

Novembre 2018

Étude d'impact du crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)

Silvano Domergue et Bruno Vermont, CGDD (Commissariat général au développement durable)

***Évaluation réalisée sous la supervision du
Conseil d'évaluation de l'OAT verte***

Étude d'impact du crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)

Synthèse non technique

Rappel historique sur le CITE

Le **crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)** est un crédit d'impôt sur le revenu accordé au titre des dépenses d'efficacité énergétique et des investissements dans les énergies renouvelables. Locataires et propriétaires peuvent prétendre au crédit d'impôt uniquement pour leur habitation principale. Les équipements et matériaux éligibles au crédit d'impôt doivent respecter des critères techniques minimum en termes d'efficacité énergétique. Les ménages bénéficient du crédit d'impôt l'année qui suit la fin de la rénovation du logement. Le CITE représente, en termes de coût budgétaire, la dépense verte éligible la plus importante parmi celles qui sont adossées à l'OAT verte.

Développements récents

Depuis le lancement du CITE en 2014, les ménages peuvent prétendre à un crédit d'impôt **au taux unique de 30 %** pour toutes les rénovations éligibles. Les dépenses de rénovation éligibles sont plafonnées à 8 000 euros pour une personne seule et 16 000 euros pour un couple. Les entreprises qui réalisent les travaux de rénovation doivent satisfaire aux critères d'un label garantissant qu'elles sont qualifiées pour réaliser des travaux de rénovation énergétique, baptisé **label RGE**. En tant que crédit d'impôt, cette subvention est perçue l'année qui suit les dépenses.

En 2016 et 2017, le coût budgétaire du CITE s'est élevé à **1,7 milliard d'euros par an**, soit une hausse significative par rapport à la période 2013-2014, les taux du crédit d'impôt étant compris entre 15 et 25 % avant septembre 2014. Les dépenses (pour les travaux terminés en 2015 et 2016) concernent **principalement l'isolation (pour 73 %)**. Le remplacement des systèmes de chauffage et les investissements dans les énergies renouvelables représentent respectivement 11 et 16 %.

Méthode d'évaluation

En l'absence de données micro-économiques détaillées sur les économies d'énergie découlant des opérations de rénovation effectuées dans le cadre du CITE, l'évaluation n'est pas chose aisée. Il convient donc d'estimer ces économies. L'évaluation repose donc sur un modèle de simulation, le modèle Res-IRF mis au point par le CIRED (Centre international de recherche sur l'environnement et le développement), et sur l'utilisation de données micro-économiques *a posteriori* issues d'enquêtes, afin de refléter le plus fidèlement possible les comportements réels des ménages. Le modèle simule les décisions de rénovation des logements et les choix de systèmes de chauffage des ménages français sur la base des coûts de rénovation et d'un scénario exogène des prix de l'énergie. Sa spécificité est de tenter d'estimer les consommations d'énergie réelles en tenant compte de ce que l'on appelle l'« effet rebond », qui décrit le fait que si les ménages optimisent l'efficacité énergétique de leur logement, ils améliorent aussi leur confort thermique et consomment plus d'énergie que ne le prévoit la consommation théorique. Ainsi, les économies d'énergie obtenues grâce aux travaux de rénovation ne sont pas surestimées.

Elles sont plus probablement sous-estimées du fait de l'omission de certains effets positifs dont le modèle ne tient pas compte (par exemple, les économies d'énergie supplémentaires réalisées

ne sont pas prises en compte si le logement conserve la même classe énergétique¹). Par ailleurs, certains impacts importants ne sont pas pris en considération dans la méthode d'évaluation, tels que la réduction associée de la pollution de l'air ou d'autres externalités, ou le renforcement des capacités nationales en matière de fourniture de solutions améliorant l'efficacité énergétique et la sensibilisation du public aux économies d'énergie.

Le modèle est calibré à partir du parc de logements français de 2012 et de sa consommation d'énergie liée au chauffage. Il permet notamment de calculer la consommation d'énergie liée au chauffage et les émissions de gaz à effet de serre des logements français entre 2012 et 2050.

Le modèle nous permet de simuler l'impact des politiques publiques sur l'efficacité énergétique des logements français en intégrant l'influence qu'exercent ces politiques sur les choix des ménages *via* la réduction des coûts de rénovation (subventions, prêts à taux bonifié...) et l'augmentation des prix de l'énergie (taxe carbone). Il intègre également les effets de la réglementation thermique sur les bâtiments neufs.

Pour apprécier l'impact du CITE sur les investissements en faveur de l'efficacité énergétique, la consommation d'énergie liée au chauffage et les émissions de GES, nous avons comparé une simulation sans le CITE à une simulation avec le CITE sur la période 2015-2016, toutes choses égales par ailleurs (en supposant le maintien des autres mesures). Comme les bénéfices des rénovations se font sentir pendant plusieurs années après les travaux, les effets du CITE sont évalués sur toute la période 2015-2050 dans les deux scénarios.

Principaux résultats

Pertinence et efficacité du CITE

- Le CITE apparaît parfaitement pertinent au regard des objectifs du gouvernement.
- Le CITE a réduit la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ respectivement d'environ 0,9 TWh et 0,12 MtCO₂ par an en 2015 et en 2016. Cela représente 0,3 % de l'énergie consommée pour le chauffage et 0,3 % du CO₂ émis par le secteur du logement en 2015 et 2016.
- Ces effets persistent pendant plusieurs années : sur la période 2015-2050, des quantités d'émissions de 2,9 MtCO₂ et une consommation d'énergie de 43 TWh ont été évitées. Les quantités cumulées de CO₂ non émises sur la période 2015-2050 grâce aux investissements supplémentaires réalisés en 2015 correspondent à 7 % du CO₂ émis par le secteur du logement cette même année. Les gains collectifs liés à la diminution des externalités de pollution représentent environ 200 €/tCO₂, ce qui aboutit, en déduisant ce montant du coût d'abattement des émissions de CO₂, à une baisse du coût d'abattement à 40 €/tCO₂.

Analyse de la répartition des coûts

- Le coût budgétaire du CITE est de 1,7 milliard d'euros par an pour 2015 et 2016, si l'on néglige les effets indirects du CITE sur le budget d'autres mesures et sur les recettes fiscales.
- Le coût pour les ménages représente un investissement supplémentaire de 3,4 milliards d'euros sur la période 2015-2016, qui est presque entièrement couvert par les économies engendrées à long terme sur la facture énergétique.
- Grâce au crédit d'impôt, l'investissement en faveur de l'efficacité énergétique est extrêmement rentable pour les ménages et leur permet d'économiser 2,2 milliards d'euros

¹ Les logements sont notés par « classes énergétiques » de A à G en fonction de leur performance énergétique. Les améliorations apportées à l'efficacité énergétique d'un logement peuvent conduire à un changement de classe énergétique, mais des améliorations peuvent aussi avoir lieu au sein d'une même classe énergétique.

sur la période 2015-2050.

Effet additionnel du CITE

- Le CITE a suscité environ 75 000 rénovations supplémentaires (entendues au sens de travaux permettant de passer d'une classe énergétique à une autre) par an en 2015 et 2016, soit une hausse de près de 11 % du nombre de rénovations réalisées.
- Le CITE a suscité 1,7 milliard d'euros d'investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique par an en 2015 et 2016, soit une hausse de près de 16 % du montant des investissements en faveur de l'efficacité énergétique.
- Les opérations de rénovation réalisées en utilisant le CITE sont plus ambitieuses que celles réalisées sans le CITE.
- Le rapport entre les investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique engagés grâce au CITE et les dépenses publiques liées au coût budgétaire du CITE (l'effet de levier du mécanisme du CITE) est légèrement supérieur à 1 en 2015 et 2016.
- Le CITE améliore l'efficacité énergétique du parc de logements. Le nombre de logements basse consommation (classe énergétique A ou B) avait augmenté de 39 000 à la fin de l'année 2016. En 2015 et 2016, le rôle incitatif du CITE a permis de maintenir le parc de logements sur une trajectoire plus vertueuse, avec 71 000 logements basse consommation en plus d'ici la fin de l'année 2050.
- La consommation moyenne d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré est réduite de 0,6 % en 2050.

Efficiency économique du CITE

- Nous évaluons l'efficacité économique du CITE pour la société en calculant le rapport entre le coût net des rénovations (investissements moins économies sur la facture énergétique) et les bénéfices que la société en retire (émissions évitées, économies d'énergie). Les effets à long terme du CITE sur la période 2015-2050 ont été pris en compte. Les investissements, les économies d'énergie et les quantités de CO₂ évitées sont actualisés au taux de 4,5 %. En outre, la consommation d'énergie supplémentaire des ménages liée à l'amélioration de leur confort thermique et les effets associés sur la santé ne sont pas pris en considération.
- Le **coût d'abattement des émissions de CO₂** évitées grâce aux investissements réalisés en 2015 et 2016 est estimé à **240 euros par tonne**, actualisé sur la période 2015-2050. Cette valeur, sujette à une forte sensibilité, varie entre 0 et 500 €/tCO₂ lorsque les coûts de rénovation varient entre -20 % et +20 %. Les gains collectifs liés à la diminution des externalités de pollution représentent environ 200 €/tCO₂, ce qui aboutit, en déduisant ce montant de la valeur ci-dessus, à une baisse du coût d'abattement des émissions de CO₂ à 40 €/tCO₂. Ce coût doit être mis en regard du coût social de la trajectoire du prix du carbone sur la même période. Ce coût semble raisonnable, au regard des études et discussions récentes autour de la future stratégie nationale de réduction des émissions de GES, qui devraient fixer le coût social du carbone au minimum aux environs de 250 euros par tonne de CO₂ en 2030.
- Le coût d'abattement des émissions de CO₂ évitées grâce aux investissements réalisés en 2015 et 2016 est estimé à 20 euros par MWh.

Analyse de sensibilité

- L'analyse de sensibilité montre que les paramètres les plus sensibles du modèle sont les coûts de rénovation et la différence entre les économies d'énergie théoriques (calculées dans le cadre du processus d'étiquetage énergétique) et les économies d'énergie effectivement réalisées.
- Par exemple, le coût d'abattement des émissions de CO₂ s'effondre jusqu'à atteindre des valeurs négligeables (voire négatives) lorsque les coûts de rénovation baissent de 20 %. À l'inverse, il a tendance à doubler lorsque les coûts de rénovation augmentent de 20 %.
- Si l'on observe les « économies d'énergie théoriques » (calculées à partir de la consommation d'énergie estimée dans le cadre du processus d'étiquetage énergétique) plutôt que l'estimation affinée des économies « réalisées », les économies d'énergie sont plus importantes et le coût d'abattement des émissions de CO₂ très fortement réduit.
- Les résultats sont moins sensibles aux scénarios de prix de l'énergie et aux interactions avec d'autres mesures. L'hypothèse retenue pour le contenu en équivalent CO₂ de l'électricité est relativement sensible, mais pas décisive.
- Une approche *ad hoc* simplifiée permet d'obtenir un ordre de grandeur de la diminution de la pollution de l'air et de confirmer que le bénéfice social correspondant est un enjeu de premier ordre. En tenant compte de ce paramètre, le coût d'abattement des émissions de CO₂ diminuerait fortement.

Mise en garde

- Le modèle repose sur un grand nombre d'hypothèses, dont la plupart sont étayées par des données d'observation.
- Les résultats doivent être pris comme des ordres de grandeur.
- Approche prudente : le modèle sous-estime très probablement les bénéfices réels du CITE et son efficacité.

Table des matières

Étude d'impact du crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)	2
1. Description détaillée du CITE	7
1.1. Éligibilité des ménages	7
1.2. Équipements éligibles	7
2. Pertinence du CITE au regard des objectifs du gouvernement en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre	10
3. Considérations sur les données et la nécessité d'utiliser un modèle	11
4. Description du modèle et méthode d'évaluation	13
4.1. Description générale	13
4.2. Description de la performance énergétique initiale du parc de logements	14
4.3. Calcul et calibrage de la consommation d'énergie réelle	16
4.4. Hypothèse retenue pour les coûts de rénovation	17
4.5. Modélisation et calibrage des décisions de rénovation	18
4.6. Calibrage spécifique au CITE	19
4.7. Autres hypothèses	20
4.8. Méthode d'évaluation	21
5. Résultats détaillés	22
5.1. Pertinence et efficacité du CITE	22
5.2. Analyse de la répartition des coûts	23
5.3. Effet additionnel du CITE	25
5.4. Efficacité économique du CITE	29
5.5. Analyse de sensibilité	31
6. Scénario du CITE permanent	35
6.1. Incidence sur la consommation d'énergie et les émissions annuelles de CO2	36
6.2. Analyse de la répartition des coûts	37
6.3. Effet additionnel du CITE	39
6.4. Analyse de sensibilité	42
7. Bibliographie	44
8. Équipe chargée de l'évaluation et processus de travail	44
8.1. Compétences et indépendance de l'équipe chargée de l'évaluation	44
8.2. Observations des assesseurs et réponses apportées	45
8.3. Enseignements d'ordre méthodologique tirés de l'étude sur le CITE	47

1. Description détaillée du CITE

Le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) est un crédit d'impôt sur le revenu accordé au titre des travaux d'amélioration de l'efficacité énergétique réalisés dans les logements et de certains investissements dans les énergies renouvelables. Le CITE a été conçu pour soutenir les objectifs du gouvernement en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il a remplacé en septembre 2014 son prédécesseur, le CIDD (crédit d'impôt développement durable), institué en 2005.

Le CITE représente, en termes de coût budgétaire, la dépense verte éligible la plus importante parmi celles qui sont adossées à l'OAT verte.

1.1. Éligibilité des ménages

Les locataires et propriétaires peuvent prétendre au crédit d'impôt uniquement pour leur habitation principale (et non pour leur résidence secondaire). La construction du logement doit dater de plus de 2 ans.

Les ménages bénéficient du crédit d'impôt l'année qui suit la fin de la rénovation du logement. Le crédit d'impôt est déduit de l'impôt sur le revenu à acquitter l'année qui suit les travaux de rénovation. Les ménages non imposables au titre de l'impôt sur le revenu peuvent obtenir le remboursement de ces dépenses.

Ils doivent conserver un justificatif des dépenses effectuées dans la mesure où les autorités fiscales peuvent le leur demander (facture de l'entreprise ayant fourni les matériaux/équipements et réalisé les travaux).

1.2. Équipements éligibles

Les équipements et matériaux éligibles au crédit d'impôt doivent respecter des critères techniques minimum en termes d'efficacité énergétique. La liste des équipements éligibles est indiquée dans le tableau de la page suivante.

Les entreprises qui réalisent les travaux de rénovation doivent satisfaire aux critères d'un label garantissant qu'elles sont qualifiées pour effectuer des travaux de rénovation énergétique, baptisé label RGE. Pour l'obtention du label RGE, leur personnel doit suivre une formation.

Les normes minimales sont définies de façon absolue et non par rapport à un niveau moyen d'efficacité énergétique. Elles sont beaucoup plus ambitieuses que l'efficacité énergétique moyenne offerte par les matériaux vendus sur le marché. Des critères physiques sont employés pour définir quels matériaux sont éligibles. S'agissant par exemple des travaux d'isolation, les facteurs de résistance thermique doivent respecter un niveau minimum requis. Ces normes évoluent au fil du temps et deviennent de plus en plus rigoureuses.

