



HAL
open science

La difficile quantification de la place du bâtiment dans la décarbonation

Louis-Gaëtan Giraudet, Lucas Vivier

► To cite this version:

Louis-Gaëtan Giraudet, Lucas Vivier. La difficile quantification de la place du bâtiment dans la décarbonation. *Transitions. Les nouvelles Annales des Ponts et Chaussées*, 2022, Bâtiments et construction en transition, 2, pp.12-19. hal-03946309

HAL Id: hal-03946309

<https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-03946309>

Submitted on 19 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La difficile quantification de la place du bâtiment dans la décarbonation

Les progrès d'amélioration énergétique des bâtiments semblent relativement lents, en dépit d'opportunités de réduction des émissions de gaz à effet supposées abondantes et peu coûteuses. Dès lors, vaut-il mieux insister sur l'amélioration de l'efficacité énergétique ou sur la décarbonation des vecteurs d'énergie ? Cet article présente l'état des connaissances pour le secteur résidentiel, qui représente environ 25 % de la consommation d'énergie totale en France. Les données disponibles sur le parc de logements et la dynamique de rénovation énergétique se sont grandement améliorées ces dernières années, mais se heurtent encore à des imprécisions concernant le nombre de « passoires thermiques », les flux annuels de rénovation et l'ampleur des économies d'énergie réalisées. Si ces lacunes ne permettent pas de répondre précisément à la question posée, elles ne remettent pas pour autant en cause le bien-fondé des politiques de rénovation énergétique.

Energy efficiency improvements are notoriously slow in the construction sector, despite claims that opportunities to reduce emissions are abundant and inexpensive. Should we therefore focus on improving building envelopes or decarbonizing energy carriers? Here, we review the available data to answer these questions, focusing on the residential sector, which accounts for about 25% of final energy consumption in France. Knowledge of the housing stock and dynamics of energy renovation has greatly improved in recent years, but remains hampered by inaccuracies concerning the number of highly inefficient dwellings, annual renovation flows and the magnitude of ensuing energy savings. While these gaps prevent us from precisely answering the question, they do not challenge the relevance of energy renovation policies.



Louis-Gaëtan Giraudet

Chercheur, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)

Diplômé d'AgroParisTech, Louis-Gaëtan Giraudet est ingénieur des ponts, des eaux et des forêts. Docteur en sciences économiques, puis post-doctorant à l'université de Stanford, il enseigne dans plusieurs établissements, dont l'École des Ponts ParisTech et Sciences Po. Chercheur en économie de l'environnement au CIRED, ses recherches portent sur les politiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, en France et sur le continent africain. Membre du Comité d'évaluation scientifique et technique du domaine Énergie et climat du Commissariat général au développement durable et du Comité exécutif de la French Association of Environmental and Resource Economists (FAERE), il contribue également à de nombreuses revues scientifiques, au titre d'évaluateur.



Lucas Vivier

Doctorant, Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED)

Diplômé de CentraleSupélec, de l'université Paris-Saclay et de l'université de Tongji, Lucas Vivier est actuellement doctorant au CIRED, dans le cadre du projet ANR PREMOCLASSE. En 2021, il obtient une bourse de la Fondation Palladio pour sa thèse portant sur les nouveaux leviers de financement pour la rénovation énergétique des logements. Ses travaux intègrent de nouveaux processus dans le modèle Res-IRF, en particulier, les effets d'échelle du coût des rénovations énergétiques, les mécanismes de concurrence imparfaite dans l'industrie de la rénovation énergétique et l'offre de crédit aux ménages.

Le secteur du bâtiment est fréquemment présenté comme l'un des gisements de décarbonation les plus vastes et coût-efficace. Le manque de vigueur de la dynamique de rénovation énergétique est néanmoins tout aussi fréquemment déploré. Dès lors, vaut-il mieux faire porter l'effort collectif sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ou sur la décarbonation des vecteurs d'énergie ? Il reste aujourd'hui difficile de répondre à cette question, en raison, notamment, d'imprécisions dans les données de stock de bâtiments et de flux de rénovation énergétique. Nous dressons ici un état des lieux des données disponibles, en mettant en exergue les possibilités de modélisation ouvertes par les progrès récents et les points d'amélioration restants. Nous nous concentrons sur le volet résidentiel, qui représente les deux tiers de la consommation d'énergie du secteur du bâtiment, lui-même représentant plus de 40 % de la consommation d'énergie totale en France¹.

