



Quelle rentabilité économique pour les rénovations énergétiques des logements ?

Afin de se conformer aux objectifs de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC), il s'agirait, selon le Haut Conseil pour le climat, de passer d'environ 70 000 rénovations globales effectuées annuellement (en moyenne sur la période 2012-2018), à 370 000 par an après 2022 et 700 000 par an à partir de 2030. De nombreuses aides publiques, dont MaPrimeRénov', mise en place en 2020 et étendue par le plan de relance, visent à améliorer la rentabilité de la rénovation énergétique pour les ménages, afin de déclencher le passage à l'acte et se rapprocher ainsi des objectifs de la SNBC.

Cette note donne un ordre de grandeur quant au nombre de rénovations de logements du parc résidentiel privé pouvant être rentabilisées selon un mécanisme de tiers payant proposé par France Stratégie¹ : les particuliers rétrocéderaient la majeure partie des économies réalisées sur la facture d'énergie à un opérateur ensemblier en échange d'une prise en charge intégrale du financement et du pilotage des travaux de rénovation. L'intérêt de ce système réside notamment dans l'absence de paiement direct et d'endettement pour le propriétaire du logement rénové, réduisant ainsi un obstacle clé à la rénovation. La rétrocession d'une part importante des économies d'énergie réduit également le risque d'effet rebond.

En tenant compte des incertitudes au sujet des paramètres clés, les fourchettes de nombre de logements pour lesquels la rentabilité serait assurée pour l'opérateur ensemblier en vingt ans sont respectivement : entre 2,3 et 10,5 millions pour l'étiquette C ; entre 570 000 et 5,6 millions pour l'étiquette B et entre 69 000 et 2,2 millions pour l'étiquette A. Avec les valeurs privilégiées par les auteurs, le nombre de logements du parc privé dont la rénovation serait rentabilisée sous un horizon de vingt ans est de 7,9 millions (36 % des logements du parc privé) si l'objectif de performance est fixé à l'étiquette C du diagnostic de performance énergétique (DPE), 3,4 millions (15 %) s'il est fixé à B et 1 million (5 %) s'il est fixé à A.

Part des logements avec une rénovation énergétique rentable – synthèse des résultats des simulations

Temps de retour sur investissement (en années)	Part des rénovations rentables aboutissant en A (parmi les logements du parc privé)			Part des rénovations rentables aboutissant en B (parmi les logements du parc privé)			Part des rénovations rentables aboutissant en C (parmi les logements du parc privé)		
	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max
10	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %
20	0 %	5 %	11 %	3 %	15 %	25 %	10 %	36 %	48 %
30	5 %	28 %	48 %	17 %	56 %	74 %	40 %	72 %	77 %

Note : pour 36 % des logements du parc privé, la rénovation énergétique aboutissant à l'étiquette C pourrait être rentabilisée en vingt ans par les économies sur la facture énergétique dans le cas du scénario de référence qui concerne la valeur des différents paramètres.

Source : Cired

1. France Stratégie (2020), « Comment accélérer la rénovation énergétique des logements », *La Note d'analyse* n° 95, octobre.

Vincent Aussilloux,
François Chabrol,
Louis Gaëtan Giraudet,
Lucas Vivier

France Stratégie

La *Note d'analyse* est publiée sous la responsabilité éditoriale du commissaire général de France Stratégie. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

INTRODUCTION

Cette note présente une étude réalisée par le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) pour France Stratégie. L'analyse comporte des limites inhérentes à tout exercice de modélisation, même s'il est important de noter qu'elle intègre l'effet rebond. Les principales limites à avoir en tête à la lecture de cette note sont les suivantes :

- certaines données importantes pour le paramétrage du modèle sont encore mal connues, au sens où elles sont encore parcellaires et non systématiquement renseignées dans des bases de données consolidées. C'est le cas notamment des données de coût d'investissement et de consommation énergétique. Des analyses de sensibilité sont conduites afin d'évaluer l'influence de cette incertitude sur les résultats ;
- l'analyse est essentiellement statique et ne prend pas en compte les effets dynamiques tels que les baisses de coût engendrées par le progrès technique, ou au contraire des augmentations de coût liées à une hausse subite de la demande ;
- l'analyse prend la perspective d'un opérateur ensemble privé. Elle se concentre sur l'identification des opérations les plus rentables plutôt que sur les modalités d'atteinte des objectifs de neutralité énergétique. D'autre part, elle ne tient pas compte des bénéfices socio-économiques plus larges de la rénovation énergétique (gains de santé et de bien-être, réduction des émissions de CO₂...).

PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

L'analyse se concentre sur les logements du parc résidentiel privé en France métropolitaine, soit environ 22 millions de logements en 2018². Les logements sociaux sont exclus de cette étude ainsi que les résidences secondaires.

Transitions étudiées

Une transition désigne le changement d'état d'un logement à la suite d'une rénovation énergétique. L'état du logement est caractérisé par son étiquette DPE et son énergie de chauffage avant et après rénovation. Les transitions étudiées sont donc différenciées par les transitions de DPE et des vecteurs énergétiques effectuées.

Une transition de DPE correspond à des travaux d'amélioration sur l'enveloppe du logement permettant de l'amener

à une étiquette DPE de meilleure performance. Trois niveaux de rénovation sont considérés dans l'analyse :

- atteinte de l'étiquette C (s'applique aux logements G à D) ;
- atteinte de l'étiquette B (s'applique aux logements G à C) ;
- atteinte de l'étiquette A (s'applique aux logements G à B).

Les modalités suivantes de changement de vecteur énergétique sont étudiées :

- **optimisation 1** : choix du vecteur énergétique autre que le fioul maximisant la rentabilité économique de la rénovation. Cette configuration est retenue dans le scénario de référence ;
- **optimisation 2** : choix du vecteur énergétique maximisant la rentabilité économique de la rénovation, sans aucune contrainte sur le vecteur énergétique final ;
- **statu quo** : conservation de la même énergie de chauffage ;
- **optimisation gaz-électricité** : optimisation avec restriction du choix de vecteur final à l'électricité ou au gaz naturel ;
- **optimisation électricité** : transition systématique vers le chauffage électrique.

CALCUL DE RENTABILITÉ

Calcul de rentabilité par transition et par segment

La première partie de l'analyse consiste à calculer le temps de retour sur investissement pour chaque segment étudié et pour chaque transition possible. Pour ce faire, on met en relation les coûts d'investissement et les économies induites. Les dépenses d'investissement et les économies d'énergie réalisées (par rapport à la consommation avant rénovation) sont comptabilisées à partir de l'année 2018.

Coût des transitions

Le coût des transitions correspond à la somme des coûts de rénovation de l'enveloppe et de changement d'équipement de chauffage. Les données de coût utilisées (voir Tableaux 2 et 3) sont celles du modèle Res-IRF 3.0 (Giraudet *et al.*, 2018)³. Elles ont été élaborées sur les dires d'experts⁴. Ces données analysent séparément les coûts des

2. Le nombre de logements varie légèrement en fonction des données utilisées sur la composition du parc. Voir l'Encadré 1 pour une description des données utilisées.
3. Giraudet L. G., Bourgeois C., Quiñon P. et Glotin D. (2018), « Évaluation prospective des politiques de réduction de la demande d'énergie pour le chauffage résidentiel » ; Cired, Ademe, Ministère de la Transition écologique et solidaire.
4. Des données de coût plus systématiques sont en cours de production dans le cadre du projet PREMOCLASSE, financé par l'ANR, auquel contribue le Cired. Pour plus d'information : <https://anr.fr/Projet-ANR-19-CE22-0013>.



Encadré 1 – Données utilisées

L'étude évalue la rentabilité des opérations de rénovation en prenant comme référence le parc de logements en 2018. Considérant l'incertitude qui caractérise la structure du parc, elle mobilise deux jeux de données distincts pour accroître la robustesse de l'analyse.

Le parc résidentiel est segmenté en quatre dimensions principales, jugées les plus pertinentes pour représenter l'hétérogénéité des comportements d'investissement et d'usage :

- la performance énergétique correspondant à l'étiquette DPE (A à G) ;
- l'énergie de chauffage principale : l'électricité, le gaz naturel, le fioul domestique et le bois-énergie sont représentés. Ils couvrent 90 % de la consommation d'énergie pour le chauffage d'après le Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie (Ceren, 2019) ;
- le décideur désigne le statut d'occupation (propriétaire occupant, propriétaire bailleur, occupant de logement social) et le type de logement (logement collectif ou maison individuelle) ;
- la classe de revenu des occupants, différenciée par décile de revenu de l'Insee.

Chaque logement est donc caractérisé par un ensemble de quatre variables. Deux de ces caractéristiques sont susceptibles d'évoluer dans le cadre d'une transition (l'étiquette DPE et l'énergie de chauffage), et les deux autres (le revenu et le type de décideur) conduisent à des ajustements de comportements de consommation d'énergie.

Deux sources de données sont disponibles pour décrire la structure du parc de logement :

- les données de l'enquête Phébus⁵ portant sur 2012. Elles sont produites à partir d'un échantillonnage stratifié d'environ 2 000 ménages ayant participé à l'enquête et bénéficié d'un diagnostic de performance

énergétique (DPE) systématiquement réalisé selon la méthode 3CL, qui s'appuie sur une analyse des caractéristiques du bâti et un usage standard du logement. Parues en 2013, elles font état d'un nombre de passoires énergétiques élevé : 31 % des résidences principales en France métropolitaine, soit 8,5 millions de logements F et G en 2012⁶. À partir de ces données, le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) estime le nombre de passoires thermiques entre 7 et 8 millions de logements en 2018⁷ ;

- les données du Service de la donnée et des études statistiques (SDES)⁸ portant sur 2018. Elles sont produites à partir d'une base de plus de 500 000 DPE collectés par l'Agence de la transition écologique (Ademe) et réalisés selon une méthode différente pour les logements construits avant et après 1948. Parues en 2020, elles font état d'un nombre de passoires énergétiques nettement plus faible (4,8 millions de logements F et G) que dans la base Phébus. À l'aide du modèle Res-IRF (Giraudet et al., 2018)⁹ appliqué à la base de données Phébus, on estime que 1,2 million de passoires thermiques ont pu être rénovées entre 2012 et 2018, conduisant à un nombre de 7,3 millions de passoires thermiques en 2018. Cette estimation est corroborée par celles du MTES¹⁰ et du collectif Rénovons¹¹, qui situent le nombre de passoires thermiques en 2018 entre 7 et 8 millions. L'écart entre ce résultat et le nombre de passoires énergétiques recensées par le SDES suggère que le décalage temporel de 2012 à 2018 ne peut expliquer à lui seul la différence entre les effectifs recensés dans Phébus et par le SDES. L'écart résiduel est plus probablement lié aux différences d'approche de l'échantillonnage et d'exécution du DPE entre les deux sources de données, comme le suggère par exemple l'association négaWatt¹².

Pour prendre en compte cette incertitude quant à la structure du parc, on effectue systématiquement les calculs sur les données Phébus projetées en 2018 et les données du SDES pour 2018. Dans l'Annexe technique est présentée une comparaison synthétique des trois photographies du parc après ajustement à la segmentation du modèle Res-IRF.

5. SDES (2014), « Logements en France métropolitaine en 2012 : plus de la moitié des résidences principales ont une étiquette D ou E », *Chiffres et statistiques* n° 534, juillet.

6. D'après les Estimations annuelles du parc de logements (EAPL) de l'Insee, il y avait 27,6 millions de résidences principales en France métropolitaine en 2012.

7. MTES (2021), *Plan de rénovation énergétique des bâtiments*, avril.

8. ONRE (2020), « Le parc de logements par classe de consommation énergétique », septembre.

9. Giraudet L. G., Bourgeois C., Quirion P. et Glotin D. (2018), *op. cit.*

10. MTES (2018), *op. cit.*

11. Collectif Rénovons (2020), *Scénario Rénovons 2020. Coûts et bénéfices d'un plan de rénovation des passoires énergétiques en 10 ans*.

12. NégaWatt (2020), *Concertation sur la réforme du DPE*. Parmi les différences notables, l'image du SDES a été formée à partir de 250 000 diagnostics DPE hétérogènes enregistrés sur la base de données de l'Ademe entre 2017 et 2018. Le SDES a également utilisé une méthode pseudo-3CL pour les logements construits avant 1948 à l'aide du modèle « Enerter » d'Énergies demain. De son côté, l'image Phébus a été constituée à partir de 2 399 DPE réalisés par le même prestataire et en utilisant à la fois la méthode 3CL et les factures pour les logements construits avant 1948. Chaque méthode comporte ses forces et ses faiblesses.