Tableau 1 : dépenses éligibles en 2017²

Type de rénovation	Équipements éligibles
Remplacement des systèmes de chauffage et des systèmes de régulation de chauffage	<p>Chaudière à haute performance énergétique</p> <p>Chaudière à micro-cogénération au gaz naturel</p> <p>Systèmes de régulation du chauffage</p>
Isolation	<p>Matériau d'isolation thermique des parois opaques (sol, plafond, mur, toit)</p> <p>Matériau d'isolation thermique des parois vitrées (fenêtres, portes-fenêtres, etc.)</p>
	<p>Porte d'entrée donnant sur l'extérieur</p> <p>Matériau d'isolation thermique</p> <p>Équipements de chauffage ou de fourniture d'eau chaude sanitaire fonctionnant à l'énergie solaire ou hydraulique</p>
Équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable	<p>Systèmes de fourniture d'électricité à partir de l'énergie hydraulique ou de biomasse</p> <p>Pompe à chaleur, autres que air/air, dédiée principalement à la production de chaleur ou d'eau chaude sanitaire</p>
Autres dépenses	<p>Équipements de raccordement à un réseau de chaleur</p> <p>Diagnostic de performance énergétique (un seul diagnostic tous les cinq ans pour un même logement)</p> <p>Station de charge pour véhicules électriques</p> <p>Compteur individuel pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire</p>

² Pour une description détaillée des normes minimales en matière d'équipements et de matériaux éligibles, veuillez vous reporter au décret <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000023374187&cidTexte=LEGITEXT000006069576>

1.3. Taux du crédit d'impôt

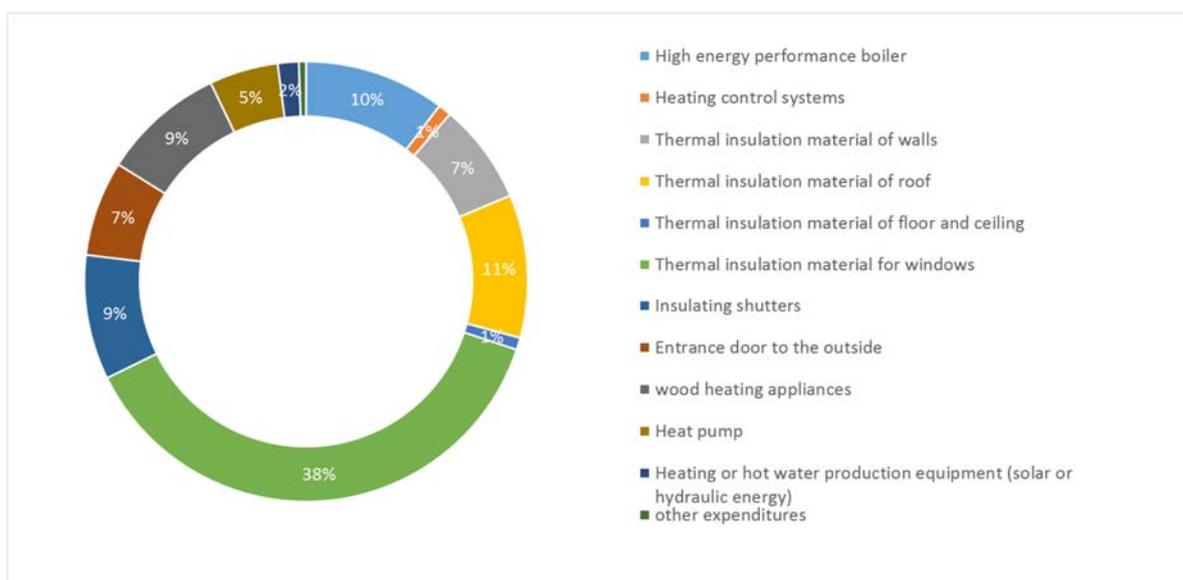
En 2016 et 2017, le taux du crédit d'impôt était fixé à 30 % du montant des dépenses de matériel, sans inclure le coût de la main d'œuvre. Les dépenses de rénovation éligibles sont plafonnées à 16 000 euros pour un couple et 8 000 euros pour une personne seule, plus 400 euros par personne à charge.

Coût budgétaire et dépenses des ménages en 2016-2017

Le coût budgétaire du CITE s'est élevé à 1,68 milliard d'euros pour 1,5 million de bénéficiaires en 2016 et à 1,69 milliard d'euros pour 1,66 million de bénéficiaires en 2017. Au vu de sa longévité et de son taux élevé, ce crédit d'impôt est largement utilisé pour les travaux de rénovation³.

Les dépenses des ménages pour 2016 et 2017 concernent principalement l'isolation (pour 73 %). Le remplacement des systèmes de chauffage et les investissements dans les énergies renouvelables représentent respectivement 11 et 16 %. Avec 4,7 milliards d'euros de dépenses (soit 1,4 milliard de crédit d'impôt), le remplacement des fenêtres représente une part importante (52 %) des dépenses d'isolation thermique et 38 % du total des dépenses éligibles.

Illustration 1 : répartition des dépenses d'efficacité énergétique des ménages en 2016-2017⁴



Légende :

High energy performance boiler	Chaudière à haute performance énergétique
Heating control systems	Systèmes de régulation du chauffage
Thermal insulation material of walls	Matériau d'isolation thermique des parois
Thermal insulation material of roof	Matériau d'isolation thermique du toit
Thermal insulation material of floor and ceiling	Matériau d'isolation thermique du sol et du plafond
Thermal insulation material for windows	Matériau d'isolation thermique pour fenêtres
Insulating shutters	Volets isolants
Entrance door to the outside	Porte d'entrée donnant sur l'extérieur
wood heating appliances	Appareils de chauffage au bois
Heat pump	Pompe à chaleur
Heating or hot water production equipment (solar or hydraulic energy)	Équipements de chauffage ou de fourniture d'eau chaude sanitaire fonctionnant à l'énergie solaire ou hydraulique
other expenditures	Autres dépenses

³ Entre 2005 et 2014, un précédent crédit d'impôt existait pour les rénovations en faveur de l'efficacité énergétique : le CIDD ou crédit d'impôt développement durable.

⁴ Source : <https://www.impots.gouv.fr/portail/statistiques>

2. Pertinence du CITE au regard des objectifs du gouvernement en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

La consommation énergétique du secteur du logement français (484 TWh) représente, en 2016, 30 % de la consommation totale d'énergie. En dépit d'une politique ambitieuse en faveur de l'efficacité énergétique, la consommation s'est à peine stabilisée ces dernières années. Le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Il compte pour un quart des émissions nationales de GES en 2015. Le respect des objectifs à long terme fixés par la France en matière de consommation d'énergie et de réduction des émissions de GES nécessitera donc un effort conséquent.

En 2015, la France a adopté la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), qui constitue désormais la principale législation en matière d'efficacité énergétique. Celle-ci définit un certain nombre d'objectifs environnementaux, économiques et sociaux à l'échelon national et sectoriel :

1. Diminution de 20 % de la consommation d'énergie finale à l'horizon 2030 par rapport à 2012 et de 50 % à l'horizon 2050. Cet objectif est défini à l'échelon national et n'est pas décliné par secteurs.
2. Diminution de 40 % des émissions de GES à l'horizon 2030 par rapport à 1990 (objectif non décliné par secteurs).
3. Rénovation de 500 000 logements par an à compter de 2017.
4. Disparition progressive des logements les plus énergivores à l'horizon 2025 (bâtiments consommant plus de 330 kWh/m² par an).
5. Rénovation de l'ensemble du parc de logements pour répondre aux critères des bâtiments basse consommation à l'horizon 2050 : une exigence interprétée ici comme une performance minimum égale à la classe B du DPE (diagnostic de performance énergétique).
6. Réduction de 15 % de la précarité énergétique à l'horizon 2020.

La France définit également des objectifs de réduction des émissions de GES dans le cadre de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) prévue par la LTECV. Le premier décret de la SNBC fixe un objectif de 27 % d'émissions en moins à l'horizon 2028 (par rapport à 2013) pour l'ensemble des secteurs (le secteur du bâtiment se voyant fixer un objectif indicatif de 54 %) et de 75 % de réduction des émissions à l'horizon 2050 (par rapport à 1990).

La France a récemment renforcé ces objectifs avec le Plan climat de 2017, qui :

- vise la neutralité carbone pour l'ensemble de l'économie à l'horizon 2050 ;
- définit quatre mesures-clés de réduction de la consommation d'énergie, qui mettent l'accent sur la diminution des impacts du secteur du bâtiment (3 priorités sur 4 visent directement ce secteur).

L'une de ces quatre mesures est le CITE, que le Plan Climat envisage de prolonger jusqu'en 2019. C'est l'une des principales incitations faites aux ménages pour améliorer l'efficacité énergétique de leur logement et augmenter le nombre de rénovations en faveur de l'efficacité énergétique, qui concernent toujours moins de 500 000 logements par an.

Le secteur du bâtiment est identifié dans les objectifs de cette mesure comme l'un des principaux contributeurs à l'effort de réduction des émissions de GES et de promotion de l'efficacité énergétique. En raison du faible taux de renouvellement du parc immobilier, la rénovation énergétique des bâtiments représente un enjeu considérable. Le logement représentant les deux tiers du secteur du bâtiment, on peut conclure que le CITE apparaît parfaitement pertinent au regard des objectifs du gouvernement.

3. Considérations sur les données et la nécessité d'utiliser un modèle

Les seules données d'observation disponibles concernant les rénovations réalisées dans le cadre du CITE sont les dépenses totales par foyer et par type de travaux éligibles. Ces données sont recueillies à l'échelon national et ne permettent pas de calculer directement le détail des économies d'énergie réalisées grâce à ces travaux. En effet, ces derniers sont réalisés dans des logements très divers et l'économie d'énergie obtenue dépend de la performance énergétique et de l'état des logements avant rénovation.

L'accès à des données individuelles telles que les dépenses du foyer et les caractéristiques du logement, par exemple l'année de construction, la superficie, le type de logement, permettrait d'affiner l'analyse en évaluant plus précisément l'économie d'énergie réalisée grâce à la rénovation. Toutefois, en l'absence d'informations sur la consommation d'énergie avant et après la réalisation des travaux, l'estimation de ces économies resterait très approximative. À ce jour, il n'existe en France aucune base de données regroupant toutes ces informations.

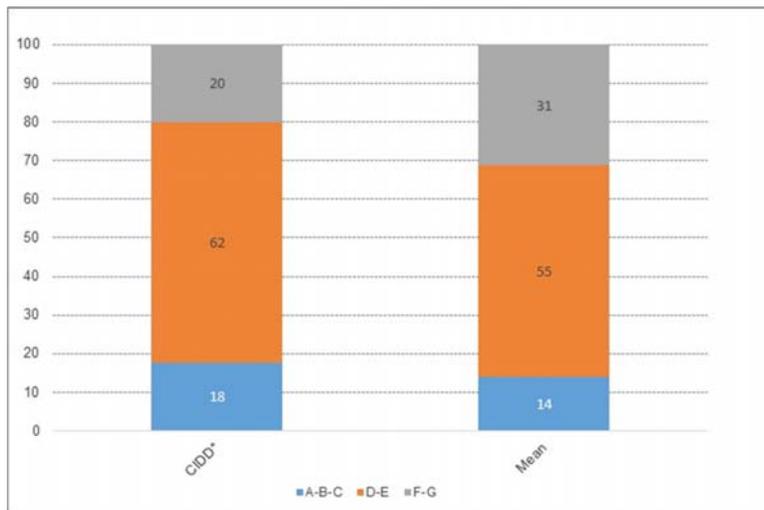
La deuxième source de données qui mérite d'être mentionnée (et qui est utilisée pour calibrer le modèle) est l'enquête Phébus, qui permet de connaître l'état du parc de logements en 2012 et la consommation d'énergie par logement sur un échantillon de 2 389 unités. Ces données indiquent également si le foyer a bénéficié ou non d'un crédit d'impôt pour la rénovation dans les cinq années précédant 2012. Les données de l'enquête Phébus restent toutefois insuffisantes pour évaluer l'impact *ex post* du CITE car elles n'incluent pas la consommation d'énergie avant rénovation. De plus, l'enquête porte sur 2012 et ne concerne donc que le CIDD⁵, le crédit d'impôt qui a précédé le CITE. Le taux et les critères d'éligibilité du CIDD étaient différents de ceux du CITE. Enfin, l'enquête ne retient que le total des dépenses de travaux réalisées sur le logement au cours des cinq années précédant 2012. Ce montant inclut toutes les dépenses d'amélioration, sans distinguer celles qui ont un impact sur l'efficacité énergétique. Par conséquent, il est difficile d'identifier les dépenses que le foyer a consacrées à la rénovation énergétique. Cependant, l'étude intitulée « Les ménages et la consommation d'énergie » (CGDD, 2017) utilise cette enquête et montre que les logements qui ont bénéficié du CIDD ont une performance énergétique (après rénovation) supérieure à la moyenne (voir illustration 2).

En France, la performance énergétique des logements est notée de A à G en fonction de leur consommation d'énergie par m² pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la climatisation'.

Afin d'évaluer l'impact du CITE sur la consommation d'énergie et les émissions de GES, nous devons donc recourir à une approche différente qui utilise un modèle permettant de convertir les dépenses de rénovation en économies d'énergie. La spécificité du modèle utilisé est qu'il comprend un module comportemental qui simule les décisions de rénovation prises par les foyers, en fonction de paramètres économiques comme les prix de l'énergie et les taxes qui s'y appliquent, les coûts de rénovation et les programmes de subventions'. Ce modèle ne prend pas en compte tous les types de travaux éligibles au CITE. Il se fonde sur un panorama plus général des possibilités de rénovation énergétique (permettant de passer d'une classe énergétique à une autre). Il n'est donc pas possible de l'utiliser pour effectuer une analyse spécifique par type de travaux (par exemple pour déterminer si un certain type de travaux est plus efficient en termes d'économies d'énergie par euro investi).

⁵ CIDD : Crédit d'impôt développement durable

Illustration 2 : répartition (en %) par classe énergétique des logements qui ont bénéficié du CIDD (colonne de gauche) et de l'ensemble des logements (colonne de droite).



Source : SOeS, enquête Phébus

Légende :

Mean	Moyenne
------	---------

Toutefois, le modèle est calibré de manière à ce que le coût budgétaire du CITE et la consommation d'énergie observés dans le passé soient correctement restitués. De plus, le modèle intègre une description dynamique du parc de logements. Il est capable d'estimer les effets' des mesures sur le long terme (2050) et, par conséquent, d'en donner une vision plus complète. Cet aspect est particulièrement important car les bénéfices de la rénovation ne peuvent être correctement évalués que sur le long terme.

Cette approche offre des avantages supplémentaires :

- le modèle permet d'identifier et d'évaluer l'effet « additionnel » du CITE (« quels travaux auraient été réalisés sans le CITE' ») ;
- il prend en compte les conséquences à long terme des mesures ;
- il permet la simulation de scénarios futurs, par exemple de voir quel serait l'impact du maintien du CITE après 2016. Ce scénario a été étudié et les résultats sont présentés en annexe.

Le manque de données sur les économies d'énergie consécutives aux travaux éligibles au CITE rend l'évaluation difficile. Comme ces économies d'énergie doivent être estimées, l'évaluation repose sur un modèle de simulation. Ce modèle se fonde sur une description simplifiée des opérations de rénovation, mais il est calibré à l'aide de plusieurs jeux de données statistiques, notamment la consommation d'énergie et le coût budgétaire du CITE observés dans le passé. La description dynamique du parc de logements permet d'intégrer les bénéfices futurs de la rénovation afin d'évaluer l'effet additionnel du CITE et d'étudier des scénarios plus prospectifs.

4. Description du modèle et méthode d'évaluation

Ce chapitre présente le modèle dans ses grandes lignes. Les fondements du modèle et ses principales hypothèses sont exposés précisément, mais celui-ci n'est pas décrit dans toute sa complexité. Une description détaillée figure dans le rapport du CIREN [Bourgeois et Giraudet, 2018, à paraître].

Le modèle Res-IRF, version 3.0, mis au point par le CIREN, permet de simuler les effets des politiques publiques sur l'évolution de la consommation d'énergie liée au chauffage et des émissions de GES du parc de logements en France. Depuis 2010, il est également utilisé par le ministère français de la Transition écologique et solidaire pour évaluer l'impact sur le parc de logements de plusieurs mesures environnementales⁶.

Ce modèle permet d'évaluer les effets des mesures suivantes :

- le CITE ;
- la Contribution Climat-Énergie ;
- les CEE (certificats d'économies d'énergie), dispositif qui repose sur une obligation imposée aux vendeurs d'énergie de réaliser des économies d'énergie au bénéfice de leurs clients ;
- le taux réduit de TVA sur les travaux de rénovation énergétique.

4.1. Description générale

La performance énergétique d'un logement est indiquée par une étiquette : il existe 7 classes énergétiques allant de A à G (A correspondant à la meilleure performance, G à la plus mauvaise, voir tableau 2). Chaque classe est définie par un intervalle de « consommation théorique », qui correspond à la consommation théorique du logement en fonction de ses caractéristiques techniques (isolation, système de chauffage, etc.). Actuellement, très peu de logements sont classés en A ou B, la plupart étant en classe D et E (voir ci-dessous). À partir de cette situation initiale, le modèle simule les décisions de rénovation et les choix de systèmes de chauffage des ménages français. Après rénovation, la classe énergétique du logement change.

Les décisions d'investissement s'appuient sur une comparaison du coût total correspondant à chaque choix. Le nombre de ces décisions et l'ampleur des travaux sont déterminés de manière endogène par le modèle. Le cœur du modèle est le module rénovation (les nouvelles constructions et les démolitions sont traitées de manière exogène). Le modèle calcule chaque année le nombre de changements de classe énergétique pour chaque segment du parc de logements. Le niveau des investissements dans les opérations de rénovation énergétique dépend des prix de l'énergie et des politiques publiques qui sont pris en compte dans la simulation. En se basant sur la performance énergétique du logement, le modèle détermine ensuite la consommation d'énergie réelle, en tenant compte de « l'effet rebond » qui reflète l'écart entre la consommation théorique et la consommation réelle.

