



HAL
open science

LE PRIX DE LA RÉNOVATION PERFORMANTE : UNE ESTIMATION DE L'AMPLITUDE DES COÛTS POUR LES LOGEMENTS RÉSIDENTIELS PRIVÉS ENSEIGNEMENTS-CLÉS

Dominique Osso

► **To cite this version:**

Dominique Osso. LE PRIX DE LA RÉNOVATION PERFORMANTE: UNE ESTIMATION DE L'AMPLITUDE DES COÛTS POUR LES LOGEMENTS RÉSIDENTIELS PRIVÉS ENSEIGNEMENTS-CLÉS. EDF Lab; Technologies et Recherche pour l'Efficacité Énergétique. 2024. hal-04442398

HAL Id: hal-04442398

<https://edf.hal.science/hal-04442398>

Submitted on 6 Feb 2024

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.

LE PRIX DE LA RÉNOVATION PERFORMANTE : UNE ESTIMATION DE L'AMPLITUDE DES COÛTS POUR LES LOGEMENTS RÉSIDENTIELS PRIVÉS

ENSEIGNEMENTS-CLÉS

FÉVRIER 2024

Depuis la loi Climat et Résilience de 2021, le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) sert, entre autres, à fixer les cibles de performance énergétique du parc de bâtiments résidentiels ainsi que la nature des subventions possibles pour les ménages. Cependant, ces objectifs ne permettent pas de décrire les bouquets de travaux de rénovation énergétique nécessaires à l'atteinte concrète des classes du DPE visées. Une étude menée par EDF R&D s'est donnée pour objectif d'explicitier la nature et le coût des travaux de rénovation énergétique permettant des sauts de classe du DPE. L'étude procède à deux explicitations : l'une sur le versant technique (nature des gestes), l'autre sur le versant économique (coût des gestes). Dans une approche statistique, les possibilités de bouquets de travaux combinés aux 2 300 logements de l'enquête PHEBUS conduisent à plus de 800 000 simulations. De manière globale, l'étude montre que le coût médian de la rénovation performante est de l'ordre de 200 à 350 €/m² de surface habitable suivant le type de logement, la classe DPE de départ et le niveau final atteint. La distribution des coûts des travaux est asymétrique et tournée vers les prix élevés. On observe donc des coûts très élevés (>500 €/m² de surface habitable) pour des combinaisons particulières « logement-bouquet » mais celles-ci sont statistiquement peu fréquentes. Nous montrons que moins le logement est performant au départ, plus le coût des travaux pour une rénovation performante est élevé. Cependant, cet écart de coût avec des logements plus performants reste faible au regard de la largeur des distributions.

Le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) est utilisé pour suivre la performance du parc de bâtiments en France ainsi que pour définir des objectifs d'efficacité énergétique et/ou climatique à l'échelle nationale.

La loi Climat et Résilience a instauré une formulation de la politique publique de rénovation par les classes du DPE¹. Celles-ci servent notamment à qualifier les logements de « performants » (classes A et B), « assez performants » pour la classe C, et « passoire thermique » pour les classes F et G. La « rénovation performante » est définie comme une amélioration de classe énergétique permettant d'atteindre les étiquettes A ou B et éventuellement C (pour les logements de départ les moins performants, en étiquette F ou G). Cependant, ces objectifs, décrits en termes de classe DPE, ne permettent pas de définir les travaux de rénovation énergétique nécessaires.

Cette étude menée par EDF R&D s'est donné pour objectif d'explicitier la nature de ces travaux et leurs coûts pour le logement privé, dans une approche statistique. Nous procédons à deux explicitations des liens entre sauts de classe DPE et détermination des bouquets de rénovation nécessaires : l'une sur le versant technique (nature des gestes techniques), et l'autre sur le versant économique (coûts des gestes techniques).

Sont décrits ici les résultats permettant d'atteindre la rénovation performante telle que définie ci-dessus pour l'ensemble des étiquettes DPE de départ. Il faut noter que dans cette étude, nous présentons des résultats non pondérés de la représentativité des logements simulés dans le parc de logements français. L'objectif n'est pas de simuler le futur marché

de la rénovation mais d'explorer les coûts de l'ensemble des possibilités techniques².