Le stock de logements

La performance énergétique du parc de logements est aujourd'hui finement décrite grâce à trois vagues de recensement réalisées au cours des quinze dernières années. Une incertitude importante demeure néanmoins quant au nombre de « passoires thermiques » – entendues ici comme les étiquettes F et G du diagnostic de performance énergétique (DPE), variable clé de l'orientation des politiques publiques.

En 2008, une première image du parc est produite par l'Agence nationale de l'habitat (ANAH). En agrégeant différentes sources de données publiques, elle identifie 5 millions de passoires (ANAH, 2008) au sein d'un parc de résidences principales alors estimé à 28 millions (il en compte environ 30 millions aujourd'hui²). S'il s'agit d'une avancée majeure, cette base manque pourtant de fiabilité, notamment, en ce qui concerne les logements construits avant 1975, mal décrits dans les données source.

En 2012, la base Phébus, produite par le ministère de l'Écologie, marque une étape

1. Voir : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/>

2. Voir : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5761272>

3. La base de données est alimentée en permanence par les DPE obligatoirement réalisés en amont d'une vente ou d'une mise en location.

4. La projection Phébus 2018 a été réalisée avec le modèle Res-IRF. Calibrée sur l'image Phébus 2012, elle prend en compte les rénovations et les démolitions qui auraient eu lieu entre 2012 et 2018.

décisive. Fondée sur une enquête menée auprès de 2 500 ménages représentatifs de la population métropolitaine et couplée à la réalisation d'un DPE sur chaque logement, elle ré-évalue à 8,5 millions le nombre de passoires thermiques (CGDD, 2014). Sa fiabilité repose sur une procédure d'échantillonnage rigoureuse et une méthode d'évaluation du DPE homogène. En cela, elle rompt avec la méthode légale qui évalue de façon différenciée les logements, selon qu'ils sont construits avant 1949 (méthode dite « sur facture », basée sur les consommations réelles) ou après (méthode dite « 3CL », basée sur la performance théorique). L'enquête est cependant réputée moins fiable concernant les logements collectifs, dont la consommation d'énergie ne peut être intégralement estimée à partir des éléments de l'enquête (en raison, notamment, des charges collectives).

En 2018, le Commissariat général au développement durable (CGDD) propose une nouvelle image à partir d'un échantillon de 500 000 logements issus de la base de données du DPE³ (CGDD, 2020). Cette dernière fait état

de 4,8 millions de passoires thermiques, chiffre qui nous ramène à l'ordre de grandeur estimé dix ans plus tôt par l'ANAH.

La figure 1 juxtapose ces trois images du parc, ainsi qu'une projection des effectifs Phébus pour 2018⁴ : les effectifs des classes F et G varient du simple au double entre l'estimation Phébus 2012 et CGDD 2018. Cet écart ne peut s'expliquer par les seules rénovations qui auraient eu lieu dans l'intervalle de temps (cf. Phébus 2012 *versus* projection Phébus 2018). Il est donc nécessairement lié à des différences méthodologiques. L'approche du CGDD repose sur un échantillon nettement plus large que celle de Phébus. Néanmoins, elle ne peut pas – paradoxalement – se prévaloir du même niveau de représentativité, en raison de l'absence d'échantillonnage. En outre, le CGDD a ré-estimé les DPE des logements construits avant 1949 à partir d'une modélisation. Cette approche améliore, certes, la fiabilité des données sur ce segment, mais maintient une forme d'hétérogénéité des sources. De telles différences méthodologiques rendent aujourd'hui difficile la hiérarchisation des approches les

