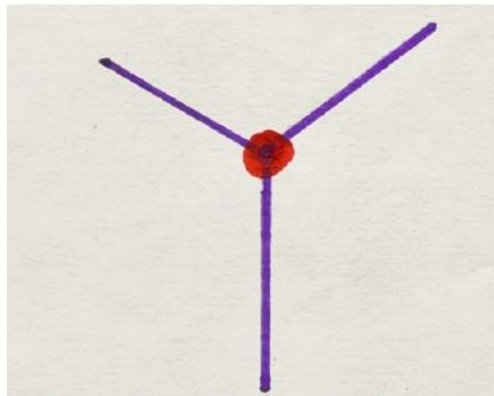
Conductance de chaque pont ponctuel

$$0.9 \leq \xi \leq 0.9 \text{ en } \text{W}/^\circ\text{C}$$

Il s'agit d'un vecteur où chaque valeur correspond à un pont ponctuel spécifique.

Un pont ponctuel est un point précis dans la structure d'un bâtiment où la résistance thermique est considérablement diminuée. Ces points se forment souvent lors de la jonction de trois parois.

La somme de ces pertes est généralement moins importante que celle des ponts linéiques.



Résistance thermique de chaque paroi

$$R_{thp} = \text{Somme} ( \epsilon_{\psi lon mp} / \lambda_{mp} + ReRip ) \text{ en } \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

Il s'agit d'un vecteur où chaque valeur représente la résistance thermique de chaque paroi, notée p.

La résistance thermique est l'inverse de la conductance : c'est un phénomène physique qui s'oppose à la propagation de la chaleur.

```
Script :
Rthp = [];
bj = epsilonmp[0];

for (var i=0; i < epsilonmp.length; i++) {
  for (var j=0; j < lambdaamp.length; j++) {
    if (lambdaamp[i][j] !== 0) {
      var a = epsilonmp[i][j] / lambdaamp[i][j];
      b = b+a;
    }
  }
  Rthp.push(b+ReRip[i]);
}
```

Modélisation de l'épaisseur des parois

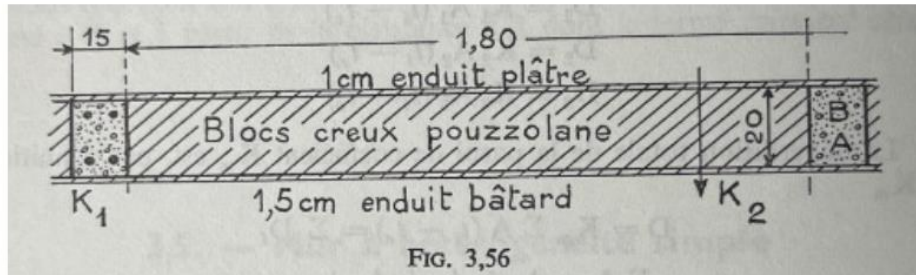
$$0 \leq \epsilon_{\psi lon} \leq 0.275 \text{ en } \text{m}$$

Il s'agit d'une matrice modélisant chaque paroi, notée p, et l'épaisseur des matériaux associés, notée m.

Un mur peut être composé de plusieurs couches de matériaux, tels que des isolants, des briques, des enduits, etc. Ainsi, pour un mur p, plusieurs valeurs de m peuvent être associées, la somme de ces valeurs correspondant à l'épaisseur totale de la paroi.

Nous avons donc :

- Des murs porteurs en contact avec l'extérieur.
- Un plafond en contact avec les combles.
- Un plancher en contact avec une cave non chauffée.
- Du simple vitrage.
- Une toiture en tuile plate (car la pente de la toiture est de 45°, donc ce ne peut pas être de l'ardoise).
- Une porte.



### Modélisation des conductivités des parois

$$0 \leq \lambda \leq 1.75 \text{ en W/m.}^\circ\text{C}$$

Il s'agit d'une matrice modélisant chaque paroi, notée p, et la conductivité associée aux matériaux, notée m.

Chaque matériau m possède sa propre conductivité, et il est nécessaire de prendre en compte individuellement chaque matériau en fonction de son épaisseur.

En 1973, en Touraine, les murs porteurs étaient composés d'un revêtement intérieur en plâtre, de briques creuses en pouzzolane (une sorte de béton isolant) et d'un enduit de ciment à l'extérieur (crépi). Le sol du rez-de-chaussée était constitué d'une chape en béton ainsi que d'un carrelage en terre cuite. Les fenêtres étaient équipées de simple vitrage et les menuiseries étaient en bois, tout comme la porte d'entrée. En l'absence de plafond au premier étage, la toiture était composée d'une couche de plâtre, d'un écran micro-perforé en plastique et de tuiles plates en terre cuite. Il existait une lame d'air d'environ 1 cm entre l'écran et les tuiles. Enfin, il y avait une cheminée qui cachait les tuyaux pour la chaudière. Ces cloisons étaient composées de briques plâtrières en terre cuite et creuses.