Graphique 1 – Présentation générale de la méthode de calcul du TRI

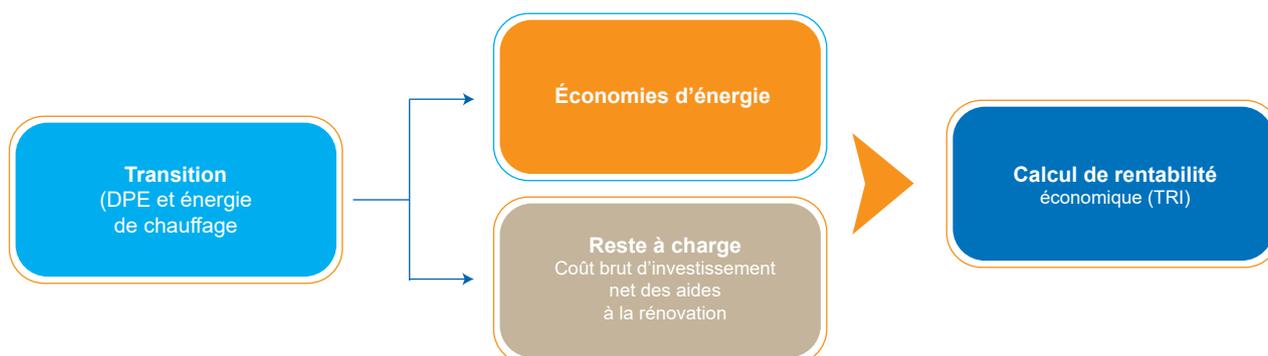


Tableau 1 – Coûts unitaires par m² de rénovation de l'enveloppe pour chaque type de transition

	F	E	D	C	B	A
G	76	136	201	271	351	442
F		63	130	204	287	382
E			70	146	232	331
D				79	169	271
C					93	199
B						110

Note : une rénovation de l'enveloppe d'un logement G permettant de le faire passer au niveau C coûte 271 euros par m². Tous les chiffres sont hors subvention et après une TVA à 5,5 %. DPE initial en colonne, DPE final en ligne.

Source : Cired

Tableau 2 – Coûts unitaires par m² de changement de l'équipement de chauffage

	Énergie finale			
	Électricité	Gaz naturel	Fioul domestique	Bois
Électricité	0	70	100	120
Gaz naturel	55	0	80	100
Fioul domestique	55	50	0	100
Bois	55	50	80	0

Note : le passage d'un système électrique à un chauffage au gaz coûte 70 euro par m². Tous les chiffres sont hors subvention et après une TVA à 5,5 %.

Source : Cired

Tableau 3 – Part des travaux couverts par les aides par type de ménage

Type ménage	MaPrime Rénov'	MaPrime Rénov' + CEE	MaPrimeRénov' + CEE + autres aides
Très modeste	38,0 %	60,8 %	61,4 %
Modeste	26,0 %	43,6 %	44,3 %
Intermédiaire	17,0 %	26,7 %	27,2 %
Supérieur	7,0 %	15,5 %	16,2 %

Autres aides : Action logement, collectivités territoriales, caisse de retraite et autres dispositifs

Source : Anah, calculs France Stratégie

transitions de DPE portant sur l'enveloppe et les coûts de changement de vecteur énergétique. À titre d'exemple, pour la rénovation de l'enveloppe d'un logement de 100 mètres carrés dans le cadre d'une transition de la catégorie F à la catégorie C, cela coûterait 20 100 euros.

On applique ensuite un taux de subvention homogène de 30 % aux coûts de rénovation bruts (chauffage et enveloppe). Cette hypothèse correspond au taux de subvention moyen, mais ne tient pas compte en particulier du fait que les aides sont très variables selon le revenu. Elle revient donc, dans le cas des ménages à revenus intermédiaires et aisés, à surévaluer l'aide, et dans le cas des ménages modestes et très modestes, à la sous-évaluer (voir Tableau 3). Par ailleurs, dans tous les scénarios, 25 % des économies d'énergie étant reversées au ménage occupant, une part plus importante des économies d'énergie peut être mobilisée pour financer l'investissement dans le cas où le taux d'aide serait inférieur.

Calcul des économies d'énergie

Pour chaque segment du parc concerné et pour toutes les transitions étudiées, on calcule les économies d'énergie engendrées par l'investissement effectué en 2018, qu'on comptabilise dès 2018 et pour une durée de trente ans au maximum. Pour ce faire, on calcule la consommation réelle annuelle d'énergie physique unitaire par mètre carré du même logement avant et après rénovation. On utilise à cette fin la méthode de calcul habituellement utilisée dans Res-IRF pour estimer les consommations de chauffage. La consommation d'énergie réelle correspond au produit des deux facteurs suivants :

- la consommation d'énergie conventionnelle du logement : il s'agit de la consommation énergétique prescrite par le DPE, indépendamment de l'usage des occupants (voir Tableau 5 dans l'Annexe technique). La consommation conventionnelle, donnée initialement en énergie primaire, est convertie en énergie finale à l'aide des coefficients usuels (2,58 pour l'électricité, 1 pour les autres vecteurs) ;



- l'intensité d'utilisation : cette variable traduit l'écart entre la consommation réelle et la consommation conventionnelle du logement, dû à une variété de facteurs (comportements de restriction en situation de précarité énergétique, biais dans les simulations thermiques, défauts d'installation). Cet écart évolue de façon endogène sous l'effet des comportements d'utilisation hétérogènes des ménages.

La rétrocession correspond à la part des économies sur la facture énergétique qui revient à l'opérateur finançant les travaux. L'intensité d'utilisation augmente lorsque la part budgétaire allouée aux dépenses de chauffage diminue. Cette part budgétaire, elle-même tributaire de plusieurs facteurs (revenus, surface du logement¹³, énergie de chauffage et prix de l'énergie, DPE), diffère en fonction des segments du parc et évolue au cours du temps pour un segment donné.

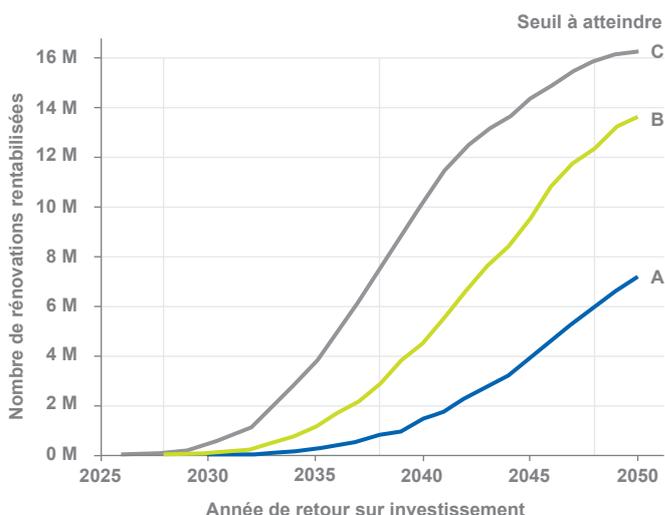
Lors d'une transition, le changement de DPE et d'énergie de chauffage principale modifie à la fois la consommation conventionnelle et l'intensité d'utilisation du ménage concerné. La consommation d'énergie réelle après rénovation diminue par rapport à l'état initial. On déduit directement les économies de facture énergétique à partir des économies d'énergie physiques.

Pour rappel, le DPE estime la consommation d'énergie (primaire) unitaire des trois usages suivants : chauffage, eau chaude et production photovoltaïque (consommation d'énergie nette de la production de solaire photovoltaïque). La consommation conventionnelle du DPE est nette de l'autoproduction photovoltaïque, or on s'intéresse ici à la consommation conventionnelle brute. Les facteurs correctifs pour le chauffage sont calibrés de sorte à réintégrer l'énergie produite par le logement dans la consommation conventionnelle, d'où notamment un coefficient supérieur à 1 pour les logements d'étiquette A.

En utilisant la consommation d'énergie finale conventionnelle au lieu de la consommation d'énergie finale réelle, on ne prend pas en compte d'effet rebond. Cela implique que les économies d'énergie, et donc de facture énergétique, seront plus importantes, et que le temps de retour sera d'autant plus court. Ainsi, dans le cas des rénovations aboutissant au DPE C, 100 % des logements candidats voient le coût de la rénovation couvert par les économies sur la facture énergétique d'ici 2040 lorsqu'on raisonne en énergie conventionnelle, alors que seulement 70 % des logements sont concernés lorsqu'on prend en compte l'effet rebond.

Cependant, la proposition de France Stratégie limite fortement l'effet rebond puisque la facture d'énergie du ménage occupant le logement ne diminue que de l'ordre

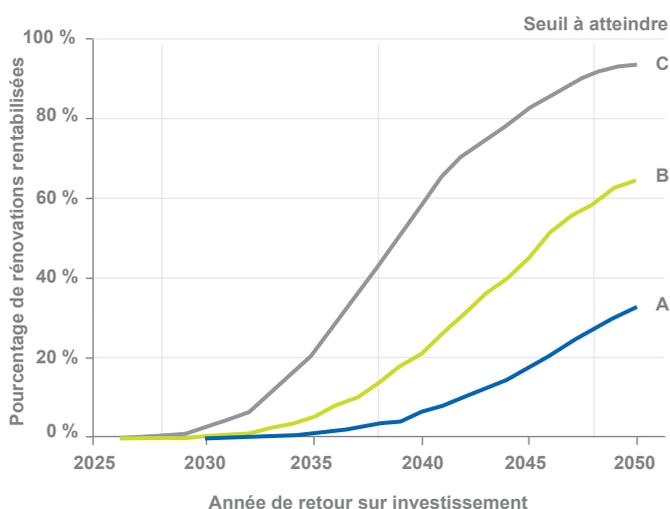
Graphique 2 – Nombre cumulé de rénovations rentabilisées selon l'horizon d'investissement



Note : le nombre de logements candidats à la rénovation vers A, B, C est respectivement de 22 millions, 21 millions et 17 millions. Le DPE est défini selon le décret de 2006, avant la réforme du 1^{er} juillet 2021.

Source : Cired

Graphique 3 – Proportion cumulée de rénovations rentabilisées en fonction de l'horizon d'investissement



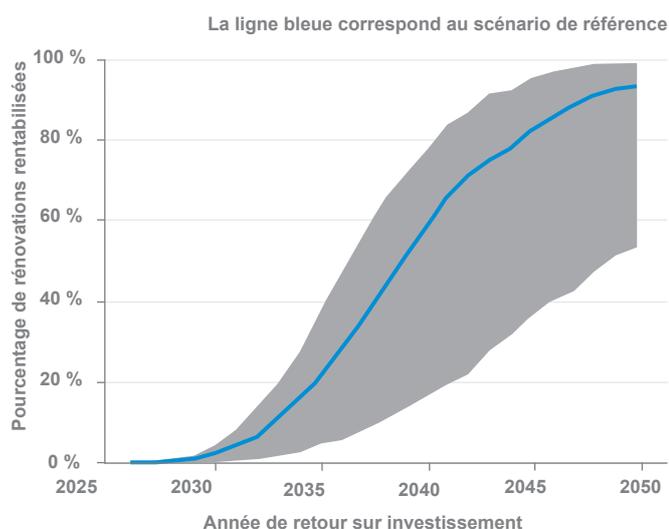
Note : en 2045, environ 20 % ou 4 millions de logements ont réussi à rentabiliser l'investissement initial vers le DPE A via les économies d'énergie. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'ensemble des logements pouvant aboutir au DPE final A, B ou C. Les logements de DPE initial A, B sont par exemple exclus de ce total lorsque le DPE final est C. Les droites verticales permettent de faciliter la lecture pour des horizons temporels de dix, vingt et trente ans.

Source : Cired

de quelques pourcents après la rénovation énergétique, car la plupart des économies servent à rémunérer l'opérateur qui a financé les travaux de rénovation. Par ailleurs, le contrat prévoit que l'augmentation de la consommation par rapport au niveau de référence post-rénovation se répercute sur la facture du ménage grâce à la mobilisation des technologies existantes, ce qui incite doublement à ne pas relâcher la maîtrise de sa consommation.

13. La surface moyenne du logement dans Res-IRF dépend du statut d'occupation (propriétaire occupant, propriétaire bailleur) et du type de logement (maison individuelle, logement collectif). Voir Tableau 1.

Graphique 4 – Analyse de l'incertitude des résultats



Source : calculs Cired

La proposition de France Stratégie prévoit dans le cas général la rétrocession de 75 % de la valeur des économies d'énergie réalisées à l'opérateur finançant les travaux. Cette rétrocession a un effet direct sur la facture d'énergie nette et un effet indirect sur l'intensité d'utilisation. Plus spécifiquement, elle augmente la part budgétaire et, ce faisant, réduit l'intensité d'utilisation.

Agrégation des résultats par segment

Après avoir calculé les temps de retour sur investissement pour chaque segment, on agrège les résultats obtenus pour établir une distribution des taux de rentabilité interne (TRI) au sein du parc résidentiel français pour chaque transition étudiée, c'est-à-dire le nombre de logements dont la rénovation est rentabilisée en fonction de l'horizon d'investissement considéré.

On calcule la part cumulée de logements ayant rentabilisé leur investissement en fonction d'un nombre d'années donné. Par exemple : au bout de douze ans, 35 % des logements ayant effectué une transition de G vers C sans changement de vecteur ont déjà rentabilisé leur investissement.