Le modèle permet de calculer la consommation d'énergie liée au chauffage et les émissions de GES des logements français entre 2012 et 2050, ainsi que le montant des investissements en faveur de l'efficacité énergétique.

Comme le montre l'illustration 3, le module comportemental permet de suivre l'évolution de la performance énergétique du parc de logements année par année et sur le long terme jusqu'en 2050. Il calcule pour chaque année le nombre de rénovations par classe énergétique (qui est fonction des coûts de rénovation, des prix de l'énergie, des politiques publiques et des

⁶ Voir par exemple : CIREN, CGDD ; « Évaluation des mesures du Grenelle de l'Environnement sur le parc de logements » ; Études et Documents, 2011.

caractéristiques des ménages) ainsi que l'état du parc de logements pour l'année suivante.

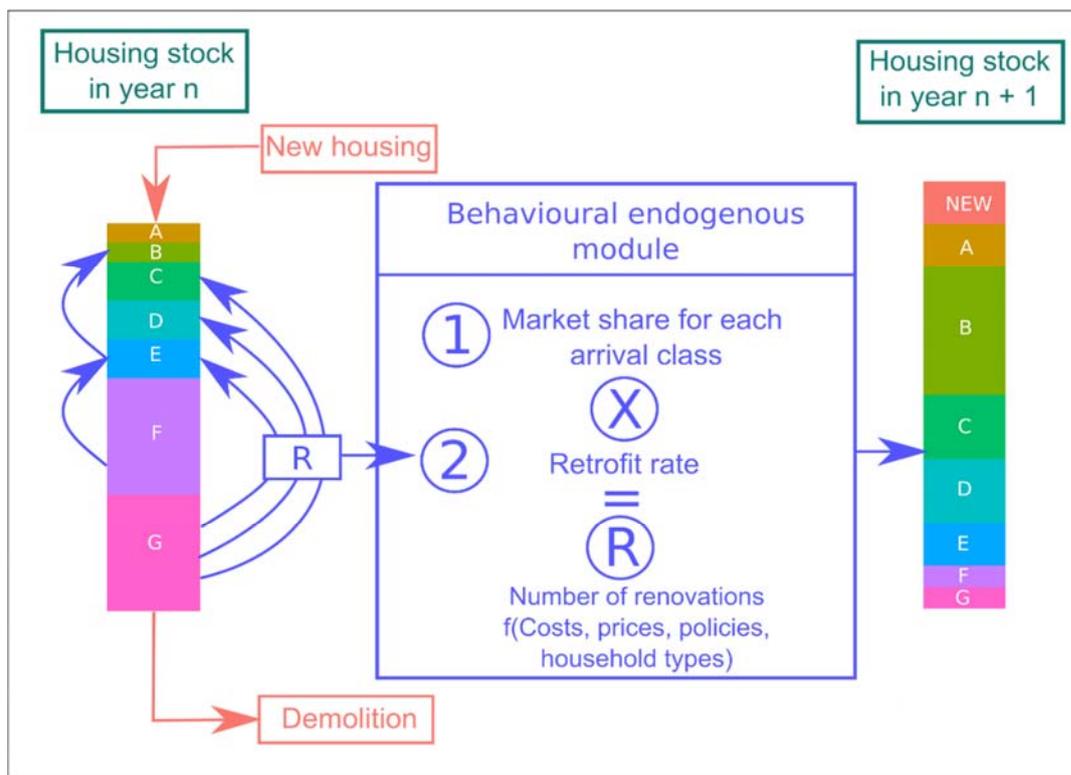


Illustration 3 : dynamique du parc de logements dans le modèle Res-IRF

Légende :

Housing stock in year n	Parc de logements année n
New housing	Logements neufs
Housing stock in year n + 1	Stock de logements année n + 1
Behavioural endogenous module	Module comportemental endogène
Market share for each arrival class	Part de marché de chaque classe d'arrivée
Retrofit rate	Taux de rénovation
Number of renovations f(Costs, prices, policies, household types)	Nombre de rénovations en fonction des coûts de rénovation, des prix de l'énergie, des politiques publiques et des caractéristiques des ménages
Demolition	Démolition

4.2. Description de la performance énergétique initiale du parc de logements

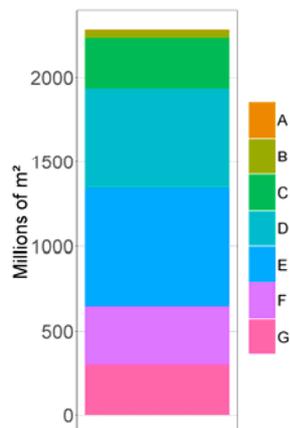
Dans le modèle, la performance énergétique initiale du parc de logements en 2012 est fournie par une enquête française intitulée « Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie (Phébus) ». Cette enquête décrit le parc de logements par catégorie de logement (appartement/maison), type d'énergie principale (électricité, gaz, fioul, bois), efficacité énergétique (7 classes énergétiques⁷) et donne des indications sur le revenu des ménages. Le modèle a récemment été enrichi pour prendre en compte 5 types de ménages en fonction de leurs revenus (5 quintiles de revenus). L'illustration 4 montre la répartition initiale des classes énergétiques dans le modèle.

L'enquête Phébus fournit des informations sur la classe énergétique (A à G). Elle donne également des informations plus précises en indiquant la consommation théorique des logements en kWh/m². Cette information permet de déterminer la consommation théorique moyenne pour

⁷ En France, la performance énergétique des logements est notée de A à G en fonction de leur consommation d'énergie par m² pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la climatisation.

chaque classe énergétique (voir tableau 2).

Illustration 4 : performance énergétique du parc de logements en 2012



Source : enquête Phébus, modèle Res-IRF

Tableau 2 : consommation (théorique) d'énergie liée au chauffage par classe énergétique utilisée dans le modèle

Classe énergétique	Consommation d'énergie liée au chauffage (kWhep/m²/an)
G	507
F	321
E	216
D	141
C	90
B	59
A	45

Source : enquête Phébus, modèle Res-IRF

4.3. Calcul et calibrage de la consommation d'énergie réelle

La consommation théorique correspond simplement à une évaluation de la performance énergétique théorique du bâtiment. La comparaison entre les statistiques publiées sur la consommation théorique des logements et la consommation réelle telle qu'elle figure sur les factures des ménages fait apparaître des différences notables. Celles-ci peuvent s'expliquer par différents facteurs. Par exemple, la précision du processus d'étiquetage énergétique peut être mise en doute. Un autre facteur, sans doute plus important, est « l'effet rebond » qui se manifeste après la rénovation. Lorsque l'efficacité énergétique de leur logement s'améliore, les ménages choisissent d'utiliser une partie des économies réalisées sur leur facture énergétique pour améliorer leur confort thermique. D'un côté, l'effet rebond a un impact négatif sur les bénéfices attendus de la rénovation du logement, car les économies d'énergie et la réduction des émissions de CO₂ sont moins importantes que prévu. D'un autre côté, l'effet rebond découle de la volonté des ménages de tirer profit au maximum des économies réalisées. Ce comportement leur apporte un bénéfice supplémentaire qui n'a pas été évalué dans cette étude.

Le modèle comprend une fonction qui permet de passer de la consommation théorique du logement (correspondant à sa classe énergétique) à la consommation réelle du ménage.

La relation entre consommation théorique et consommation réelle qu'utilise le modèle a été établie dans le cadre de plusieurs études réalisées par « EDF R&D »⁸. Elle s'exprime de la manière suivante :

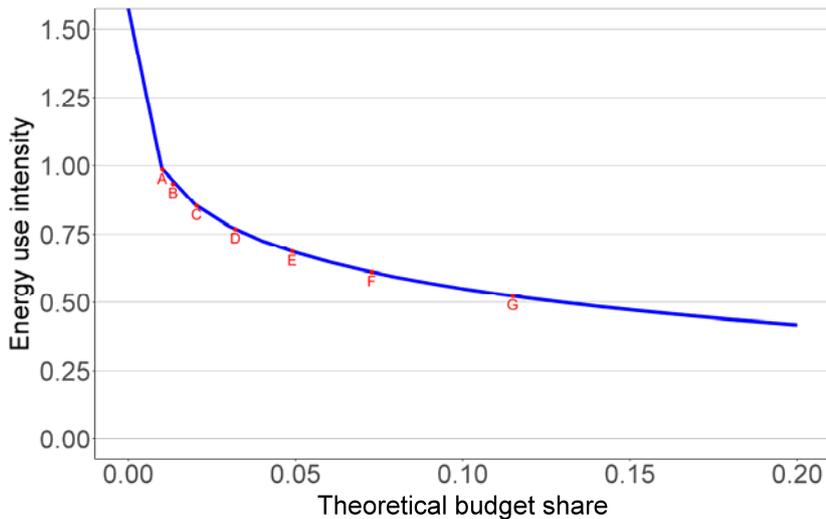
$$EI = -0.191 * \ln(BS) + 11.05$$
$$EI = \frac{C_A}{C_T}$$
$$BS = \frac{p_e * C_T * S}{I}$$

où **EI** est l'intensité de l'utilisation énergétique, c'est-à-dire le rapport entre la consommation d'énergie réelle par m² du ménage (**C_A**) et la consommation d'énergie théorique par m² correspondant à la classe énergétique du logement (**C_T**). **BS** est la part du budget du ménage consacrée aux dépenses d'énergie (**p_e** le prix de l'énergie, **S** la surface du logement et **I** le revenu du ménage).

L'illustration 5 montre la relation entre la part du budget consacrée aux dépenses d'énergie et l'intensité de l'utilisation énergétique. Les points correspondant aux niveaux de performance énergétique de A à G sont calculés pour un ménage moyen vivant dans un logement d'une surface S égale à 85 m² et disposant d'un revenu I égal à 30 000 euros. Le prix de l'énergie est fixé à 0,07 euros par kWh, prix moyen du gaz payé par les ménages en France en 2015. L'illustration 5 montre que lorsque des travaux de rénovation énergétique sont réalisés, le ménage augmente l'intensité de son utilisation énergétique, ce qui réduit l'impact de la rénovation sur sa consommation d'énergie liée au chauffage.

⁸ Allibe, B., 2015, « Du normatif au réaliste : amélioration de l'évaluation technico-économique du bénéfice des rénovations énergétiques des logements », La Revue du CGDD, 37-46. Cayla, J.-M., D. Osso, 2013, « Does energy efficiency reduce inequalities? Impact of policies in Residential sector on household budget », (*L'efficacité énergétique réduit-elle les inégalités ? Impact des politiques publiques sur le budget des ménages dans le secteur résidentiel*), actes du colloque d'été de l'ECEEE (*Conseil européen pour une économie de rendement énergétique optimum*).

Illustration 5 : rapport entre la part du budget consacrée aux dépenses énergétiques théoriques et l'intensité de l'utilisation de l'énergie.



Légende :

Energy use intensity	Intensité d'utilisation de l'énergie
Theoretical budget share	Part du budget théorique

Cette relation est appliquée à la consommation théorique du parc de logements dans son état initial en 2012, exprimée dans le modèle par classe énergétique, par type d'énergie de chauffage, par type de logement et par revenu du ménage. On obtient la consommation réelle liée au chauffage du parc de logements par type d'énergie, laquelle est ensuite calibrée à l'aide des données statistiques nationales pour 2013 publiées par le Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie (CEREN). Le modèle ne prend pas en compte la consommation d'énergie liée à d'autres usages, comme l'eau chaude sanitaire ou certains usages spécifiques de l'électricité. Toutefois, le chauffage représente les 2/3 de la consommation d'énergie du secteur du logement en France (320 TWh en 2016).

In fine, le modèle permet de ne pas se limiter à la performance technique des rénovations énergétiques pour calculer les consommations d'énergie, mais de tenir compte également des comportements réels. Il fournit une évaluation réaliste et précise des bénéfices à attendre de la rénovation des bâtiments.

4.4. Hypothèse retenue pour les coûts de rénovation

Les coûts des travaux de rénovation permettant de passer d'une classe énergétique à une autre sont fixés selon les deux principes suivants :

- i. la structure des coûts de rénovation se plie au principe des coûts marginaux croissants. Par exemple, plus la classe énergétique est élevée, plus les coûts (par kWh/par an économisé) nécessaires pour l'atteindre sont importants ;
- ii. le coût de rénovation moyen calculé par le modèle est calibré de manière à ce que le résultat soit conforme aux données de l'enquête publiée par l'Observatoire permanent de l'amélioration énergétique du logement (OPEN), qui fournit des informations détaillées sur les coûts de rénovation et les économies d'énergie en France sur la période 2012-2014. Le coût de rénovation moyen ainsi calculé par le modèle pour l'année 2012 est de 112 euros par m², ce qui est proche du coût de rénovation moyen de 110 euros par m²

rapporté dans l'enquête OPEN.

Les coûts de rénovation utilisés dans le modèle sont présentés dans le tableau 3. On observe, par exemple, que le coût des travaux de rénovation nécessaires pour passer de la classe F à la classe B est de 286 euros par m². Chaque passage à la classe supérieure dans le tableau correspond à une ou plusieurs opérations de rénovation dont la nature n'est pas précisée dans le modèle. Ce rapport ne fournit donc pas d'analyse spécifique par type d'opération.

Tableau 3 : matrice des coûts de rénovation utilisés dans le modèle

	F	E	D	C	B	A
G	76	136	200	270	350	441
F	0	63	130	203	286	381
E	0	0	70	146	232	330
D	0	0	0	79	168	270
C	0	0	0	0	93	198
B	0	0	0	0	0	110

Ce tableau indique le montant (en euros par m²) qu'un ménage doit investir pour faire passer son logement de la classe énergétique située sur la première colonne à la classe située sur la première ligne.

Le modèle prend en compte les progrès techniques au moyen d'une fonction qui réduit les coûts de rénovation au fur et à mesure que le parc de logement est rénové. L'idée est que les coûts diminuent par l'effet de l'imitation et de l'apprentissage. Dans le modèle, les coûts de rénovation décroissent de manière exponentielle avec l'accumulation du nombre des rénovations afin de simuler un processus d'« apprentissage par la pratique ». Lorsque le nombre des rénovations est multiplié par deux, le coût diminue de 10 %.

4.5. Modélisation et calibrage des décisions de rénovation

Le cœur du modèle est constitué d'un module comportemental qui calcule le nombre de logements qui seront rénovés. À cette fin, deux fonctions sont utilisées :

(1) Une fonction qui calcule la part de marché correspondant à chaque amélioration de classe énergétique

Les travaux de rénovation sont terminés lorsque la classe énergétique du logement est améliorée. La part de marché de l'opération « passage de la classe i à la classe f » est obtenue grâce à l'équation suivante :

$$PM_{i,f} = \frac{CCV_{i,f}^{-\nu}}{\sum_k CCV_{i,k}^{-\nu}}$$

où CCV est le coût total moyen actualisé pour chaque opération, et ν un paramètre d'hétérogénéité qui représente la variété des choix possibles.

(2) Une fonction qui définit le taux de rénovation

Pour chaque classe énergétique, le coût moyen des travaux nécessaires pour passer dans les

classes supérieures est calculé avec la fonction précédente. Après cela, une fonction logistique définit le taux de rénovation de cette classe.

Ces deux fonctions sont calibrées⁹ pour l'année 2012 afin que les résultats coïncident avec les données d'observations lorsqu'elles sont disponibles ou, si ce n'est pas le cas, avec les hypothèses. En ce qui concerne le taux de rénovation, on utilise les données des enquêtes OPEN et USH¹⁰. Les coûts de rénovation et les prix de l'énergie utilisés pour le calibrage tiennent compte des politiques publiques les plus importantes mises en œuvre en 2012. En effet, les politiques publiques et les incitations fiscales (crédit d'impôt, subventions, taxe carbone...) ont un impact sur le coût total moyen actualisé de chaque opération, car elles influent soit sur les coûts de rénovation (notamment pour le CITE), soit sur les économies réalisées sur la facture énergétique (par exemple la taxe carbone). Par conséquent, elles infléchissent les décisions de rénovation (voir plus loin pour le CITE).

4.6. Calibrage spécifique au CITE

Le CITE ne s'applique qu'au coût des équipements éligibles et pas au total des coûts de rénovation mentionnés précédemment. En conséquence, le taux du CITE à intégrer au modèle ne peut être le taux réel. Ce taux doit être calibré de manière à reproduire aussi précisément que possible le coût budgétaire du CITE apparaissant dans les statistiques publiques.