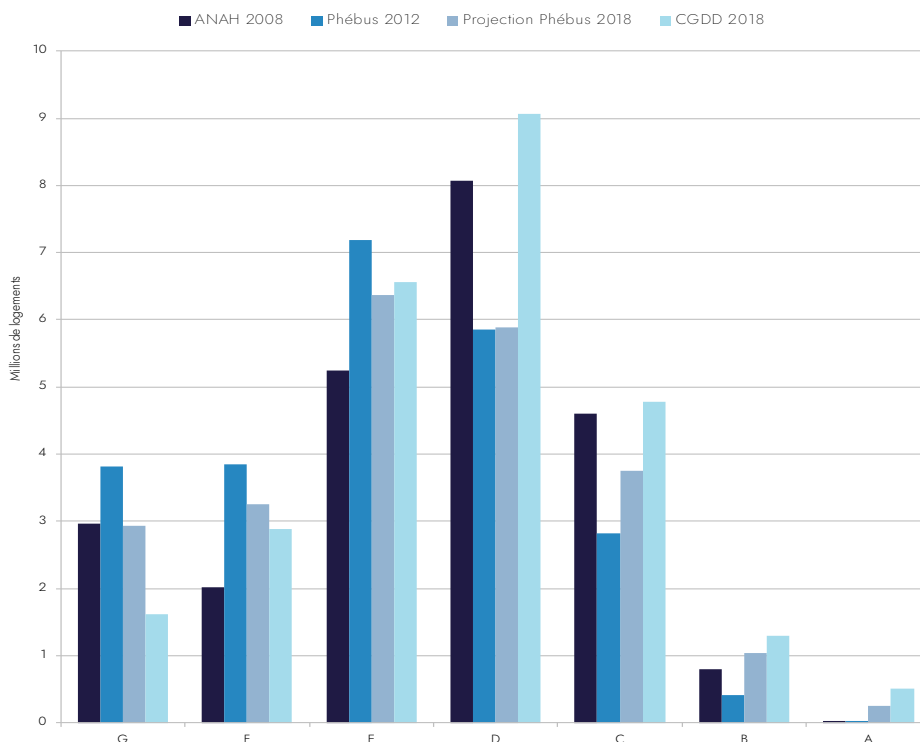


Figure 1. Image du parc par étiquette DPE, selon les différentes études disponibles.