Création des bouquets de travaux

Pour cela, nous utilisons un logiciel propriétaire développé par EDF sur la base de la méthode 3CL-DPE dans sa version 2021. Il détermine toutes les combinaisons possibles de travaux décrits compatibles avec tous les sauts de classe DPE possibles. Pour chaque bouquet de travaux, l'outil détermine notamment les consommations d'énergie après travaux selon le calcul normatif DPE, les nouvelles étiquettes énergie et climat obtenues et les investissements nécessaires par poste de travaux. Pour étudier les changements d'étiquette, l'outil se base sur les 2300³ logements décrits dans l'enquête PHEBUS⁴. Cette base décrit les niveaux de performance des parois (bâti), des équipements de chauffage et ceux d'eau chaude sanitaire (ECS). Faute de disponibilité de toutes les informations dans la base DPE de PHEBUS, des simplifications⁵ ont été faites pour réaliser les calculs.

Parmi l'ensemble de bouquets de travaux possibles pour rénover les logements, certaines solutions techniques sont impossibles pour des catégories de logements (e.g. isolation du toit pour un appartement intermédiaire) ou peu probables (e.g. installation d'une PAC air/air en remplacement d'une chaudière gaz). Nous avons donc restreint notre étude aux cas les plus probables. Ainsi si l'ensemble des parois peuvent être isolées dans le cas des maisons individuelles (MI), ce n'est pas le cas pour certains logements collectifs (LC).

¹ Voir Noguès, L. ; Grandclément, C. ; Mallard, A. Analyse du processus parlementaire de réforme du DPE au sein de la loi Climat et Résilience, Enseignements-clés du projet PREMOCLASSE, septembre 2023, en ligne : <https://www.premoclasse.fr/>

² La simulation du marché constituera une autre étape du travail et sera menée à l'aide de l'outil Res-IRF. Voir L-G. Giraudet et coll., *Policies for low-carbon and affordable*

home heating: A French outlook, Energy Policy, Volume 151, April 2021, 112140

³ Soit 1697 maisons et 645 appartements.

⁴ MTE- Ministère de la Transition Ecologique (2018). Enquête Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie (Phébus)

⁵ Répartition des surfaces de vitrage par orientation, estimation des ponts thermiques.



Dans tous les cas, la ventilation et les fenêtres peuvent être traitées :

- Toiture (combles perdus ou aménagés, terrasse).
- Mur : Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI), ou par l'Extérieur (ITE) en MI.
- Plancher bas.
- Fenêtre, porte fenêtre et porte extérieure.
- Ventilation : simple flux hygro, double flux.

Pour le chauffage un ensemble d'équipements est étudié : chaudière, pompe à chaleur (PAC), radiateur Joule combiné avec les équipements d'eau chaude sanitaire (ECS) (voir annexes 1 et 2).

Les simulations⁶ des travaux ont été réalisées en séparant les types de logements (MI et LC). Avec un maximum de 8 postes étudiés, nous avons une combinaison de 1500 bouquets de travaux pour les MI et de 250 bouquets pour les LC conduisant à un total de plus de 800 000 simulations pour l'ensemble des 2300 logements de la base PHEBUS décrit par un DPE.

Dans la suite du document, nous ne sélectionnons que les bouquets de travaux conduisant à une rénovation performante (étiquette DPE A ou B - et C pour les logements F et G).

Le coût des travaux

Un ensemble de sources de données^{7,8,9} a été analysé pour estimer les coûts des investissements liés aux travaux de rénovation

énergétique et complété le cas échéant par des bases de données professionnelles¹⁰ (Tableau 2). Ces coûts (« fourni-posé ») comprennent les pièces et la main d'œuvre mais ne comprennent pas les coûts annexes liés à la décoration par exemple. Par ailleurs, ces coûts de rénovation ne tiennent pas compte de l'augmentation récente et importante des coûts des travaux¹¹.

Concernant le versant économique de l'explicitation des travaux, on observe une forte dispersion des prix, qui peuvent varier du simple au triple pour un même lot de travaux. Une partie de cette dispersion s'explique par des critères techniques que l'on peut modéliser avec des facteurs extensifs (e.g. nombre de m² d'isolant) ou intensifs (e.g. valeur de la résistance thermique). Une autre partie de la dispersion s'explique par des critères qualitatifs (e.g. marque de la PAC ou réputation de l'artisan) que l'on ne peut pas modéliser dans la présente étude¹².