Pour 2012, le taux de subvention utilisé pour le calibrage du CITE est de 7 %. Il s'agit du taux pour lequel le modèle simule un coût total de 700 millions d'euros pour le crédit d'impôt, ce qui correspond au montant¹¹ accordé en 2012 (Source : DGEC). De la même manière, pour la période 2013-2016, le CITE est calibré dans le modèle de manière à reproduire aussi précisément que possible le coût budgétaire du CITE apparaissant dans les statistiques publiques.

En 2015 et 2016, années pour lesquelles les effets du CITE sont analysés, le taux de subvention est fixé dans le modèle à 18 %. Ce taux n'atteint pas 30 % car il tient compte du plafonnement de la subvention et du fait que celle-ci ne s'applique pas à tous les coûts, notamment aux coûts de main d'œuvre. En 2015, le modèle simule un coût total du CITE de 1,65 milliard d'euros, ce qui correspond au coût budgétaire actualisé du CITE effectivement observé.

Tableau 4 : coût budgétaire observé et coût simulé du CITE

Année de rénovation (année de modélisation)	2012	2013	2014	2015	2016
Année d'observation du coût sur le budget de l'État	2013	2014	2015	2016	2017
Coût observé sur le budget de l'État (en milliards d'euros)	0,7	0,7	0,9	1,7	1,7
Coût simulé du CITE (en milliards d'euros)	0,7	0,7	0,8	1,7	1,7

⁹ Dans le modèle, le calibrage est effectué grâce à une composante additionnelle ajoutée au coût total, correspondant à des coûts de rénovation « non observés ».

¹⁰ Les données de l'Union sociale pour l'habitat (USH) sont utilisées pour calibrer le taux de rénovation du logement social.

¹¹ De 2005 à 2014, un crédit d'impôt sur les travaux de rénovation existait déjà : le CIDD.

4.7. Autres hypothèses

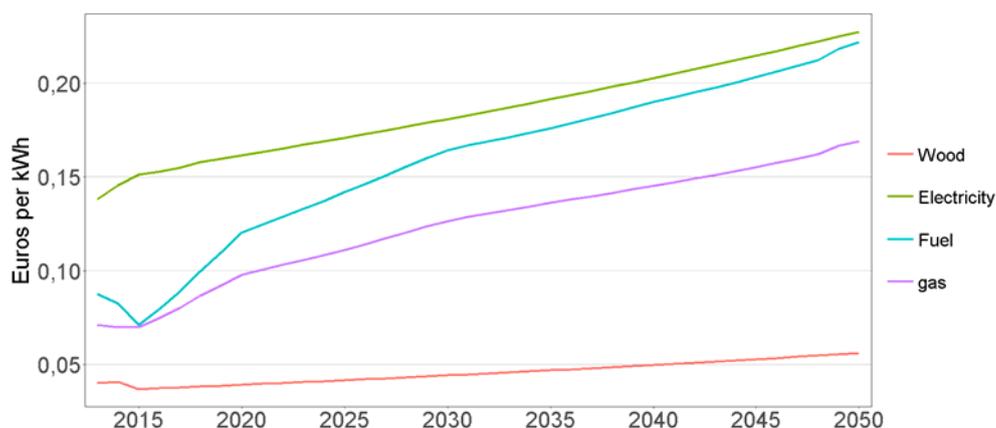
Les scénarios des prix de l'énergie sont ceux qui sont utilisés actuellement dans toutes les évaluations des politiques publiques françaises (voir tableau 5).

Tableau 5 : taux de croissance annuelle des prix de l'énergie (toutes taxes comprises sauf la taxe carbone, en euros constants de 2015)

	2015-20	2020-30	2030-50	Source
Gaz	0,84 %	4,28 %	1,59 %	Commission européenne (UE scénario de référence 2016)
Produits pétroliers	9,96 %	4,47 %	1,40 %	Commission européenne (UE scénario de référence 2016)
Électricité	1,10 %	1,10 %	1,10 %	DGEC (scénario AME 2017)
Bois	1,20 %	1,20 %	1,20 %	DGEC (scénario AME 2017)

Les prix incluent les taxes suivantes : la CSPE sur l'électricité, la TICGN sur le gaz naturel, la TICPE sur les produits pétroliers. La taxe carbone, lorsqu'elle est applicable, est ajoutée aux prix des énergies en fonction de leur teneur en CO₂.

Illustration 6 : évolution des prix de l'énergie par type d'énergie de chauffage (TTC)



Légende :

Euros per kWh	Euros par kWh
Wood	Bois
Electricity	Électricité
Fuel	Fioul
Gas	Gaz

Pour convertir les consommations d'énergie en émissions de GES, on utilise des contenus en CO₂ forfaitaires par type d'énergie (voir tableau 6).

Tableau 6 : contenus en CO₂ par type d'énergie utilisés pour le calcul des émissions (Source : ADEME)

	g de CO ₂ par kWh
Gaz naturel	206
Produits pétroliers	271
Électricité	120
Bois	0

4.8. Méthode d'évaluation

Afin d'évaluer l'impact du CITE sur la performance énergétique du parc de logements, **deux scénarios doivent être comparés** :

- un scénario « **contrefactuel** » ou « **CF** » dans lequel aucun CITE n'est pris en compte dans le modèle à compter de 2015 et où toutes les autres mesures sont maintenues¹² ;
- un scénario de test « **CF + C12ans** » dans lequel le CITE est pris en compte seulement pour 2015 et 2016, puis interrompu. Toutes les autres mesures sont maintenues.

Il est important de remarquer que les effets du CITE se font sentir au-delà des années pendant lesquelles il est mis en œuvre. En effet, les bénéfices de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments doivent être évalués sur plusieurs décennies en ce qui concerne la consommation d'énergie et la réduction des émissions de CO₂. De plus, en raison de l'augmentation du nombre de rénovations pendant les deux années au cours desquelles le CITE est mis en œuvre (dans l'exemple du scénario « CF + C12ans » dit « CITE ponctuel »), le parc de logements est modifié, ce qui influence les futures décisions de rénovation (bien que de manière marginale). À l'arrêt de la politique de subvention, cette accélération des rénovations observée pendant deux ans pourrait être suivie d'une période où les taux de rénovation et les investissements dans les travaux de rénovation seraient inférieurs à ce que donne le scénario contrefactuel.

Tableau 7 : description des scénarios

		2015	2016	2017	2018	...		2050
CF	CITE	non	non	non	non	non	non	non
	Autres mesures	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
CF + C12ans	CITE	oui	oui	non	non	non	non	non
	Autres mesures	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

¹² L'objectif ici est d'obtenir une évaluation « toutes choses égales par ailleurs ». Les effets du CITE sont donc combinés à ceux d'autres mesures s'appliquant aux mêmes travaux de rénovation. On peut également évaluer l'impact du CITE en comparant les effets d'un scénario de référence où aucune mesure n'est appliquée (scénario « aucune mesure ») à un scénario où seul est maintenu le CITE (scénario « aucune mesure sauf CI »). La comparaison entre les scénarios « aucune mesure » et « aucune mesure sauf CI » fournirait ainsi une approximation qui mettrait sans doute en évidence des effets du CITE plus importants en l'absence d'interaction avec d'autres mesures existantes. Des tests de sensibilité basés sur cette méthode sont présentés au chapitre 5.

5. Résultats détaillés

Dans ce chapitre, nous passons en revue les exigences énoncées dans le cahier des charges. Les indicateurs énumérés dans la 3^e partie du cahier des charges sont examinés pour chacune des cinq rubriques répertoriées dans la 2^e partie du cahier. Afin de faciliter la compréhension, nous avons légèrement modifié l'ordre des rubriques (ainsi, la répartition des coûts liés au CITE est analysée en deuxième position et non en dernier, car cet élément permet de comprendre l'effet de levier dont il est question dans la rubrique intitulée « effet additionnel du CITE »). Ce chapitre est structuré comme suit :

- Pertinence et efficacité du CITE
- Analyse de la répartition des coûts
- Effet additionnel du CITE
- Efficience économique du CITE
- Analyse de sensibilité

5.1. Pertinence et efficacité du CITE

Le CITE a permis de réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ respectivement d'environ 0,9 TWh et 0,12 MtCO₂ par an en 2015 et 2016. Il continue à produire ses effets pendant plusieurs années : ainsi, même lorsque le dispositif est supprimé en 2017, il permet néanmoins d'éviter l'émission de 2,9 MtCO₂ et la consommation de 43 TWh d'énergie sur la période 2015-2050. Les volumes cumulés de CO₂ non émis sur la période 2015-2050 grâce aux investissements supplémentaires réalisés en 2015 correspondent à 7 % des émissions de CO₂ produites par le secteur du logement en 2015.

Effets sur la consommation d'énergie et les émissions annuelles de CO₂

Dans un premier temps, nous comparons les données du scénario « CF » avec celles du scénario « CF + CI2 ans » concernant la consommation d'énergie liée au chauffage et les émissions de CO₂ (voir le tableau 8). Ce tableau fait ressortir, par année, les écarts de consommation d'énergie et d'émissions entre ces deux scénarios.

En comparant le scénario intégrant le CITE au scénario sans le CITE, on constate que celui-ci permet de réduire la consommation d'énergie et les émissions de GES. La quantité d'énergie non consommée et de CO₂ non émis en 2015 et 2016 représentent, respectivement, environ 0,9 TWh et 0,12 MtCO₂ par an, soit 0,3 % de la consommation d'énergie liée au chauffage et 0,3 % du CO₂ émis par le secteur du logement.

Après 2016, le scénario « CF + CI2ans » prévoit l'arrêt du CITE¹. Il en résulte que les écarts de consommation d'énergie et d'émissions observés entre les deux scénarios s'amenuisent au fil du temps, ce qui semble indiquer une baisse du taux de rénovation et du montant des investissements dans les travaux de rénovation dans le scénario « CF + CI2ans » après 2016. Dans le scénario « CF », alors que le prix de l'énergie augmente, les ménages rénovent spontanément leur logement, ce qui réduit l'écart de consommation observé entre les deux scénarios. Il n'en demeure pas moins qu'en 2050, la consommation d'énergie et la quantité d'émissions restent moins élevés dans le scénario « CF + CI2ans » où le CITE a été maintenu en 2015 et 2016 uniquement. Il découle de cette observation que le dispositif a contribué à maintenir le parc de logements sur une trajectoire plus vertueuse.

En outre, sur la période 2015-2050, les économies d'énergie et les réductions d'émissions de GES réalisées grâce au CITE totalisent respectivement 43,1 TWh et 2,9 MtCO₂.

Tableau 8 : écarts de consommation d'énergie et d'émissions de CO₂ par année entre le scénario « CF + C12ans » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050	Total 2015- 2050
Émissions (MtCO ₂)	-0,13	-0,24	-0,17	-0,08	-0,02	-2,90
Consommation d'énergie (TWh)	-0,89	-1,76	-1,59	-1,29	-0,80	-43,10

5.2. Analyse de la répartition des coûts

Le modèle est calibré pour simuler un coût budgétaire du CITE de 1,7 milliard d'euros par an pour 2015 et 2016. Les effets du CITE sur le budget d'autres mesures et sur les recettes fiscales n'ont pas été pris en compte. Le coût du CITE pour les ménages a représenté un investissement supplémentaire de 3,4 milliards d'euros sur la période 2015-2016. Le dispositif a permis de réaliser des économies à long terme sur la facture énergétique qui couvrent presque entièrement ce coût supplémentaire. Grâce au crédit d'impôt, les investissements en faveur de l'efficacité énergétique sont très rentables pour les ménages, qui pourront ainsi économiser 2,2 milliards d'euros sur la période 2015-2050.

5.2.1. Incidence sur les finances publiques

Le coût direct supporté par l'État correspond au coût du CITE. **Pour 2015 et 2016, il est simple à déterminer car le modèle a été calibré de façon à reprendre le coût du CITE tel qu'il apparaît dans les statistiques publiques (à savoir 1,7 milliard d'euros environ en 2015 [sic] et 2017).**

En sus de son coût direct, le CITE peut avoir des effets indirects sur les finances publiques.

Le dispositif peut avoir une incidence sur le coût d'autres mécanismes d'aide, notamment parce qu'il est complémentaire d'autres dispositifs tels que l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ). De fait, les deux dispositifs sont cumulables et les ménages bénéficiant de l'éco-PTZ bénéficient également du CITE. Certains bénéficiaires supplémentaires du CITE recevront l'éco-PTZ. Le CITE a donc une incidence sur le coût budgétaire de l'éco-PTZ. Si l'on voulait être absolument précis, il faudrait prendre en considération cet effet pour déterminer son incidence totale sur les finances publiques. Nous y avons renoncé, étant donné le montant modeste du coût budgétaire de l'éco-PTZ.

De façon plus générale, les effets du dispositif sur les recettes fiscales sont complexes. Son incidence sur la consommation d'énergie se répercute sur les recettes fiscales de l'énergie. En effet, l'électricité, le gaz naturel et le fioul sont taxés à des niveaux différents. De plus, la taxe carbone s'applique aux deux derniers. Ainsi, tout changement en matière de consommation d'énergie modifie le montant des recettes fiscales. Par ailleurs, une augmentation des investissements dans le secteur du bâtiment stimule l'activité économique et donc les recettes de TVA. Les effets sur les recettes fiscales sont donc nombreux et peuvent être positifs ou négatifs. Nous n'avons pas non plus tenu compte de ces variations de recettes fiscales.

5.2.2. Incidence sur les ménages : effet sur l'investissement en faveur de l'efficacité énergétique, sur la facture énergétique et sur le coût net pour les ménages

Le CITE incite les ménages à investir dans des travaux de rénovation. En contrepartie de ces investissements, le dispositif permet aux ménages de réduire leur consommation d'énergie et le montant de leur facture énergétique.

En 2015 et 2016, le CITE a permis de réaliser 1,7 milliard d'euros d'investissements

supplémentaires par an (voir le tableau 9), soit une augmentation de 16 % du total des investissements dans des travaux de rénovation en 2016. La facture énergétique des ménages a été réduite de 0,06 milliard d'euros par an en 2015 et 2016.

Après 2016, le niveau d'investissement est moins élevé dans le scénario « CF + CI2ans » comparé au scénario « CF », ce qui explique pourquoi les écarts par année figurant dans le tableau 9 sont négatifs après 2016. Cette évolution est due à l'amélioration de la performance énergétique du parc immobilier après deux ans de mise en œuvre du CITE et au taux élevé de rénovation énergétique atteint, qui a pour effet de diminuer le nombre d'opérations de rénovation très rentables qui pourraient encore être effectuées.

À l'inverse, les ménages continuent de faire des économies sur leur facture énergétique après 2016 : en 2050, ils économiseront encore 0,07 milliard d'euros par an grâce au CITE.

Tableau 9 : écarts d'investissements et d'économies d'énergie par année entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050
Investissements (en milliards d'euros)	1,71	1,69	-0,07	-0,07	-0,04
Économies d'énergie (en milliards d'euros)	0,06	0,13	0,13	0,11	0,07

Afin d'évaluer l'incidence du crédit d'impôt sur les ménages sur la période 2015-2050, nous calculons le montant cumulé des investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique et le montant cumulé des économies d'énergie réalisées. Comme les ménages bénéficient du crédit d'impôt pour effectuer leurs travaux de rénovation, nous devons prendre en compte le montant cumulé du CITE dans le calcul du coût net supporté par les ménages. Nous appliquons un taux d'actualisation de 7 % (en nous plaçant du point de vue des ménages) à ces valeurs cumulées.

Nous partons également du principe que les économies réalisées sur la facture énergétique se prolongent pendant dix ans après 2050. Nous multiplions donc par 10 le montant des économies réalisées en 2050 puis nous ajoutons le résultat de cette opération au montant des économies cumulées.

Le résultat de ces calculs, qui supposent l'application du CITE uniquement jusqu'en 2016, figure dans le tableau 10. Les valeurs correspondent aux écarts d'investissements, de coûts liés au crédit d'impôt, d'économies d'énergie et de quantités d'émissions entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF ».

Tableau 10 : coût net à long terme pour les ménages

	Investissements (en milliards d'euros) (a)	Crédits d'impôt au titre du CITE (en milliards d'euros) (b)	Allègement de la facture énergétique, toutes taxes comprises (en milliards d'euros) (c)	Coût net hors crédit d'impôt (a) - (c)	Coût net (a) - (b) - (c)
« CF + CI2ans » - CF	2,6 (1,6)	3,2 (3,3)	1,6 (3,5)	1,0 (-1,9)	-2,2 (-5,2)

Note : les investissements, les crédits d'impôt accordés au titre du CITE et l'allègement de la facture énergétique sont exprimés en valeur cumulée, actualisée au taux de 7 %. Les montants non actualisés sont indiqués entre parenthèses à côté des montants actualisés.

