



# L'impact des travaux de rénovation énergétique des logements sur la dépense énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub> ?

Une évaluation ex post sur données de panel

Gaël Blaise, Matthieu Glachant, Victor Kahn

i3-CERNA, MINES ParisTech – PSL, CNRS

FLM Chaire Economie du Climat - 19/06/2020

# Contexte

- Des objectifs nationaux et européens
  - Directive efficacité énergétique de 2012 : - 1,5% de vente d'énergie par an
  - La rénovation de 500 000 logements par an, dont 150 000 « passoires thermiques »
- Dans le secteur résidentiel, de nombreuses politiques publiques
  - Ma PrimeRenov
  - CITE
  - Eco PTZ
  - Certificats d'Economie d'Énergie
  - Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)
  - Réglementations thermiques
  - TVA à taux réduit
- Et qui vont être renforcées
  - 1,5 million de logements rénovés par an ?

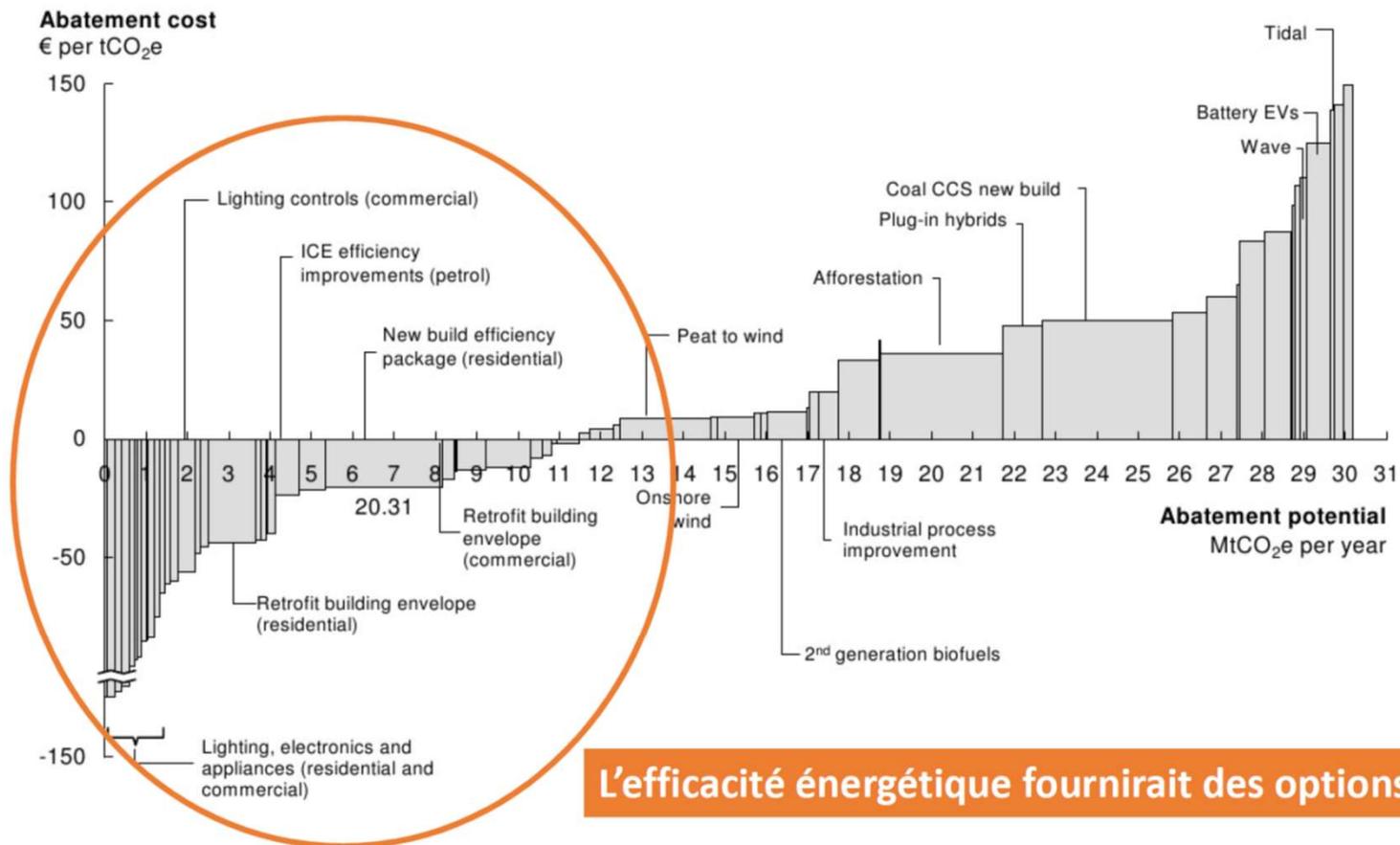
# Pourquoi cet engouement sur la rénovation énergétique des logements ?