Tableau 2. Prix des travaux en MI (€TTC fourni-posé)

Travaux		Travaux	
PAC hybride	14000	Porte	1500
PAC air-eau	12000	Fenêtre	1000
PAC air-eau (inc. ECS)	13700	Murs ITI	30 /m ²
Combles perdus	16 /m ²	Murs ITE	159 /m ²
Combles aménagés	42 /m ²	Plancher	28 /m ²
Chaudière granulé	13600	Poêle granulé	6000
Radiateur Joule	860	VMC SF	1670
PAC air-air (m ²)	70	VMC DF	5900
Chaudière fioul	7800	CET	2800
Chaudière gaz	4400		

⁶ À date, l'outil et la base de logements utilisés ne permettent de simuler que des travaux à l'échelle d'un logement. Les travaux d'ITE en LC ne peuvent donc pas être simulés (puisque par définition, cela se fait à l'échelle de l'immeuble). Les bouquets simulés en LC ne comprennent donc pas d'ITE. Or ceux-ci étant des travaux efficaces mais chers, les coûts calculés dans cette étude pour les LC sont plus faibles que ce que l'on observerait empiriquement. Les systèmes thermiques collectifs peuvent cependant être simulés.

⁷ Effinergie, Observatoire BBC / Étude « Les maisons rénovées à basse consommation », avril 2021

⁸ ADEME- Rénovation énergétique des logements : Étude de prix, Novembre 2019

⁹ D. Osso et coll., *Ten years of price evaluation in a renovation market with volatile financial incentives: The effect of Energy Efficiency Obligation on residential market prices*, 2022 Energy Evaluation Europe Conference, 28-30 Septembre 2022, Paris- Saclay France

¹⁰ Bibliothèque de prix - Batiprix

¹¹ INSEE Indice IPEA (prix de l'entretien-amélioration des bâtiments) de 124 à la fin de 2022 contre 105 à la fin de 2019 (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/series/110289801>)

¹² C. Grandclément et coll. 2018. *Prix de la Rénovation et Organisation de la Filière*. ADEME, 219 pages



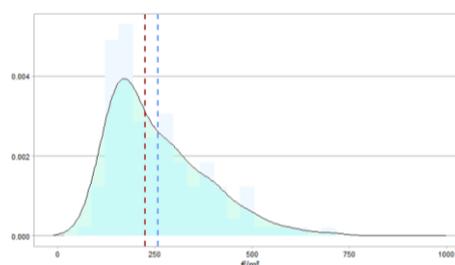
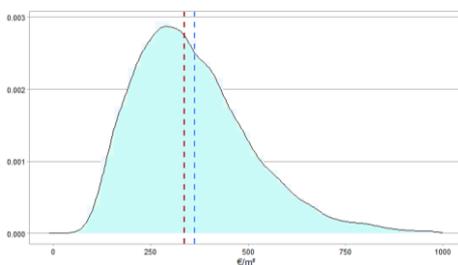
Tableau 3. Distribution des coûts (€/m² de surface habitable) calculés pour réaliser une rénovation performante. Ligne pointillée bleue : moyenne, rouge : médiane.

DPE initial
→ final

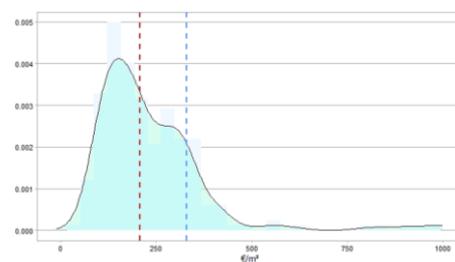
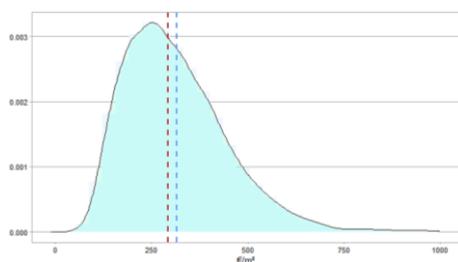
Maison individuelle (MI)

Logement collectif (LC)

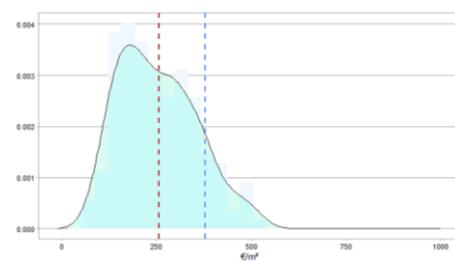
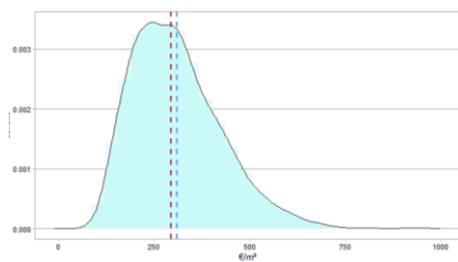
G → A/B/C