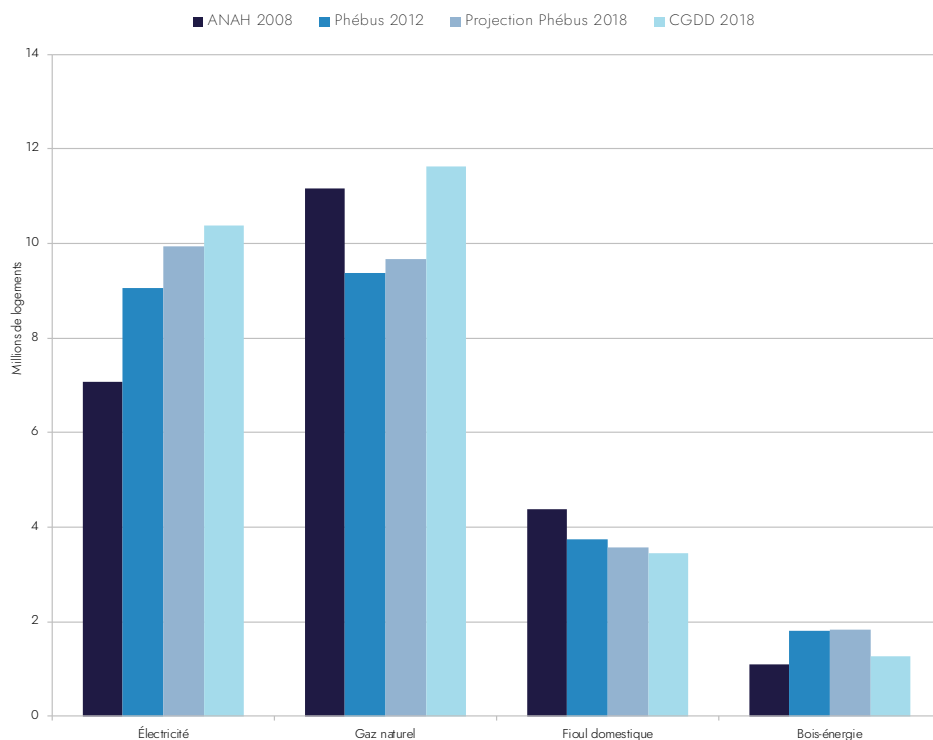


Figure 2. Image du parc par source d'énergie principale pour le chauffage, selon les différentes études disponibles.

unes par rapport aux autres et induisent une incertitude colossale qu'il convient, désormais, d'éclaircir. Si l'on peut espérer affiner l'image du parc à mesure que la base DPE s'enrichit, la réalisation d'une nouvelle enquête de type Phébus apporterait une plus grande fiabilité.

Au 1^{er} juillet 2021, le DPE est devenu pleinement opposable juridiquement et sa méthode de calcul a été harmonisée. Les segments du parc évalués par la méthode dite « sur facture » le sont désormais, comme les autres, sur la base de la performance énergétique théorique du bâti⁵. Certains paramètres ont également été mis à jour, comme les chroniques météorologiques ou les performances moyennes de certains équipements. Enfin, le calcul prend désormais en compte les émissions directes de CO₂. De fait, 800 000 logements chauffés à l'électricité ou au bois (énergies considérées comme peu carbonées) sortent de la catégorie « passoire thermique » et 800 000 logements chauffés au fioul ou au gaz y entrent.

Les effets de cette nouvelle réglementation commencent à se ressentir sur le marché de l'immobilier. Certaines études mettent en effet en

évidence une prime à la vente d'environ 15 % pour un logement basse consommation (BBC), tandis qu'une passoire thermique se vend 15 % moins cher qu'un logement équivalent de classe D (valeur verte des logements en 2020). La nouvelle interdiction de mise en location des logements de classes G (2025), F (2028), et E (2034) risque d'amplifier le phénomène⁶.

Les flux de rénovation énergétique

Les flux de rénovation sont moins bien connus que le stock de logements. La difficulté est ici d'ordre météorologique. En effet, il peut s'avérer compliqué d'identifier la part strictement énergétique de travaux répondant, la plupart du temps, à d'autres motivations, d'ordre organisationnel (emménagement dans un nouveau logement), esthétique ou liées au confort (y compris acoustique). De plus, la rénovation énergétique est par nature protéiforme. Différentes combinaisons de mesures sur l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage peuvent conduire au même gain énergétique, ce qui limite d'autant plus les possibilités de standardisation, propres à faciliter la mesure

5. Voir : <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A14841>

6. Voir : <https://www.quechoisir.org/actualite-marche-immobilier-les-ventes-de-logements-classes-f-et-g-explorent-n96660/>

des flux. Enfin, un même geste de rénovation peut être proposé à un prix très différent, selon la nature du logement, sa situation géographique, ou l'entreprise réalisant les travaux, comme le révèlent de récentes études de terrain (Enertech, 2021).

Une estimation crédible des flux nécessite un suivi longitudinal des ménages. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a mis en place un tel protocole en 2001, mais l'a interrompu en 2013. Depuis, l'agence réalise des campagnes de recensement indépendantes – OPEN de 2010 à 2016, TREMI en 2018 et 2021, et bientôt, TRECO. Bien que très riches, ces études ne permettent pas d'isoler les caractéristiques inobservables des ménages par des effets fixes. Un suivi de ces mêmes ménages sur plusieurs périodes ouvrirait de nouvelles possibilités d'identification statistique, même en espaçant les campagnes de plus d'un an.