- Environ 30% de la consommation d'énergie française, et donc un sujet clé de la lutte contre l'effet de serre
- Des politiques pour promouvoir des investissements « gagnant – gagnant »
  - Rentables économiquement et bénéfiques à l'environnement
- Il existerait un « energy efficiency gap » : un sous-investissement par des ménages « myopes » sous estimant les économies d'énergie

⇒ Des investissements rentables non réalisés

- Des emplois. « Quand le bâtiment va, tout va »
- Des groupes d'intérêt puissants

# La courbe McKinsey sur les coûts d'abattement du CO2



L'efficacité énergétique fournirait des options à coût négatif

# Questions

- Quel est l'effet des travaux de rénovation énergétique sur la facture énergétique et sur les émissions de CO2 ?
- Une analyse *ex post* des comportements observés en France
  - Pas une analyse *ex ante* avec un modèle de simulation
- A partir des données de l'enquête Maitrise de l'Energie réalisée par la SOFRES pour l'ADEME de 2000 à 2013

# Plan

- Présentation des données
- Modèles économétriques
- Résultats
- Discussion

# L'enquête Maîtrise de l'Énergie « 10 000 ménages »

## Un panel représentatif de ménages français

- interrogés chaque année de 2000 à 2013
- 7100 à 8900 ménages selon l'année
- Chaque ménage est présent en moyenne 6 ans dans les données

## Des données sur :

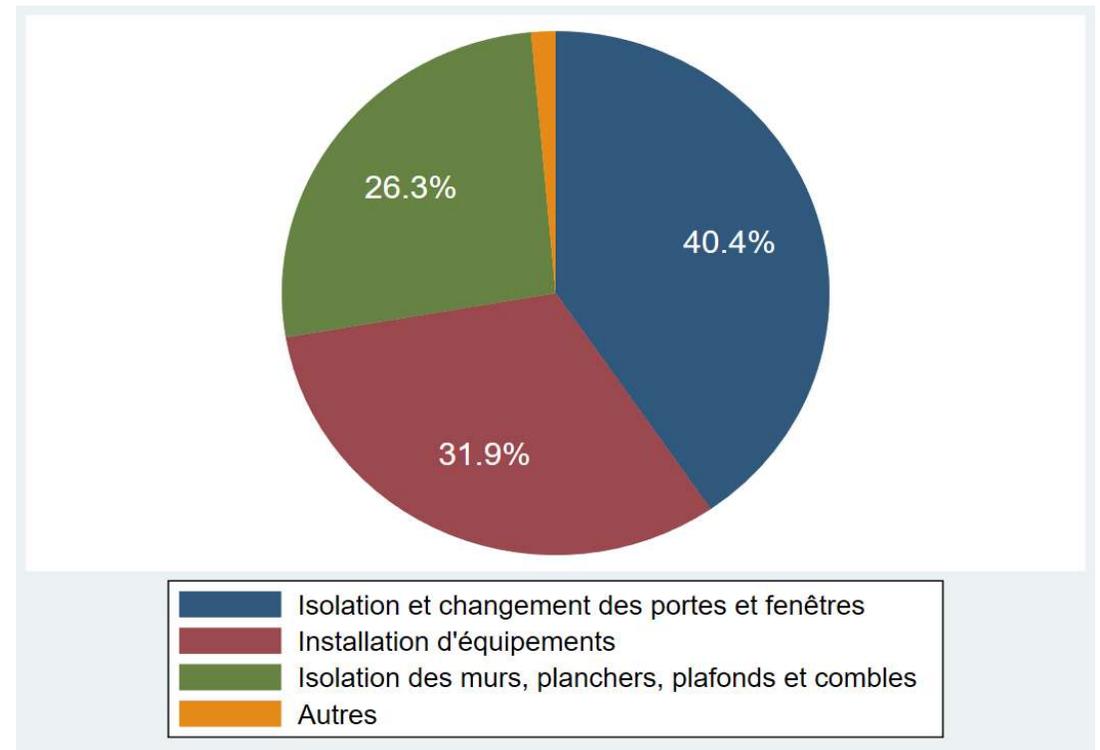
- Les dépenses énergétiques du logement
- Les travaux de maîtrise de l'énergie
- Des caractéristiques du logement
- Des caractéristiques socio-démographiques