Sur la période 2015-2050, l'allègement de la facture énergétique permet aux ménages d'économiser 1,6 milliard d'euros, pour un investissement supplémentaire total de 2,6 milliards d'euros. Cet investissement supplémentaire ne serait donc pas rentable pour les ménages sans le CITE, lequel s'élève à 3,2 milliards d'euros sur la période. Avec le CITE, le coût net pour les ménages est de -2,2 milliards d'euros.

5.3. Effet additionnel du CITE

Le CITE a permis d'effectuer quelque 75 000 rénovations supplémentaires par an en 2015 et 2016, ce qui représente environ 1,7 milliard d'euros d'investissements annuels en faveur de l'efficacité énergétique.

Les opérations de rénovation réalisées en ayant recours au CITE sont plus ambitieuses que celles entreprises sans utiliser ce dispositif.

Le CITE améliore l'efficacité énergétique du parc de logements. Le nombre de logements basse consommation (classe énergétique A ou B) avait augmenté de 39 000 à la fin de l'année 2016. En 2015 et 2016, le rôle incitatif du CITE a permis de maintenir le parc de logements sur une trajectoire plus vertueuse, avec 71 000 logements basse consommation en plus d'ici la fin de l'année 2050.

La consommation moyenne d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré est réduite de 0,6 % en 2050.

Le rapport entre les investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique engagés grâce au CITE et les dépenses publiques liées au coût budgétaire du CITE est légèrement supérieur à 1 en 2015 et 2016.

Cette partie porte sur divers indicateurs visant à évaluer l'effet additionnel du CITE, ce qui est possible grâce au module comportemental du modèle Res-IRF qui nous permet de simuler l'évolution du parc de logements avec et sans le CITE (scénario contrefactuel).

5.3.1 Nombre de bénéficiaires et nombre de rénovations avec et sans le CITE

Le CITE a permis d'investir davantage dans des travaux de rénovation et d'effectuer 75 000 rénovations supplémentaires (entendues au sens de travaux permettant de passer d'une classe énergétique à une autre) par année de mise en œuvre, soit une hausse de 11 %.

La période qui suit 2016 se caractérise par un taux de rénovation légèrement plus bas dans le scénario « CF + CI2 ans ». Cette baisse est due à l'amélioration de la performance du parc de logements après deux années pendant lesquelles le taux de rénovation était plus élevé, ce qui réduit le nombre de rénovations très rentables qui resteraient à réaliser. C'est ce qui explique le nombre plus élevé de rénovations après 2016 dans le scénario « CF ». Sur la période 2015-2050,

le nombre total de rénovations supplémentaires s'élève à 97 000.

Tableau 11 : écarts de nombre de rénovations et d'investissements entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050	Total 2015- 2050
Nombre de rénovations	75 000	76 000	-1 000	-2 000	-3 000	97 000
Investissements (en milliards d'euros)	1,71	1,69	-0,07	-0,07	-0,04	

5.3.2. Niveau de performance des rénovations avec et sans le CITE

Si déterminer le nombre de rénovations supplémentaires présente un intérêt, il est également intéressant de chercher à savoir si les rénovations réalisées avec le CITE sont plus ambitieuses que celles réalisées sans lui. La comparaison de la hausse relative du nombre de rénovations (11 %) avec la hausse relative des investissements (16 %), cette dernière étant supérieure à la première, apporte un élément de réponse. Dans le modèle, plus les rénovations sont ambitieuses et plus leur coût est élevé. Il en découle qu'**en moyenne, les rénovations effectuées avec le CITE sont plus ambitieuses que celles qui sont réalisées sans le CITE.**

5.3.3. « Effet de levier » du CITE, correspondant à l'investissement privé supplémentaire par euro d'argent public investi

Le rapport entre les investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique par rapport à une situation sans le CITE et les dépenses publiques liées au coût budgétaire du CITE – rapport que nous appelons « effet de levier » du CITE – est d'environ 1 en 2015 et 2016. Cela est dû au fait que l'ensemble des travaux de rénovation réalisés dans le scénario « CF » bénéficient du crédit d'impôt de même que les travaux de rénovation supplémentaires réalisés dans le scénario « CF + CI2ans ».

Tableau 12 : investissement supplémentaire par euro de crédit d'impôt (référence : scénario « CF »)

Scénario	2015	2016
CF + CI2ans	1,04	1,02

L'effet de levier sur une année est calculé à partir d'un seul scénario (« CF + CI2ans ») en comparant, uniquement pour l'année concernée, deux situations, l'une avec le CITE et l'autre sans le CITE.

Même si cet effet de levier est d'environ 1 ou inférieur à 1, cela n'implique pas que le CITE n'ait aucun effet sur les rénovations. De fait, lorsqu'il est pris en compte dans le modèle, le CITE peut avoir trois effets :

- des ménages qui n'auraient pas rénové leur logement décident d'entreprendre des travaux. Pour ces ménages, l'effet de levier est largement supérieur à 1. Sur les équipements éligibles, l'effet de levier est de 100/30, car le taux de subvention est fixé à 30 % dans le modèle. Mais les travaux peuvent aussi inclure des équipements non éligibles et des coûts de main-d'œuvre, ce qui se traduit par un effet de levier total plus

élevé¹³ ;

- des ménages qui auraient rénové leur logement même sans le CITE entreprennent des rénovations plus ambitieuses lorsqu'ils bénéficient du CITE. Par exemple, certains ménages peuvent décider de rénover leur logement pour le faire passer de la classe énergétique G à la classe C, alors que sans le CITE, ils se seraient contentés de le faire passer à la classe D. Ces ménages bénéficient du crédit d'impôt pour l'ensemble des travaux auxquels ils auraient procédé sans le CITE plus le crédit d'impôt au titre des investissements supplémentaires. Pour ces ménages, l'effet de levier dépend des paramètres appliqués dans le modèle mais il est en tout cas proche de 1 ;
- des ménages qui auraient rénové leur logement même sans le CITE procèdent à des rénovations de même ampleur avec le CITE'. Pour ces ménages, l'effet de levier est nul. En réalité, le CITE peut entraîner des bénéfices supplémentaires qui n'apparaissent pas dans le modèle : pour être éligibles, les travaux doivent être effectués par des entreprises titulaires du label « RGE », ce qui garantit la bonne qualité des rénovations. Par ailleurs, la sensibilisation des consommateurs peut avoir un effet positif sur leurs décisions d'investissement (sans changer la classe énergétique atteinte après travaux) et les inciter à faire des économies d'énergie.

L'effet du CITE sur les investissements dépend du nombre de ménages se trouvant dans chacune de ces trois catégories. Jusqu'à présent, les résultats de la simulation n'ont fait l'objet d'aucune analyse visant à déterminer la proportion de chacune d'entre elles. Néanmoins, des résultats obtenus antérieurement nous fournissent des indices : le nombre de rénovations augmente de 11 %, ce qui signifie qu'une partie importante des ménages appartient à la première catégorie. Nous savons par ailleurs que la performance énergétique moyenne des rénovations est meilleure avec le CITE. Cela signifie qu'il existe des ménages appartenant à la deuxième catégorie, c'est-à-dire qui auraient entrepris des travaux même sans le CITE, mais moins ambitieux.

L'enquête Phébus nous livre un éclairage intéressant sur ce point. Lorsque l'on demande aux ménages si le CIDD a eu une incidence sur leurs travaux de rénovation, 57 % d'entre eux répondent qu'ils auraient entrepris les mêmes travaux sans le crédit d'impôt (voir le tableau 13). Les autres ménages indiquent qu'ils auraient soit différé les travaux, soit effectué des travaux moins ambitieux, soit effectué eux-mêmes les rénovations sans faire appel à un professionnel titulaire d'un label, ou qu'ils n'auraient entrepris aucuns travaux.

Tableau 13 : effet du CIDD (dispositif qui a précédé le CITE) sur les rénovations entreprises par les ménages

	Part des ménages interrogés
Travaux différés sans le CIDD	16 %
Travaux moins ambitieux sans le CIDD	11 %
Aucuns travaux sans le CIDD	11 %
Travaux effectués sans faire appel à un professionnel	4 %

¹³ Dans le modèle, le taux de subvention est fixé à 18 % afin de prendre en compte le fait que le coût des travaux ne se limite pas à des équipements éligibles (voir la partie sur la description du modèle). Sur cette base, nous avons un effet de levier de 100/18.

Aucun effet du CIDD	57 %
---------------------	------

Source : enquête Phébus

5.3.4. Efficacité énergétique du parc de logements avec et sans le CITE

Deux indicateurs sont présentés.

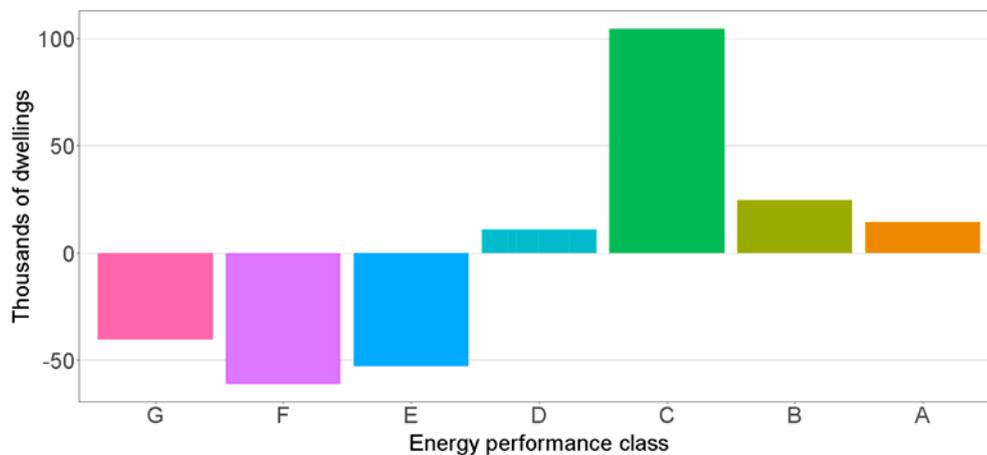
i) Écart de nombre de logements par classe énergétique entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF »

Le CITE améliore la performance énergétique du parc de logements en suscitant davantage de travaux de rénovation, autrement dit, en favorisant le passage de davantage de logements des classes énergétiques peu économes (F, G, E) à des classes énergétiques supérieures. Le tableau 14 fait ressortir l'écart de nombre de logements par classe énergétique entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF ».

Comme indiqué dans l'illustration ci-dessous, à la fin de l'année 2016, le nombre de logements basse consommation (classe énergétique A ou B) a augmenté de 39 000 grâce au CITE. De même, 155 000 logements consommant beaucoup d'énergie (classes F, G, E) ont été rénovés.

En 2050, le nombre de logements basse consommation a augmenté de 71 000, ce qui est supérieur à la hausse ponctuelle que le CITE a entraînée en 2016. Cette augmentation indique que le CITE contribue à maintenir le parc de logements sur une trajectoire plus vertueuse. Sur l'ensemble de la période 2015-2050, les changements de classe énergétique qui s'opèrent sont plus ambitieux.

Illustration 7 : écart de nombre de logements par classe énergétique entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF » en 2016



Légende :

Thousands of dwellings	Milliers de logements
Energy performance class	Classe énergétique

Tableau 14 : écart de nombre de logements par classe énergétique et par année entre le scénario « CF + C12ans » et le scénario « CF » (en milliers de logements)

Classe énergétique	2015	2016	2020	2030	2050
A	6	14	20	45	71
B	11	25	40	69	17
C	52	104	85	13	-1
D	8	11	3	-24	-43
E	-25	-53	-67	-72	-39
F	-31	-61	-52	-22	-4
G	-21	-41	-28	-9	-2

ii) Consommation moyenne d'énergie liée au chauffage par mètre carré

Nous indiquons dans cette section l'incidence du CITE sur la consommation théorique d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré. Autrement dit, nous n'indiquons que l'évolution de l'efficacité énergétique des bâtiments du parc, sans tenir compte de l'ajustement par les ménages de leur consommation réelle d'énergie (effet rebond après une rénovation, moins de limitation du chauffage).

La consommation moyenne d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré est inférieure de 0,9 % en 2016 et de 0,6 % en 2050 (voir le tableau 15).

Tableau 15 : consommation moyenne d'énergie liée au chauffage par mètre carré dans chaque scénario

Scénario	2015	2016	2020	2030	2050
CF	157,9	152,0	129,3	89,6	53,6
CF + C12ans	157,3	150,7	128,3	89,0	53,3

L'incidence du CITE sur la consommation moyenne d'énergie liée au chauffage par mètre carré est assez limitée, comme on pouvait s'y attendre. Cet indicateur porte sur la qualité de l'ensemble du parc de logements alors que les rénovations ne concernent qu'un faible pourcentage du parc. De plus, les effets du CITE sur le taux de rénovation ne durent que pendant les deux ans de sa mise en œuvre.

5.4. Efficience économique du CITE

Le coût moyen par tonne de CO₂ dont l'émission est évitée grâce aux investissements réalisés en 2015 et 2016 est estimé à 240 euros, actualisé sur la période 2015-2050. Ce coût peut être interprété comme le prix du CO₂, constant sur la période 2015-2050, qui serait nécessaire pour

que ces investissements soient rentables.

Le coût moyen par MWh d'énergie économisée grâce aux investissements réalisés en 2015 et 2016 est estimé à 20 euros, actualisé sur la période 2015-2050. Ce coût peut être interprété comme le coût supplémentaire du MWh, constant sur la période 2015-2050, qui serait nécessaire pour que ces investissements soient rentables.

D'un point de vue économique, la rénovation énergétique des bâtiments implique des investissements (privés et publics) et permet de réaliser des économies sur la facture énergétique. En outre, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments contribue à ce que la France atteigne ses objectifs environnementaux en termes de consommation d'énergie et de réduction des émissions de GES. Il est donc possible d'estimer le rapport coût-efficacité du dispositif en rapportant le coût économique (investissements moins économies réalisées sur la facture énergétique) à la quantité d'énergie économisée et aux émissions de GES évitées. Cette démarche permet d'élaborer des indicateurs, tels que le coût permettant d'éviter l'émission d'une tonne de CO₂ (coût d'abattement) et le coût permettant d'éviter la consommation d'un MWh.

Mise en garde

Il convient de souligner que ces indicateurs sont assez grossiers et ne permettent pas d'orienter correctement les politiques publiques. En effet, les objectifs de ces politiques ne concernent pas seulement les GES et la consommation d'énergie mais englobent d'autres aspects (qualité de l'air, isolation phonique, lutte contre la pauvreté, amélioration de la santé, etc.). Néanmoins, ces indicateurs donnent un ordre de grandeur du rapport coût-efficacité du CITE au regard des objectifs analysés dans le présent rapport.

Méthode

Afin d'évaluer les effets du crédit d'impôt sur l'ensemble de la période 2015-2050, nous calculons, en valeur cumulée, les investissements en faveur de l'efficacité énergétique, le coût budgétaire lié au CITE, les économies réalisées par les ménages sur leur facture énergétique (calculées à partir des prix de l'énergie hors taxes¹⁴) et les émissions de CO₂ évitées. Conformément aux recommandations françaises sur l'évaluation des investissements publics (rapport Quinet 2013), nous avons appliqué un taux de 4,5 % afin d'actualiser ces valeurs cumulées.

De même, nous avons considéré que les économies réalisées sur la facture énergétique et les émissions de CO₂ évitées se poursuivent pendant dix années après 2050. Nous avons donc multiplié par 10 le montant des économies réalisées en 2050 puis additionné ce résultat au montant des économies cumulées. Les résultats de ces calculs, dans lesquels le CITE n'est maintenu que jusqu'en 2016, figurent dans le tableau 16.

Les valeurs correspondent aux écarts d'investissements, de coûts liés au crédit d'impôt, de dépenses énergétiques et de quantités d'émissions de CO₂ entre le scénario « CF + CI2ans » et le scénario « CF ».

Le rapport entre les investissements supplémentaires moins les économies réalisées sur la facture énergétique et le cumul des émissions de CO₂ évitées $((a) - (b)) / (d)$ correspond au coût socio-économique moyen d'une tonne de CO₂ évitée. Il s'agit du coût moyen de la réduction des émissions de CO₂ sur l'ensemble de la période considérée, qui est interprété comme le prix moyen par tonne de CO₂ qu'il faut appliquer sur la période pour que les investissements soient rentables. De façon similaire, le rapport entre les investissements supplémentaires moins les économies réalisées sur la facture énergétique et le cumul des économies d'énergie $((a) - (b)) / (c)$ correspond au coût supplémentaire par MWh économisé. Ce rapport représente le coût socio-

¹⁴ Les prix excluent les taxes sur le fioul et le gaz naturel (TICPE et TICGN, qui incluent une composante carbone). Ils incluent cependant la CSPE, puisque ce prélèvement fiscal sur la consommation d'électricité est censé contribuer à couvrir le coût associé au développement d'énergies renouvelables électriques. Cette taxe peut donc être considérée comme un élément du coût de la production d'électricité.