De la consommation d'énergie théorique à la consommation réelle

Bien souvent, la consommation estimée par le DPE diffère radicalement de la consommation réelle mesurée auprès des ménages. En France, Allibe (2012) a mis en évidence ce phénomène de "performance gap". En général, il s'explique par trois effets :

- l'effet « rebond », lié au comportement des utilisateurs, qui les conduit à prélever une partie des gains d'efficacité énergétique – typiquement 20 % à 40 % pour le chauffage (Sorrell, Dimitropoulos, Sommerville, 2009) – pour accroître leur niveau de confort ;
- l'effet dit « pré-bond », qui tend à systématiquement surestimer les consommations énergétiques avant travaux, amplifiant artificiellement les économies d'énergie modélisées ;
- le troisième effet correspond aux défauts de qualité générés par les « asymétries d'information » entre entrepreneur de travaux et maître d'ouvrage. Par exemple, détecter des problèmes de qualité de pose

de l'isolant requiert une expertise que ne possède pas nécessairement le maître d'ouvrage. L'entrepreneur, bénéficiant de cet avantage informationnel peut être incité à ne pas apporter tout le soin nécessaire aux travaux, réduisant ainsi l'ampleur des économies d'énergie associées (Giraudet, 2015).

À ce jour, une seule étude quantifie ces trois effets dans un cadre unifié. Elle porte sur un programme de rénovation conduit entre 2009 et 2016, sur 9 800 logements dans l'Illinois, aux États-Unis. Selon ses résultats, l'effet rebond contribue à hauteur de 6 % au *performance gap*, l'effet « pré-bond » à 41 % et les défauts de qualité à 43 % – les 10% restants correspondant au résidu inexpliqué – (Christensen, Francisco, Myers *et al.*, 2021).

Une quantification du gisement

À partir des données disponibles, il est possible de quantifier le gisement d'économies d'énergie et d'émissions de CO₂. Le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) se prête régulièrement à l'exercice à l'aide de l'outil Res-IRF, qui permet de simuler la demande d'énergie pour le chauffage et l'investissement dans la rénovation énergétique⁷. Les processus du modèle sont déterminés par les prix des énergies, les changements démographiques et les politiques environnementales. Les mécanismes sous-jacents sont influencés par les principales barrières connues à l'efficacité énergétique, à savoir, l'effet rebond, les contraintes de crédit différenciées par niveau de revenu, le « dilemme propriétaire-locataire » (le propriétaire supporte le coût des travaux sans pouvoir le répercuter sur le loyer et il est privé de leurs bénéfices, qui reviennent au locataire) et les coûts non-énergétiques associés à la rénovation (par exemple, le dérangement occasionné par les travaux). Le modèle prend également en compte l'écart entre consommations réelles – telles qu'elles apparaissent sur les factures d'énergie – et théoriques – telles que prédites par l'étiquette DPE du logement.

7. La documentation du modèle, le code source et un outil de visualisation des résultats sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.centre-cired.fr/res-irf/>

Les simulations les plus récentes estiment à 18 % les économies d'énergie réalisées entre 2012 et 2030 (Giraudet, Bourgeois, Quirion, 2020). Ce chiffre est sensiblement inférieur à l'objectif de 27 % que s'est fixé la France dans le cadre de l'Accord de Paris. Deux tiers des économies d'énergie sont réalisées au fil de l'eau, à l'occasion, par exemple, du remplacement d'une chaudière en fin de vie, ou de travaux de rafraîchissement réalisés lors d'un emménagement. Le tiers restant est induit par les politiques publiques prises en compte dans l'exercice : crédit d'impôt (récemment transformé en MaPrimeRénov'), éco-prêt à taux zéro, primes des fournisseurs d'énergie distribuées au titre des certificats d'économies d'énergie, TVA à taux réduit et taxe carbone. Le coût d'investissement rapporté aux économies d'énergie cumulées sur la durée de vie de l'investissement (26 ans, actualisé à 4 %) s'élève à 5 à 8 centimes d'euro par kilowattheure économisé. Le prix du « négawattheure » est donc inférieur à celui du kilowattheure, qui s'établissait en juin 2021 à 19 centimes pour l'électricité et 7 centimes pour le gaz naturel⁸.