Type	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$	
			W/m.°C	m/(h.K.°C)
<b>1,31. Pierres et terre comprimée.</b>				
<b>1,311. Pierres lourdes.</b>				
— Granites .....	2500 <math>\rho < 3000</math>	2500	1,8	(1,8)
— Gneiss .....	2400 <math>\rho < 2700</math>	2500	1,7	(1,7)
— Basaltes .....	2800 <math>\rho < 3000</math>	2750	3,5	(3,0)
— Silex .....	2400 <math>\rho < 2500</math>	2400	1,6	(1,6)
— Porphyres .....	2400 <math>\rho < 2600</math>	2400	2,9	(2,3)
— Laves .....	2100 <math>\rho < 2400</math>	2100	2,1	(1,8)
<b>1,312. Pierres calcaires.</b>				
Classés suivant la norme NF B 10-101.				
— Pierres froissées (marbre) .....	2350 <math>\rho < 2500</math>	2350	2,9	(2,5)
— Pierres dures .....	2350 <math>\rho < 2500</math>	2350	2,2	(1,9)
— Pierres fermes .....	2160 <math>\rho < 2340</math>	2300	1,7	(1,7)
— Pierres demi-fermes .....	1840 <math>\rho < 2120</math>	2000	1,6	(1,2)
— Pierres tendres n° 1 .....	1650 <math>\rho < 1840</math>	1850	1,05	(0,9)
— Pierres tendres n° 2 .....	1470 <math>\rho < 1650</math>	1650	0,95	(0,8)
<b>1,313. Grès et marbres.</b>				
Provisoirement les caractéristiques des grès et des marbres seront considérées comme identiques à celles des pierres calcaires de mêmes masses volumiques. Les grès courants correspondent aux calcaires durs. Les marbres courants correspondent aux calcaires fermes.				
<b>1,314. Blocs de terre comprimée.</b>	1700 <math>\rho < 1900</math>	2150	1,05	(0,9)

### Résistance superficielle de chaque paroi

$$0.14 \leq \text{ReRi} \leq 0.34 \text{ en m}^2.\text{}^\circ\text{C/W}$$

Il s'agit d'un vecteur représentant, pour chaque paroi p, la résistance superficielle associée.

La résistance superficielle désigne l'ensemble des phénomènes physiques qui peuvent augmenter la résistance thermique d'une paroi.

On donne pour les résistances aux échanges superficiels les valeurs forfaitaires suivantes :

Valeurs de  $R_e + R_i$  en  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

Paroi en contact :	avec l'extérieur	avec un local fermé
Mur vertical	0.17	0.26
Plancher haut (flux ↗)	0.14	0.2
Plancher bas (flux ↘)	0.21	0.34

#### 4.2.4 Conclusion de la modélisation

Notre modélisation nous permet de tirer deux conclusions majeures :

- D'abord, avec une conductance de  $1,96 \text{ W/m}^2\text{°C}$  et un coefficient de transmission de l'enveloppe de  $546,97 \text{ W/°C}$  pour  $278,58 \text{ m}^2$  de parois, nous sommes au double de la conductance préconisée pour un bâtiment basse consommation. Une simulation sur le site d'Engie nous permet également de constater que le DPE de notre maison est G.
- Ensuite, dans l'ordre des postes avec le plus de déperditions, et donc ceux à rénover en premier :
  - o Murs  $1,46 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , pour 46% des parois, soit  $187 \text{ W/°C}$
  - o Plancher bas  $3,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , pour 19% des parois, soit  $169 \text{ W/°C}$
  - o Toit  $1,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , pour 27% des parois, soit  $113 \text{ W/°C}$
  - o Fenêtres  $5,75 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , 7% des parois, soit  $107 \text{ W/°C}$
  - o Porte  $4,08 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , 1% des parois, soit  $13,2 \text{ W/°C}$

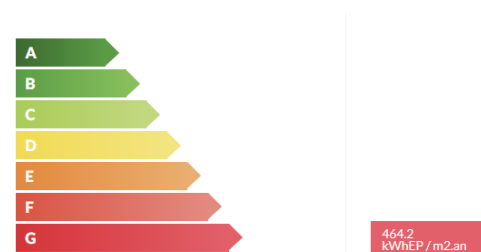


Fig. 24 : DPE de la maison étudiée  
Source : Engie

Cependant, cette liste est à nuancer. En effet, même si dans l'absolu, l'ensemble des murs laisse passer plus de chaleur, certains postes comme les fenêtres ont un coefficient de conductance surfacique bien plus élevé. Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'une petite portion de la surface de la maison est le responsable de perte absolument conséquente. Et la rénovation de ces postes à forte perte apporterait un bénéfice important à faible coût.

#### 4.2.5 Poste de rénovation à prioriser en fonction du coût

Il serait donc pertinent de s'intéresser à l'investissement nécessaire par poste de dépense, et aux bénéfices gagnés par rapport à ce coût.

Dans le cadre d'une isolation thermique pour atteindre le niveau des standards d'un BCC : c'est coefficient sont de  $1,6 \text{ W/m}^2\text{°C}$  pour les fenêtres et les portes et  $1 \text{ W/m}^2\text{°C}$  pour les autres postes dépenses. (AITF/EDF, 2020)

Il faut ensuite prendre en compte le coût moyen pour la rénovation de chaque poste de dépense. Et il est pertinent de confronter les dépenses moyennes des foyers aux coûts d'une rénovation totale (coûts estimés par un devis pour la maison modélisée sur le site [quelleenergie.fr](http://quelleenergie.fr)) :

- Toitures 6390€, pour 15000€ en moyenne pour une rénovation totale
- Fenêtres et portes 6150€, pour 7700€ en moyenne pour une rénovation totale dont 2100€ pour la porte d'entrée
- Murs 5080€, pour 23000€ en moyenne pour une rénovation totale
- Plancher bas 3150€, pour 4000€ en moyenne pour une rénovation totale

Nous obtenons un total de 49 700€ pour une rénovation totale, ce qui est cohérent avec les propos d'Olivier Sichel, directeur général adjoint de la caisse des dépôts et des consignations.