**Permet donc de calculer des différences de consommation avant et après travaux**

# Statistiques descriptives

- Chaque année, 13,1% des ménages réalisent des travaux d'une valeur moyenne de 4239 €

Variables	Moyenne	Ecart-type
Montant moyen des travaux	4239 €	4601 €
Dépense énergétique annuelle	1296 €	640 €
% électricité	55%	30%
% gaz	27%	31%
% fioul domestique	9%	23%



**Répartition des investissements dans les différentes catégories de travaux de rénovation énergétique**

Question : Avez-vous réalisé ou fait réaliser des travaux ayant pour but de réduire votre consommation d'énergie ou d'améliorer votre confort (chauffage, eau chaude, isolation, ventilation, etc.)? C'est-à-dire

**LISTE DES TRAVAUX - À utiliser pour les questions 36 et 38**

**DIMINUTION DES DÉPERDITIONS**

- Isolation des murs (par l'intérieur ou l'extérieur)
- Isolation de la toiture ou des combles
- Isolation d'un plancher
- Pose de joints, calfeutrage (fenêtres, baies ou portes)
- Pose de double-vitrage (fenêtres, baies ou portes)
- Changement de fenêtres, baies ou portes
- Changement de volets, pose de volets
- Autre

**AMÉLIORATION DE L'INSTALLATION :  
CHAUFFAGE, EAU CHAUDE, VENTILATION**

- Remplacement de la chaudière et / ou du chauffe-eau (y compris chauffe-eau solaire)
- 1<sup>re</sup> installation d'une chaudière et / ou d'un chauffe-eau (y compris chauffe-eau solaire)
- Remplacement du brûleur
- Changement de combustible
- Installation d'un foyer fermé ou insert
- Installation d'un thermostat d'ambiance
- Installation d'un (ou plusieurs) robinet(s) thermostatique(s)
- Installation d'une programmation (horloge, etc.)
- Mise en place de répartiteur(s) de frais de chauffage
- Mise en place ou remplacement d'un ou plusieurs radiateurs
- Mise en place ou rénovation d'un système de ventilation
- Autre

## Variation de la dépense énergétique « avant-après »

	Variation bi-annuelle de la dépense énergétique
<b>Groupe traité = ménages effectuant des travaux</b>	<b>+ 64,05 € (+ 11,05 %)</b>
<b>Groupe de contrôle = ménages ne réalisant pas de travaux</b>	<b>+ 83,58 € (+12,95 %)</b>

### Problème :

- Le « traitement » n'est pas randomisé
- Il est même endogène : Les « traités » s'autosélectionnent