L'ensemble des données d'entrée du scénario de référence sont décrites dans le Tableau 6 de l'Annexe technique. À partir du paramétrage de référence des calculs, une variété de scénarios sont étudiés afin de prendre en compte l'incertitude de certaines données d'entrée, d'étudier l'influence de certaines variables clés sur les résultats et d'explorer des spécifications alternatives du modèle. Plusieurs valeurs probables sont envisagées pour chacun des paramètres et données caractérisés par une forte incertitude. Les analyses de rentabilité sont ensuite effectuées pour l'ensemble des combinaisons possibles à partir de ces valeurs, soit 24 combinaisons autres que le scénario de référence. Afin d'isoler l'influence de certaines données

d'entrée sur les résultats de l'étude, on part du paramétrage de référence et on fait uniquement varier la variable d'intérêt dont on veut mesurer l'influence.

Dans le scénario de référence, le choix de changement d'équipement de chauffage est effectué selon une logique d'optimisation de la rentabilité avec pour contrainte que le vecteur énergétique choisi ne soit pas le fioul. Plusieurs spécifications alternatives sont étudiées. L'intégralité des scénarios envisagés sont résumés dans le Tableau 7 de l'Annexe technique.

RÉSULTATS

Distribution agrégée des temps de retour sur investissement

Scénario de référence

Pour rappel le scénario de référence est fondé sur un taux d'intérêt de 2 % par an, l'image du parc SDES-2018 et les taux de croissance du prix des énergies du Commissariat général au développement durable (CGDD). On considère des rénovations effectuées en 2018 et on comptabilise les économies d'énergie à partir de cette même année, pour une durée maximale de trente ans. En fonction du niveau d'ambition des rénovations étudiées et de la photographie du parc retenue, entre 15 et 22 millions de logements du parc résidentiel privé sont inclus dans la simulation.

La rentabilité est calculée avec une rétrocession de 75 % des économies d'énergie à l'opérateur de rénovation (25 % reviennent au ménage occupant) et des aides publiques à hauteur de 30 % de l'investissement. Les transitions vers l'étiquette C ont les temps de retour les plus courts et constituent le potentiel de logements le plus important à l'horizon 2050.

Variabilité des résultats

Les valeurs alternatives suivantes ont été envisagées pour certaines données d'entrée incertaines :

- taux d'intérêt de financement du coût d'investissement (au minimum 1 %, 2 %, au maximum 3 %) ;
- choc sur les coûts de rénovation de l'enveloppe et du chauffage (au minimum le scénario de référence, au maximum +10 %) ;
- photographie du parc (SDES-2018, Phébus-2018) ;
- taux de croissance des prix des énergies (hypothèses CGDD et CIREN).

Au total, vingt-cinq scénarios ont été modélisés en combinant l'ensemble des valeurs pouvant être prises par ces données d'entrée, aboutissant à une incertitude importante sur la rentabilité des rénovations étudiées.



Influence des variables clés sur les résultats

L'influence de certaines variables clés sur la rentabilité des rénovations aboutissant au DPE final B et C a fait l'objet d'une étude approfondie. L'ensemble des résultats est présenté en pourcentage du nombre de logements candidats dans les Graphiques 11 à 16 de l'Annexe technique.

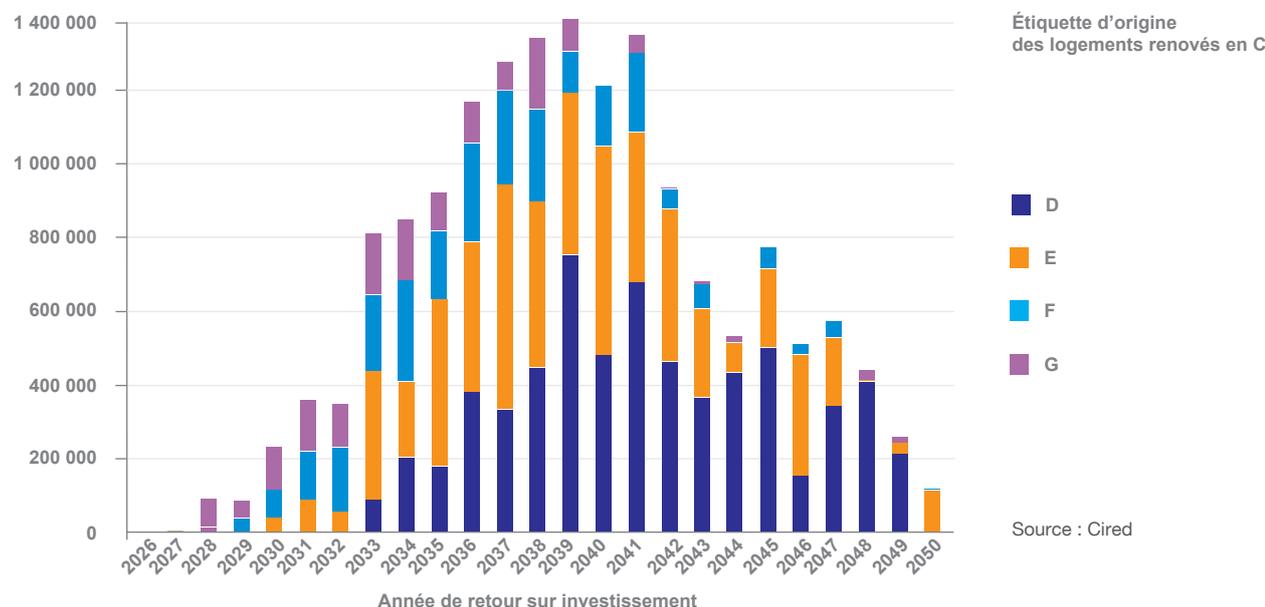
Le tableau suivant récapitule qualitativement l'effet des différentes données d'entrée et des spécifications du modèle sur la rentabilité des rénovations étudiées.

Tableau 4 – Sensibilité des résultats aux variables clés et aux spécifications du changement d'équipement de chauffage

Variable/spécification du modèle	Impact sur les résultats
Taux d'intérêt	+++
Coûts d'investissement	++
Taux de rétrocession des économies d'énergie	++
Taux de croissance du prix des énergies	++
Image du parc	+
Spécification du changement d'équipement de chauffage	+

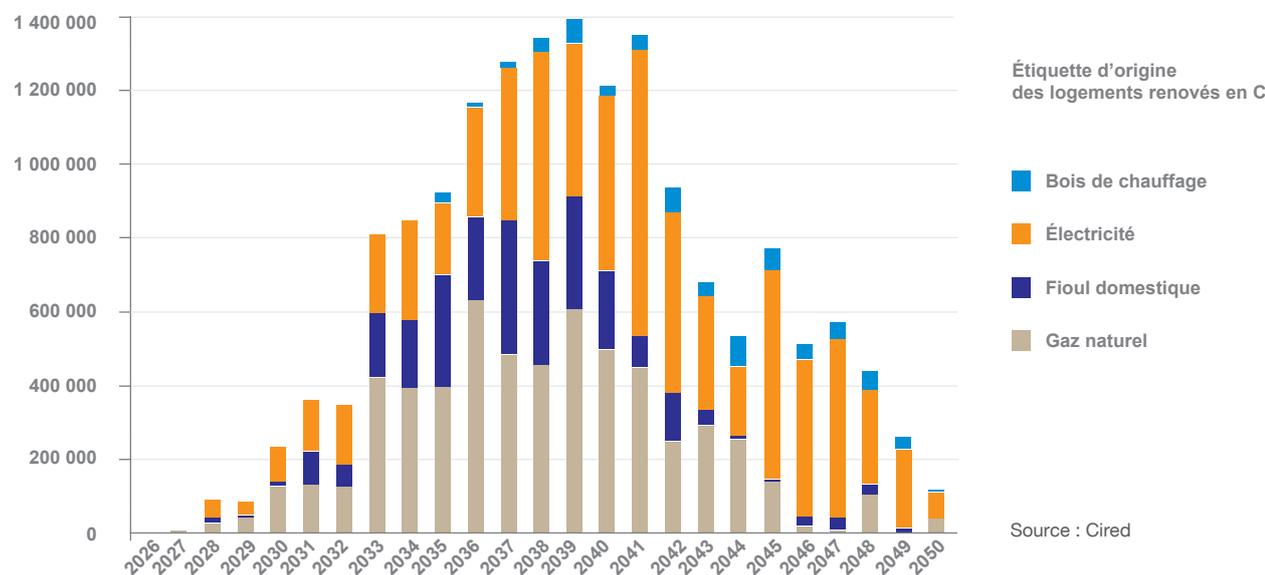
Graphique 5 – Décomposition des années de retour sur investissement par DPE

Nombre de rénovations rentabilisées en fonction de l'horizon de rentabilité



Graphique 6 – Décomposition des années de retour sur investissement par énergie de chauffage

Nombre de rénovations rentabilisées en fonction de l'horizon de rentabilité



CONCLUSION

Dans le cadre du dispositif proposé par France Stratégie, le nombre de logements du parc privé dont la rénovation serait rentabilisée sous un horizon de trente ans est compris entre 9 et 17 millions (soit entre 40 % et 77 % du parc), dans le scénario central et selon le niveau d'ambition des rénovations retenu. Ce chiffre diminue avec le niveau d'ambition, les investissements de rénovation énergétique étant caractérisés par des rendements décroissants : plus une rénovation permet d'améliorer la performance énergétique d'un logement, plus le rapport entre coûts d'investissement et économies d'énergie générées est élevé.

Néanmoins, la rentabilité strictement économique des rénovations ne devrait pas être l'unique indicateur retenu pour guider la décision publique : un niveau d'ambition plus élevé permettrait de dégager des bénéfices socio-économiques supplémentaires, notamment par la baisse des émissions de gaz à effet de serre.

Étant donné la forte incertitude qui pèse sur les données d'entrée, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. La prise en compte de cette incertitude fait osciller le pourcentage de rénovations rentabilisées sous un horizon de trente ans (horizon 2048 pour une mise en œuvre en 2018) entre 51 % et 99 % si le seuil est fixé à l'étiquette C, entre 17 % et 79 % s'il est fixé à B et entre 5 % et 48 % s'il est fixé à A. L'incertitude des résultats a été étudiée en répétant les calculs pour vingt-cinq scénarios différents, dans lesquels des valeurs alternatives ont été envisagées pour plusieurs données d'entrée particulièrement incertaines.

Les analyses de sensibilité réalisées mettent en évidence la forte influence de certaines données d'entrée sur les résultats, en premier lieu le taux d'intérêt auquel l'investissement est financé, mais aussi les coûts d'investissement, les trajectoires de prix des énergies et le taux de rétrocession des économies d'énergie, du ménage à l'opérateur. Les choix de vecteur énergétique effectués par les ménages, quant à eux, affectent peu les résultats.

Mots clés : Rénovations énergétiques ; opérateurs ensembliers ; logements ; transition climatique ; facture énergétique.



Directeur de la publication : Gilles de Margerie, commissaire général ;
directeur de la rédaction : Cédric Audenis, commissaire général adjoint ;
secrétariat de rédaction : Valérie Senné ;
dépôt légal : décembre 2021 - N° ISSN 2556-6059 ;

contact presse : Matthias Le Fur,
directeur du service Édition-Communication-Événements,
01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



Institution autonome placée auprès du Premier ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.

Cahier graphique et technique

Pour combien de logements les rénovations énergétiques seraient-elles rentabilisées par les économies d'énergie ?

Tableau 1 – Part des logements avec une rénovation énergétique rentable. Synthèse des résultats des simulations

Temps de retour sur investissement (en année)	Effectif les logements rentables aboutissant en A			Part des logements rentables aboutissant en A (parmi les logements candidats)			Part des logements rentables aboutissant en A (parmi les logements du parc privé)		
	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max
Scénario									
10	742	742	2 828	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20	69 304	1 027 812	2 194 391	0%	5%	11%	0%	5%	11%
30	1 159 141	6 142 605	9 583 118	5%	28%	48%	5%	28%	48%
	Effectif les logements rentables aboutissant en B			Part des logements rentables aboutissant en B (parmi les logements candidats)			Part des logements rentables aboutissant en B (parmi les logements du parc privé)		
Scénario	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max
10	742	25 428	31 405	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20	567 024	3 375 544	5 571 855	3%	16%	29%	3%	15%	25%
30	3 655 785	12 348 605	16 360 600	17%	58%	79%	17%	56%	74%
	Effectif les logements rentables aboutissant en C			Part des logements rentables aboutissant en C (parmi les logements candidats)			Part des logements rentables aboutissant en C (parmi les logements du parc privé)		
Scénario	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max	Min	Référence	Max
10	7 422	118 608	243 537	0%	1%	1%	0%	1%	1%
20	2 287 314	7 922 638	10 541 950	13%	45%	66%	10%	36%	48%
30	8 923 846	15 909 265	17 121 479	51%	91%	99%	40%	72%	77%
Nombre de logements candidats pouvant aboutir à :									
A	22 136 986								
B	21 195 773								
C	17 496 700								

Note : pour 36 % des logements du parc privé, la rénovation énergétique aboutissant à l'étiquette C pourrait être rentabilisée en vingt ans par les économies sur la facture énergétique dans le cas du scénario de référence concernant la valeur des différents paramètres.