Si nous prenons les critères d'un BCC et le coût pour une rénovation totale pour la maison étudiée, nous pouvons calculer pour le coût d'un watt par degré gagné (€/ (W/°C)) :

Nous calculons d'abord la conductance de notre maison rénovée, puis la différence de conductance gagnée. Ensuite, nous calculons le rapport entre le prix et la différence de conductance. (Fig. 26)

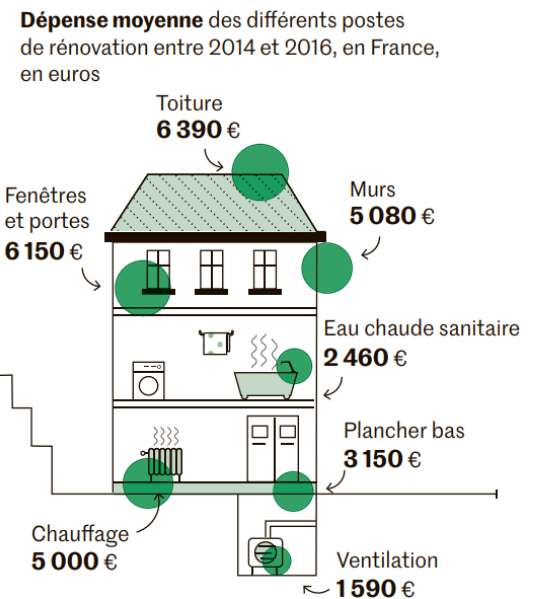


Fig. 25 : Dépense par poste de rénovation  
Source : Le Monde

Poste	Conductance unitaire avant rénovation (en W/m²°C)	Conductance unitaire après rénovation (en W/m²°C)	coût (en €)	m²	Conductance avant rénovation (en W/°C)	Conductance après rénovation (en W/°C)	diff rénovation (W/°C)	Prix par W/°C gagnée
Fenêtre	5,75	1,6	5600	18,6314	107,13055	29,81024	77,32031	72,42599001
porte	4,08	1,6	2100	3,2283	13,171464	5,16528	8,006184	262,2972442
mur	1,46	1	23000	128,349	187,38954	128,349	59,04054	389,5628326
toit	1,5	1	15000	75,27165401	112,907481	75,27165401	37,635827	398,5564074
plancher bas	3,18	1	4000	53,1	168,898	53,1	115,798	34,55484718

Fig. 26 : Tableur du calcul du coût d'un watt par degré gagné (€/ (W/°C)) Source : Corentin JACQUET

Nous pouvons donc connaître les postes de rénovation les plus rentable au regard du rapport entre l'investissement financier et le gain en matière d'isolation thermique de la maison (du plus rentable au moins rentable) :

- Plancher bas : 34,55 €/ (W/°C)
- Fenêtres : 72,43 €/ (W/°C)
- Porte d'entrée : 262,30 €/ (W/°C)
- Murs : 389,56 €/ (W/°C)
- Toit : 398,56 €/ (W/°C)

En comparant avec l'investissement moyen des ménages, nous pouvons ici constater un bon point, l'investissement pour les trois postes de rénovation prioritaire que sont les fenêtres, la porte d'entrée et le plancher bas est souvent suffisant.

Mais le problème porte surtout sur le financement des travaux lourds pour le toit et le mur. Nous allons maintenant voir les solutions financières disponibles, car comme vu dans la partie 2.3 la question économique est le plus gros facteur de frein à la rénovation du parc privé.

## 5. Les solutions financières

### 5.1 Les solutions de l'État

Dans cette partie, nous recenserons l'ensemble des aides publiques souveraines (aides proposées par l'État seul, sans recours à un acteur privé) destinées à la réhabilitation thermique des maisons pavillonnaires, pour les propriétaires occupants. Je ne m'intéresserai donc pas aux aides pour d'autres types de bâtiment.

Les aides à la pierre représentent l'ensemble des aides publiques pour la construction ou la réhabilitation de logement. Dans le cadre de de réhabilitation thermique, la majorité des aides seront des aides à la pierre, car cet argent est utilisé pour réhabiliter, améliorer physiquement le bâti.

À partir d'ici, je vais différencier deux types d'aides. Les primes, où le particulier reçoit un certain montant, et les exonérations de taxe, où le particulier ne reçoit aucune aide, mais évite certains coûts, certains impôts. Il faut cependant faire attention à l'interopérabilité des aides, ce qui amène un niveau de complexité supplémentaires.

#### MaPrimeRenov'

Nous avons déjà traité le sujet de MaPrimeRenov' dans la partie 2.3.4. Cependant, nous pouvons en profiter pour rappeler ici l'objectif de ces aides et les problèmes liés.

MaPrimeRenov', lancée en 2020 et gérée par l'Anah, vise à soutenir les particuliers dans la rénovation de leurs logements de plus de 15 ans, notamment en matière de rénovation thermique. Cependant, des problèmes ont été soulevés quant à son attribution, des retards de paiements et son accessibilité pour les personnes en rupture numérique, et la défenseuse des droits, Claire Hédon a été saisie.

Ensuite, la lisibilité de l'offre est importante pour ne pas décourager les particuliers, et les inciter à effectuer les travaux. Cependant, MaPrimeRenov', peut présenter quelques problèmes à ce niveau-là. En effet, comme nous pouvons le voir figure 27, MaPrimeRenov' comprend un ensemble de services, allant de l'aide financière à l'accompagnement dans les démarches. Mais ces aides se décomposent encore en sous-catégorie, en fonction du type de travaux, des ressources du ménages et de sa composition (PMR, personnes âgées...). C'est ainsi que nous retrouvons avec un ensemble d'aide, qui n'est pas forcément facile à appréhender, ainsi que différents forfaits, comme avec MaPrimeRénov' Bleu, MaPrimeRénov' Jaune, MaPrimeRénov' Violet, MaPrimeRénov' Rose, MaPrimeRenov' Sérénité, ou encore MaPrimeRenov' Copropriété.

Certaines aides de la famille de MaPrimeRenov' comme MaPrimeAdapt', n'ont même plus de lien avec la rénovation énergétique, en proposant des aides pour adapter des logements aux handicaps.