# Le modèle de dépense énergétique

$$\ln(E_{it}) = \alpha K_{it-1} + \beta X_{it} + \mu_i + \delta_{r(i)t} + \lambda_{e(it)t} + \varepsilon_{it}$$

- $\ln(E_{it})$ , = le logarithme de la dépense énergétique du ménage  $i$  l'année  $t$ .
- $K_{it-1}$  = montant cumulé des travaux réalisés depuis l'entrée du ménage dans le panel jusqu'à l'année  $t - 1$ .
- $X_{it}$  = un vecteur qui inclut le nombre de personnes résidant dans le logement l'année  $t$  et le niveau de revenu
- $\mu_i$  = effets fixes ménages
- $\delta_{r(i)t}$  = effets fixes croisant la région et l'année
- $\lambda_{e(it)t}$  = effets fixes croisant le vecteur énergétique  $e(it)$  utilisé par  $i$  pour le chauffage et l'année
- $\varepsilon_{it}$  = terme d'erreur capturant l'hétérogénéité non observée

+ instrumentation de  $K_{it-1}$  avec une variable décrivant l'intention déclarée les années précédentes de faire des travaux

## Impact moyen estimé des travaux sur la dépense énergétique

Modèle	(1) Moindres carrés ordinaires	(2) Variables instrumentales
Montant cumulé des travaux	-0,00292** (.0008203)	-0.00638* (0.00360)
Taille du foyer	0,0541** (0.00692)	Oui
Classes de revenu	Oui	Oui
Effets fixes ménage	Oui	Oui
Effets fixes région - année	Oui	Oui
Nombre observations	44 799	30 115
Nombre de ménages	20 179	9 106

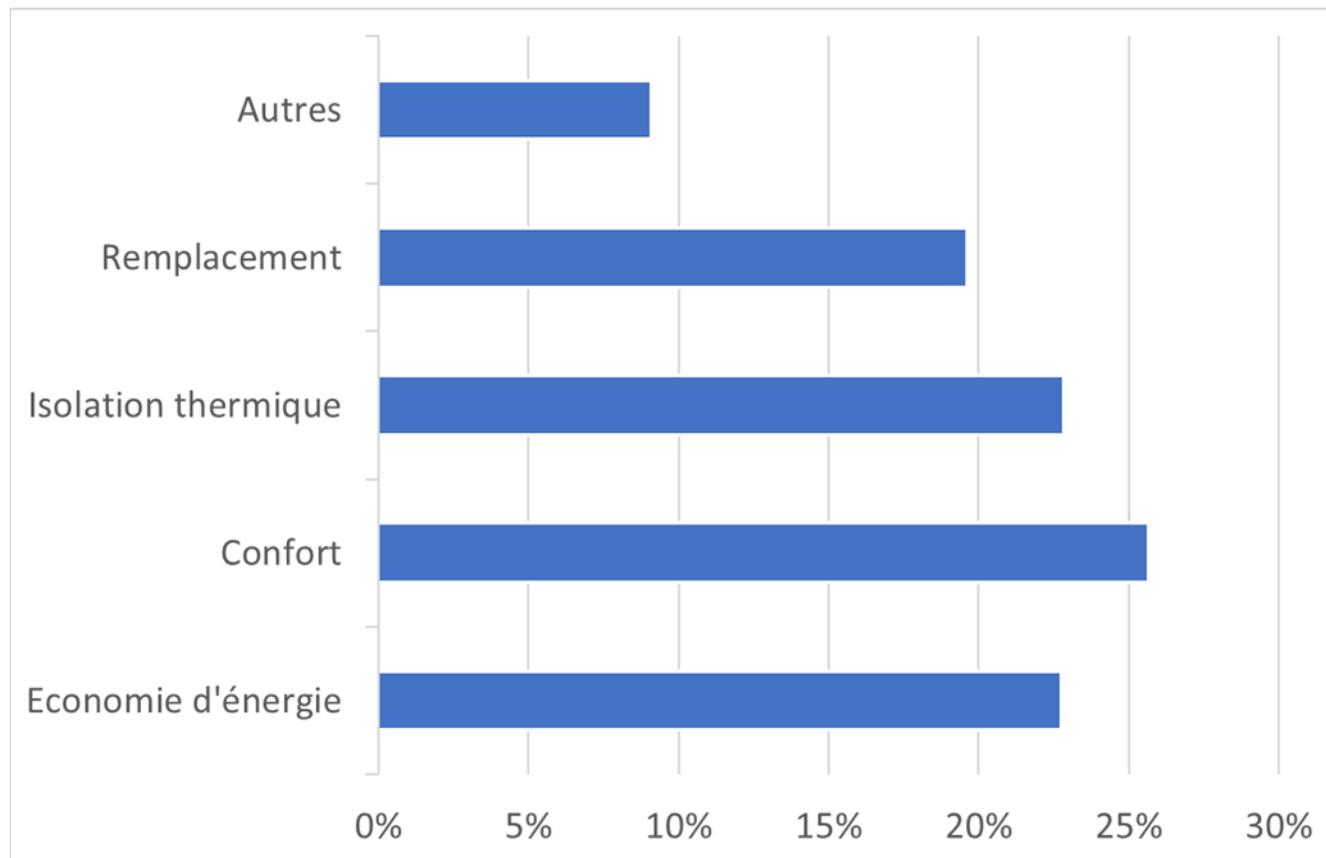
+ 10 000 € de travaux diminue la facture énergétique annuelle d'environ 90 €, soit – 6,4 %