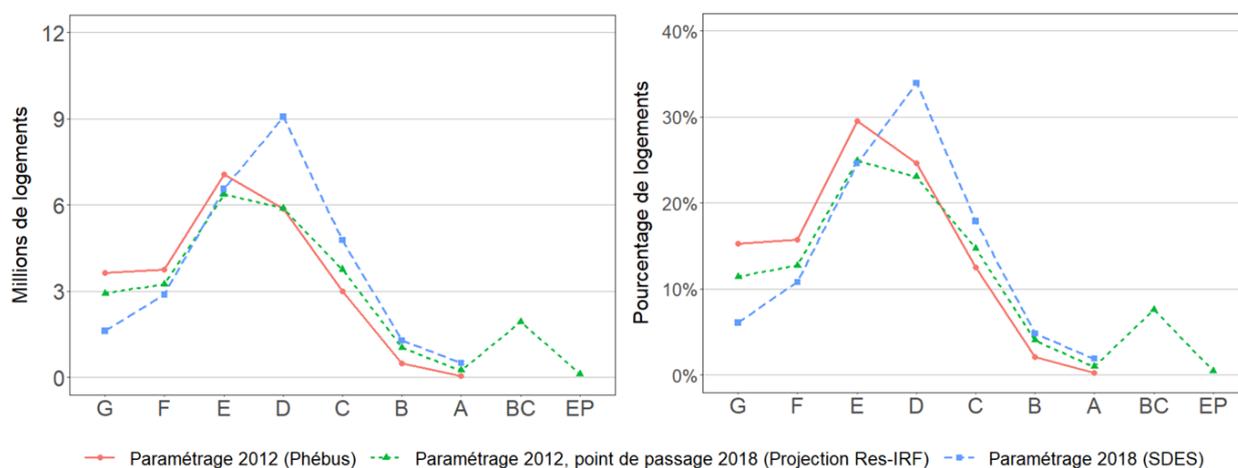
On présente ci-dessous une comparaison synthétique des trois photographies du parc après ajustement à la segmentation du modèle Res-IRF :

- Phébus 2012 ;
- l'image Phébus 2012 projetée en 2018 par Res-IRF¹ ;
- SDES 2018.

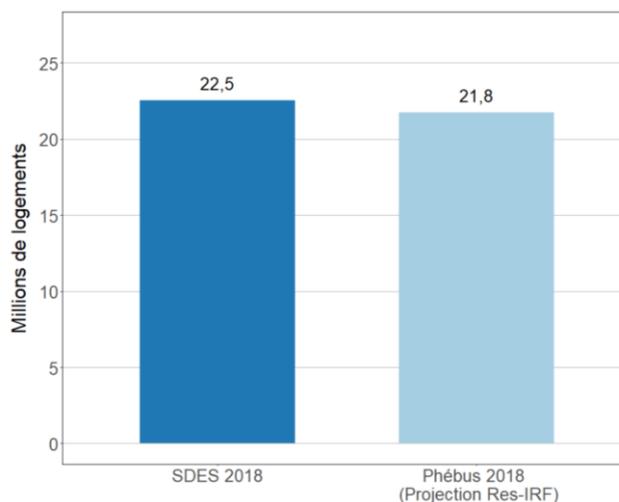
Il s'agit ici de l'intégralité des résidences principales en France métropolitaine alors que le périmètre de l'étude est restreint au parc privé.

¹ Celle-ci inclut les logements neufs construits de 2013 à 2018. Dans Res-IRF, on suppose que les logements neufs ont une performance énergétique « Basse consommation » (BC) ou « Énergie positive » (EP).

Graphique 1 – Comparaison de la performance énergétique du parc selon la photographie étudiée



Graphique 2 – Nombre de logements du parc résidentiel privé, en fonction de la photographie du parc retenue



Note : voir l'Encadré 1 pour une description des données utilisées.

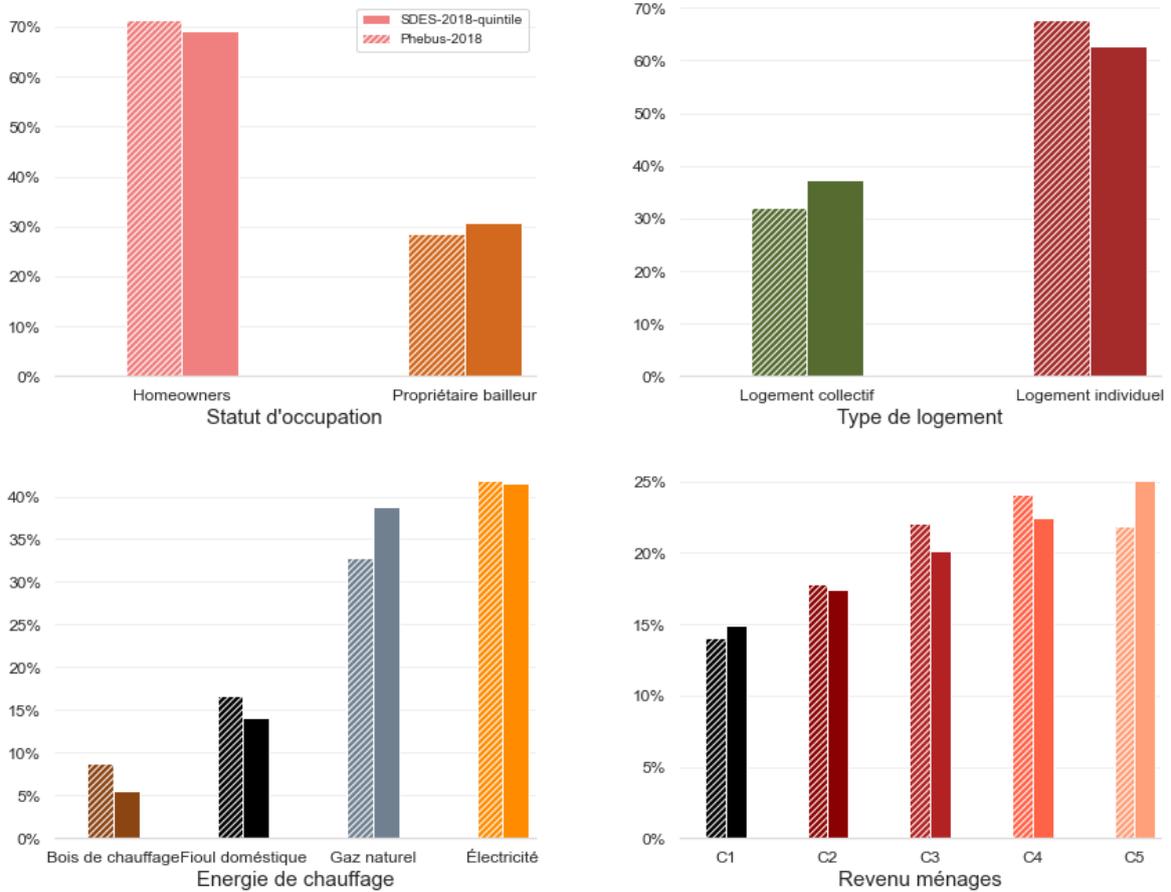
Sources : MTES, Cired

Tableau 2 – Surface moyenne des logements par statut d'occupation et par type de logement dans le parc privé

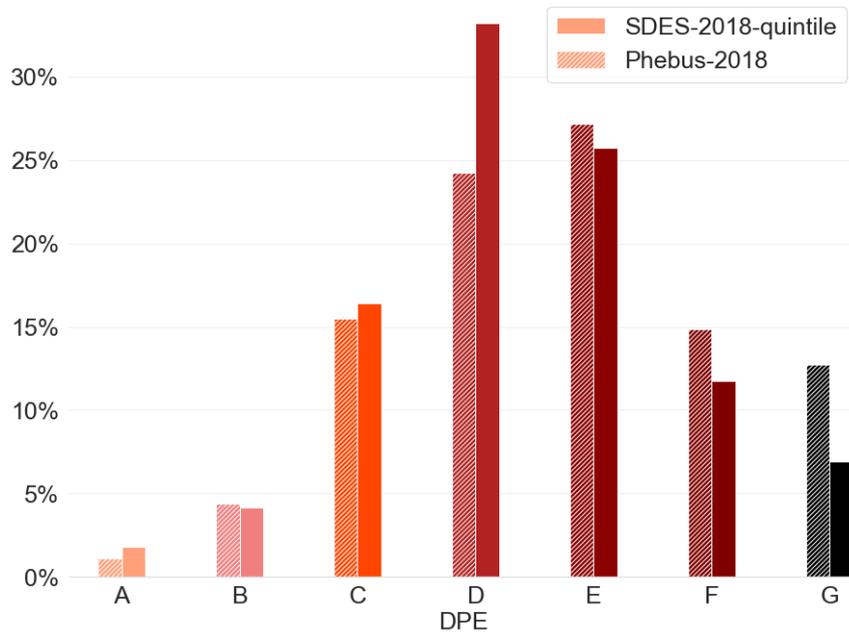
Statut d'occupation	Type de logement	Surface moyenne (m ²)
Locataires	Maisons	87,1
	Appartements	53,5
Propriétaires occupants	Maisons	109,5
	Appartements	74,3

Source : SDES, à partir des données Fidéli 2018

Graphique 3 – Répartition des différentes catégories de logements selon la photographie du parc retenue



Source : SDES 2018, Phébus 2018



Source : SDES 2018, Phébus 2018

Graphique 4 – Présentation générale de la méthode de calcul du TRI

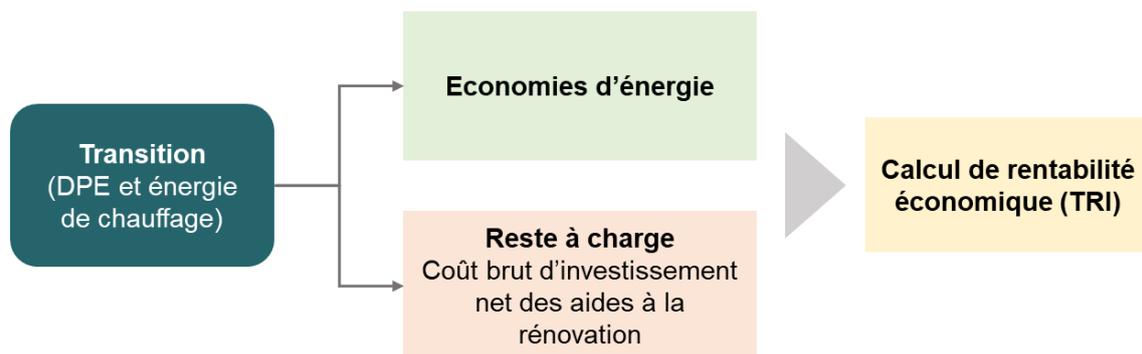


Tableau 3 – Coûts unitaires par m² de rénovation de l'enveloppe pour chaque type de transition (DPE initial en ligne, DPE final en colonne)

	F	E	D	C	B	A
G	76	136	201	271	351	442
F		63	130	204	287	382
E			70	146	232	331
D				79	169	271
C					93	199
B						110

Note : une rénovation de l'enveloppe d'un logement G permettant de le faire passer au niveau C coûte 271 € par m². Tous les chiffres sont hors subvention et après une TVA à 5,5%.

Tableau 4 – Coûts unitaires par m² de changement de l'équipement de chauffage

		Énergie finale			
		Électricité	Gaz naturel	Fioul domestique	Bois
Énergie initiale	Électricité	0	70	100	120
	Gaz naturel	55	0	80	100
	Fioul domestique	55	50	0	100
	Bois	55	50	80	0

Note : le passage d'un système électrique à un chauffage au gaz coûte 70 € par m². Tous les chiffres sont hors subvention et après une TVA à 5,5 %.