Fig. 27 : Une partie des aides de la famille « MaPrimeRenov' » Source : Ministère de l'économie

Nous pouvons donc voir que le problème de la lisibilité et le montant des aides sont des freins à la rénovation, notamment à travers des travaux lourds.

## Les autres primes

- Le chèque énergie : Il s'agit d'un dispositif pour les ménages les plus modestes pour aider à payer le surplus d'énergie consommée, notamment par les travaux de rénovation. Il s'agit d'une prime annuelle. Dans certains cas, cette aide peut permettre de payer les travaux. Cependant, la valeur de cette prime est limitée à 277€ et ne peut couvrir des travaux complets.
- Les aides locales : Il existe de nombreuses aides financières locales et régionales pour aider les particuliers à financer une rénovation d'un pavillon. Ces aides sont cumulables avec les aides nationales. Il peut s'agir d'aide à l'échelle départementale comme Hérault'Rénove, ou régionale comme Occitanie'Renov. Certaines villes, (souvent des métropoles) proposent également des aides, comme la métropole de Lyon qui propose une prime de 1000€.

## Les exonérations de taxe

- TVA à 5,5 % pour les travaux de rénovation énergétique : la TVA est abaissée à 5,5 au lieu de 20% pour les prestations de rénovation. Cette aide est disponible pour l'ensemble des ménages en maison pavillonnaire.
- Les exonérations locales : Certaines communes peuvent proposer une exonération temporaire de la taxe foncière pour les logements effectuant des travaux d'économies d'énergie.

## Conclusion

Il existe donc une multitude d'aides de l'État et des collectivités territoriales pour la rénovation thermique. Cependant, cette diversité devient un handicap assez rapidement pour les particuliers : trouver les aides des différents organismes, comprendre ces aides, leurs différentes natures, leurs limites, trouver l'offre adaptée, celle à laquelle on peut prétendre, faire toutes les démarches pour chaque aide, tout en vérifiant l'interopérabilité de ces aides, qui pourrait rendre caduque le travail du particulier, est un frein majeur.

L'idéal serait d'avoir une aide unique et accompagnée : limiter la démarche à une démarche, et laisser le conseiller trouver la meilleure offre pour aider le particulier dans sa transition énergétique.

## 5.2 Les solutions des acteurs privés

Nous traitons dans cette partie des solutions proposées par le secteur privé, ainsi que les aides proposées conjointement entre ces mêmes acteurs et l'État. Ici aussi, je ne m'intéresserai qu'aux services pour les propriétaires de maisons pavillonnaires.

J'ai identifié 3 grandes catégories d'acteurs privés, intervenant dans la rénovation thermique des bâtiments. Étant poussé par l'État, ce secteur est en plein essor depuis quelques années, et de nombreux secteurs se sont positionnés afin de proposer des services très divers. Ces trois catégories sont les groupes du bâtiment et de l'énergie, présent physiquement pour les travaux, les groupes financiers (banque et assurance), proposant des différents services permettant de financer ces travaux, et enfin, quelques acteurs de la grande distribution spécialisée, qui peuvent proposer des services complémentaires en plus des produits qu'ils vendent.

### Les groupes du bâtiment et de l'énergie

- Certificats d'économies d'énergie (CEE) : Il s'agit d'une obligation de l'État pour obliger les grandes entreprises nationales et internationales de participer à l'effort collectif de transition du parc. Ces aides sont disponibles pour l'ensemble des ménages propriétaires de maisons

pavillonnaires, et proposent un éventail de solutions, allant du diagnostic à la mise en relation avec des artisans qualifiés. Ces aides peuvent également prendre la forme de prime, de bon d'achat ou de réduction.

- La prime « Coup de pouce économie d'énergie » : Cette prime est disponible pour l'ensemble des ménages. Cette prime, en accord avec les autorités publiques, permet aux ménages d'avoir des réductions auprès de fournisseurs d'énergies.
- Il est fréquent que les acteurs de la rénovation, qui effectuent les travaux, proposent des services annexes d'accompagnement pour obtenir les aides. Ces services sont souvent gratuits et sont là pour inciter les ménages à utiliser leurs services.
- Certaines entreprises proposent également des services tout-en-un. Ces offres combinées proposent l'accompagnement pour le choix de travaux adaptés, l'accompagnement pour la demande des aides, la mise en lien avec des artisans, les travaux. Ces paquets peuvent être accompagné de réduction, parfois appelé « prime ».



Fig. 28 : Exemple d'une offre tout-en-un Source : Effy

### Les groupes de banques et d'assurances

- Éco-prêt à taux zéro : Ce dispositif de l'État, dit « Éco-PTZ » doit être révisé début 2024. Cette aide est disponible pour tous les propriétaires occupants. Comme son nom l'indique, il permet de faire un emprunt auprès d'une banque avec une durée de remboursement allant jusqu'à 20 ans, et avec une absence d'intérêt.
- Certains groupes bancaires se proposent de se placer entre les ménages et les grands groupes de l'énergie, afin de plafonner le prix de certains services d'énergies ou avoir des remises, en souscrivant à certains services chez eux. C'est par exemple le cas de la plupart des banques, comme la Société Générale avec Hello Watt, Cetelem en accord avec Effy, ou encore la Banque Postale avec la WWF.
- Certains groupes proposent également des primes lors de la souscription de certains services.
- Tout comme les groupes d'énergies et de bâtiment, les groupes financiers proposent souvent un service d'accompagnement.

### Les groupes de grandes distributions spécialisés

- En parallèle des groupes de bâtiments qui effectuent les travaux, il existe des groupes de grandes distributions, spécialisés dans les travaux, qui proposent en plus de leurs produits, des réductions sur les services d'accompagnement proposé, à travers des offres tout-en-un.

