

# 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.

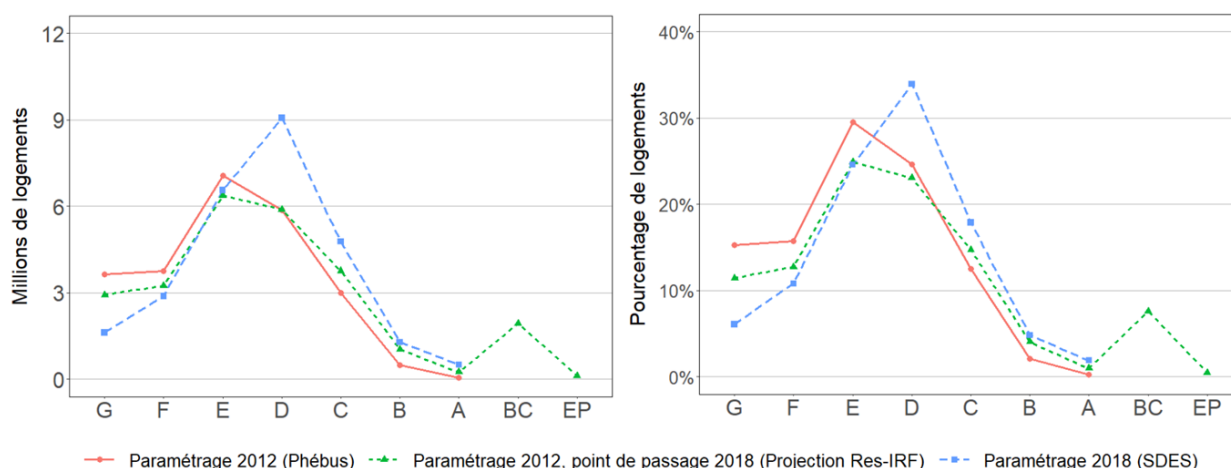
On présente ci-dessous une comparaison synthétique des trois photographies du parc après ajustement à la segmentation du modèle Res-IRF :

- Phébus 2012 ;
- l'image Phébus 2012 projetée en 2018 par Res-IRF<sup>1</sup> ;
- SDES 2018.

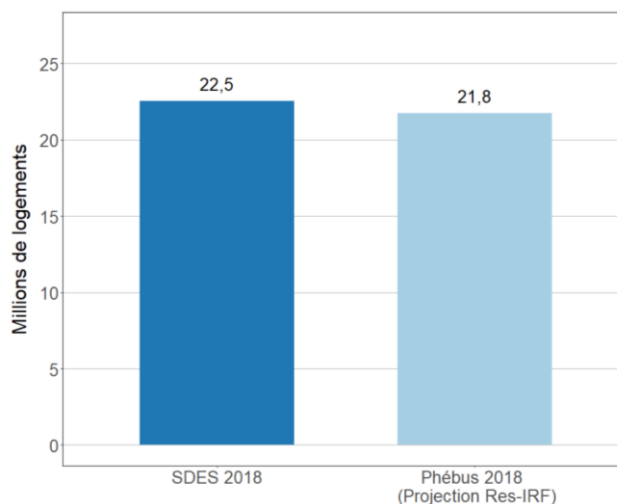
Il s'agit ici de l'intégralité des résidences principales en France métropolitaine alors que le périmètre de l'étude est restreint au parc privé.

<sup>1</sup> 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.