Consommation d'énergie unitaire en t, état initial :

$$E_t^i(q_i, e_i, d, r) = Conv(q_i) * IU_t(q_i, e_i, d, r) \quad (4)$$

Consommation d'énergie unitaire en t, état final :

$$E_t^f(q_f, e_f, d, r) = Conv(q_f) * IU_t(q_f, e_f, d, r) \quad (5)$$

On déduit directement les économies de facture énergétique à partir des économies d'énergie physiques :

$$\Delta FactureEner_t^{i,f}(q_i, q_f, e_i, e_f, d, r) = E_t^i(q_i, e_i, d, r) * P_t(e_i) - E_t^f(q_f, e_f, d, r) * P_t(e_f) \quad (6)$$

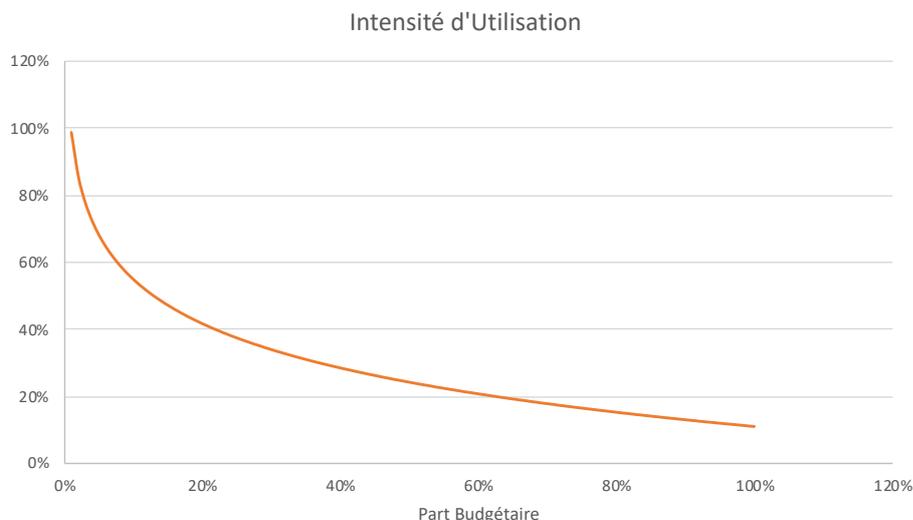
Avec $P_t(e)$: prix de l'énergie e en t (euros par kWh PCI).

Tableau 5 – Hypothèse de consommation énergétique conventionnelle

Étiquette DPE	Consommation moyenne 3 usages, d'après Phébus ($kWh_{EP}/m^2/an$)	Facteur correctif pour le chauffage, d'après Phébus	Consommation moyenne retenue pour le chauffage ($kWh_{EP}/m^2/an$)
G	596	0,85	507
F	392	0,82	321
E	280	0,77	216
D	191	0,74	141
C	125	0,72	90
B	76	0,77	59
A	40	1,12	45

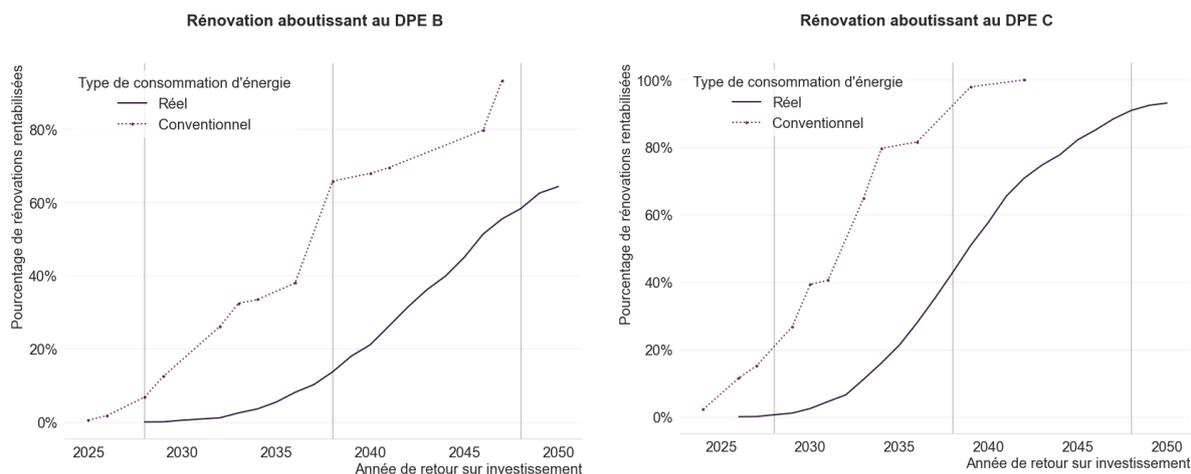
Source : Cired (2018), Évaluation prospective des politiques de réduction de la demande d'énergie pour le chauffage résidentiel.

Graphique 5 – Intensité d'utilisation des équipements de chauffage en fonction de la part budgétaire allouée au chauffage par le ménage



Source : Cired

Graphique 6 – Influence de l'effet rebond sur les résultats



Source : Cired

Le temps de retour sur investissement se déduit des coûts d'investissements et des économies d'énergie unitaires de la façon suivante :

$TRI(d, r, q_i, q_f, e_i, e_f) = T \Leftrightarrow T$ est le plus petit entier tel que :

$$- \text{Investissement}(q_i, q_f, e_i, e_f) + \sum_{t=0}^T \frac{\Delta \text{FactureEner}_t^{i,f}(q_i, q_f, e_i, e_f, d, r)}{(1 + \delta)^t} > 0 \quad (7)$$

Avec δ : taux d'intérêt de financement du projet de rénovation énergétique

Tableau 7 – Récapitulatifs des principales données d'entrée

Variable	Source	Valeurs	Commentaires
Taux d'intérêt de financement du projet	France Stratégie	2 %	<p>Avec le mécanisme de financement proposé par France Stratégie, ce ne sont pas les propriétaires qui investissent mais une entreprise privée. Le taux d'intérêt correspond ici au taux qui peut être mobilisé sur les marchés ou auprès d'une institution financière.</p> <p>À partir de la valeur de référence de 2 %, des valeurs alternatives sont envisagées afin d'évaluer l'incertitude des résultats et l'influence de ce paramètre sur la rentabilité des rénovations.</p>
Rétrocession à l'opérateur-ensemblier d'une part des économies de facture d'énergie	France Stratégie	75 %	<p>Dans le scénario de référence, on définit le taux de rétrocession à 75 %. Un taux de rétrocession de 100 % est également envisagé dans un scénario alternatif.</p>
Prix TTC des énergies en 2018	Données du SDES issues de Pégase (bois et fioul) et des enquêtes de transparence des prix (électricité et gaz)	Voir Erreur ! Source du renvoi introuvable. <i>infra</i>	
Croissance des prix des énergies	<p>Hypothèses France Stratégie formulées à partir du rapport « Réseaux de chaleur bois : domaine de pertinence » (CGDD, 2016)</p> <p>Hypothèses Cired correspondant à des hypothèses de travail fondées sur les projections de la SNBC</p>	Voir Erreur ! Source du renvoi introuvable. et Erreur ! Source du renvoi introuvable. Graphique 7 <i>infra</i>	<p>Projections tendancielle maintenant la taxe carbone à son niveau actuel. Ces hypothèses incorporent à la fois l'évolution des prix HT et de la fiscalité.</p> <p>Les hypothèses du CGDD sont utilisées dans le scénario de référence. Celles du Cired sont également utilisées afin d'évaluer l'incertitude des résultats et l'influence de la trajectoire des prix sur la rentabilité des rénovations.</p>

Image du parc	SDES 2018 et Phébus 2018		On utilise l'image du SDES 2018 dans le scénario de référence. Les deux images sont utilisées afin d'évaluer l'incertitude des résultats et l'influence de l'image du parc utilisée sur la rentabilité des rénovations.
Coût de transition de l'enveloppe et du système de chauffage	Dires d'experts	Voir Tableau 3 <i>supra</i>	Des valeurs alternatives sont envisagées afin d'évaluer l'incertitude des résultats et l'influence des coûts sur la rentabilité des rénovations.
Coefficient de conversion énergie finale / primaire	MTES	2,58	
Revenus moyens des ménages	SDES, à partir des données Fidéli 2018		Revenus moyens par ménage en 2018 en fonction de leur décile Insee.
Surface moyenne des logements	SDES, à partir des données Fidéli 2018	Voir Tableau 2 <i>supra</i>	La taille moyenne des logements dépend du type de logement (maison individuelle ou logement collectif) et du statut d'occupant (propriétaire occupant ou bailleur).
Période de remboursement	France Stratégie	30 ans au maximum	L'opérateur ensemblier doit rentabiliser son investissement sur un horizon de 30 ans au maximum.
Durée de vie des rénovations	France Stratégie	30 ans au maximum	On suppose une durée de vie des rénovations allant jusqu'à 30 ans. Le dispositif incite les opérateurs à maximiser la durée de vie des rénovations effectuées.
Part subventionnée des investissements	France Stratégie	30 %	

Tableau 8 – Récapitulatif des scénarios modélisés

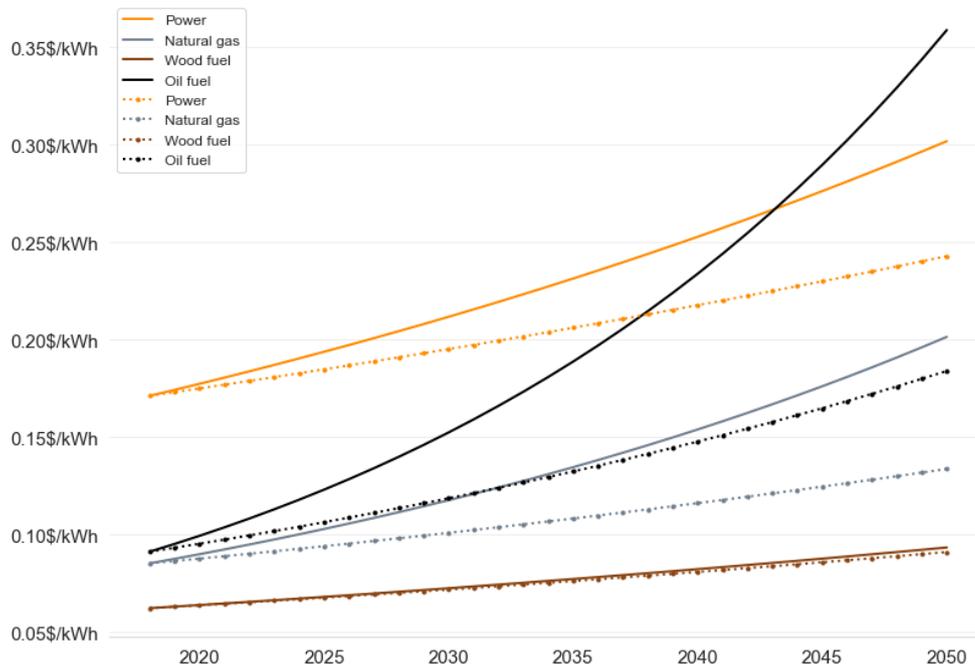
Variable	Scénario de référence	Spécifications alternatives	Incertitude	Influence des variables clés
Changement d'équipement de chauffage	Choix du vecteur permettant de maximiser la rentabilité de la rénovation	Voir section 1 périmètre de l'étude		
Taux de rétrocession	75 %			70 %-100 %
Taux d'intérêt	2 %		1 % - 2 % - 3 %	0 %-8 %
Coûts d'investissement	Voir section 2.1.1		Baisse de 0 %, 10 % par rapport aux coûts de référence des rénovations ²	0 %-+ 30 %
Taux de croissance du prix des énergies	Hypothèses CGDD Erreur ! Source du renvoi introuvable.		CGDD – Cired	CGDD – Cired
Image du parc	Image SDES-2018		SDES-2018, Phébus-2018	SDES-2018, Phébus-2018

Tableau 9 – Prix des énergies en 2018 et hypothèses de croissance

Prix TTC (euros / kWh PCI)	Prix en 2018	TCAM CGDD	TCAM Cired
Électricité	0,171	1,79 %	1,10 %
Gaz	0,085	2,73 %	1,42 %
Fioul domestique	0,091	4,38 %	2,20 %
Bois	0,062	1,28 %	1,20 %

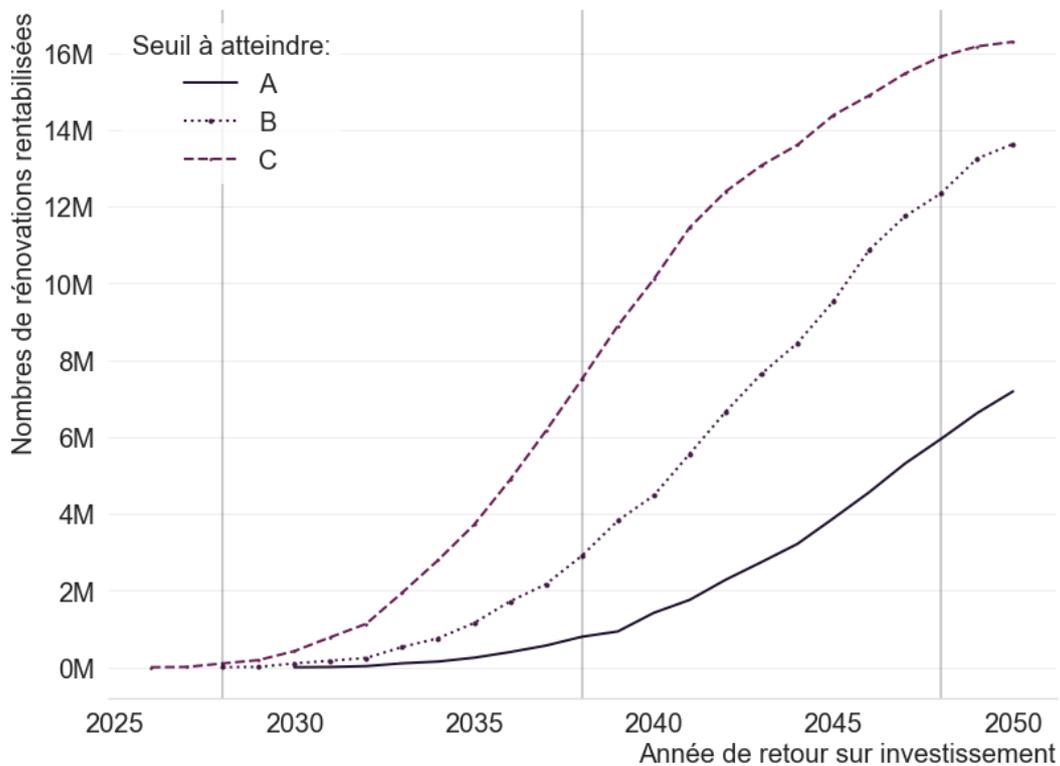
² On suppose que le dispositif induit une baisse des coûts par une meilleure coordination des corps de métier, des économies d'échelle et l'innovation.