## 6. La rénovation : Un besoin, un marché florissant et une course au plus offrant

Pour conclure, nous l'avons vu, en matière d'isolation thermique du parc, le problème vient des maisons individuelles. De ces maisons individuelles, le problème vient du financement des travaux lourds : les murs et la toiture. Pour répondre à ces problèmes, plusieurs solutions ont été proposées, mais la solution initiale vient de l'État : l'ensemble des aides proposées pour une transition du parc en douceur.

Cependant, malgré les espérances et la volonté du pouvoir public, ces solutions posent certains problèmes :

- D'abord, le montant n'est parfois pas à la hauteur, pour des travaux de rénovation de toiture et de murs, qui sont conséquents.
- Ensuite, la pluralité des aides pose problème. Le nombre de variantes d'aide, le nombre d'acteurs à contacter est conséquent pour un particulier. Et cette bureaucratie écrasante est un vrai frein pour les ménages.

Nous avons donc un problème de coût, et un problème d'organisation. Ce sont ces deux sujets que se sont accaparés les différents groupes privés. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les groupes privés, de secteurs différents, proposent finalement la même chose :

- Une solution tout-en-un, à travers une agrégation des services, pour répondre à la pluralité des aides, ainsi qu'un accompagnement dans un secteur très technique : de l'accompagnement pour le choix des travaux, l'obtention des aides et les travaux.
- Ces solutions tout-en-un sont proposées avec des réductions, ce qui incite les particuliers à la consommation de ces services, en faisant face à une problématique majeure, le frein principal : le coût des travaux.

Notons que la présence d'acteurs de secteur très différents souligne la compétitivité de ce marché. Cependant, la rénovation thermique du parc de logement est un enjeu environnemental et énergétique majeur qui s'inscrit pleinement dans la lutte face au dérèglement climatique. C'est pour cela que selon moi, il serait judicieux pour Bercy de simplifier sa proposition et de concaténer les aides. Cela permettrait donc une accélération de la transition du parc, en facilitant les démarches, et en cumulant les aides (dont les particuliers n'avaient pas forcément connaissance). En plus de cette fusion des aides, l'État devrait mettre en place un service d'aide, ou instaurer une filière officielle d'accompagnement, pour regagner la confiance des particuliers.

Les offres tout-en-un proposées par les différents groupes privés reflètent une compétition très forte, au plus offrant. Cependant, je ne pense pas que ça soit une bonne chose dans ce contexte de rénovation énergétique : les offres sont similaires mais pas identiques. Face à des particuliers, parfois déjà désabusés par les arnaques qui ont eu lieu ces dernières années et la densité de l'aspect administratif, il est nécessaire d'avoir une ligne claire, et de ne pas inonder les ménages d'offres, parfois difficilement comparables, impliquant de nombreux partis.

Enfin, notez que ces solutions comprennent un volet de Justice sociale. En effet, pour les propriétaires des classes les plus populaires ; occupant souvent une maison bon marché, déjà souvent éloignée des villes, avec souvent une classe énergétique basse ; ces investissements représentent un coût considérable. De plus, cette classe n'est pas la mieux armée face à de la bureaucratie lourde et une technique de pointe. Un accompagnement public garantirait une impartialité des choix de travaux et

d'attribution des aides. De même, en ne proposant qu'une seule aide, les ménages ne passeraient pas à côté d'opportunité qui leur permettrait d'effectuer des travaux plus ambitieux. Et pour les locataires de la classe populaire, la centralisation des aides faciliterait un contrôle des propriétaires bailleurs, et comme les OPAH, elles pourraient être attribuées sous condition de limiter le loyer, et ainsi réduire la gentrification. Ainsi, cela évitera de précariser d'autant plus cette classe sociale, en évitant de les pousser toujours plus loin hors des villes.

## 7. Bibliographie

### *Articles scientifiques et ouvrages papiers*

BONHOMME A., 1975, L'isolation thermique des locaux d'habitation, bureaux et constructions scolaires, Éditions du moniteur des travaux publics et du bâtiment

BOSVIEUX J., 2023, L'interdiction à la location des passoires thermiques : quelles conséquences pour le marché locatif privé ?, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

BRISEPIERRE G., 2019, Les logements en location dans le privé : point dur de la rénovation énergétique, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

BRISEPIERRE G., 2015, Les ménages français choisissent-ils réellement leur température de chauffage ?, in : Zélem M.-C., Beslay C. (sous la direction de), Sociologie de l'énergie, Paris : CNRS Éditions, p. 273-281.

COLOOS B., 2021, Rapport pour une réhabilitation énergétique massive, simple et inclusive des logements privés d'Olivier Sichel, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

COLOOS B., 2016, Que penser de la transition énergétique ?, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

GUIGOU J-L., 1979, Si Ricardo, Marx, Walras et Pisani avaient raison, Études foncières

JAILLET M-C., 1982, Les pavillonneurs, la production de la maison individuelle dans la région toulousaine, Éditions du C.N.R.S.

LÉGER J-M., 2010, Densification des lotissements : les pavillonnaires font de la résistance, Études foncières

MAÏZIA M., 2010, Densité énergétique versus densité urbaine, Études foncières

MAÏZIA M., 2010, Prospective à l'horizon 2050 du développement urbain en France et implications énergétiques et spatiales des secteurs de l'habitat et de la mobilité quotidienne, Université de Namur, p. 71-83

PIRON O., 2020, Parc ancien : la rénovation énergétique n'est pas la panacée, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

RAYMOND H. et al., 2004, L'habitat pavillonnaire, L'Harmattan

STÉBÉ J-M., 2007, Que sais-je ?, Le logement social en France, édition puf

VIGUIÉ Renan, 2020, « Une courbe pour bien se chauffer. Les températures de chauffage préconisées au XX<sup>e</sup> siècle », *Flux*, 2020/3 (N° 121), p. 102-107. DOI : 10.3917/flux1.121.0102. URL : <https://www.cairn.info/revue-flux-2020-3-page-102.htm>