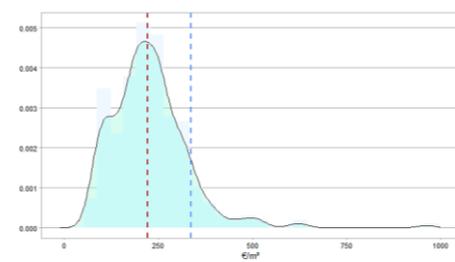
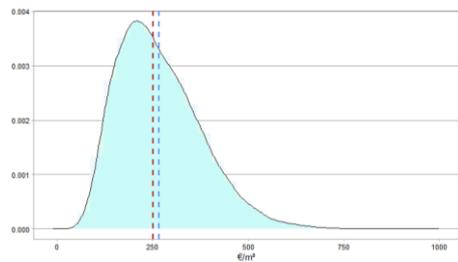
F → A/B/C



E → A/B



D → A/B



C → A/B

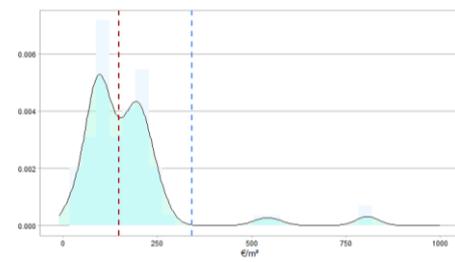
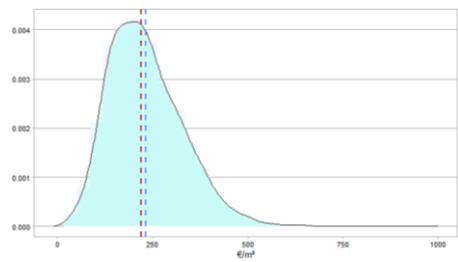


Tableau 3. Prix des travaux (€/m² de surface habitable- valeur médiane) selon les étiquettes « énergie » du DPE initiales pour atteindre une rénovation performante

DPE		MI			DPE		LC		
↓Initial	final →	A	B	C	↓Initial	final →	A	B	C
	C	242	210	-		C	214	168	-
	D	288	244	-		D	238	204	-
	E	301	292	-		E	246	232	-
	F	310	315	281		F	458	282	188
	G	347	353	335		G	321	296	208

Le coût de la rénovation performante

Le nombre de bouquets de travaux permettant de réaliser une rénovation performante est d'autant plus réduit que l'on part d'une étiquette DPE peu performante. En effet, pour passer d'une étiquette G à au moins C, il est nécessaire de réaliser un ensemble de gestes de rénovation plus important que pour passer de C à B ou 1 seul geste peut suffire

Dans tous les cas de figure, la distribution des coûts des travaux exprimés par unité de surface habitable (SHAB en m²) est asymétrique et orientée vers les valeurs élevées (queue de distribution étalée vers la droite) (Tableau 2). Pour un saut d'étiquette DPE donné, il existe donc un minimum de coût d'investissement correspondant à une combinaison « logement-bouquet » favorable, et pour des configurations particulières de combinaisons « logement-bouquet », des coûts très élevés mais statistiquement peu fréquentes.

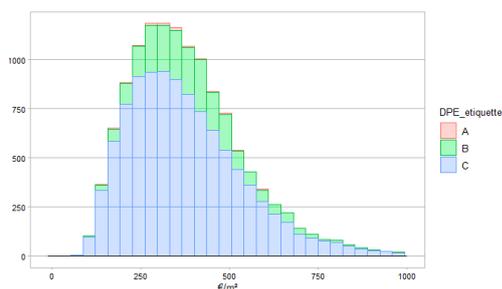


Figure 1. Distribution des coûts (€/m² SHAB) pour réaliser une rénovation performante pour les MI en étiquette G.

On notera que la dispersion des coûts par bouquet que nous simulons ne provient pas de l'écart des prix observés mais uniquement de la diversité de la typologie des logements et des

bouquets de travaux et de l'agrégation des étiquettes d'arrivée.

Au-delà du coût, l'atteinte de la classe A est difficile pour les logements en classe initiale G car le nombre de bouquet possibles est faible (Figure 1) au contraire des logements en étiquette C (Figure 2).