Ces résultats mettent en évidence une faible contribution des outils incitatifs existants à la dynamique de rénovation énergétique. Ce constat a été confirmé par des études économétriques appliquées au crédit d'impôt pour la transition énergétique. En utilisant les données longitudinales de l'ADEME évoquées plus haut, Nauleau (2014) a montré que 40 % à 85 % des bénéficiaires du dispositif auraient investi en son absence. Risch (2020) évalue sa contribution à l'augmentation des rénovations annuelles à seulement 1 %.

Les travaux de Giraudet *et al.* (2020) identifient néanmoins deux opportunités de ciblage des aides : envers les propriétaires-bailleurs et les propriétaires-occupants à faible revenu. Dans ces deux cas, il s'agit principalement de ménages à faible revenu (le revenu moyen des locataires étant inférieur à celui de la population), occupant des logements de piètre performance thermique. Cibler ces catégories permet donc, à la fois, d'accroître le rapport coût-efficacité des aides et de réduire la précarité énergétique. Enfin, ces travaux suggèrent que les

recettes fiscales liées à la taxe carbone prélevée sur les consommations de chauffage pourraient atteindre, dans quelques années, l'ordre de grandeur de la dépense associée aux aides publiques à la rénovation. Ce dernier résultat ouvre la voie à une coordination plus étroite des outils taxe et subvention, dont plusieurs études ont montré qu'elle pouvait rendre la taxe carbone plus acceptable (Douenne, Fabre, 2019).

En accompagnement des outils incitatifs, les outils réglementaires ont un rôle significatif à jouer, notamment, pour mobiliser le gisement difficile à atteindre du parc locatif privé. Il en va, par exemple, de l'interdiction de mise en location des passoires thermiques issue de la loi climat et résilience, qui devrait mécaniquement induire une forte hausse de la rénovation énergétique. Une étude récente évalue les bénéfices nets associés à environ 27 milliards d'euros sur les 15 prochaines années, la majeure partie provenant de la réduction de la mortalité (55 %), de la morbidité (13 %) et des dépenses de santé (3 %) dues à une moindre exposition aux basses températures (Domergue, Chabrol, Giraudet, 2021).

Les limites de la modélisation actuelle

Les résultats des modèles de type Res-IRF donnent une idée assez précise du gisement d'économies d'énergie, qui peut être estimé à partir des données actuelles. Néanmoins, d'importantes inconnues demeurent, susceptibles de modifier les ordres de grandeur obtenus et, plus généralement, l'évaluation de la place de la rénovation énergétique dans l'action climatique. Nous en détaillons quatre ici.

D'abord, bien qu'ils intègrent de nombreuses barrières à l'investissement (contraintes de crédit, incitations contradictoires entre propriétaires et locataires, etc.), les modèles actuels reposent majoritairement sur l'hypothèse de rationalité des agents. D'importants efforts restent à fournir pour prendre en compte les écarts à la rationalité récemment mis en évidence, parmi lesquels la préférence pour le *statu quo* observée dans le cadre de l'amélioration des

8. Voir : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-mensuelles-de-energie>

systèmes de chauffage (Stolyarova, Le Cadre, Osso *et al.*, 2015) ou l'aversion à la dette pour financer des travaux de rénovation (Schleich, Faure, Meissner, 2021).

Le rôle du changement climatique dans l'évaluation du gisement constitue une autre limite. Aujourd'hui, la plupart des modèles opèrent à climat constant et se concentrent sur le chauffage. Or, il est évident que la hausse des températures va réduire les besoins de chauffage et augmenter les besoins de climatisation. Cette divergence pourrait s'accroître si les travaux d'isolation favorisent le confort d'hiver au détriment du confort d'été, au point, peut-être, de générer une augmentation nette de la consommation d'énergie pour la climatisation. L'intégration de ces effets est tributaire des progrès de l'ingénierie du bâtiment pour mieux les comprendre.