*Documents institutionnels, sites web et articles de presse*

ADIVBOIS, 2017, Concours national immeuble à vivre bois

ADEME, 2023, Répartition de l'empreinte carbone des français, <https://presse.ademe.fr/2023/09/repartition-de-lempreinte-carbone-des-francais.html>

AITF/EDF, 2020, Bâtiments basse consommation

Anah, 2019, Aides aux collectivités, Expertise et animation pour les programmes relatifs à la précarité énergétique, la perte d'autonomie et les OPAH

Anah, 2022, Améliorer l'habitat, rapport d'activité 2022

BOUTELET C., 2020, Le Monde, Rénovation thermique, chantier sans fin

Catella, 2022, « Catella, en partenariat avec Elithis lance le premier fonds résidentiel à impact « à énergie positive » au monde pour investir dans les Tours Elithis » <https://www.catella.com/fr/germany/news-and-press-releases/press-releases/2022/catella-en-partenariat-avec-elithis-lance-le-premier-fonds-residentiel-a-impact-a-energie-positive--au-monde-pour-investir-dans-les-tours-elithis>

CEREMA, 2023, Rapport d'étude, Analyse de la consommation d'espaces (2009-2022)

Conseil Immobilier de l'État, 2021, Avis de suite sur la rénovation des cités administratives et autres sites domaniaux multi-occupants (programme 348)

Conseil Immobilier de l'État, 2019, Le programme de rénovation des cités administratives, <https://immobilier-etat.gouv.fr/les-grands-dossiers/programme-renovation-cites-administratives>

Défenseur des droits, 2022, « MaPrimeRénov' » : la Défenseure des droits fait des recommandations face à des dysfonctionnements aux conséquences lourdes pour les usagers <https://www.defenseurdesdroits.fr/fr/communiquede-presse/2022/10/maprimerenov-la-defenseure-des-droits-fait-des-recommandations-face-a>

DÉJEAN J.P., La Tribune, 2019, L'État investit 82 Millions dans ses cités administratives de Nouvelle Aquitaine

DROUELLE F., 2017, Le choc pétrolier de 1973 : Le début de la fin, <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/affaires-sensibles/le-choc-petrolier-de-1973-le-debut-de-la-fin-1744562>

EDF, 2020, La consommation d'électricité en chiffres <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/l-electricite-au-quotidien/la-consommation-d-electricite-en-chiffres>

Engie, 2022, Comment simuler son DPE ? Mode d'emploi, <https://particuliers.engie.fr/economies-energie/conseils-economies-energie/conseils-calcul-consommation/simuler-dpe.html>

GIEC, 2023, Strengthening and Implementing the Global Response

INSEE, 2020, "Chiffres-clés- Logement- France et régions." <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4806455>

INSEE, 2023, Évolution de la dépense et du pouvoir d'achat des ménages Données annuelles de 1960 à 2022, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2385829>

INSEE, 2021, Taille et composition des ménages, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5039855?sommaire=5040030>

KINDERMANS C., Les Échos, 2019, Les 39 cités administratives qui bénéficieront du milliard de l'État

LASJAUNIAS A., Le Monde, 2020, Immobilier : comment se porte le marché du logement privé en France ?, [https://www.lemonde.fr/immobilier/article/2020/02/19/comment-se-porte-le-marche-du-logement-prive-en-france\\_6030112\\_1306281.html](https://www.lemonde.fr/immobilier/article/2020/02/19/comment-se-porte-le-marche-du-logement-prive-en-france_6030112_1306281.html)

LACAZE D., 2023, Le calendrier d'interdiction de location des passoires thermiques est bien maintenu, [https://www.bfmtv.com/immobilier/location/le-calendrier-d-interdiction-de-location-des-passoires-thermiques-est-bien-maintenu\\_AD-202309270427.html](https://www.bfmtv.com/immobilier/location/le-calendrier-d-interdiction-de-location-des-passoires-thermiques-est-bien-maintenu_AD-202309270427.html)

Le Capital, 2023, MaPrimeRénov' : "les difficultés sont loin d'être résolues", pour la Défenseure des droits, <https://www.capital.fr/economie-politique/maprimerenov-les-difficultes-sont-loin-detre-resolues-pour-la-defenseure-des-droits-1465644>

MaPrimeRenov.gouv.fr, 2023, « Mieux chez moi, mieux pour ma planète » [https://www.maprimerenov.gouv.fr/prweb/PRAuth/app/AIDES\\_/BPNVwCpLW8TKW49zoQZpAw\\*/!STANDAR D](https://www.maprimerenov.gouv.fr/prweb/PRAuth/app/AIDES_/BPNVwCpLW8TKW49zoQZpAw*/!STANDAR D)

Ministère de l'économie des finances et de la souveraineté industrielle et numérique, 2022, « MaPrimeRenov' : la prime pour la rénovation énergétique », <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique>

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2018, LOI ÉLAN, La modernisation du secteur du logement social 2018

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2021, La rénovation énergétique des logements <https://www.ecologie.gouv.fr/renovation-energetique-des-logements>

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2021, Le parc locatif au 1<sup>er</sup> janvier 2021, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/le-parc-locatif-social-au-1er-janvier-2021>

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, 2022, Loi portant évolution du logement de l'aménagement et du numérique, <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-portant-evolution-du-logement-lamenagement-et-du-numerique-elan>

Ministère de la transition énergétique, 2023, Réglementation environnementale RE2020 <https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020>

Ministère de la transition énergétique, 2024, Guide RE2020 de janvier 2024

MONIER-VINARD B., Le Point, 2022, Bailleurs, gare aux passoires thermiques !