Graphique 7 – Projections de prix des énergies



Source : hypothèses de prix CGDD (traits pleins) et CIREN (pointillés)

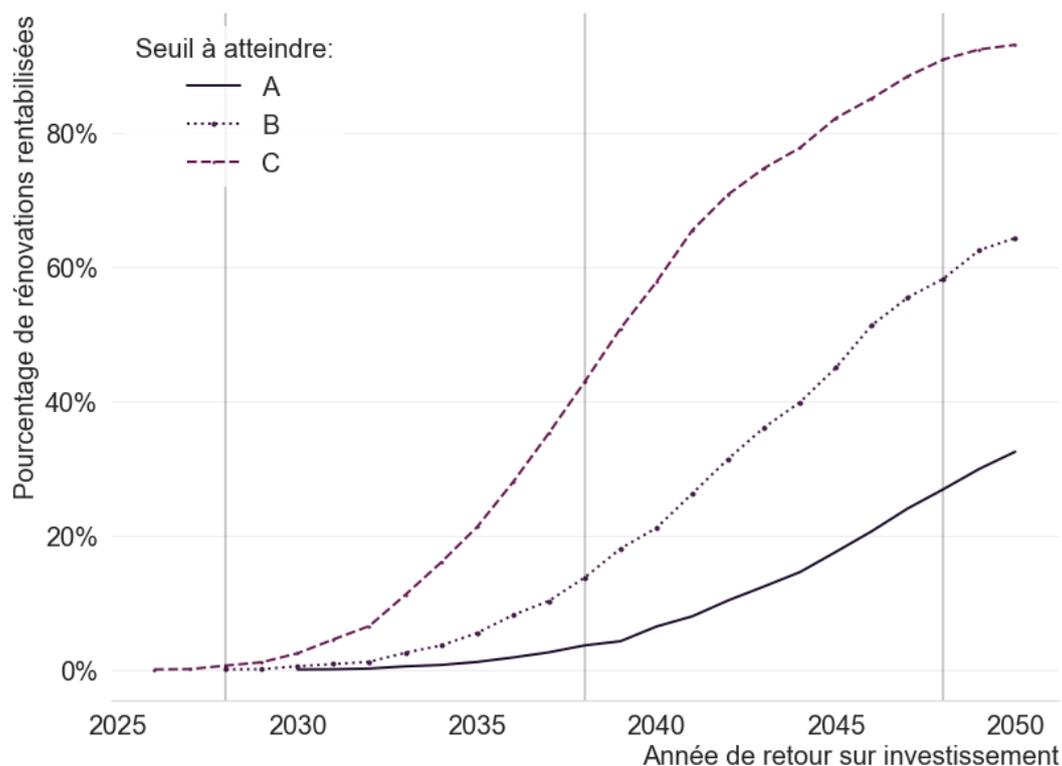
Graphique 8 – Nombre cumulé de rénovations rentabilisées selon l'horizon d'investissement



Note : le nombre de logements candidats à la rénovation vers A, B, C est respectivement de 22 millions, 21 millions, et 17 millions.

Source : Cired

Graphique 9 – Proportion cumulée de rénovations rentabilisées en fonction de l'horizon d'investissement



Note : en 2045, environ 20 % ou 4 millions de logements ont réussi à rentabiliser l'investissement initial vers le DPE A via les économies d'énergie. Les pourcentages sont calculés par rapport à l'ensemble des logements pouvant aboutir au DPE final A, B, ou C. Les logements de DPE initial A, B sont par exemple exclus de ce total lorsque le DPE final est C. Les droites verticales permettent de faciliter la lecture pour des horizons temporels de dix, vingt et trente ans.

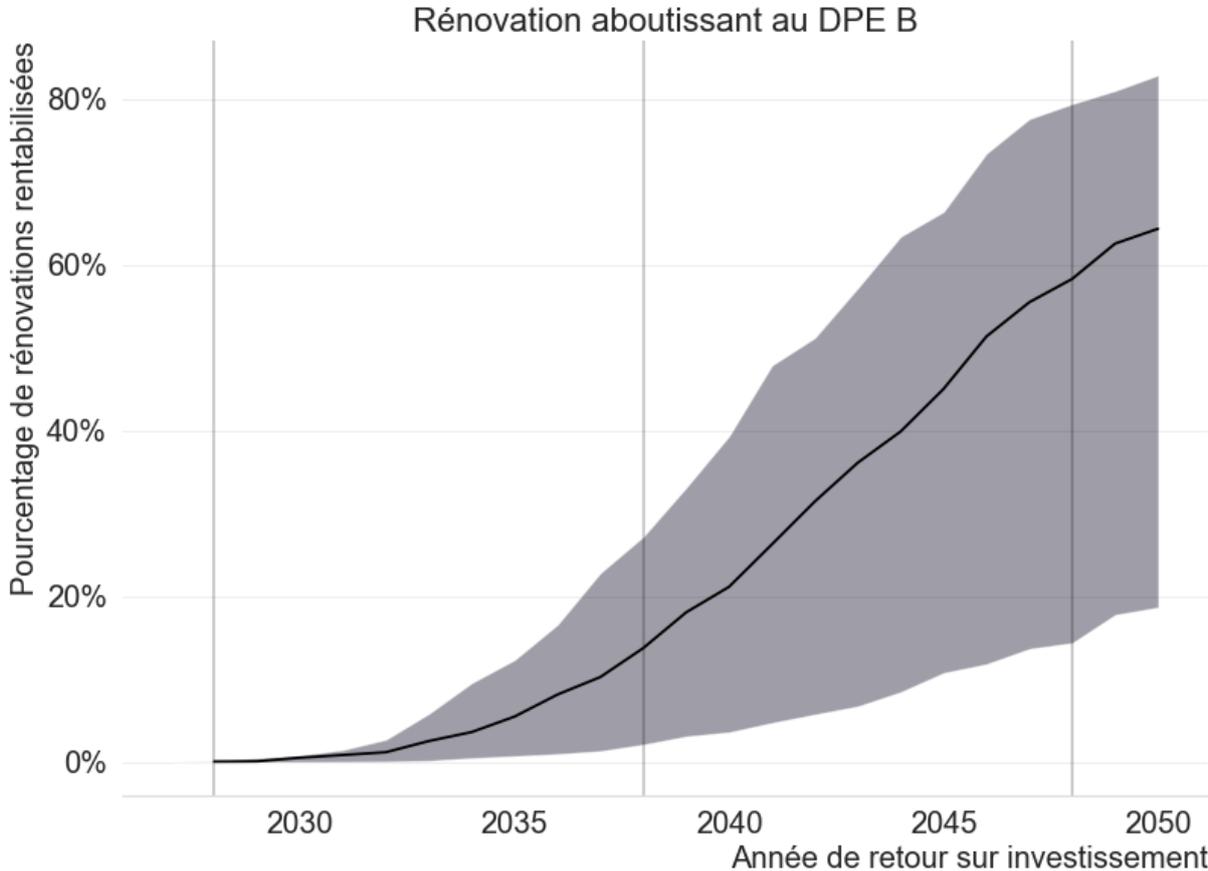
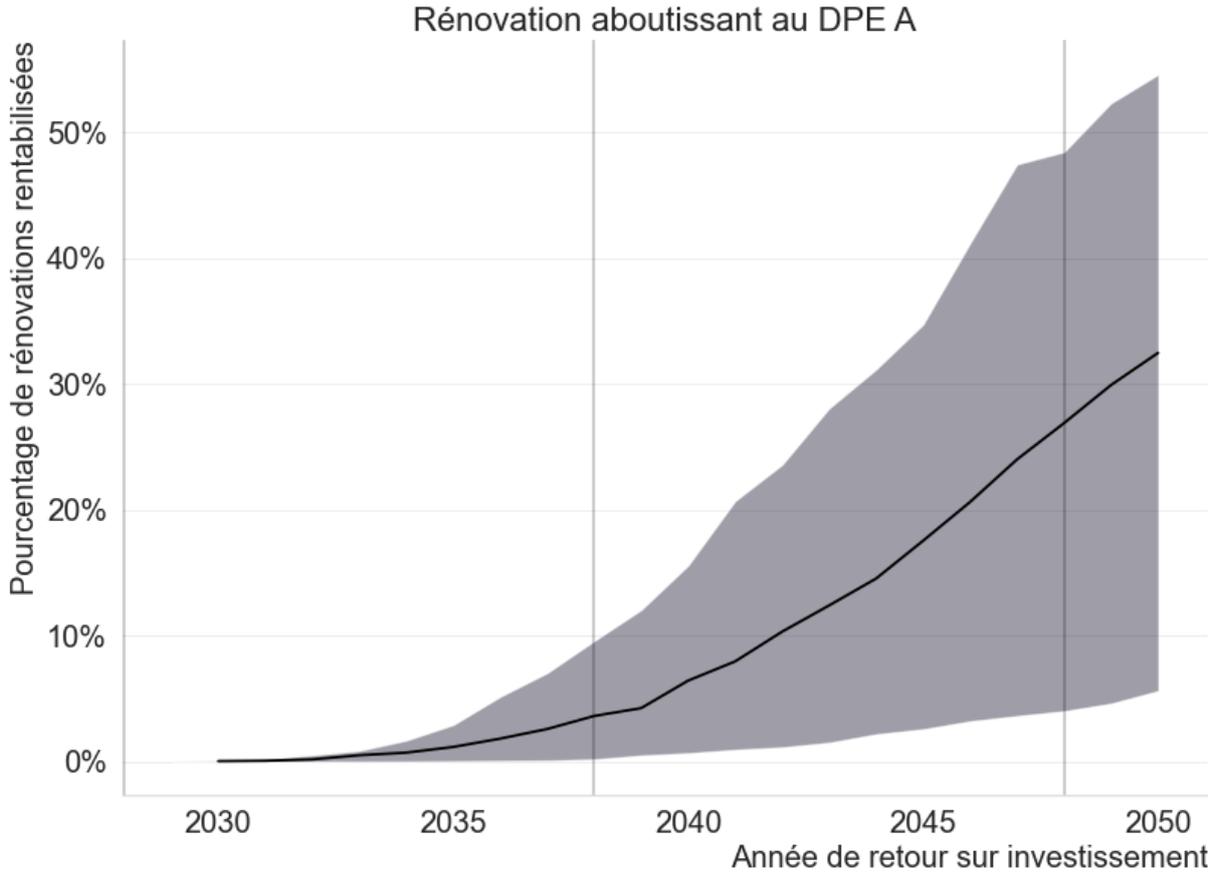
Source : Cired