L'investissement moyen de 4200 € diminue la facture de 2,7 %

## Peu d'effet du revenu sur l'impact des travaux

Variables	Coeff	Significativité (p-value)
Montant des travaux investi * bas revenus	-0.0059367	0.341
Montant des travaux investi * hauts revenus	-0.0062218	0.047

# Réponse à la question : « Quelle est la raison principale pour laquelle vous avez réalisé ces travaux ? »



Effet rebond ?

# Comparaison avec les fiches Certificats d'Économie Énergie (CEE)

Source : Les certificats d'économies d'énergie : efficacité énergétique et analyse économique (2014)  
Rapport du CGEDD, IGF, CGIET

Opération	Part des kWhc <sup>38</sup>	Économie d'énergie <sup>39</sup>					Coût d'investissement pour le particulier <sup>40</sup>			Economie énergie pour 1000€ investis
		Durée de vie (années)	Énergie concernée	Montant moyen de CEE obtenus (en kWhc)	Gain annuel lié à l'économie d'énergie	Prime des CEE <sup>42</sup>	Coût total des travaux pour le particulier	dont coût HT de l'équipemt.	dont coût HT de la main d'œuvre	
Chaudière individuelle à condensation	16,43 %	16	Gaz	94 295	387,50 €	283 €	6 423 €	4 400 €	1 100 €	60 €
Isolation de combles ou de toitures <sup>43</sup> (par m <sup>2</sup> )	9,23 %	35	Électricité /Gaz <sup>48</sup>	1 503	4,78 €	5 €	69 €	38 €	22 €	69 €
Isolation des murs <sup>44</sup> (par m <sup>2</sup> )	6,84 %	35	Électricité /Gaz <sup>48</sup>	2 417	7,69 €	7 €	83 €	48 €	25 €	93 €
Chaudière collective à condensation	6,66 %	21	Gaz	599 690	2 046,87 €	1 799 €	29 512 €	16 800 €	8 928 €	69 €
Appareil indépendant de chauffage au bois	5,94 %	10	Électricité /Gaz <sup>48</sup>	52 120	115,25 € <sup>45</sup>	156 €	1 912 €	1 412 €	212 €	60 €
Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant	4,67 %	35	Électricité /Gaz <sup>48</sup>	4 811	15,31 €	14 €	1 144 €	765 €	217 €	13 €
Chaudière collective à condensation avec contrat <sup>46</sup>	3,90 %	21	Gaz	743 616	2 538,12 €	2 231 €	29 512 €	16 800 €	8 928 €	86 €