Observatoire des inégalités, 2019, Le parc de logements en France : état des lieux, <https://www.inegalites.fr/Le-parc-de-logements-en-France-etat-des-lieux>

Paris Habitat, 2019, Plan stratégique de patrimoine 2019-2028

Public Sénat, 2019, Le "rêve pavillonnaire", fin d'un modèle ?, [https://www.youtube.com/watch?v=XOly5CBftA&ab\\_channel=GuillaumeMichel](https://www.youtube.com/watch?v=XOly5CBftA&ab_channel=GuillaumeMichel)

THOMAS E., 2022, Cours d'habitat et foncier, S7 4A DAE Polytech Tours

Union sociale de l'habitat, 2019, Plan stratégique de patrimoine, programme REHA

## 8. Annexes

Annexe 1 : Les aides à la rénovation énergétique pour les bailleurs privés, Gaëtan Briseperre, [politiquedulogement.com](http://politiquedulogement.com)

### Les aides à la rénovation énergétique pour les bailleurs privés

Les bailleurs privés sont concernés par de nombreuses aides<sup>36</sup> pour financer des travaux de rénovation énergétique. Leurs obtentions supposent de respecter certaines conditions, et elles sont parfois cumulables. On peut les regrouper en trois catégories :

#### Aides individuelles auxquelles les bailleurs privés sont éligibles

- L'Eco-prêt à taux zéro est un prêt sans intérêt jusqu'à 30 000 € et sur 15 ans, si le logement est loué comme résidence principale.
- La TVA à taux réduit, 5,5 % au lieu de 10 %, y compris sur la pose et les travaux induits.
- L'exonération de taxe foncière, si la commune d'implantation l'a votée
- Les certificats d'économie d'énergie (CEE), aide versée par des organismes privés (les obligés) sur la base des factures de travaux, et en fonction du cours du CEE.
- Le « coup de pouce » chauffage / isolation, prime exceptionnelle associée aux CEE, versée sous condition de justifier de revenus modeste du locataire ou du propriétaire.
- Les prêts travaux amélioration performance énergétique d'Action Logement, 5000 € à 1 % d'intérêt sur 10 ans pour les salariés du secteur privé, selon des plafonds de ressources. .

#### Aides aux travaux spécifiquement dédiées aux bailleurs

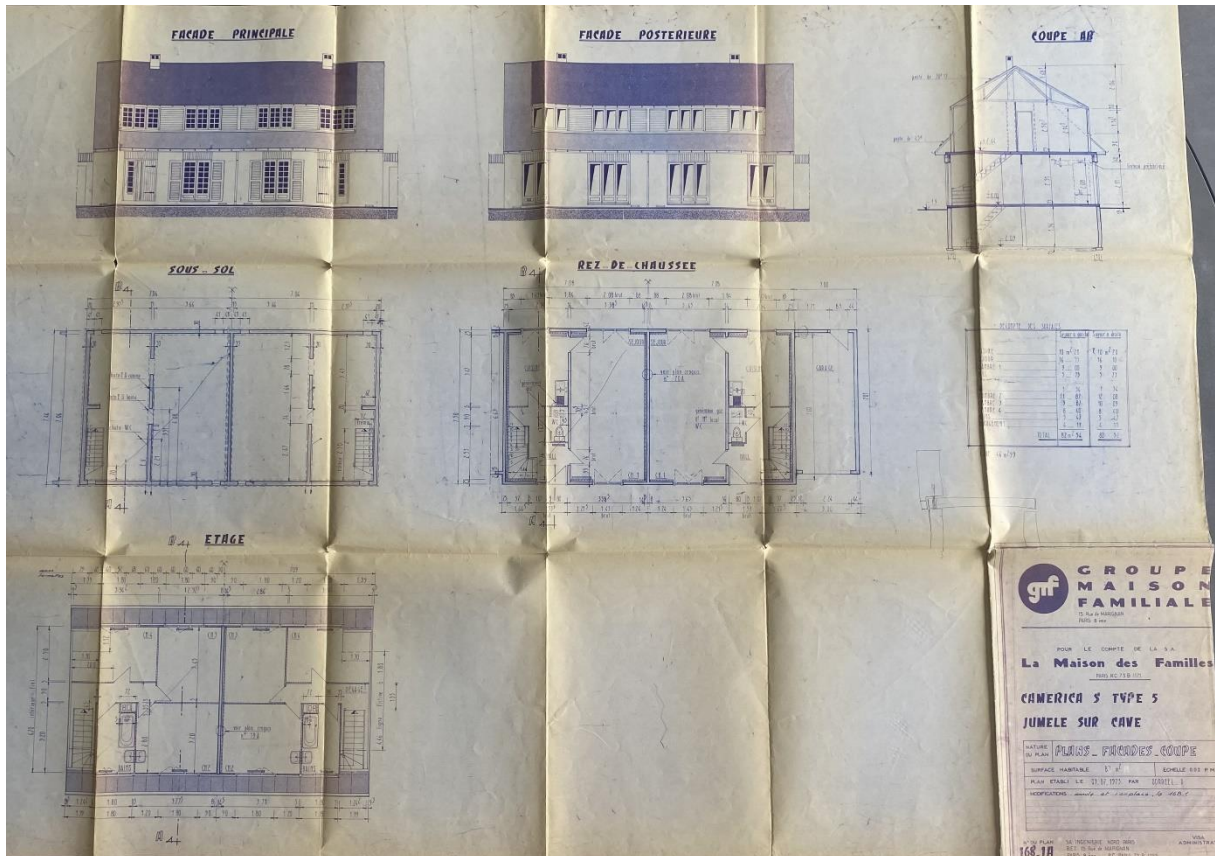
- « Habiter Mieux » de l'ANAH : jusqu'à 15 000 € pour des travaux améliorant de 35 % la performance, sous condition de de respecter des plafonds de loyer pendant 9 ans.
- « Louer pour l'emploi » d'Action Logement : une subvention de 10 000 € et un prêt à 1% pour des travaux d'économie d'énergie dans des logements loués via Action Logement Service pour 9 ans, dans certaines communes.
- Loi Denormandie pour les futurs propriétaires bailleurs qui achètent, dans certaines communes, un bien à rénover et à louer au moins 6 ans, et faisant des travaux représentant au moins 25 % du coût d'achat, et améliorant la performance de 30 %.
- Déficit Foncier : les travaux d'économie d'énergie font partie des charges déductibles du revenu foncier. Le déficit peut se reporter aux années suivantes si elles dépassent 10 700 €.