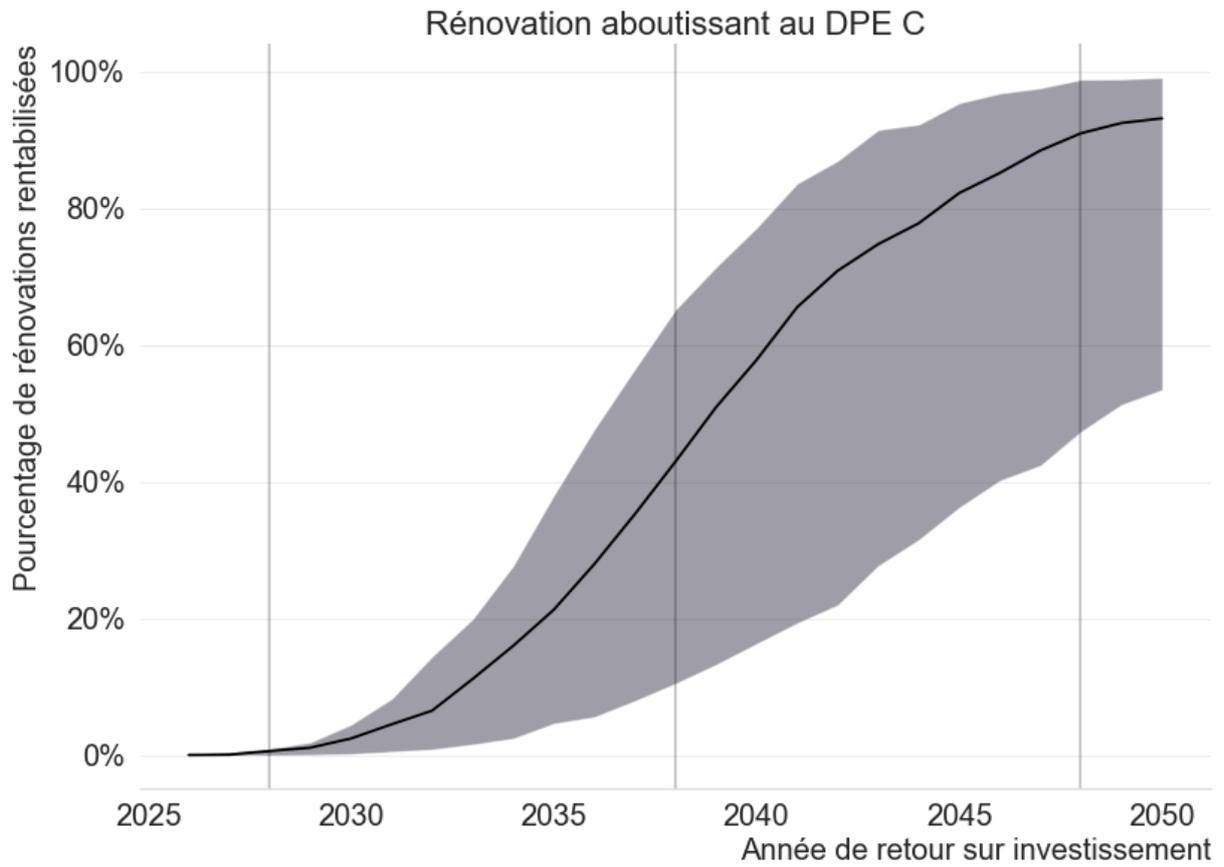
Tableau 10 – Résultats numériques du scénario de référence

TRI \ DPE final	A	A	B	B	C	C
2025					742	0%
2026			742	0%	7 422	0%
2027			1 454	0%	31 405	0%
2028	742	0%	25 428	0%	118 608	1%
2029	1 454	0%	31 954	0%	271 383	2%
2030	7 422	0%	121 379	1%	576 095	3%
2031	28 675	0%	251 478	1%	1 023 564	6%
2032	44 463	0%	379 621	2%	1 488 700	9%
2033	141 117	1%	689 063	3%	2 436 817	14%
2034	244 635	1%	1 028 763	5%	3 315 385	19%
2035	357 682	2%	1 423 803	7%	4 196 212	24%
2036	479 906	2%	2 014 027	10%	5 406 792	31%
2037	677 026	3%	2 676 383	13%	6 554 503	37%
2038	1 027 812	5%	3 375 544	16%	7 922 638	45%
2039	1 199 677	5%	4 189 804	20%	9 096 474	52%
2040	1 599 255	7%	4 870 734	23%	10 247 529	59%
2041	2 032 080	9%	6 016 801	28%	11 522 150	66%
2042	2 632 410	12%	7 074 571	33%	12 390 970	71%
2043	3 100 997	14%	7 837 569	37%	13 081 629	75%
2044	3 490 940	16%	8 540 761	40%	13 606 672	78%
2045	4 063 774	18%	9 594 176	45%	14 406 346	82%
2046	4 673 261	21%	10 884 776	51%	14 894 493	85%
2047	5 447 304	25%	11 760 283	55%	15 468 119	88%
2048	6 142 605	28%	12 348 605	58%	15 909 265	91%
2049	6 795 874	31%	13 250 943	63%	16 172 043	92%
2050	7 193 647	32%	13 656 978	64%	16 291 414	93%

Source : Cired

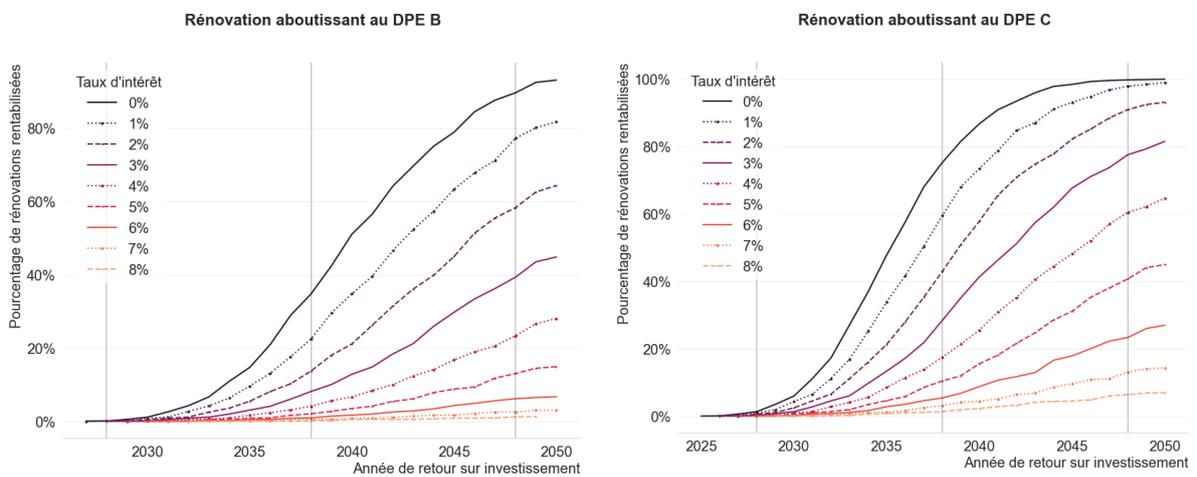
Graphique 10 – Analyse de l'incertitude des résultats





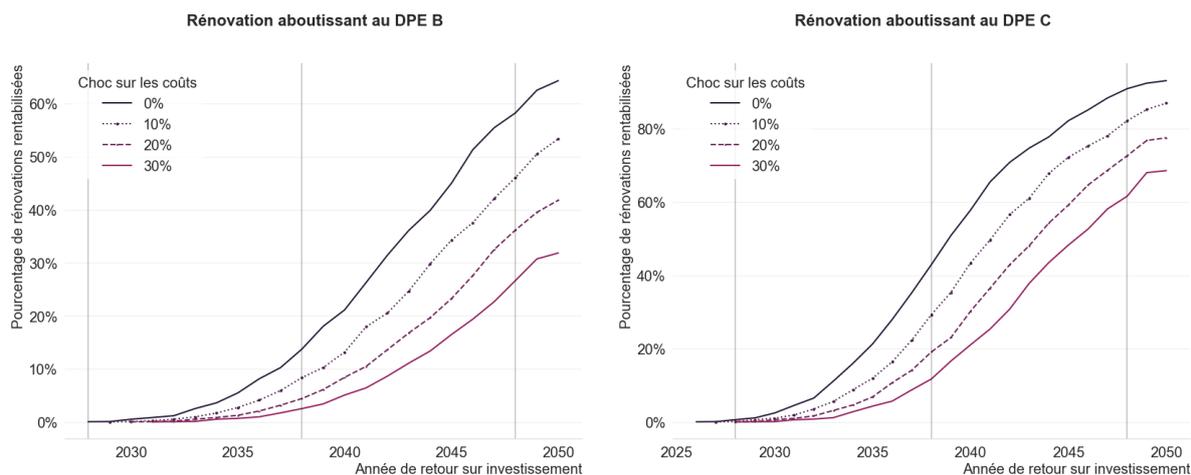
Source : calculs Cired

Graphique 11 – Influence du taux d'intérêt sur les résultats



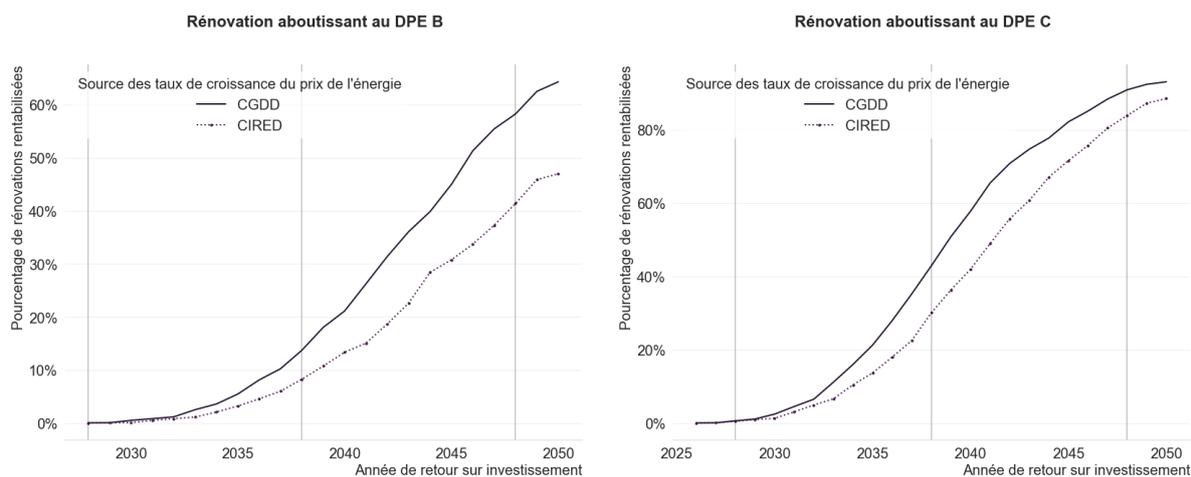
Source : calculs Cired

Graphique 12 – Influence du coût de la rénovation sur les résultats



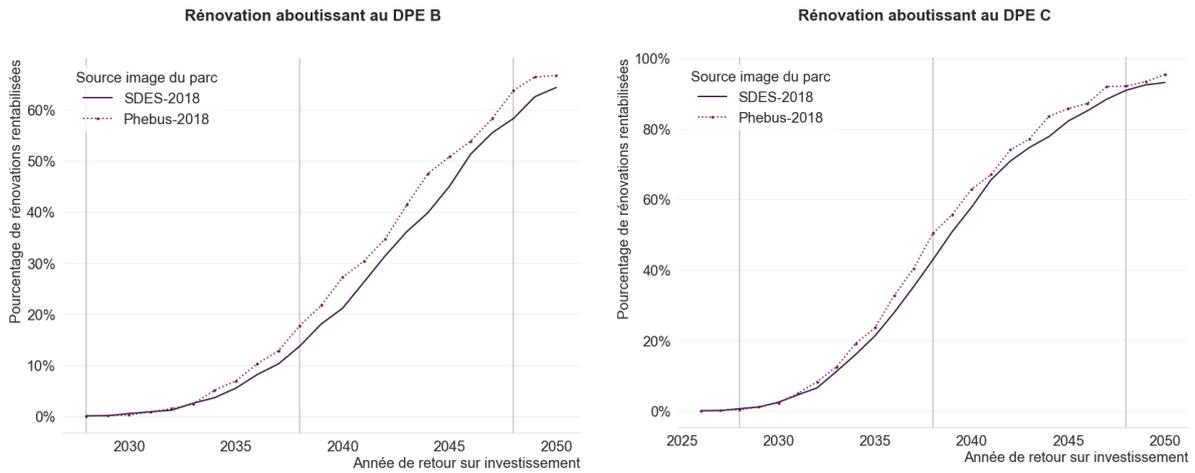
Source : calculs Cired

Graphique 13 – Influence de la trajectoire des prix des énergies sur les résultats