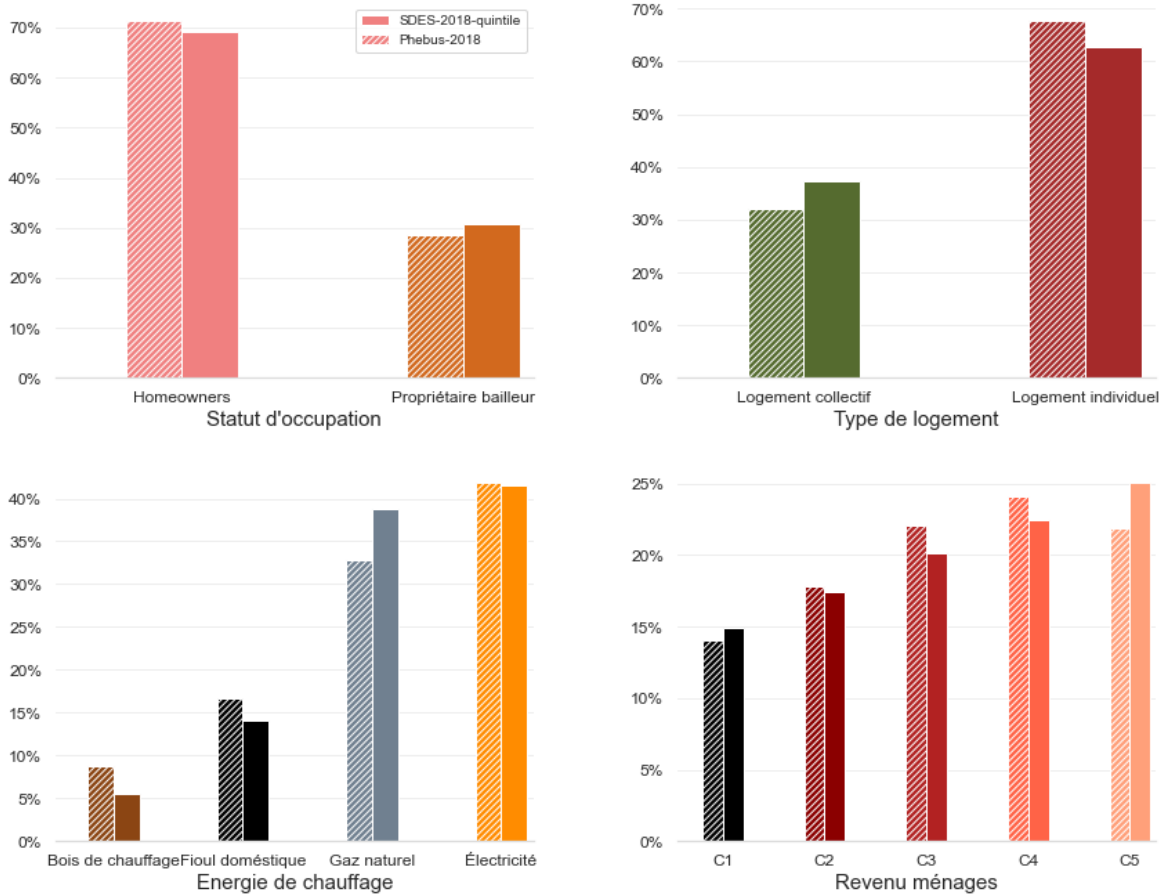
Sources : MTES, Cired

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

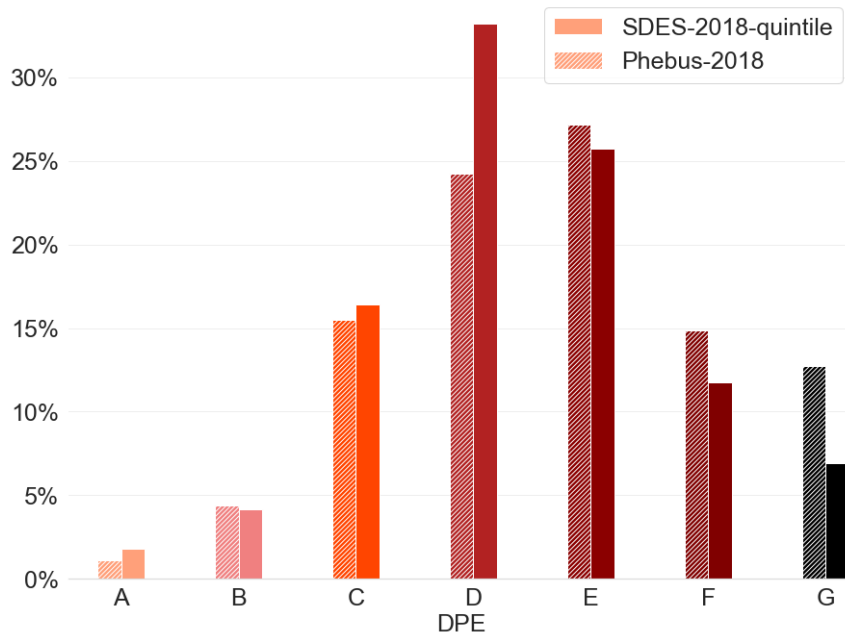
Statut d'occupation	Type de logement	Surface moyenne (m <sup>2</sup> )
Locataires	Maisons	87,1
	Appartements	53,5
Propriétaires occupants	Maisons	109,5
	Appartements	74,3

Source : SDES, à partir des données Fidéli 2018

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

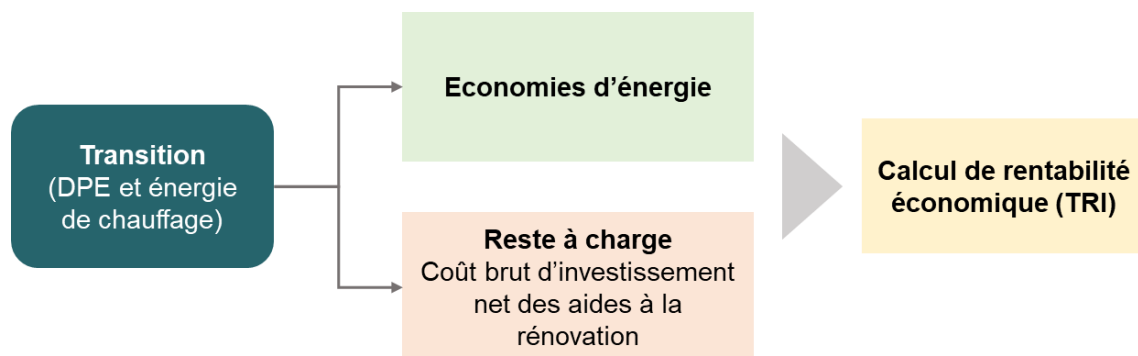


Source : SDES 2018, Phébus 2018



Source : SDES 2018, Phébus 2018

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



**Tableau 3 – Coûts unitaires par m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>. Tous les chiffres sont hors subvention et après une TVA à 5,5%.

**Tableau 4 – Coûts unitaires par m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>. 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 :

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

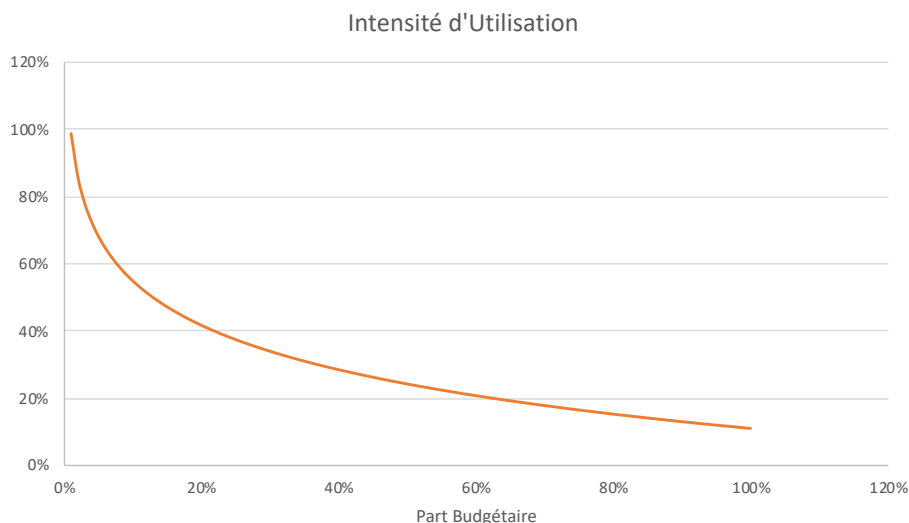
Avec  $P_t(e)$  : prix de l'énergie  $e$  en t (euros par kWh PCI).

**Tableau 5 – Hypothèse de consommation énergétique conventionnelle**

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

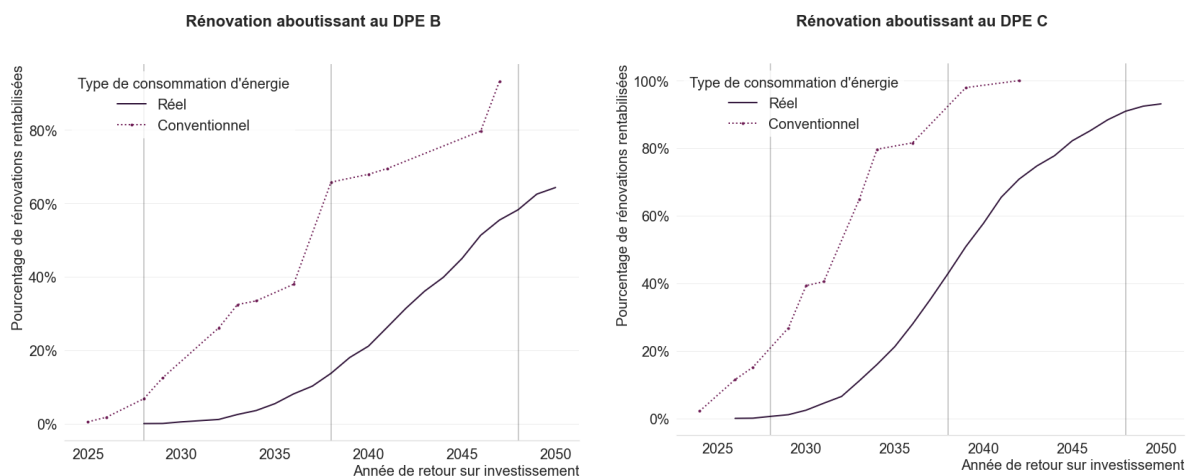
Source : Cired (2018), Évaluation prospective des politiques de réduction de la demande d'énergie pour le chauffage résidentiel.