Ensuite, les modèles de demande d'énergie considèrent le contenu carbone de l'énergie comme un paramètre exogène, susceptible d'évoluer selon une scénarisation reflétant des choix de politique énergétique. Ils ne fournissent donc que peu d'indication sur le potentiel de décarbonation dans le secteur du logement, au-delà des effets de substitution entre vecteurs énergétiques. Des couplages complexes avec des modèles d'offre d'électricité et de biogaz permettraient de surmonter cette difficulté. Il serait alors possible d'évaluer la manière dont les efforts d'économies d'énergie déforment la courbe de charge (réduction de la pointe électrique liée au chauffage en hiver, nouvelle pointe liée à la climatisation en été) et, *in fine*, modifient le contenu carbone de l'énergie consommée.

Enfin, une dernière limite porte sur l'énergie dite « grise », c'est-à-dire, l'énergie liée à la production des matériaux et aux travaux de construction et de rénovation. La consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment reste principalement étudiée au prisme de l'utilisation du bâtiment. Les rares études disponibles suggèrent que la quantité de matériaux nécessaire par m² est 40 à 80 fois plus importante en construction neuve qu'en rénovation (ADEME, 2019). Là encore, les progrès de la modélisation sont tri-

butaires de ceux réalisés dans le cadre des analyses de cycle de vie des bâtiments, domaine encore balbutiant.

Conclusion

Vaut-il mieux faire porter l'effort collectif sur l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ou sur la décarbonation des vecteurs d'énergie ? En raison de nombreuses limites dans la compréhension des écarts à la rationalité des ménages, de l'effet du changement climatique sur les consommations d'énergie, de l'absence de couplage entre modèles d'offre et de demande d'énergie, et du manque de recul sur l'énergie grise des bâtiments, il reste difficile de répondre à cette question.

La connaissance du parc de logements et de la dynamique de rénovation énergétique s'est néanmoins considérablement étoffée ces dernières années. Ces efforts ont permis de mettre en évidence un gisement important d'économies d'énergie, que les politiques publiques actuelles – principalement incitatives – peinent cependant à mobiliser. Ce constat a conduit la Convention citoyenne pour le climat à recommander des politiques réglementaires plus volontaristes, comme l'obligation de rénovation. Les modalités pratiques de cette proposition restent à définir, ouvrant ainsi un nouveau champ de recherches en économie de l'efficacité énergétique.