économique moyen permettant de réduire la consommation d'énergie sur la période.

Résultats

Tableau 16 : évaluation socio-économique du CITE entre 2015 et 2050 (CITE supprimé en 2016)

	Investissements (en milliards d'euros) (a)	Coût budgétaire du CITE (en milliards d'euros) (b)	Allègement de la facture énergétique, hors taxes (en milliards d'euros) (b)	Consommation d'énergie (TWh) (c)	Émissions de CO ₂ (MtCO ₂) (d)	Coût par tonne de CO ₂ (euros par tonne) ((a) - (b)) / (d)	Coût par MWh (euros par MWh) ((a)-(b))/(c)
« CF + CI2ans » - CF	2,4	3,3	1,9	-25,8 (-43,1)	-2,0 (-2,9)	236	18

Note : les investissements, le coût budgétaire du CITE, l'allègement de la facture énergétique et les quantités d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont exprimés en valeur cumulée, actualisée au taux de 4,5 %. Les quantités cumulées non actualisées d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont indiquées entre parenthèses sous les quantités actualisées.

Sur la période 2015-2050, le CITE permet d'alléger la facture énergétique des ménages de 1,9 milliard d'euros (en valeur actualisée), en contrepartie d'un investissement supplémentaire de 2,4 milliards d'euros dans des travaux de rénovation. Le coût socio-économique des émissions de CO₂ évitées est estimé à 236 euros par tonne, celui des économies d'énergie réalisées étant estimé à 18 euros par MWh.

5.5. Analyse de sensibilité

Il ressort de l'analyse de sensibilité que les paramètres du modèle auxquels les résultats sont les plus sensibles sont les coûts de rénovation et la différence entre les économies d'énergie théoriques (découlant du processus d'étiquetage énergétique) et celles qui sont effectivement réalisées.

La réduction de la pollution de l'air ne peut pas être traitée dans le modèle. Toutefois, une approche *ad hoc* simplifiée nous fournit un ordre de grandeur et confirme que le bénéfice social correspondant est un enjeu de premier ordre.

5.5.1. Application du modèle à d'autres hypothèses

Deux autres simulations ont été effectuées pour vérifier la fiabilité des résultats présentés plus haut :

(i) L'enquête OPEN, qui a servi à calibrer les hypothèses relatives aux coûts de rénovation, fournit des éléments intéressants, mais elle fait également ressortir une importante dispersion des valeurs qui révèle une grande incertitude. Les hypothèses relatives aux coûts étant un élément essentiel au fonctionnement du modèle, il a été procédé à un test de sensibilité prenant en compte des coûts de rénovation inférieurs de 20 %.

(ii) Comme nous l'avons exposé au paragraphe 4.3, le modèle intègre une représentation de la consommation d'énergie qui permet d'expliquer la différence entre la consommation théorique des logements indiquée par leur étiquette énergétique et leur consommation réelle. Plusieurs éléments sont à l'origine de cette différence, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut : l'« effet rebond » est l'un de ces éléments, tout comme le sont le niveau de revenus et la précision du processus d'étiquetage (de fait, il n'est pas possible de séparer l'effet rebond des autres effets). Pour tenir compte de cet aspect sensible du modèle, nous avons conduit un test dans lequel, pour chaque classe énergétique, la consommation réelle d'énergie équivaut à la consommation théorique.

(iii) Comme il est indiqué dans le tableau 6, nous avons pris en compte un contenu en CO₂ de 120 g par kWh pour calculer les émissions de CO₂ liées à l'électricité. Cette valeur dépend de la palette énergétique utilisée pour produire l'électricité nécessaire au chauffage des logements. Les assesseurs ont proposé de réaliser un test de sensibilité intégrant une valeur plus élevée du contenu en CO₂ de l'électricité. Nous avons ainsi calculé la quantité d'émissions de CO₂ évitées et le coût par tonne de CO₂ en utilisant un contenu en CO₂ de 360 g par kWh.

Le tableau 17 synthétise les résultats de ces simulations. La ligne correspondant au scénario de référence « CF + CI » - CF rappelle les résultats précédents présentés dans le rapport.

Si nous calibrons le modèle en y intégrant des coûts de rénovation inférieurs de 20 %, le coût par tonne de CO₂ et le coût par MWh non consommé sont nettement réduits et deviennent négatifs car le montant des investissements est réduit de 20 % tandis que les économies réalisées sur la facture énergétique, la réduction des émissions de CO₂ et les économies d'énergie demeurent constantes. Aucun test de sensibilité intégrant des coûts 20 % plus élevés n'a été conduit de façon adéquate avec ce modèle. Il est néanmoins possible de deviner les résultats d'un tel test. En nous fondant sur le test intégrant des coûts de rénovation inférieurs de 20 %, dont les résultats font ressortir une baisse de 20 % du montant des investissements, une légère augmentation des économies d'énergie à 2 milliards d'euros et un léger accroissement de la réduction des émissions de CO₂ à 2,1 Mt, on peut supposer qu'un test intégrant des coûts 20% plus élevés produirait les résultats suivants : une hausse de 20 % à 2,9 milliards d'euros du montant des investissements, des économies d'énergie de 1,8 milliard d'euros et des émissions de CO₂, légèrement en baisse, à 1,9 Mt. Sur cette base, le coût d'abattement des émissions de CO₂ serait d'environ 500 euros par tonne.

Si l'on suppose que les ménages n'adaptent pas leur confort thermique après avoir rénové leur logement (aucun effet rebond), les économies d'énergie et la réduction des émissions de CO₂ sont plus élevées et le coût d'abattement des émissions de CO₂ est de 40 euros par tonne. Même si ce changement n'est pas complètement dû à l'effet rebond mais aussi à d'autres facteurs impossibles à séparer de ce dernier, le test indique que l'effet rebond est probablement un paramètre sensible.

Si nous utilisons un contenu en CO₂ de 360 g par kWh électrique, les émissions évitées grâce au CITE augmentent de 50 %. Les coûts de rénovation et les économies réalisées sur la facture énergétique demeurent inchangés car l'électricité n'est pas couverte par la taxe carbone et le prix de l'électricité est le même que dans le scénario de référence. Le coût d'abattement des émissions de CO₂ est ainsi réduit à 156 euros par tonne.

Tableau 17 : évaluation socio-économique du CITE sur la période 2015-2050 : autres simulations (CITE supprimé en 2017)

	Investissements (en milliards d'euros) (a)	Coût budgétaire du CITE (en milliards d'euros)	Allègement de la facture énergétique (en milliards d'euros) (b)	Consommation d'énergie (TWh) (c)	Émissions de CO ₂ (MtCO ₂) (d)	Coût par tonne de CO ₂ (euros par tonne) ((a) - (b)) / (d)	Coût par MWh (euros par MWh) ((a)-(b))/(c)
« CF + CI » - CF = scénario de référence	2,4	3,3	1,9	-25,8 (-43,1)	-2,0 (-2,9)	236	18

« CF + CI » - CF Coûts de rénovation -20 %	2,0	3,3	2,0	-25,7 (-43)	-2,1 (-3,0)	-7,0	-0,5
« CF + CI » - CF économies d'énergie théoriques (vs. 'réalisées)	2,4	3,3	2,3	-29,6 (-48,3)	-2,9 (-4,2)	39	4,0
« CF + CI » - CF contenu en CO ₂ de 360 g par KWh	2,4	3,3	1,9	-25,8 (-43,1)	-3,0 (-4,7)	156	18

5.5.2. Évaluation de la réduction de la pollution de l'air

La pollution de l'air causée par les installations de chauffage des bâtiments a pour origine la libération, pendant la combustion de l'énergie utilisée, de polluants tels que les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines¹⁵. En ce qui concerne plus spécifiquement l'électricité, la pollution se produit en amont, dans les centrales électriques. Ces polluants ont des effets nocifs sur la santé de la population, à l'échelle mondiale s'agissant des oxydes d'azote et à l'échelle locale concernant les particules fines.

La quantité de ces polluants dépend du type d'énergie utilisée (gaz naturel, fioul, etc.) et du type d'équipement (à quantité d'énergie utilisée égale, les chaudières récentes sont moins polluantes que les anciennes).

Le modèle Res-IRF ne permet pas de prendre correctement en compte la quantité de polluants émis. Nous avons donc adopté une approche simplifiée pour pouvoir estimer approximativement cette quantité. Nous avons considéré que la consommation d'un KWh de chaque type d'énergie entraînait l'émission d'une certaine quantité de polluants.

Tableau 18 : teneur en polluants par type d'énergie

	NOx (mg/KWh)	Particule fine (mg/KWh)
Électricité	26	0,4

¹⁵ D'autres polluants sont également libérés mais leur coût social est négligeable.

Gaz naturel	151,2	3,24
Fioul	248,4	5,4
Bois	219,6	849,6

Source : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) ; calculs réalisés par le CGDD.

Le modèle Res-IRF fait apparaître les variations annuelles de consommation pour chaque type d'énergie. En multipliant les deux quantités, il est donc possible de déterminer les variations de quantités de polluants émises. Ainsi, la réduction des émissions de particules fines sur la période est de 22,5 kt (11,5 kt quand le taux d'actualisation de 4,5 % par an est appliqué) et la réduction des émissions d'oxydes d'azote est de 7,5 kt (4,2 kt en valeur actualisée). En valeur non actualisée et cumulée, cette réduction d'émissions représente respectivement environ 13 % et 27 % des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines produites par les ménages en 2016¹⁶.

Afin de traduire ces quantités en coût social, nous avons utilisé des valeurs de référence fournies dans le rapport 2008 de France Stratégie sur le coût des externalités. Les valeurs mentionnées dans ce rapport ont été actualisées et figurent en euros de 2017 dans le tableau ci-après¹⁷.

En ce qui concerne les particules fines, comme leurs effets se produisent à l'échelle locale, leur coût social augmente avec la densité de population. Le rapport de France Stratégie fournit des valeurs pour cinq catégories de densité de population. En l'absence de toute indication à ce sujet, nous considérons que la répartition géographique des logements pourvus d'installations de chauffage fonctionnant au gaz naturel, à l'électricité et au fioul est indépendante de la densité de population. Nous avons ainsi calculé la valeur moyenne du coût social, pondérée par la proportion de la population vivant dans les zones correspondant à chaque catégorie de densité de population.

Concernant les logements pourvus d'une installation de chauffage au bois, nous avons retenu le coût social associé aux zones à très faible densité de population (rurales). Nous avons ainsi opté pour une approche prudente afin d'éviter de surestimer les bénéfices.

Tableau 19 : coût social des polluants atmosphériques

Zones	Valeurs fournies par France Stratégie, actualisées par le CGDD, en €2017/g		Répartition de la population
	PM2,5	Oxydes d'azote	
Urbaine, très dense (6 750 habitants/km ² en moyenne)	6,054	0,012	26 %
Urbaine, dense (2 250 habitants/km ² en moyenne)	2,018	0,012	12 %

¹⁶ Selon le CITEPA, en 2016, les ménages ont émis 60,3 kt d'oxydes d'azote et 84,2 kt de particules fines (PM2,5). Pour la seule année 2016, le CITE a permis de réduire de 0,5 % et 0,6 %, respectivement, les émissions d'oxydes d'azote et de particules fines produites par le secteur résidentiel.

¹⁷ Comme l'indique France Stratégie dans son rapport sur les coûts externes, les valeurs augmentent au même rythme que le PIB par habitant.

Urbaine (750 habitants/km ² en moyenne)	0,673	0,012	19 %
Urbaine, peu dense (250 habitants/km ² en moyenne)	0,224	0,012	15 %
Rurale (25 habitants/km ² en moyenne)	0,023	0,012	28 %
Coût moyen pondéré par la répartition de la population	1,984	0,012	

Nous sommes ainsi en mesure de calculer, pour chaque année, le bénéfice social induit par la réduction de la consommation d'énergie. Sur la période 2015-2050, le bénéfice total, actualisé au taux de 4,5 %, s'élève à 410 millions d'euros. Il est principalement dû aux particules fines (350 millions d'euros). Le montant du bénéfice total s'explique en grande partie (340 millions d'euros, dont 290 millions euros dus aux particules fines) par le recul de la consommation d'énergie ligneuse, car celle-ci possède une teneur très élevée en particules fines. La consommation d'énergie issue du fioul et du gaz naturel baisse également mais la teneur en polluants de ces sources d'énergie est moins élevée.

Ces résultats, qu'il convient d'interpréter avec la plus grande prudence, soulignent clairement que la question des externalités produites par la pollution atmosphérique n'est pas secondaire. Ce co-bénéfice, ainsi que les bénéfices liés à l'allègement de la facture énergétique, peuvent être intégrés dans le calcul du coût d'abattement des émissions de CO₂ : ce bénéfice collectif de 410 millions d'euros réduit le coût collectif du CITE. Plus précisément, lorsqu'il est exprimé en coût ou bénéfice par tonne de CO₂, il représente un co-bénéfice d'environ 200 euros par tonne. Si ce co-bénéfice est pris en compte pour calculer le coût d'abattement des émissions de CO₂, ce dernier diminue à environ 40 euros par tonne.

6. Scénario du CITE permanent

Pour mieux évaluer les effets que pourrait avoir le CITE s'il était maintenu à long terme, nous avons testé un autre scénario, appelé scénario du « CITE permanent », dans lequel cette mesure continue d'être appliquée jusqu'en 2050, avec le même taux de subvention. Nous avons comparé deux scénarios :

- le scénario « **contrefactuel** » ou « **CF** », dans lequel aucun CITE n'est pris en compte dans le modèle à compter de 2015 et où toutes les autres mesures sont maintenues ;
- le scénario de test « **contrefactuel + CITE** » ou « **CF + CI** », dans lequel le CITE est pris en compte de manière permanente à partir de 2015. Toutes les autres mesures sont maintenues et le taux du crédit d'impôt reste le même de 2015 à 2050.

La comparaison des résultats du scénario de test avec ceux du scénario contrefactuel permet de connaître les effets du crédit d'impôt sur le niveau des investissements en faveur de l'efficacité énergétique, sur la consommation d'énergie liée au chauffage et sur les émissions de GES.

Tableau 20 : description des scénarios (CI2ans indiqué pour mémoire)

		2015	2016	2017	2018	...		2050
CF	CITE	non	non	non	non	non	non	non
	Autres mesures	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

CF + CI2ans	CITE	oui	oui	non	non	non	non	non
	Autres mesures	oui						
CF + CI	CITE	oui						
	Autres mesures	oui						

Les résultats obtenus précédemment dans chaque domaine ont été rappelés pour faciliter la comparaison entre les effets du « CITE ponctuel » et ceux du « CITE permanent ».

Pertinence et efficacité du CITE

Le « CITE ponctuel » a permis de réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ respectivement d'environ 0,9 TWh et 0,12 MtCO₂ par an en 2015 et 2016. Il continue à produire ses effets pendant plusieurs années : ainsi, même si le dispositif est supprimé en 2017, il permet néanmoins d'éviter l'émission de 2,9 MtCO₂ et la consommation de 43 TWh d'énergie sur la période 2015-2050.

Maintenu jusqu'en 2050, le CITE permet d'éviter l'émission de 24 MtCO₂ et la consommation de 286 TWh d'énergie.

6.1. Incidence sur la consommation d'énergie et les émissions annuelles de CO₂

Lorsque le CITE est maintenu à long terme (scénario « CF + CI »), en 2050 la consommation d'énergie est réduite de 9 TWh et les émissions de GES de 0,5 MtCO₂ par rapport au scénario sans le CITE (scénario « CF »).

En 2030, le gain annuel est d'environ 9,3 TWh et 0,9 MtCO₂, soit une baisse de 3,2 % de la consommation d'énergie et de 2 % des émissions de GES par rapport au scénario sans le CITE. Le gain annuel est plus élevé en 2030 qu'en 2050 car dans le scénario « CF + CI », les possibilités d'économie d'énergie sont exploitées plus rapidement.

Sur l'ensemble de la période 2015-2050, les économies d'énergie et la réduction des émissions de CO₂ obtenues grâce au CITE s'élèvent respectivement à 286,3 TWh et 24,2 MtCO₂.