### 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  $\delta$  : 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 <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> <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>	<p>Voir <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> et <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b> Graphique 7 <i>infra</i></p>	<p>Projections tendancielles 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>

<b>Image du parc</b>	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.
<b>Coût de transition de l'enveloppe et du système de chauffage</b>	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.
<b>Coefficient de conversion énergie finale / primaire</b>	MTES	2,58	
<b>Revenus moyens des ménages</b>	SDES, à partir des données Fidéli 2018		Revenus moyens par ménage en 2018 en fonction de leur décile Insee.
<b>Surface moyenne des logements</b>	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).
<b>Période de remboursement</b>	France Stratégie	30 ans au maximum	L'opérateur ensemblier doit rentabiliser son investissement sur un horizon de 30 ans au maximum.
<b>Durée de vie des rénovations</b>	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.
<b>Part subventionnée des investissements</b>	France Stratégie	30 %	



**Tableau 8 – Récapitulatif des scénarios modélisés**

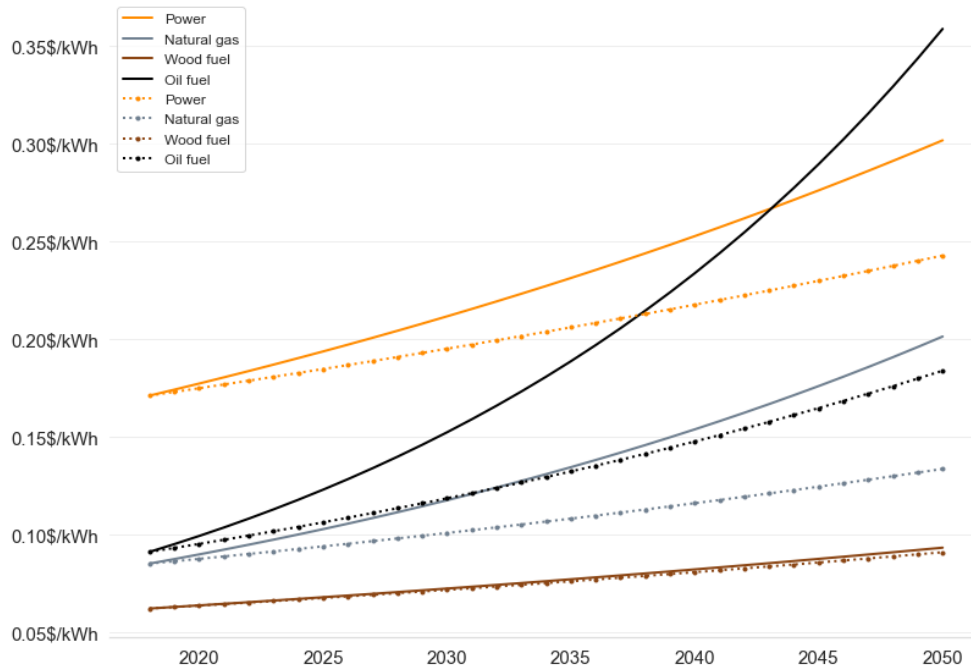
Variable	Scénario de référence	Spécifications alternatives	Incertitude	Influence des variables clés
<b>Changement d'équipement de chauffage</b>	Choix du vecteur permettant de maximiser la rentabilité de la rénovation	Voir section 1 périmètre de l'étude		
<b>Taux de rétrocession</b>	75 %			70 %-100 %
<b>Taux d'intérêt</b>	2 %		1 % - 2 % - 3 %	0 %-8 %
<b>Coûts d'investissement</b>	Voir section 2.1.1		Baisse de 0 %, 10 % par rapport aux coûts de référence des rénovations <sup>2</sup>	0 %-+ 30 %
<b>Taux de croissance du prix des énergies</b>	Hypothèses CGDD <b>Erreur ! Source du renvoi introuvable.</b>		CGDD – Cired	CGDD – Cired
<b>Image du parc</b>	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
<b>Électricité</b>	0,171	1,79 %	1,10 %
<b>Gaz</b>	0,085	2,73 %	1,42 %
<b>Fioul domestique</b>	0,091	4,38 %	2,20 %
<b>Bois</b>	0,062	1,28 %	1,20 %

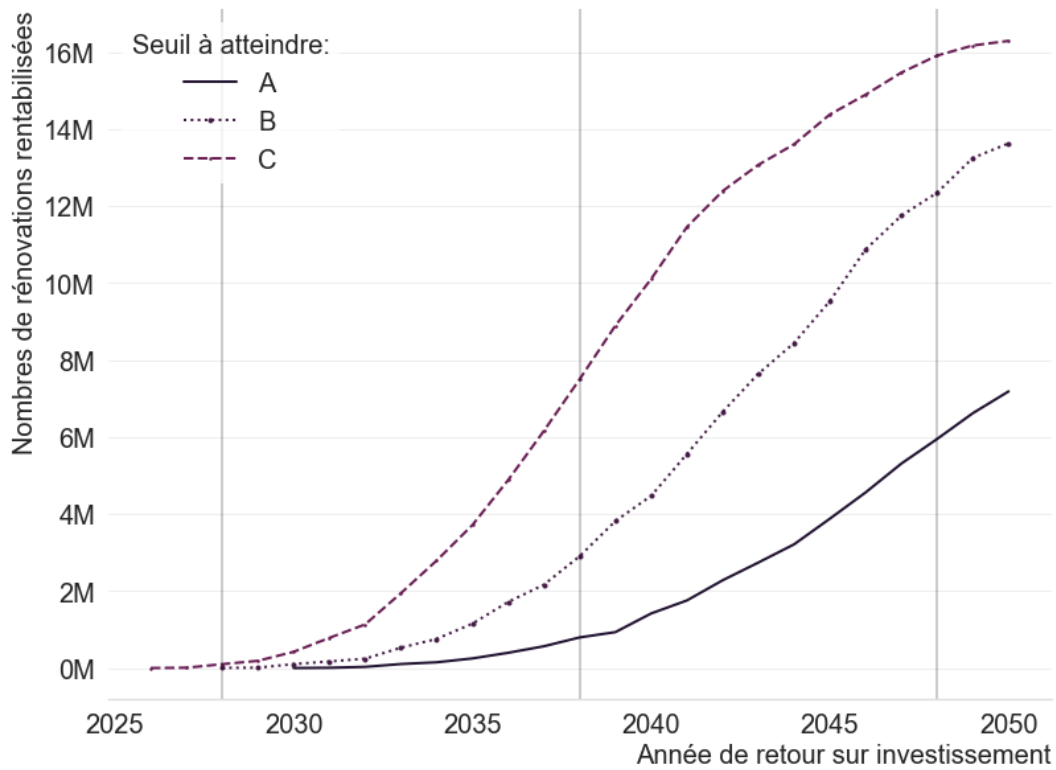
<sup>2</sup> On suppose que le dispositif induit une baisse des coûts par une meilleure coordination des corps de métier, des économies d'échelle et l'innovation.