Bibliographie

- AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE (ADEME), 2018. *Enquête TREMI. Travaux de rénovation énergétique des maisons individuelles. Campagne 2017* [en ligne]. Angers : ADEME, 32 p. Collection « Faits et chiffres ». Disponible sur : <https://librairie.ademe.fr/cadic/1672/enquete-tremi-2017-010422.pdf?modal=false> (consulté le 24.05.2022).
- ALLIBE, Benoît, 2012. *Modélisation des consommations d'énergie du secteur résidentiel français : amélioration du réalisme comportemental et scénarios volontaristes*. Thèse de doctorat : Économie de l'environnement. Paris : EHESS.
- CHRISTENSEN, Peter, FRANCISCO, Paul, MYERS, Erica *et al.*, 2021. Decomposing the wedge between projected and realized returns in energy efficiency programs. *The Review of Economics and Statistics* [en ligne], pp. 1-46. DOI: 10.1162/rest_a_01087.
- DOMERGUE, Silvano, CHABROL, François et GIRAUDET Louis-Gaëtan, 2021. *Projet de loi climat et résilience : évaluation de l'obligation de rénovation des logements indécents du parc locatif privé* [en ligne]. La Défense : Ministère de la Transition écologique, CGDD, 4 p. Collection « THEMA Essentiel ». Disponible sur : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/thema_essentiel_07_projet_de_loi_climat_et_resilience_evaluation_de_l_obligation_de_renovation_des_logements_indecents_du_parc_locatif_privé_juin2021.pdf (consulté le 24.05.2022).
- DOUENNE, Thomas et FABRE, Adrien, 2020. French attitudes on climate change, carbon taxation and other climate policies. *Ecological Economics* [en ligne], mars 2020, vol. 169, 106496. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.106496.
- ENERTECH, 2021. *Perf In Mind. Rénovation performante de maisons individuelles. Synthèse. Analyse multicritère énergie, confort, santé, satisfaction, coût* [en ligne]. Pont-de-Barret : ENERTECH, Effinergie, Medieco, Institut négaWatt, ADEME, 16 p. Disponible sur : https://www.effinergie.org/web/images/Page_PerfinMind/2020118_Synth%C3%A8se_et_r%C3%A9sum%C3%A9_1_pagev2_compressed.pdf (consulté le 24.05.2022).
- FRANÇOIS, Dominique, 2014. *Le parc des logements en France métropolitaine, en 2012 : plus de la moitié des résidences principales ont une étiquette énergie D ou E* [en ligne]. « Chiffres & Statistiques », juillet 2014, n° 534. La Défense : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, CGDD, 9 p. Disponible sur : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/chiffres-stats534-Phebus-juillet2014b_0.pdf (consulté le 24.05.2022).
- GIRAUDET, Louis-Gaëtan, 2015. Qualité des travaux de rénovation, asymétries d'information et garanties de performance énergétique. In : DELDUC, Paul (dir.). *La rénovation thermique des logements : quels enjeux, quelles solutions ?* [en ligne]. La Défense : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, CGDD, pp. 67-72. Collection « La Revue du CGDD ». Disponible sur : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0081/Temis-0081488/21873.pdf> (consulté le 24.05.2022).
- GIRAUDET, Louis-Gaëtan, BOURGEOIS, Cyril et QUIRION, Philippe, 2020. Efficacité économique et effets distributifs de long-terme des politiques de rénovation énergétique des logements. *Économie & prévision*, vol. 217, n° 1, pp. 43-63.
- LEONARDON, Philippe, LAURENCEAU, Sylvain, LOUERAT, Mathilde *et al.*, 2019. *Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et pour la rénovation énergétique BBC*. Document de synthèse. S. L. : ADEME, TBC, CSTB, 299 p. Collection « Expertises ».
- MARCHAL, Julien et LAGANDRE, Éric, 2008. *Modélisation des performances énergétiques du parc de logements*. État énergétique du parc en 2008 [en ligne]. Rapport détaillé. S. L. : ANAH, 26 p. Disponible sur : http://www.anah.fr/fileadmin/anah/Mediatheque/Publications/Les_etudes/rapport_performances_energetiques.pdf (consulté le 24.05.2022).
- MERLY-ALPA, Thomas, RIEDINGER, Nicolas et BAUDRY, Mathieu, 2020. *Le parc de logements par classe de consommation énergétique* [en ligne]. Document de travail, septembre 2020, n° 49. La Défense : Ministère de la Transition écologique, CGDD, 20 p. Disponible sur : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-09/document_travail_49_parc_logements_consommation_energie_septembre2020.pdf (consulté le 24.05.2022).
- NAULEAU, Marie-Laure, 2014. Free-riding on tax credits for home insulation in France: An econometric assessment using panel data. *Energy Economics* [en ligne], novembre 2014, vol. 46, pp. 78-92. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.08.011.
- RISCH, Anna, 2020. Are environmental fiscal incentives effective in inducing energy-saving renovations? An econometric evaluation of the French energy tax credit. *Energy Economics* [en ligne], août 2020, vol. 90, 104831. DOI: 10.1016/j.eneco.2020.104831.
- SCHLEICH, Joachim, FAURE, Corinne et MEISSNER, Thomas, 2021. Adoption of retrofit measures among homeowners in EU countries: The effects of access to capital and debt aversion. *Energy Policy* [en ligne], février 2021, vol. 149, 112025. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.112025.
- SORRELL, Steve, DIMITROPOULOS, John et SOMMERVILLE, Matt, 2009. Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* [en ligne], avril 2009, vol. 37, n° 4, pp. 1356-1371. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.11.026.
- STOLYAROVA, Elena, LE CADRE, Hélène, OSSO, Dominique *et al.*, 2015. Stated preferences for space heating investment. In : ECOMOD NETWORK. *EcoMod2015. International Conference on Economic Modeling*. 15-17 juillet 2015. Boston : Boston College.