Tableau 21 : écarts de consommation d'énergie et d'émissions de CO₂ par année entre le scénario « CF + CI » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050	Total 2015-2050
Émissions (MtCO ₂)	-0,13	-0,24	-0,53	-0,86	-0,52	-24,2
Consommation d'énergie (TWh)	-0,89	-1,76	-4,75	-9,32	-9,03	-286,3

6.2. Analyse de la répartition des coûts

Dans le scénario « CITE permanent », le coût budgétaire annuel augmente jusqu'en 2020, puis diminue progressivement pour atteindre 0,75 milliard d'euros en 2050. Les investissements supplémentaires en faveur de l'efficacité énergétique sont stimulés jusqu'en 2040.

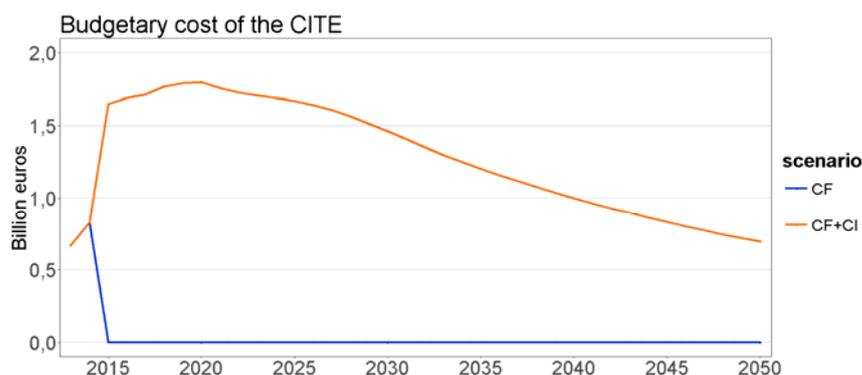
Sur la période 2015-2050, l'allègement de la facture énergétique permet aux ménages d'économiser 9,2 milliards d'euros, pour un investissement supplémentaire total de 15,4 milliards d'euros. Comme dans le scénario « CITE ponctuel », l'investissement supplémentaire ne serait donc pas rentable pour les ménages sans le CITE, lequel s'élève à 21,2 milliards d'euros sur la période 2015-2050. Avec le CITE, le coût net pour les ménages est de -15 milliards d'euros.

6.2.1. Incidence sur les finances publiques

Le modèle nous permet de simuler le coût budgétaire du CITE à long terme (voir le graphique ci-après) dans la perspective où le CITE serait maintenu au même taux, toutes choses étant égales par ailleurs (maintien des autres mesures).

Le CITE entraîne un coût supplémentaire de 1,5 milliard d'euros en 2030 et de 700 millions d'euros en 2050. Le coût supplémentaire décroît avec le temps en raison de la diminution du nombre de rénovations, comme le montre le graphique suivant.

Illustration 8 : coût budgétaire du CITE



Légende :

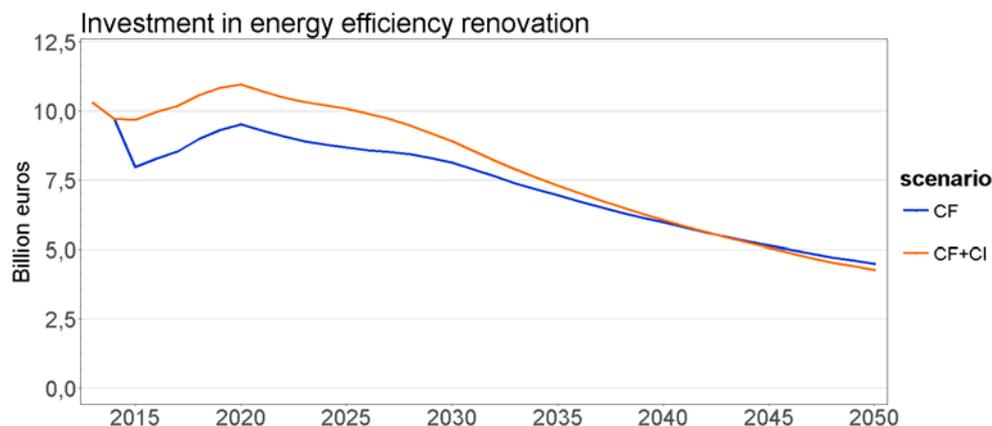
Budgetary cost of the CITE	Coût budgétaire du CITE
Billion euros	Milliards d'euros

En sus de son coût direct, le CITE peut avoir des effets indirects sur les finances publiques, par le biais d'autres mesures de soutien ou des recettes fiscales. Ces effets n'ont pas été pris en compte.

6.2.2. Incidence sur les ménages : effet sur l'investissement en faveur de l'efficacité énergétique, sur la facture énergétique et sur le coût net pour les ménages

Lorsque le CITE est maintenu jusqu'en 2050 (scénario « CF + CI »), le niveau d'investissement est plus élevé jusqu'en 2042, comme le montre le graphique suivant. Dans ce scénario, les possibilités d'économie d'énergie rentables sont exploitées plus rapidement, ce qui explique la baisse plus marquée de l'investissement en faveur de l'efficacité énergétique.

Illustration 9 : investissement en faveur de l'efficacité énergétique



Légende :

Investment in energy efficiency renovation	Investissement en faveur de l'efficacité énergétique
Billion euros	Milliards d'euros

L'allègement de la facture énergétique augmente d'une année sur l'autre, passant de 0,13 milliard d'euros en 2016 à 1 milliard d'euros en 2050.

Tableau 22 : écarts d'investissements en faveur de l'efficacité énergétique et d'allègement de la facture énergétique par année entre le scénario « CF + CI » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050
Investissements (milliards d'euros)	1,71	1,69	1,46	0,76	-0,23
Allègement de la facture énergétique (milliards d'euros)	0,06	0,13	0,40	0,90	1,00

Le tableau 23 indique le coût net pour les ménages dans l'hypothèse d'un maintien du CITE jusqu'en 2050. Sur la période 2015-2050, l'allègement de la facture énergétique permet aux ménages d'économiser 9,2 milliards d'euros, pour un investissement supplémentaire total de 15,4 milliards d'euros. Comme dans le scénario « CITE ponctuel », l'investissement supplémentaire n'est donc pas rentable pour les ménages sans le CITE, lequel s'élève à 21,2 milliards d'euros sur la période 2015-2050. Avec le CITE, le coût net pour les ménages est de -15 milliards d'euros.

Tableau 23 : coût net pour les ménages

	Investissements (milliards d'euros)	Crédits d'impôt au titre du CITE (milliards d'euros)	Allègement de la facture énergétique (milliards d'euros)	Coût net hors crédit d'impôt (a)-(c)	Coût net (a)-(b)-(c)
	(a)	(b)	(c)		
« CF + CI » - CF	15,4 (24,5)	21,2 (25,2)	9,2 (28,6)	6,2 (-4,1)	-15,0 (- 29,3)

Note : les investissements, les crédits d'impôt accordés au titre du CITE et l'allègement de la facture énergétique sont exprimés en valeur cumulée, actualisée au taux de 7 %. Les montants non actualisés sont indiqués entre parenthèses à côté des montants actualisés.

6.3. Effet additionnel du CITE

Le CITE a suscité environ 75 000 rénovations supplémentaires par an en 2015 et 2016, ce qui représente près d'1,7 milliard d'euros d'investissements en faveur de l'efficacité énergétique par an.

Le CITE améliore l'efficacité énergétique du parc de logements. Le nombre de logements basse consommation (classe énergétique A ou B) avait augmenté de 39 000 à la fin de l'année 2016. Le rôle incitatif du CITE contribue à maintenir le parc de logements sur une trajectoire plus vertueuse, avec 71 000 logements basse consommation en plus d'ici la fin de l'année 2050 lorsque le CITE est supprimé après 2016 et 1,5 million en plus lorsqu'il est maintenu jusqu'en 2050.

La consommation moyenne d'énergie liée au chauffage du parc de logement par mètre carré est réduite de 0,6 % en 2050 lorsque le CITE est supprimé en 2017 et de 6,5 % lorsqu'il est maintenu jusqu'en 2050.

Le rapport entre l'investissement supplémentaire en faveur de l'efficacité énergétique engagé grâce au CITE et le coût budgétaire du CITE était légèrement supérieur à 1 en 2015 et 2016. Il diminue ensuite pour atteindre 0,78 en 2050.

6.3.1. Nombre de bénéficiaires et nombre de rénovations avec et sans le CITE

Lorsque le CITE est maintenu à long terme, il entraîne plus de 1,3 million de rénovations sur la période 2015-2050, ce qui représente environ 37 000 rénovations supplémentaires par an, soit une augmentation de 0,15 point du taux de rénovation du parc de logements sur cette période.

Tableau 24 : écarts de nombre de rénovations et d'investissements entre le scénario « CF + CI » et le scénario « CF »

	2015	2016	2020	2030	2050	Total 2015-2050
Nombre de rénovations	75 000	76 000	76 000	50 000	-19 000	1 335 000
Investissements (milliards d'euros)	1,71	1,69	1,46	0,76	-0,23	

6.3.2. « Effet de levier » du CITE : investissement privé supplémentaire par euro d'argent public investi

Comme le montre le tableau 25, lorsque le CITE est maintenu à long terme, l'effet de levier décline avec le temps à mesure de la rénovation du parc de logements, avec un rapport investissement/coût budgétaire d'environ 0,78 en 2050. Cela s'explique aisément par la hausse des prix de l'énergie et la baisse des coûts de rénovation au fil du temps (du fait des progrès techniques pris en compte dans le modèle), qui conduisent à un accroissement des investissements même en l'absence de CITE. L'efficacité de la mesure décroît avec le temps : le nombre et la valeur des rénovations effectuées grâce au CITE s'amenuisent peu à peu.

Tableau 25 : investissement supplémentaire par euro de crédit d'impôt (référence : scénario « CF »)

	2015	2016	2020	2030	2050
CF + CI	1,04	1,02	0,91	0,92	0,78

6.3.3. Efficacité énergétique du parc de logements avec et sans le CITE

Deux indicateurs sont présentés.

i) Écart de nombre de logements par classe énergétique

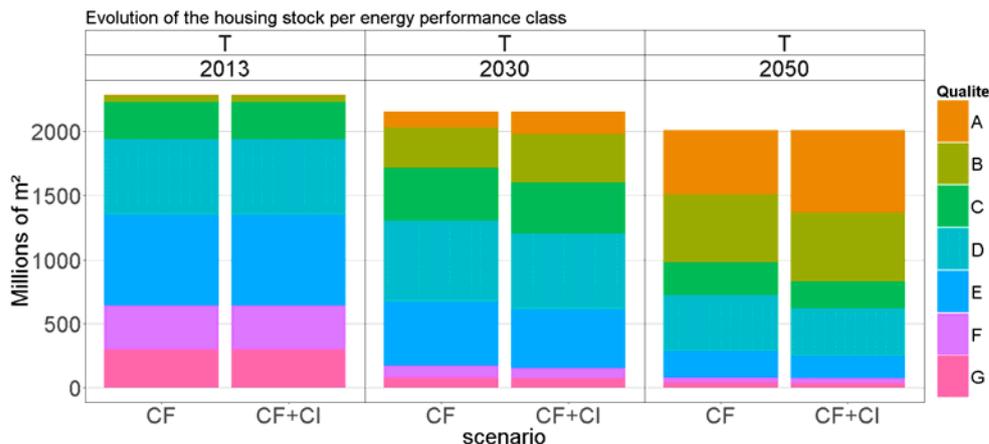
Lorsque le CITE est maintenu jusqu'en 2050, les effets sur le nombre de logements par classe énergétique sont démultipliés. En 2050, on compte 1,5 million de logements basse consommation supplémentaires, ce qui représente 5,6 % du parc de logements de 2015.

Tableau 26 : écart de nombre de logements par classe énergétique et par année entre le scénario « CF + CI » et le scénario « CF » (en milliers de logements)

Classe énergétique	2015	2016	2020	2030	2050
A	6	14	72	496	1 359
B	11	25	128	598	119
C	52	104	251	-93	-409
D	8	11	-35	-355	-622
E	-25	-53	-183	-427	-351
F	-31	-61	-146	-135	-49
G	-21	-41	-88	-86	-49

Comme le montre le graphique suivant, en 2050, la part des logements de classe énergétique A ou B dans le parc de logements est de 5 points supérieure dans le scénario « CF + CI » par rapport à ce qu'elle serait dans le scénario « CF ».

Illustration 10 : évolution du parc de logements par classe énergétique



Légende :

Evolution of the housing stock per energy performance class	Évolution du parc de logements par classe énergétique
Millions of m ²	Millions de m ²
Qualite	Classe

ii) Consommation moyenne d'énergie liée au chauffage par mètre carré

Nous indiquons dans cette section l'incidence du CITE sur la consommation théorique d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré. Autrement dit, nous n'indiquons que l'évolution de l'efficacité énergétique des bâtiments du parc, sans tenir compte de l'ajustement par les ménages de leur consommation réelle d'énergie (effet rebond après une rénovation, moins de limitation du chauffage).

La consommation moyenne d'énergie liée au chauffage du parc de logements par mètre carré est inférieure de 5,3 % en 2030 et de 6,5 % en 2050 (voir le tableau 27).

Tableau 27 : consommation moyenne d'énergie liée au chauffage par mètre carré dans chaque scénario

Scénario	2015	2016	2020	2030	2050
CF	157,9	152,0	129,3	89,6	53,6
CF + CI	157,3	150,7	126,3	84,9	50,1

6.3.4. Efficience économique du CITE

Le coût moyen par tonne de CO₂ dont l'émission est évitée grâce aux investissements réalisés sur la période 2015-2050 est estimé à 428 euros.

Le coût moyen par MWh d'énergie économisée grâce aux investissements réalisés sur la période 2015-2050 est estimé à 37 euros.

Lorsque le CITE est maintenu à long terme, le coût par tonne de CO₂ et par MWh est supérieur en raison de la hausse progressive des coûts marginaux de rénovation.

Tableau 28 : évaluation socio-économique du CITE sur la période 2015-2050 (CITE maintenu jusqu'en 2050)

	Investissements (milliards d'euros)	Coût budgétaire du CITE (milliards d'euros)	Allègement de la facture énergétique (milliards d'euros)	Consommation d'énergie (TWh)	Émissions de CO ₂ (MtCO ₂)	Coût par tonne de CO ₂ (euros par tonne)	Coût par MWh (euros par MWh)
	(a)		(b)	(c)	(d)	((a) – (b)) / (d)	((a)-(b))/(c)
« CF + CI » - CF	17,9	26,9	12,5	-145,1 (-286,3)	-12,6 (-24,2)	428	37

Note : les investissements, le coût budgétaire du CITE, l'allègement de la facture énergétique et les quantités d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont exprimés en valeur cumulée, actualisée au taux de 4,5 %. Les quantités cumulées non actualisées d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont indiquées entre parenthèses sous les quantités actualisées.

Lorsque le CITE est maintenu jusqu'en 2050, il permet d'alléger la facture énergétique des ménages de 12,5 milliards d'euros (en valeur actualisée), en contrepartie d'un investissement supplémentaire de 17,9 milliards d'euros dans des travaux de rénovation. Le coût socio-économique des émissions de CO₂ évitées est estimé à 428 euros par tonne et celui des économies d'énergie réalisées à 37 euros par MWh.

Le coût par tonne de CO₂ dont l'émission est évitée est près de deux fois supérieur à ce qu'il est lorsque le CITE prend fin en 2017. En effet, au fil du temps, une part de plus en plus grande du parc de logements est rénovée et le passage à une classe énergétique supérieure devient de plus en plus coûteux. Même en tenant compte de la hausse des prix de l'énergie et de l'abaissement des coûts de rénovation du fait des progrès techniques, le coût marginal des rénovations semble augmenter.

6.4. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité indique que les paramètres du modèle auxquels les résultats sont les plus sensibles sont le niveau initial des coûts de rénovation et l'incidence des progrès techniques sur leur évolution dans le temps. Les résultats sont moins sensibles aux différents scénarios d'évolution des prix de l'énergie et aux interactions avec d'autres mesures.

D'autres simulations ont été effectuées pour vérifier la fiabilité des résultats présentés plus haut :

- une simulation sans progrès techniques, c'est-à-dire sans diminution des coûts de rénovation au fil du temps ;
- une simulation dans laquelle l'énergie est plus chère, avec une croissance annuelle des prix de l'énergie supérieure de 10 % ;
- un scénario où le modèle est calibré avec des coûts de rénovation inférieurs de 20 %. Le coût budgétaire du CITE pour 2015 et 2016 reste le même ;
- un scénario dans lequel nous comparons le scénario où aucune mesure n'est appliquée (scénario « aucune mesure ») avec un scénario dans lequel aucune autre mesure que le CITE n'est appliquée (scénario « aucune mesure sauf CI »).

Le tableau 29 synthétise les résultats de ces simulations.