### Graphique 7 – Projections de prix des énergies



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

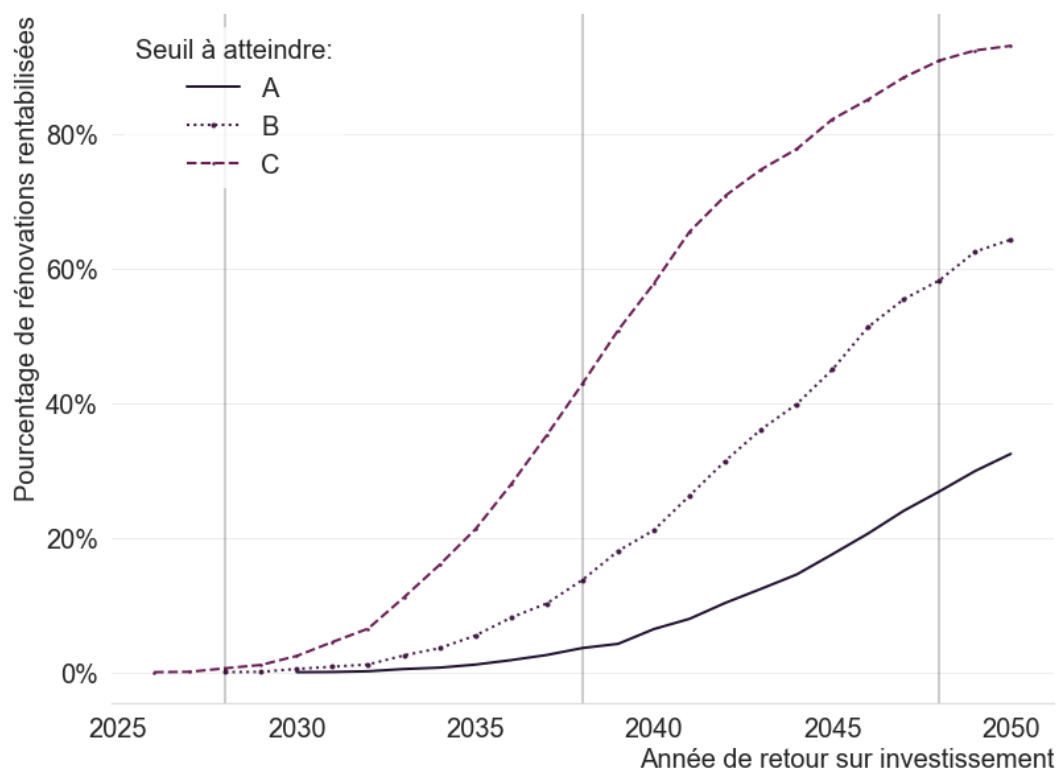
### Graphique 8 – Nombre cumulé de rénovations rentabilisées selon l'horizon d'investissement



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.

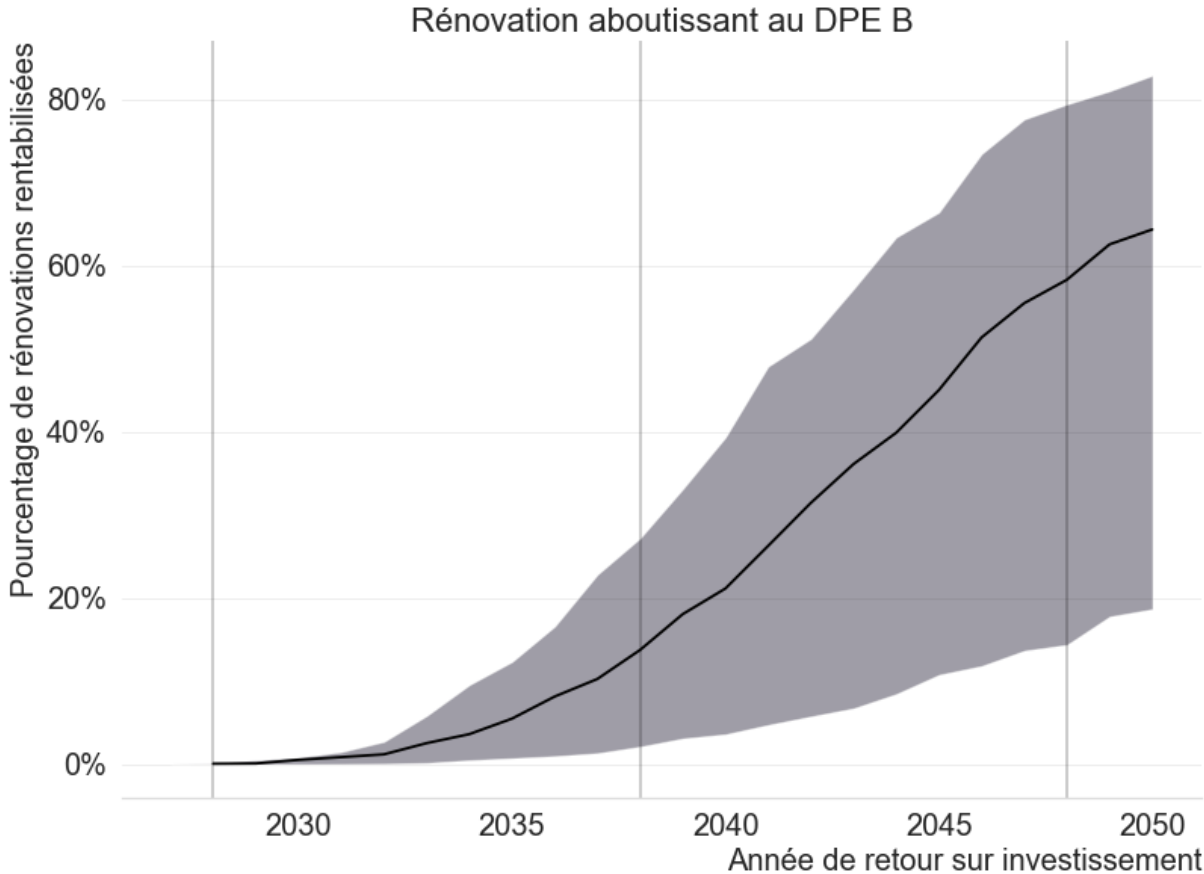
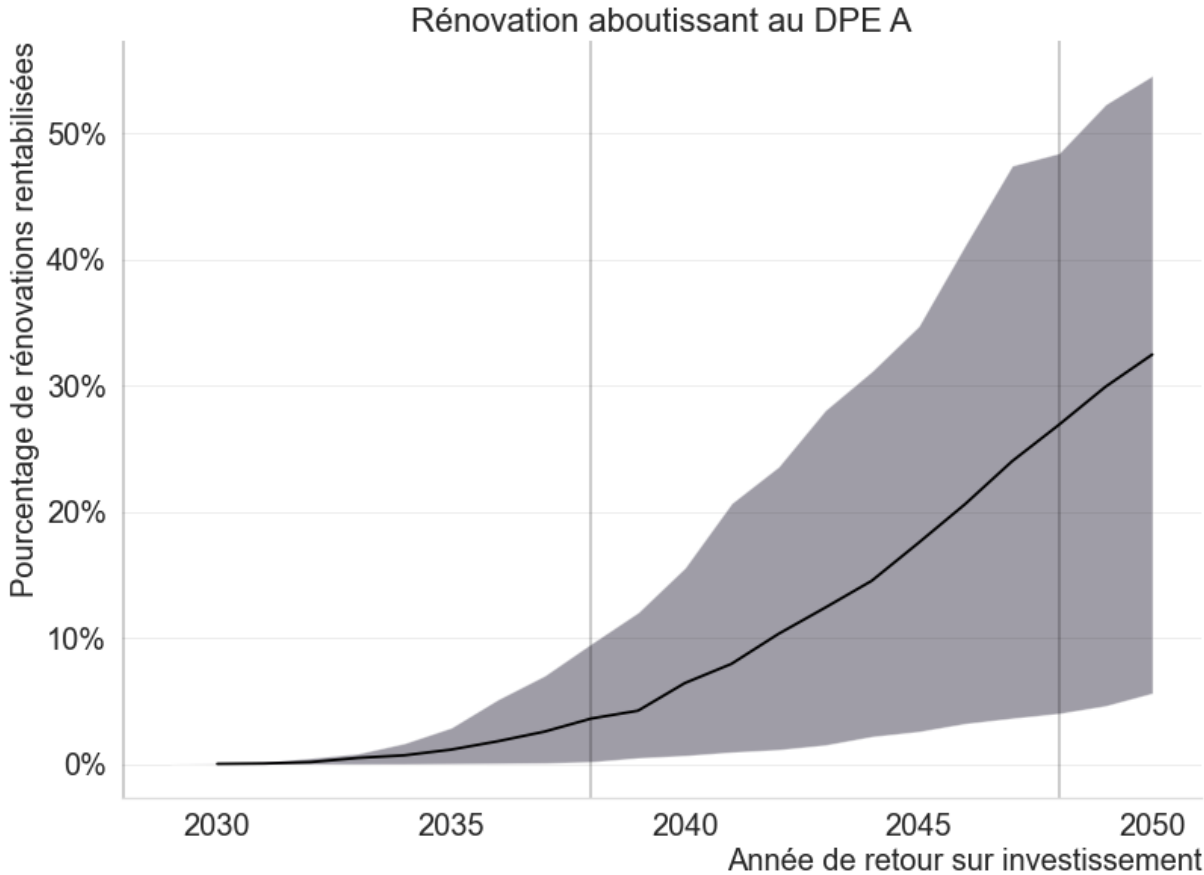
Source : Cired