# Limites

- Les investissements sont ils tous de la rénovation énergétique ?
  - 80 % du capital investi a été associé à l'une des aides suivantes : CIDD, TVA réduite, subventions ANAH, Eco-PTZ. Sachant que la moitié des travaux d'isolation n'ont pas bénéficié d'aides, on peut considérer que l'ensemble des travaux réalisés sont des travaux d'efficacité énergétique.
  - Régresser sur les travaux aidés ne modifient pas le résultat
- On mesure la différence avant-après. Or pour certains travaux, l'installation de chaudières par exemple, la référence est la chaudière non efficace disponible sur le marché à l'année t
  - On travaille dessus
- L'effet moyen masque une forte hétérogénéité, en particulier, entre types de travaux
  - Guère possible d'aller beaucoup au-delà de l'estimation de l'effet moyen avec les données dont on dispose
- Validité externe. Données antérieures à 2013.

# Validité externe

2000-2013



Même type de logements ?

En 2020



Même type de ménages ?



Même type de travaux ?



## Validité externe

### Quel écart entre nos résultats et ceux que l'on obtiendrait avec les données d'aujourd'hui ? )

- **Même type de logements ?**

→ Le parc immobilier français se renouvelle de manière sensiblement lente. On peut considérer que les logements dans lesquels s'effectuent les travaux restent globalement les mêmes.

- **Même type de ménages ?**

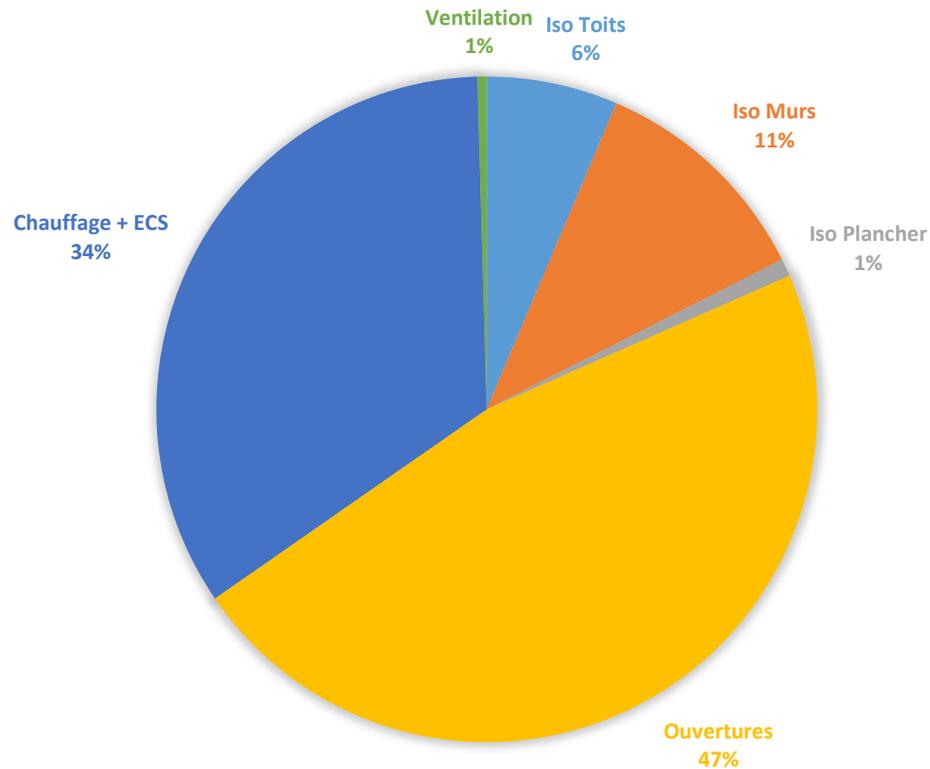
→ Le « coup de pouce » et les CEE « précarités » ont certainement eu un effet sur le revenu moyen des ménages faisant les travaux. Néanmoins, Blaise & Glachant (2019) ont montré qu'il n'y avait pas un effet significatif du revenu des ménages sur l'impact énergétique des travaux qu'ils effectuent par € investi.