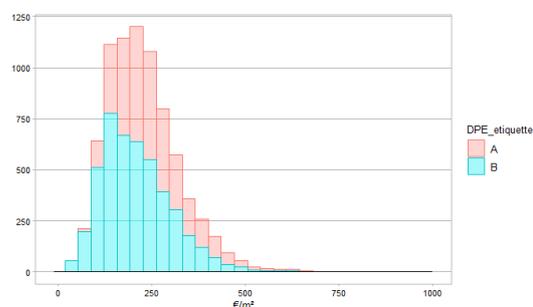


Figure 2. Distribution des coûts (€/m² SHAB) pour réaliser une rénovation performante pour les MI en étiquette C.

Globalement, le coût de l'accès aux classes A ou B diminue lorsque la performance initiale est meilleure (tableau 3). Exemple en MI : de 350 €/m² pour passer de la classe G à A, à 240 €/m² pour passer de la classe C à A.

Pour les LC, le coût de la rénovation performante est plus faible, de 320 €/m² pour la classe G à A, à 210 €/m² pour la classe C à A en partie parce que nous ne simulons pas l'isolation par l'extérieur.

Pour les classes F et G, l'accès à la classe A n'est pas beaucoup plus élevé (moins de 4 % de surcoût en moyenne) que l'atteinte de la classe C en ce qui concerne les MI. En revanche, pour les LC l'écart entre l'atteinte de la classe C ou A est important (50 % de surcoût).

Si l'on compare les coûts minimum (i.e. 1^{er} quartile) des MI en étiquette G ou en C pour



réaliser une rénovation performante (respectivement 246 €/m² et 150 €/m²), la différence est importante même si la possibilité de se limiter à la classe C pour les logements en G existe. Pour les LC, le coût d'accès minimal (i.e. 1^{er} quartile) à la rénovation performante est bien plus faible qu'en MI, que ce soit pour les étiquettes de départ G ou C, respectivement 154 €/m² et 97 €/m².

Les solutions techniques

Plus le logement est performant, plus le nombre de bouquets de travaux qui permet de réaliser une rénovation performante augmente, en particulier pour les MI. Cela s'explique par la nécessité pour les logements les moins performants de réaliser l'ensemble des postes de travaux possibles pour atteindre les sauts d'étiquette souhaités.

Pour les LC, en raison de configurations particulières et de solutions techniques moindres et des limites de notre simulation, l'ensemble de gestes de rénovation est plus limité.

En MI, les travaux les plus coûteux concernent les bouquets qui contiennent à la fois l'isolation de l'ensemble des parois (ITE, plancher, toit, fenêtre et porte), la ventilations double-flux et un système de chauffage avec ou sans ECS (chaudière biomasse, PAC air-eau ou hybride, PAC air-air et CET) pour un montant moyen compris entre 55 et 60 000 € par MI (500 à 800 €/m²).

En ce qui concerne les LC, les travaux les plus coûteux concernent les bouquets qui contiennent à la fois l'isolation de certaines parois (ITI, plancher ou toiture) selon la configuration du LC, la ventilation et un système de chauffage (PAC collective ou individuelle simple ou double service) et d'ECS

le cas échéant pour un montant compris entre 30 000 € et 40 000 € par logement.

Limite de l'étude pour les logements collectifs

Si cette étude permet globalement de calculer un ensemble important de solutions techniques pour un nombre élevé de types de logements, cela n'est pas vrai pour l'ensemble des cas et notamment les LC en classes énergétiques intermédiaires (i.e. C et D). Cela peut s'expliquer à la fois par le nombre faible de LC dans la base PHEBUS dans ce segment (Tableau 4) croisé avec un nombre de bouquets de travaux faible (Tableau 1).

Tableau 4. Nombre de logements par classe de DPE initiale. (Source PHEBUS, recalcul auteurs).

	G	F	E	D	C
MI	396	347	476	370	102
LC	153	134	171	158	29

Cela se traduit bien par l'écart important entre la valeur moyenne et la valeur médiane des coûts sur les distributions (Tableau 2) pour les petits effectifs.

Les coûts de rénovation calculés ici, n'intègrent pas les évolutions récentes et importantes du coût des travaux¹³ et sont du même ordre de grandeur que ceux trouvés dans la littérature¹⁴ (200-300 €/m² en LC et 300 €/m² pour une MI). Le passage vers la classe A du DPE implique en moyenne un surcoût nettement plus important que pour les autres DPE finaux, ce qui traduit notamment le fait que les gestes restants sont généralement les plus onéreux.