#### Aides collectives au syndicat des copropriétaires, dont les bailleurs privés

- Subventions des collectivités locales au syndicat des copropriétaires, par exemple le Grand Lyon verse 2 000 ou 3 000 € niveau de performance de la rénovation.

Capture d'écran

## Annexe 2 : Plans de la maison pavillonnaire modélisée, Christel Palant



## Annexe 3 : Extrait du tableur de travail pour les variables d'entrée du toast, Corentin JACQUET

N° paroi	Type paroi	Sp Surface m²	epsilon mp, en m				lambda mp en W/m.*C				ReRip en m².*C/W
			épaisseur matériau 1	épaisseur matériau 2	épaisseur matériau 3	épaisseur matériau 4	Résistance matériau 1	Résistance matériau 2	Résistance matériau 3	Résistance matériau 4	
1	RdC paroi Ouest	18.83	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
2	RdC paroi Est	18.83	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
3	RdC paroi Nord	10.57	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
4	RdC paroi Sud	11.73	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
5	1er étage paroi Ouest	20.90	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
6	1er étage paroi Est	20.90	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
7	1er étage paroi Nord, partie basse	5.13	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.26
8	1er étage paroi Nord, partie haute	2.39	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
9	1er étage paroi Sud, partie basse	5.13	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.26
10	1er étage paroi Sud, partie haute	2.39	0.015	0.275	0.01	0	1.15	0.52	0.7	0	0.17
11	Toiture Nord, partie basse	15.10	0.01	0.005	0.01	0.015	0.7	0.046	0.023	1.15	0.14
12	Toiture Nord, partie haute	22.72	0.01	0.005	0.01	0.015	0.7	0.046	0.023	1.15	0.14
13	Toiture Sud, partie basse	15.10	0.01	0.005	0.01	0.015	0.7	0.046	0.023	1.15	0.14
14	Toiture Sud, partie haute sans cheminé	22.35	0.01	0.005	0.01	0.015	0.7	0.046	0.023	1.15	0.14
15	Mur cheminée Ouest	2.88	0.01	0.03	0.01	0	1.15	0.023	1.15	0	0.20
16	Mur cheminée Est	2.88	0.01	0.03	0.01	0	1.15	0.023	1.15	0	0.20
17	Mur cheminée Nord	2.95	0.01	0.03	0.01	0	1.15	0.023	1.15	0	0.20
18	Mur cheminée Sud	2.84	0.01	0.03	0.01	0	1.15	0.023	1.15	0	0.20
19	Fenetre RdC Nord 1	3.02	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
20	Fenetre RdC Nord 2	4.39	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
21	Fenetre RdC Sud	3.02	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
22	Fenetre 1er étage Nord 1	2.05	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
23	Fenetre 1er étage Nord 2	2.05	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
24	Fenetre 1er étage Sud 1	2.05	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
25	Fenetre 1er étage Sud 2	2.05	0.004	0	0	0	1.15	0	0	0	0.20
26	Porte d'entrée	3.23	0.04	0	0	0	0.23	0	0	0	0.30
27	Plancher RdC	53.10	0.18	0.01	0	0	1.75	1.15	0	0	0.34

**Directeur de recherche :**

**Éric THOMAS**

**Corentin JACQUET**

**PFE/DAE5**

**Réseau**

**2023-2024**

## **Les enjeux énergétiques sur le parc bâti français : Perspectives sur les enjeux et tentative de solutions pour la rénovation thermique des maisons pavillonnaires**

### **Résumé :**

Face à la crise climatique, le parc de logement et de l'État français doit s'adapter. La rénovation thermique est primordiale pour économiser l'énergie et ainsi réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Nous allons étudier ici le parc privé, le parc social et le parc de l'État. Ces deux derniers ont l'avantage d'avoir des organismes importants qui les gèrent, et il leur est possible d'avoir une vision à long terme et de mener une campagne de rénovation. Cependant, le parc privé, notamment les maisons individuelles et les petites copropriétés, pose problème. En effet, les travaux de rénovation, et l'absence de mutualisation des ressources, engendrent des coûts importants, qui ne sont pas à la portée de tous les ménages.

La modélisation d'une maison pavillonnaire typique des années 1970, ainsi que la corrélation avec certaines études, nous permet de découvrir que les rénovations moins onéreuses sur des postes de déperdition les plus forts sont souvent effectuées par les ménages, mais que les travaux les plus lourds sont souvent négligés.

Pour répondre à ces difficultés et aboutir à la rénovation de leur logement, les particuliers peuvent accéder à différentes aides publiques. Cependant, ces aides, en raison de leur nombre et de toute la bureaucratie qu'elles demandent, peuvent se révéler compliquées d'accès, et de nombreux ménages abandonnent leurs projets. Ainsi, de nombreuses offres des acteurs privés voient le jour, en proposant leurs services. Mais face aux enjeux environnementaux, ces solutions ne sont parfois pas satisfaisantes, et tout le système d'aide à la rénovation du parc privé serait à revoir.

### **Mots Clés :**

Rénovation thermique, Maison pavillonnaire, Parc de logements français, Modélisation, Conductance thermique