- **Même type de travaux ?**

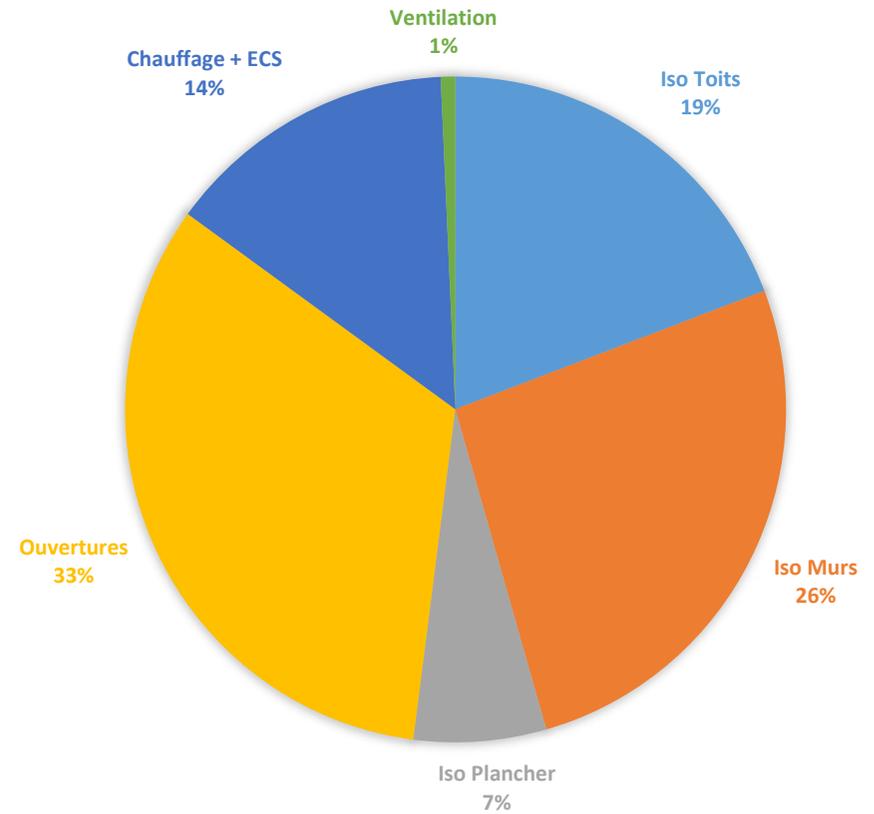
→ Le portefeuille de travaux de rénovation énergétique a cependant fortement changé entre 2000-2013 et aujourd'hui.

# Répartition des catégories de travaux (capital investi)

10000 MÉNAGES 2000-2013



TREMI 2018



# Méthodologie

Pour corriger les résultats économétriques, nous utilisons deux ingrédients

- La comparaison du portefeuille de travaux : 10000 ménages (2000-2013) vs TREMI (2018) de données
- Une estimation de l'effet relatif de l'euro investi dans chaque type de travaux pour calculer des coefficients de pondération
  - Données sur les prix et impact énergétique des travaux: calculateur CEE de l'ADEME + sites professionnels.
- Hypothèses :
  - H1 : Le calculateur ADEME donne les bonnes efficacités relatives entre les types de travaux ;
  - H2 : Les efficacités absolues de chaque type de travaux n'ont pas changé : le progrès technique a été compensé par les rendements décroissants (l'exploitation d'une partie plus coûteuse du gisement)