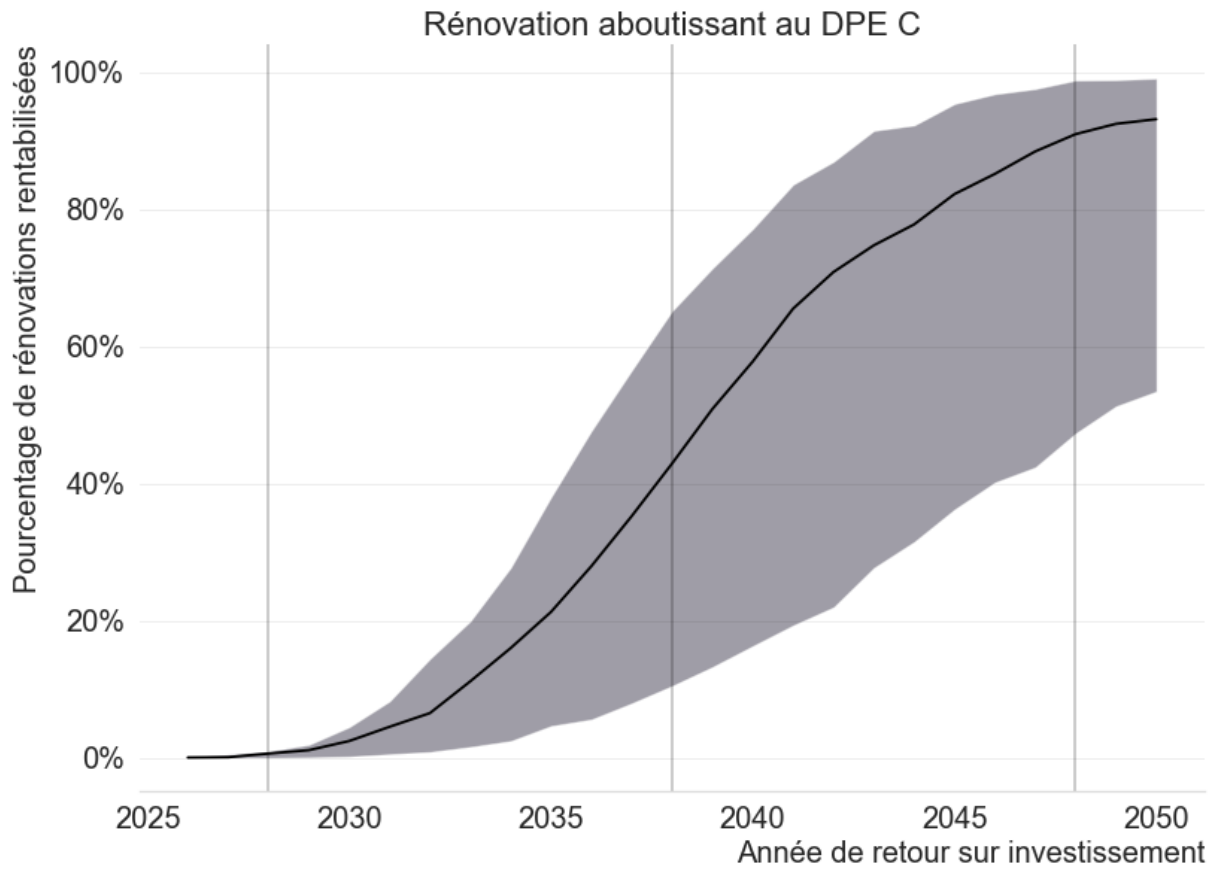
**Tableau 10 – Résultats numériques du scénario de référence**