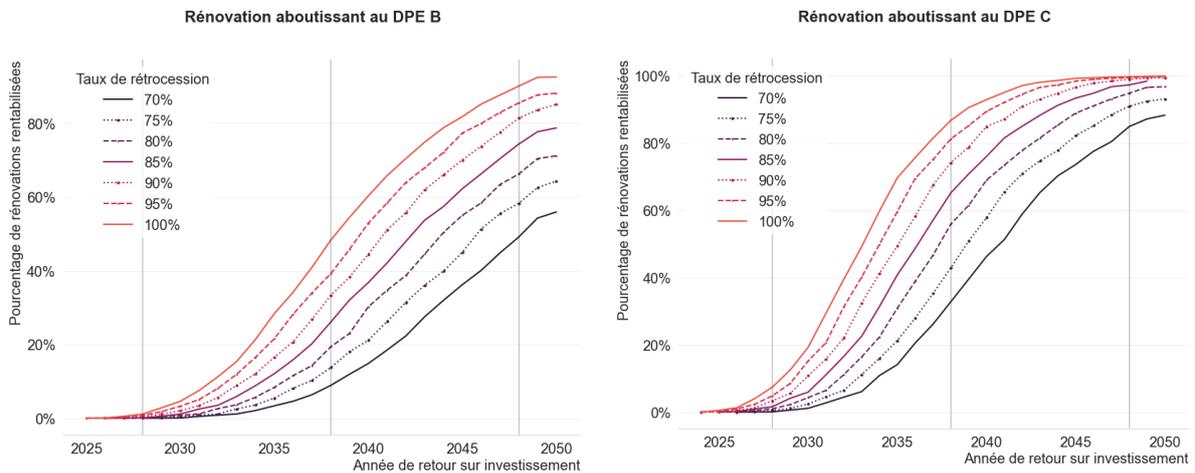
Source : calculs Cired

Graphique 14 – Influence de la photographie du parc retenue sur les résultats



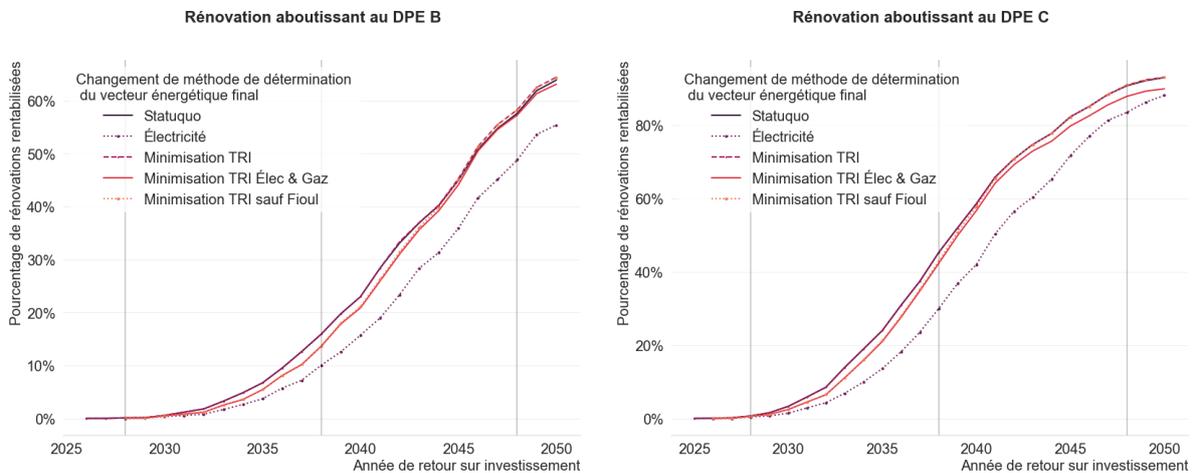
Source : calculs Cired

Graphique 15 – Influence du taux de rétrocession des économies d'énergie sur les résultats



Source : calculs Cired

Graphique 16 – Influence des spécifications alternatives du changement d'équipement de chauffage sur les résultats

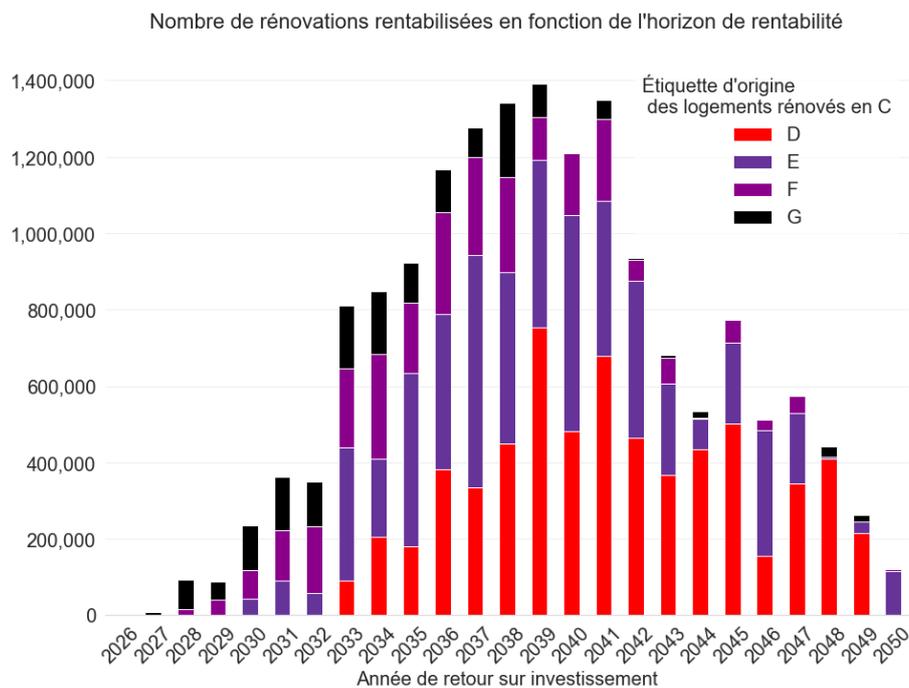


Source : calculs Cired

Tableau 11 – Sensibilité des résultats aux variables clés et aux spécifications du changement d'équipement de chauffage

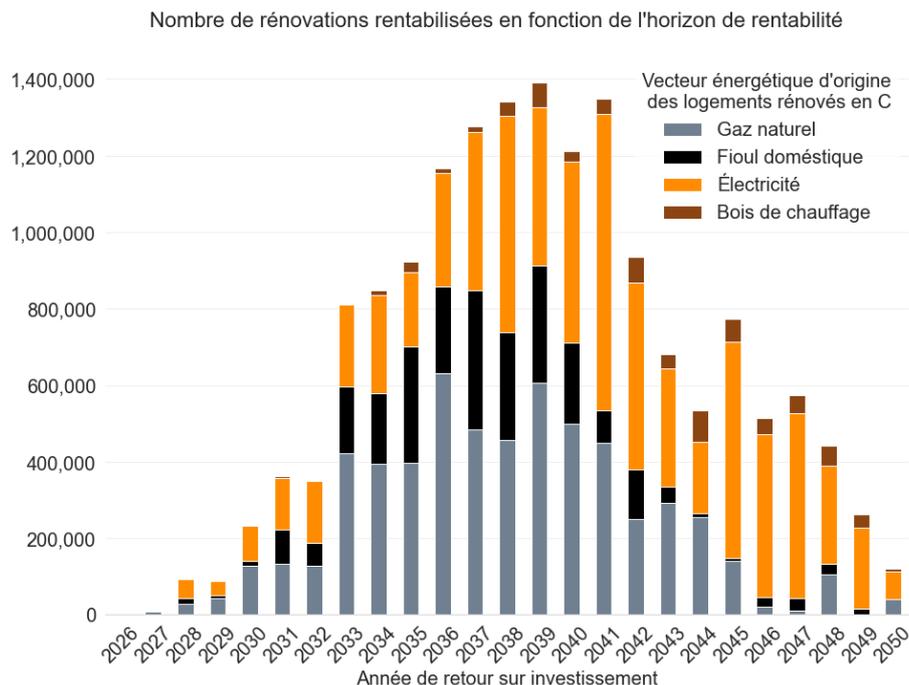
Variable/spécification du modèle	Impact sur les résultats
Taux d'intérêt	+++
Coûts d'investissement	++
Taux de rétrocession des économies d'énergie	++
Taux de croissance du prix des énergies	++
Image du parc	+
Spécification du changement d'équipement de chauffage	+

Graphique 17 – Décomposition des années de retour sur investissement par DPE



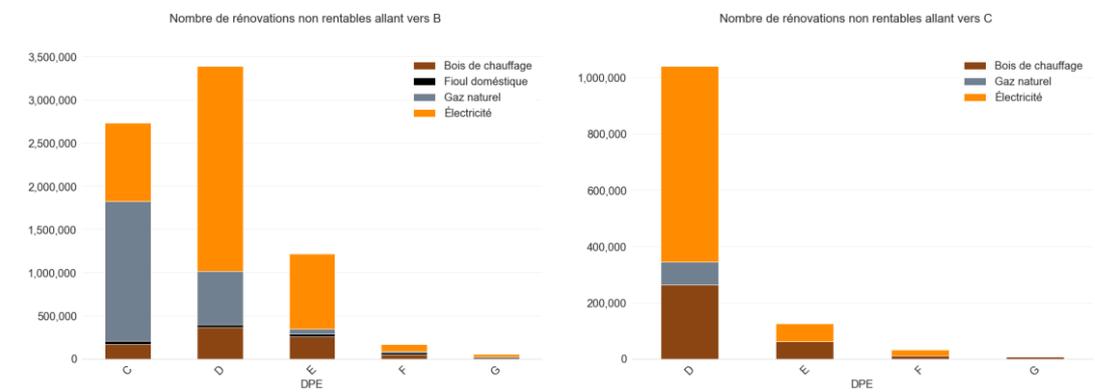
Source : calculs Cired

Graphique 18 – Décomposition des années de retour sur investissement par énergie de chauffage



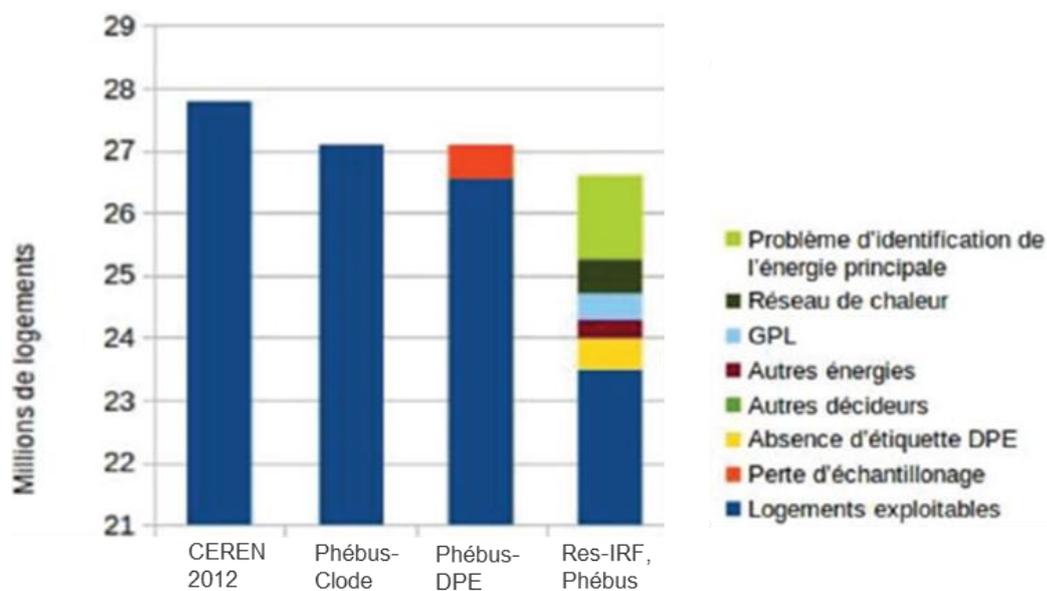
Source : calculs Cired

Graphique 19 – Caractéristiques des rénovations non rentables



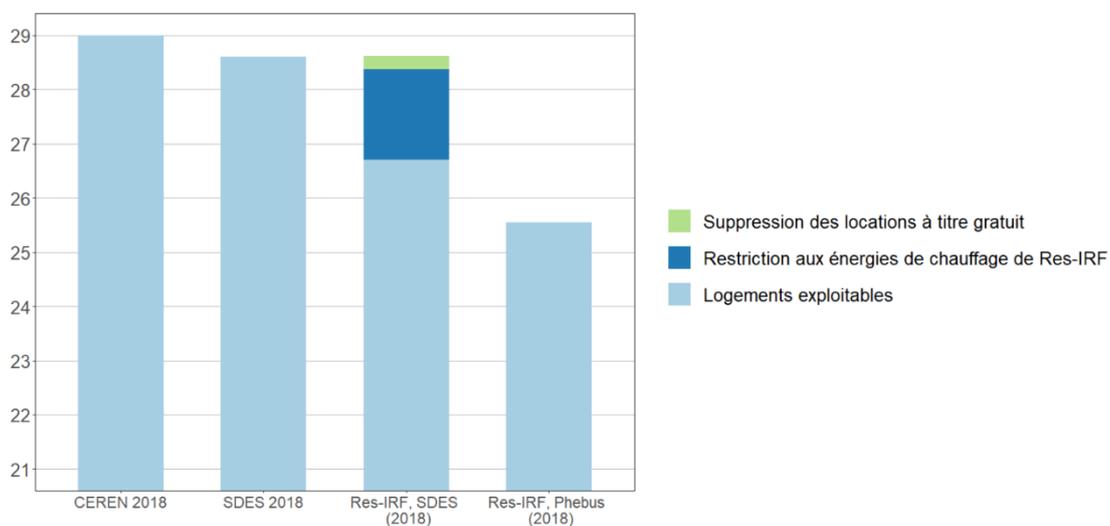
Source : calculs Cired

Graphique 20 – Données exploitables de la phase Phébus 2012



Source : Cired

Graphique 21 – Données exploitables de la phase SDES, comparaison à la base Phébus ajustée



Source : Cired

Graphique 22 – Détail de l'incertitude des résultats