Tableau 29 : évaluation socio-économique du CITE sur la période 2015-2050, autres simulations (CITE maintenu jusqu'en 2050)

	Investissements (milliards d'euros) (a)	Coût budgétaire du CITE (milliards d'euros)	Allègement de la facture énergétique (milliards d'euros) (b)	Consommation d'énergie (TWh) (c)	Émissions de CO ₂ (MtCO ₂) (d)	Coût par tonne de CO ₂ (euros par tonne) ((a) - (b)) / (d)	Coût par MWh (euros par MWh) ((a)-(b))/(c)
« CF + CI » - CF = scénario de référence	17,9	26,9	12,5	-145,1 (-286,3)	-12,6 (-24,2)	428	37
« CF + CI » - CF Pas de progrès techniques	19,2	24,3	10,4	-122 (-240)	-11,8 (-22,7)	743	72
« CF + CI » - CF Croissance annuelle des prix de l'énergie +10 %	17,9	27,2	12,9	-145,9 (-288,0)	-12,4 (-23,8)	406	35
« CF + CI » - CF Coûts de rénovation -20 %	15,5	26,7	13,5	-152,5 (-302,0)	-13,5 (-26,2)	151	13
« aucune mesure sauf CI » - « aucune mesure »	16,6	22,6	-11,3	-129,1 (-259,4)	-12,7 (-24,9)	419	41

Note : les investissements, le coût budgétaire du CITE, l'allègement de la facture énergétique et les quantités d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont exprimés en valeur cumulée, actualisée au taux de 4,5 %. Les quantités cumulées non actualisées d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie évitées sont indiquées entre parenthèses sous les quantités actualisées.

Le coût par tonne de CO₂ dont l'émission est évitée est assez sensible au choix du scénario. Il est significativement plus élevé en l'absence de progrès techniques car les coûts de rénovation sont alors supérieurs et ne diminuent pas au fil du temps. À l'inverse, si l'énergie est plus chère, le coût par tonne de CO₂ diminue car l'allègement de la facture énergétique est supérieur pour un même investissement et une même baisse de la consommation d'énergie.

Si nous calibrons le modèle avec des coûts de rénovation inférieurs de 20 %, le coût par tonne de CO₂ est divisé par plus de 3 car les rénovations coûtent moins cher tandis que l'allègement de la facture énergétique, la réduction des émissions de CO₂ et les économies d'énergie sont légèrement supérieurs.

Le scénario « aucune mesure sauf CI » - « aucune mesure » conduit à des résultats similaires à ceux du scénario « CF + CI » - « CF », ce qui veut dire que les interactions entre mesures ont une faible incidence sur les effets du CITE. Le coût budgétaire du CITE est toutefois inférieur car

le nombre de rénovations réalisées en l'absence de CITE est moins élevé lorsqu'aucune autre mesure n'est appliquée. Le CITE subventionne donc moins de travaux de rénovation.

Le coût par MWh économisé varie de manière similaire au coût par tonne de CO₂ dont l'émission est évitée d'un scénario à l'autre.

7. Bibliographie

Agence France Trésor, « OAT verte, rapport d'allocation et de performance », 2017.

Allibe B., 2015, « Du normatif au réaliste : amélioration de l'évaluation technico-économique du bénéfice des rénovations énergétiques des logements », *La Revue du CGDD*, p. 37-46.

Cayla J.-M., Osso D., 2013, « Does energy efficiency reduce inequalities? Impact of policies in residential sector on household budget », actes du séminaire d'été de l'ECEEE.

CGDD, « Les ménages et la consommation d'énergie », *Théma analyse*, 2017.

CIREDD, CGDD, « Évaluation des mesures du Grenelle de l'Environnement sur le parc de logements », *Études et documents*, 2011.

Données statistiques du CEREN, 2015 : <https://www.ceren.fr/publications/>.

Quinet E., 2013, « L'évaluation socioéconomique des investissements publics », rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, La Documentation française, Paris.

8. Équipe chargée de l'évaluation et processus de travail

8.1. Compétences et indépendance de l'équipe chargée de l'évaluation

La présente évaluation a été réalisée par le CGDD (Commissariat général au développement durable). L'équipe chargée de l'évaluation appartient au bureau de l'économie de la transition énergétique (MA2) de la sous-direction de la mobilité et de l'aménagement (MA) du service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD).

Dans le cadre du volet « évaluation » de son mandat, le SEEIDD a pour mission de concevoir et d'exécuter des analyses socio-économiques des politiques publiques, *ex ante* et *ex post*, et d'apporter des informations sur les effets à long terme de ces politiques, en particulier des données quantitatives sur leurs impacts environnementaux. Il intervient dans les domaines du transport, de l'énergie, du logement et de l'aménagement du territoire. Le SEEIDD s'efforce de mener ce travail d'évaluation des politiques publiques en se conformant aux normes universitaires en la matière. L'équipe de la mobilité et de l'aménagement utilise et met au point des outils et des modèles qui permettent d'appuyer ces évaluations sur des données quantitatives fiables. Elle entretient des contacts réguliers avec des instituts de recherche en économie afin de partager leur savoir respectif et de coordonner l'amélioration des connaissances.

Pour ce qui est du logement, l'équipe utilise le modèle Res-IRF, conçu en partenariat avec le CIREDD (Centre international de recherche sur l'environnement et le développement). Le CGDD et le CIREDD ont conclu un contrat pour organiser leur travail conjoint aux fins de la mise au point de ce modèle ainsi que d'un autre modèle sur la politique de l'urbanisme.

Le CGDD n'a pas pour mission de concevoir le CITE ni de le mettre en œuvre. Les directions du ministère de la transition écologique et solidaire auxquelles incombent ces fonctions sont la DGEC (direction générale de l'énergie et du climat) et la DHUP (direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages).

8.2. Observations des assesseurs et réponses apportées

Les assesseurs, Philippe Quirion (CNRS) et Louis-Gaëtan Giraudet (CIRED), ont présenté, lors de la deuxième réunion du Conseil d'évaluation de l'OAT verte, le 12 juillet 2018, leurs réactions et commentaires sur l'étude. Les assesseurs ont fait état de leurs liens avec le CGDD. Le modèle Res-IRF a été mis au point par le CIRED en 2009. Deux études ont été menées à l'aide de financements du CGDD. Par ailleurs, le modèle a été utilisé dans des études ayant donné lieu à une publication dans des revues à comité de lecture (*The Energy Journal* 2011, *Energy Economics* 2012, *Environmental Modelling & Software* 2015).

Les deux assesseurs ont souligné le fait que le manque de données rendait l'étude difficile à réaliser. Ils ont confirmé que le modèle avait été correctement utilisé et était bien adapté à cette étude, que les indicateurs employés étaient pertinents sur le plan économique et que les résultats avaient été interprétés avec des précautions suffisantes. En particulier, ils ont noté que l'évaluation de l'« effet additionnel » du CITE était plutôt prudente, c'est-à-dire qu'elle sous-estimait peut-être les bénéfices environnementaux, par rapport aux études *ex post* déjà menées (Nauleau, 2015). Dans le même registre, ils ont aussi mentionné des estimations de l'effet de levier parues dans des publications scientifiques qui étaient du même ordre de grandeur que celles indiquées dans la présente étude. Ces éléments semblent confirmer que la méthode consistant à examiner l'évolution des indicateurs est suffisamment prudente et ne conduit pas à une surestimation des effets positifs de la mesure.

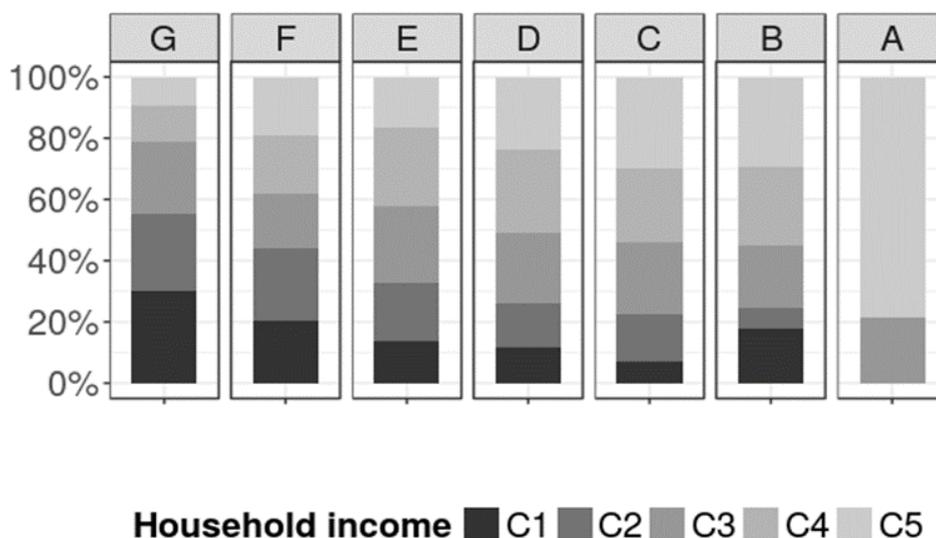
Les assesseurs ont formulé les observations suivantes :

- Ils ont souligné que la sensibilité dépendait de l'indicateur considéré (CO₂ ou bien €/CO₂, par exemple).
- Ils ont fait remarquer qu'au lieu de faire référence à un « effet rebond », il serait plus juste de parler de consommation « effective » par opposition à la consommation « prévue en l'absence de variation du niveau de confort ».
- Ils ont aussi observé que le cadre de référence employé était aussi adapté (et peut-être mieux adapté) à des mesures à plus long terme. Une simulation reposant sur l'hypothèse du maintien du CITE jusqu'en 2050 figure en annexe.
- Ils ont proposé un élargissement des critères d'évaluation :
 - o un test de sensibilité sur le contenu en CO₂ de l'électricité ;
 - o la prise en compte d'autres externalités (les substances localement polluantes, par exemple) ;
 - o les questions de redistribution : les assesseurs ont souligné, bien que cette question ne fasse pas partie des objectifs de l'OAT verte, qu'il existait des synergies entre l'efficacité économique et la réduction de la précarité énergétique.

L'équipe chargée de l'étude a apporté les réponses suivantes aux observations des assesseurs :

- La sensibilité varie en effet d'un indicateur à l'autre. Si les résultats en matière d'économies d'énergie ou de réduction des émissions de CO₂ sont plutôt constants, il est vrai que le coût d'abattement des émissions de CO₂ est très sensible et ce, pour une raison mathématique. Pour l'estimer, il est nécessaire de mettre en regard les coûts (investissements supplémentaires) et les bénéfices (économies d'énergie mais aussi réduction d'autres externalités). Par conséquent, même si le degré d'incertitude lié à chaque terme de l'équation est modéré en valeur relative, l'incertitude associée au rapport entre les deux est plus élevée.

- Le CGDD reconnaît que la notion d'effet rebond est parfois employée de manière impropre dans les documents fournis. Dans le rapport final, la formulation a été corrigée.
- La simulation reposant sur l'hypothèse du maintien du CITE jusqu'en 2050 a été conservée en annexe, conformément aux suggestions des assesseurs.
- En ce qui concerne les critères d'évaluation :
 - o contenu en CO₂ de l'électricité : des travaux supplémentaires ont été entrepris pour tester la sensibilité de cet indicateur ; les résultats sont présentés dans le rapport ;
 - o une estimation grossière des effets du CITE sur une autre externalité, la pollution de l'air locale, a été effectuée et ajoutée au rapport. Elle indique qu'il s'agit d'une question essentielle, qui pourrait avoir une incidence significative sur le coût d'abattement des émissions de CO₂ ;
 - o en ce qui concerne la redistribution, comprise comme l'incidence sur différentes catégories de ménages en fonction de leur niveau de revenus, par exemple, c'est une question qui semble en effet très intéressante aux fins de l'orientation de l'action publique. Néanmoins, l'arrêté relatif à la création d'obligations vertes dispose qu'un « rapport d'information relatif aux impacts environnementaux » des dépenses vertes éligibles doit être publié à intervalle régulier. Par conséquent, l'examen de l'effet de redistribution du CITE entre les ménages n'entre pas dans le périmètre de la présente étude. Les éléments fournis par les assesseurs sont reportés ici : il s'agit d'un graphique montrant que dans les bâtiments à plus faible efficacité énergétique, la part de ménages à bas revenus est en effet plus élevée que dans les bâtiments à meilleure efficacité énergétique.



Légende :

Household income	Revenus des ménages
------------------	---------------------

Cette observation (issue de l'enquête Phébus) a conduit les assesseurs à souligner que les décideurs politiques auraient tout intérêt, à la fois sur le plan environnemental et sur le plan social, à prendre des mesures ciblant les logements les moins performants au niveau énergétique.

Il convient de noter que le CIREDD publiera d'ici peu une étude évaluant les effets à long terme des mesures en faveur de la rénovation des logements, aussi bien en matière de performance énergétique que de précarité énergétique (dont les résultats seront détaillés par niveau de revenus).

8.3. Enseignements d'ordre méthodologique tirés de l'étude sur le CITE

Toutes les études d'impact sont réalisées à l'aide des données et outils (modèles) disponibles et d'une méthode d'évaluation. Sur cette base, différents types de résultats/d'indicateurs peuvent être obtenus. En général, il n'est pas possible d'obtenir tout type de résultats/d'indicateurs avec un seul outil ou un seul jeu de données.

L'étude sur le CITE s'appuie sur un modèle dont les caractéristiques présentent des avantages et des inconvénients, dont les suivants :

- les effets sur la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ sont simulés et non observés. D'un côté, il aurait été plus précis de mesurer directement ces effets, mais cela n'a pas été possible en raison du manque de données disponibles (c'est la raison pour laquelle un modèle a été utilisé). Néanmoins, il aurait de toute façon été nécessaire d'utiliser un modèle pour simuler la situation de référence « sans le CITE ». D'un autre côté, le modèle, en simulant les décisions d'investissement des ménages, a permis d'évaluer l'effet additionnel du CITE et donc l'effet de levier de cette mesure ;
- le modèle est dynamique et permet d'évaluer les effets à long terme des crédits d'impôt accordés au titre du CITE en 2015 et 2016 sur la consommation d'énergie et les émissions de CO₂, mais d'autres externalités, comme la pollution de l'air, ne sont pas prises en compte.

Il n'est pas toujours indispensable de se servir d'un modèle pour évaluer les impacts environnementaux : il est parfois suffisant d'employer des méthodes plus simples reposant sur des calculs directs à partir d'hypothèses.

En ce qui concerne les indicateurs, ils peuvent être qualitatifs ou faire référence à des standards. Il peut être intéressant d'avoir recours à une norme ou un standard international lorsqu'il en existe, en s'assurant toutefois de la crédibilité et de la fiabilité du standard en question.

Pour ce qui est du CITE, l'étiquette énergie officielle utilisée en France (classes A à G) a été employée. Plusieurs enquêtes ont apporté des données fiables sur les caractéristiques de ces classes énergétiques et sur les profils et les comportements des ménages. Grâce à ces conditions favorables, le modèle a pu être construit sur la base d'un jeu de données fiables et peut ainsi produire des simulations crédibles et réalistes.

En ce qui concerne la méthode, l'étude sur le CITE a donné lieu à des analyses coûts-bénéfices aussi bien pour les ménages que pour la société dans son ensemble. Cette distinction est intéressante car elle apporte un éclairage sur l'effet incitatif de la mesure pour les parties prenantes (les ménages) et sur son intérêt pour la société. Elle pourrait être conservée dans de futures études.

Plus généralement, pour définir les objectifs de l'étude d'impact il convient d'avoir une approche pragmatique et de tenir compte des données et des outils disponibles puisqu'ils conditionnent les résultats qui peuvent être obtenus.

Les tests de sensibilité effectués en lien avec le CITE ont montré que l'estimation de l'incidence de cette mesure sur les émissions de CO₂ était plutôt fiable et était sans doute inférieure – plutôt que supérieure – à la réalité, en raison des choix méthodologiques (prise en compte d'une partie seulement des effets positifs, de l'effet rebond, de l'évolution future des prix de l'énergie, notamment de la tarification du carbone, etc.). Ainsi, toute étude évaluative ou comparative devrait indiquer clairement et ouvertement les choix méthodologiques effectués et en tenir compte.

L'analyse d'efficience a montré que les indicateurs d'efficience pouvaient donner des résultats très variables en fonction des choix méthodologiques. Les comparaisons directes sur ces indicateurs n'auraient pas de sens et pourraient même induire en erreur, à moins qu'un grand soin soit apporté aux choix méthodologiques de manière à choisir des méthodes reproductibles et fiables, notamment pour les mesures techniques. L'interprétation de ces indicateurs n'est donc

pas simple et d'importants efforts devraient y être consacrés avant de commencer à en tirer des informations significatives.