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

Source : Cired

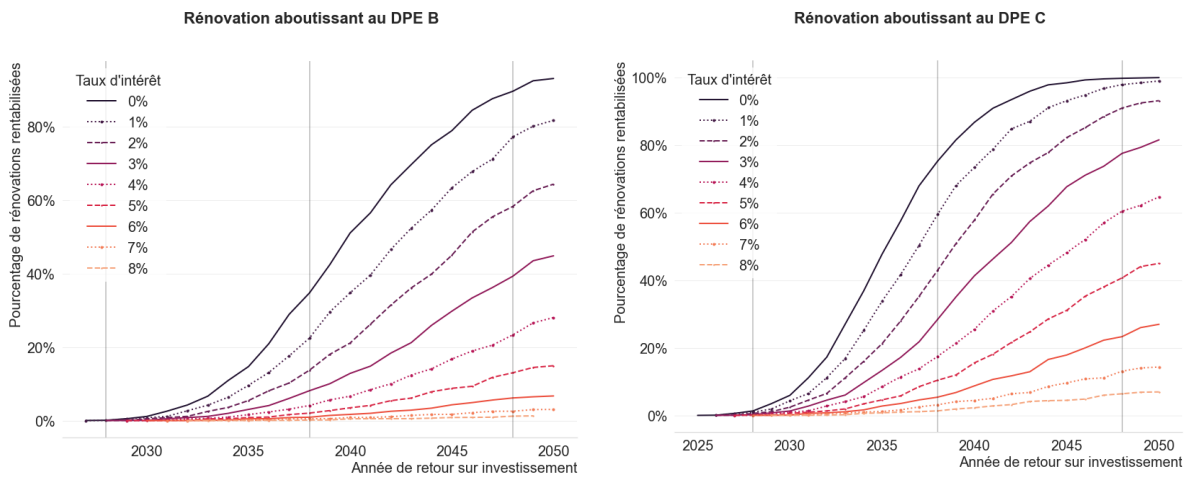
Graphique 10 – Analyse de l'incertitude des résultats