Cependant, le coût plus élevé pour une maison n'est pas toujours retrouvé dans d'autres études. Ainsi, l'étude de la Direction Générale du Trésor¹⁵ suggère des coûts de rénovation plus élevés en habitat collectif.

¹³ Indice IPEA de 124 fin 2022 contre 105 fin 2019 (INSEE- Indice des prix de l'entretien-amélioration des bâtiments).

¹⁴ ADEME-ENERTECH, Analyse des coûts de la rénovation énergétique des logements en France, juillet 2016, 86p

¹⁵ Direction Générale du Trésor (2023). Les enjeux économiques de la transition vers la neutralité carbone – rapport intermédiaire, 128p



Conclusion

De manière globale, le coût de la rénovation performante est de l'ordre de 200 à 350 €/m² selon la classe DPE de départ et le type de logement. En croisant ces simulations de travaux avec les volumes de logements à rénover et les arbitrages financiers des ménages, il sera possible d'estimer le coût de la rénovation performante du parc, et surtout, de décrire la nature des travaux nécessaires pour ce faire (flux de gestes et de matériaux) et l'impact sur les filières bâtiments sollicitées (volume d'activité nécessaire). Ce travail permettra également de définir et quantifier

les types de logements pour lesquels la rénovation performante est la moins coûteuse, donc susceptible d'être aisée à financer, et à l'inverse, les types de logements pour lesquels toutes les solutions ont des prix élevés.

Par ailleurs, cette étude ne prend pas en compte les aides possibles selon les ménages et ses conséquences sur la déformation de la matrice de coûts en fonction du reste à charge qui serait intéressant à étudier dans l'avenir.

Dominique Osso (EDF Lab Les Renardières)
dominique.osso@edf.fr
Najlae Bouhi (EDF UK Centre)

Annexe 1. Travaux simulés concernant les équipements de chauffage et d'ECS pour les MI

Energie et système de chauffage initial	Travaux	
	Chauffage	Travaux ECS liés
Électricité / Effet Joule	PAC air-air, radiateur effet Joule, PAC air-air et appoint Joule	
Électricité / Chaudière	PAC air-eau, PAC double service	ECS produite par PAC, CET
Gaz / Chaudière	Chaudière condensation, PAC double service, PAC air-eau, PAC hybride	ECS produite par PAC ou chaudière, CET
Fioul et GPL / Chaudière	PAC double service, PAC air-eau, PAC hybride	
Biomasse / Chaudière	PAC double service, PAC air-eau, Chaudière biomasse	
Biomasse / Poêle bois	PAC air-air, Poêle bois et appoint Joule	

Annexe 2. Travaux simulés concernant les équipements de chauffage et d'ECS pour les LC

Energie et système de chauffage initial	Travaux	
	Chauffage	Travaux ECS liés
Électricité / Effet Joule	PAC air-air, radiateur effet Joule, PAC air-air et appoint Joule	
Gaz / Chaudière collective	Chaudière gaz collectif, PAC eau-eau collectif	ECS collective produite par PAC ou chaudière
Gaz / Chaudière individuelle	PAC air-eau, chaudière gaz	ECS Joule accumulation, CET, produite par chaudière
Fioul et GPL / Chaudière individuelle	PAC air eau, PAC air-air	ECS Joule accumulation, CET
Biomasse / Chaudière	PAC air eau, PAC air-air	ECS Joule accumulation, CET
Biomasse / poêle bois	PAC air-air, radiateur joule, PAC air-air et appoint électrique direct	

Ce document a été réalisé dans le cadre du projet PREMOCASSE. PREMOCASSE est un projet de recherche socio-économique sur la rénovation du bâtiment co-financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche, contrat ANR-19-CE22-0013-01). Il est mené en partenariat par EDF R&D, le Centre de Sociologie de l'Innovation de l'École des Mines de Paris et le CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement).

Les idées et opinions énoncées ici sont celles des auteurs uniquement et ne sont pas celles des institutions auxquelles ils appartiennent ni de l'organisme financeur.

Pour citer ce document : Osso, D ; Bouhi N. Le prix de la rénovation performante : une estimation de l'amplitude des coûts pour les logements résidentiels privés, février 2024, en ligne : <https://www.premoclasse.fr/>.

Contact : Catherine Grandclément (coordinatrice du projet), catherine.grandclement@edf.fr