# Résultats

Données	Effet (2000-2013) de 10k€ investis		Coefficient Correctif	Effet (2020) de 10k€ investis	
Facture Energétique	- 7,4 %	- 90 €	1,51	- 11,1 %	- 165 €

- Les travaux réalisés aujourd'hui sont en moyenne 50% plus efficaces par € investi que les travaux décrits dans le panel « 10 000 ménages ».
- Aussi, en prenant en compte cette correction, pour 10 000 € investis dans des travaux de rénovation énergétiques aujourd'hui, on diminue de 11,1% sa facture soit 165€.

# Estimation de l'impact sur l'empreinte carbone

- Les données ne fournissent que de l'information sur les factures et le vecteur d'énergie utilisé (gaz, électricité...)
- Deux étapes
  1. Transformer les factures en kWh par vecteur d'énergie. Passe par l'estimation de la partie fixe de la facture et du prix par kWh de la partie variable
  2. Transformer le kWh en carbone

# Etape 1 : Traduire les factures en consommation énergétique

## Comment prendre en compte la part fixe ?

- Nous observons que l'année  $t$ , le ménage  $i$  utilise le vecteur énergétique  $e$  et paye une facture  $E_{eit}$ . Quel est son abonnement  $j$  ?
- Nous utilisons des données qui décrivent l'ensemble des abonnements disponibles l'année  $t$  pour le vecteur  $e$
- Si le ménage a l'abonnement  $k$ , on a

$$E_{eit} = F_{ekt} + p_{ekt} * q_{eit}$$

$F_{ekt}$  : la part fixe de l'abonnement  $k$

$p_{ekt}$  : le prix variable;

$q_{eit}$  : la consommation d'énergie due vecteur énergétique  $e$ , l'année  $t$ , avec l'abonnement  $k$ .

- Pour chaque année  $t$  et pour chaque vecteur énergétique  $e$ , on sélectionne l'abonnement  $j$  qui maximise  $q_{ejt}$  pour la facture donnée  $E_{eit}$  et on en déduit  $q_{eit}$

## Etape 2 : Traduire la consommation énergétique en émissions de CO<sub>2</sub>

- Utilisation de la Base CARBONE de l'ADEME pour obtenir les émissions de CO<sub>2</sub> de chaque vecteur énergétique.
- Pour l'électricité, l'empreinte carbone dépend de l'heure de consommation.
- Hypothèse : parmi les 4 abonnements possibles, si le ménage avait un des deux abonnements à coût fixe élevé, il avait l'usage électricité « chauffage » sinon il avait l'usage électricité « normal ».

## Résultats (encore provisoires)

- Avec le modèle utilisé pour estimer l'effet sur la facture sauf que la variable dépendante en  $q_{eit}$
- Un investissement de 10.000€ fait en moyenne baisser les émissions de CO<sub>2</sub> annuelles d'un ménage de **17,2% soit 400 kgCO<sub>2</sub> par an**. Cela équivaut à **2.500 km en voiture** soit **25% de la distance annuelle** moyenne parcourue par un automobiliste.
- L'impact plus important sur le CO<sub>2</sub> par rapport à la facture s'explique par 3 facteurs :
  - Les ménages chauffés au gaz et fioul font plus de travaux que les ménages électriques ;
  - On observe un passage d'un chauffage fioul à des chauffages gaz/électricité moins polluants ;
  - Les factures ont une part fixe

# Implications pour les politiques publiques

- Viser la qualité de la rénovation, plutôt que la quantité
- Interroger la pertinence des subventions et des primes à l'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel
- A tout le moins, suggère d'être sélectif sur les types de travaux à privilégier
  - Peu d'éléments dans notre étude pour les identifier
- Nécessité de multiplier les évaluations ex post pour recalibrer les modèles de simulation
  - Utilisés par exemple pour élaborer les fiches CEE
- Réguler le marché de la rénovation énergétique

MERCI !