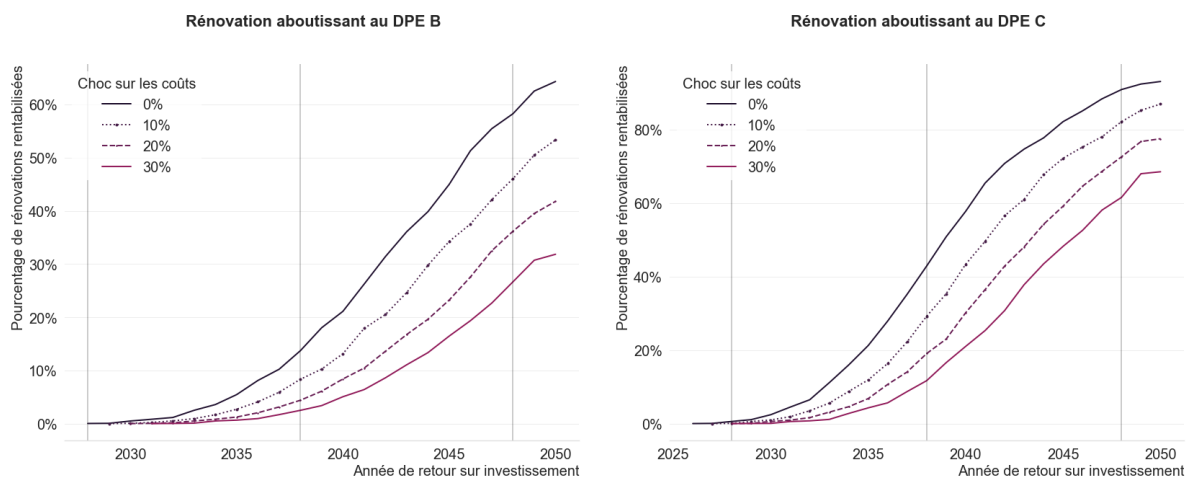
Source : calculs Cired

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



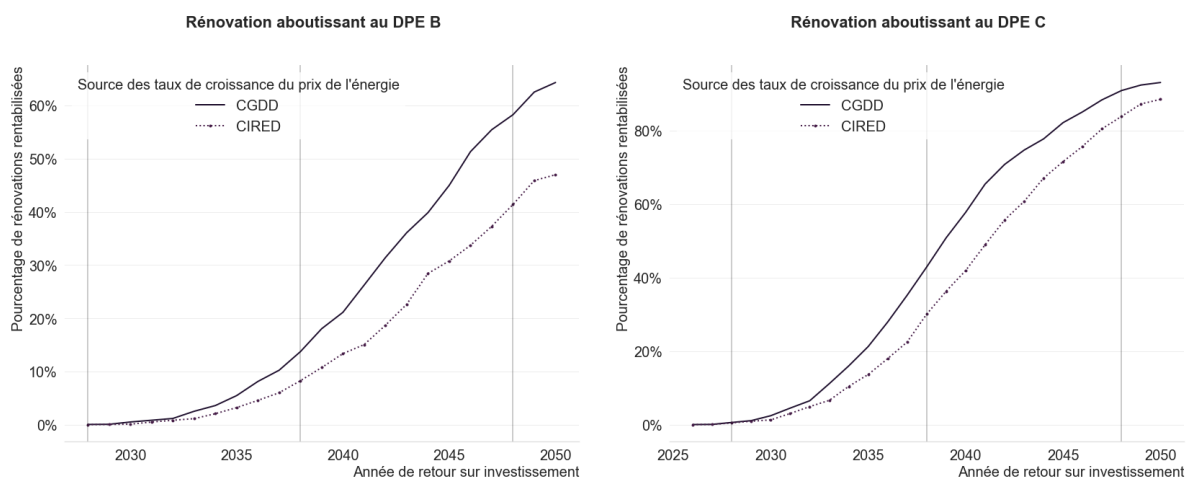
Source : calculs Cired

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



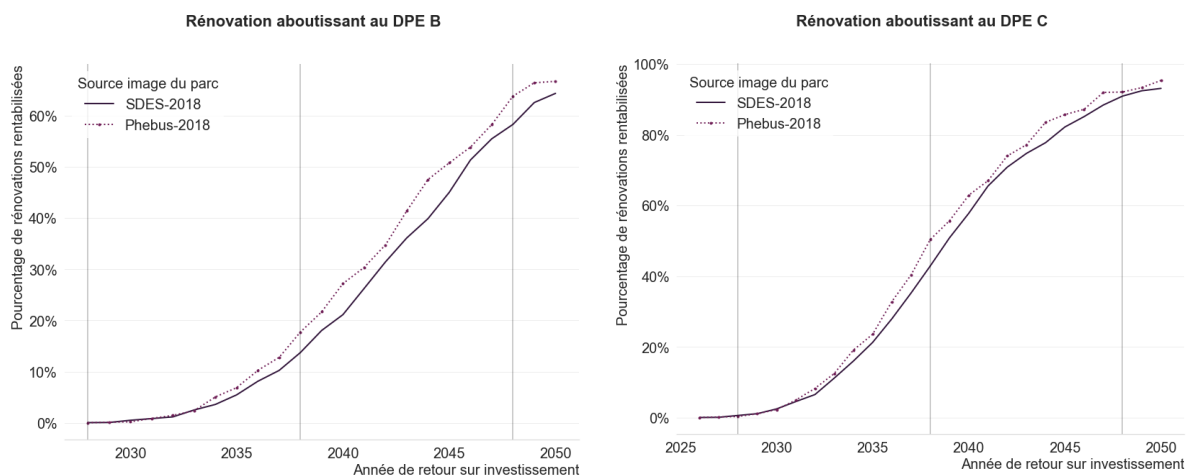
Source : calculs Cired

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



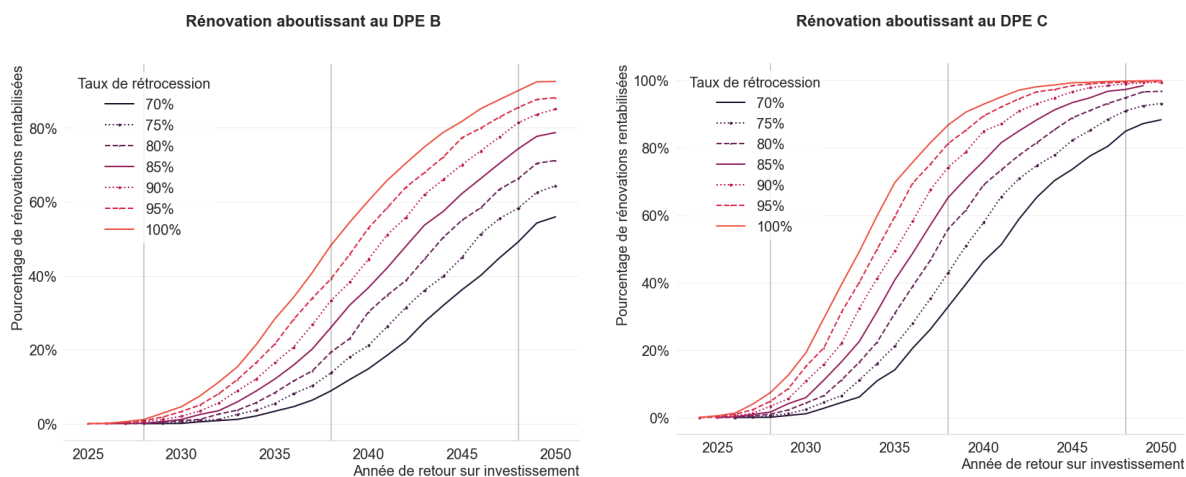
Source : calculs Cired

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



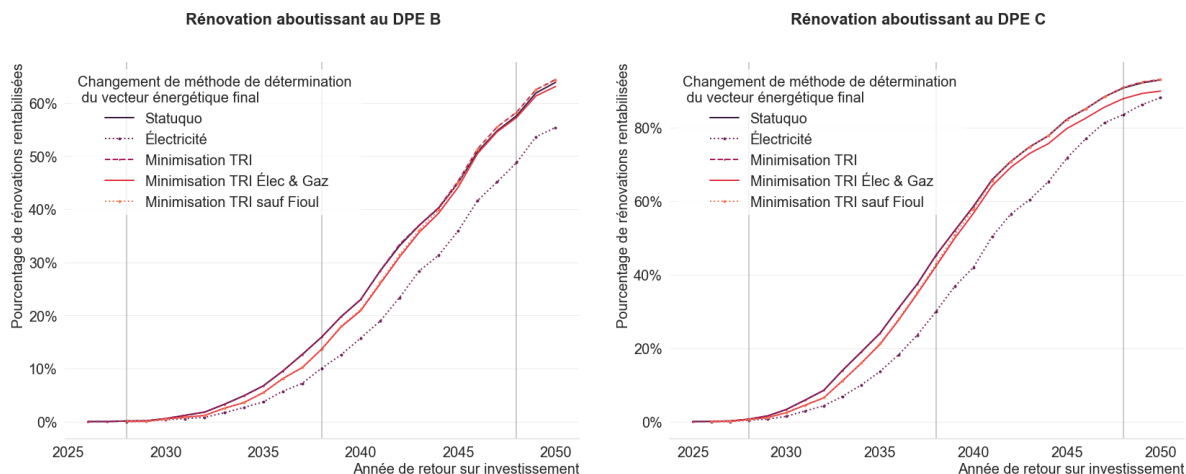
Source : calculs Cired

## 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



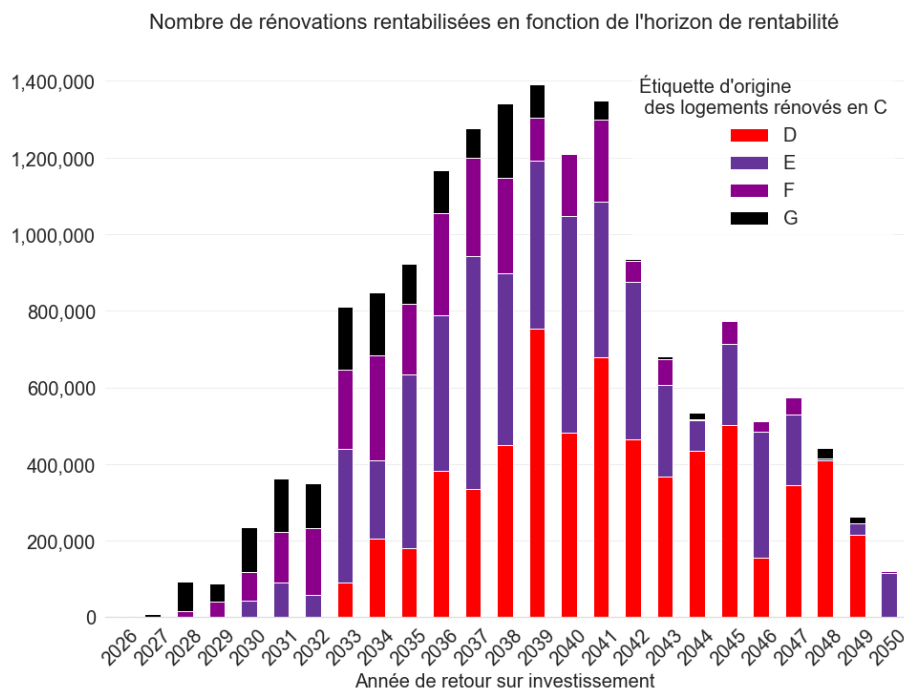
Source : calculs Cired



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

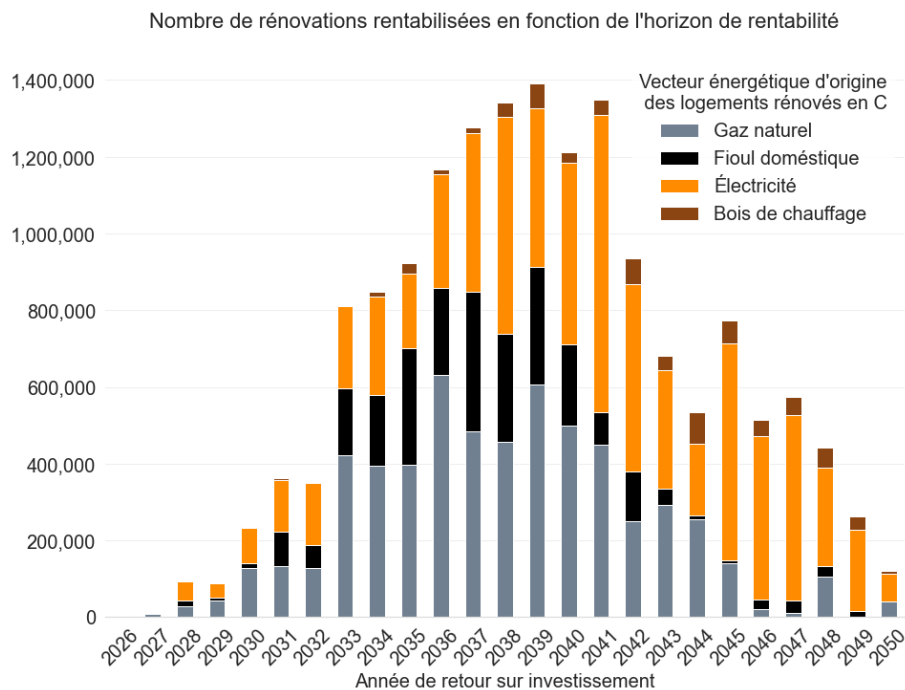
Variable/spécification du modèle	Impact sur les résultats
Taux d'intérêt	+++
Coûts d'investissement	++
Taux de rétrocession des économies d'énergie	++
Taux de croissance du prix des énergies	++
Image du parc	+
Spécification du changement d'équipement de chauffage	+

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



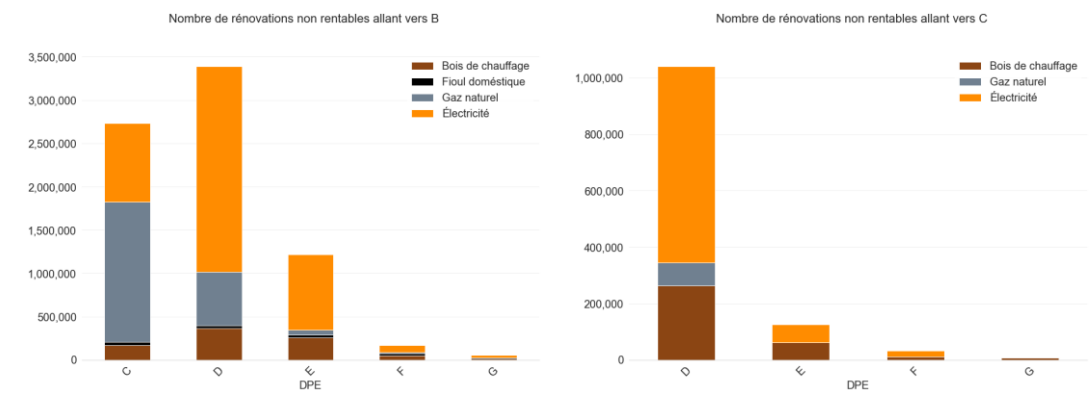
Source : calculs Cired

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



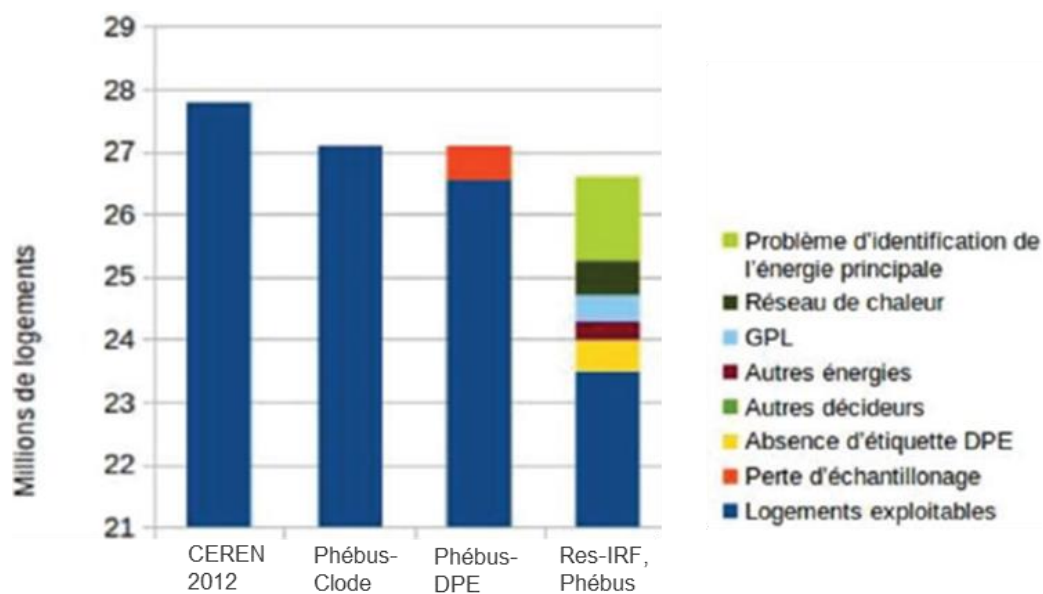
Source : calculs Cired

## Graphique 19 – Caractéristiques des rénovations non rentables



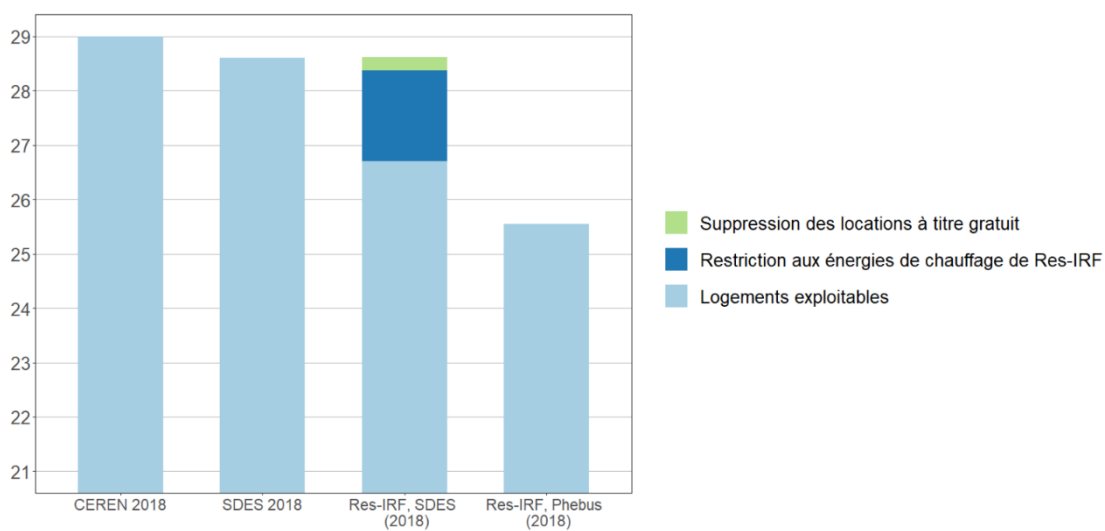
Source : calculs Cired

**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

