

• Rapport d'étude

OCTOBRE 2023



# Impact carbone des rénovations énergétiques

## Rapport d'étude

La présente étude, réalisée par Pouget Consultants, vise à évaluer l'impact carbone des travaux financés dans le cadre du dispositif MaPrimeRénov'. Elle contribue ainsi à identifier les leviers d'optimisation des financements des travaux énergétiques dans la perspective d'atteinte des objectifs de neutralité carbone.

## Impact carbone des rénovations énergétiques

3

Méthodologie de l'étude	3
— Cas d'étude étudiés	3
— Résultats DPE pour la maison individuelle non isolée	4
— Résultats DPE pour l'immeuble de bourg (avant 1948)	5
— Conclusions sur le carbone évité en exploitation	6
Calcul d'indicateurs carbone	6
Temps de retour carbone	7
— Carbone total évité sur cinquante ans	9
— Carbone total émis sur 50 ans	10
— Variabilité selon les matériaux ou produits utilisés	11
	12
Enseignements de l'étude	13
— Les rénovations énergétiques sont bénéfiques pour le climat	13
— Les rénovations globales et performantes apportent un gain carbone optimisé	13
— Les matériaux et produits de la rénovation : fiabiliser les bases et faire les bons arbitrages	13

## Annexes

14

Annexe 1 : Contexte et méthodologie de la mission	14
Annexe 2 : Gestes travaux	15
Annexe 3 : Résultats DPE des bouquets d'améliorations financés par MaPrimeRénov'	16
Annexe 4 : Impact carbone des améliorations énergétiques	18
Annexe 5 : Périmètre des travaux	19
Annexe 6 : Choix des fiches FDES	20
Annexe 7 : Temps de retour carbone	25
Annexe 8 : Carbone évité	26

# Impact carbone des rénovations énergétiques

La réalisation de travaux de rénovation énergétique dans les logements, encouragés et financés par l'Anah, contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre liés à l'exploitation des bâtiments. Toutefois, ces travaux sont également émetteurs de carbone. Il est alors légitime de s'interroger quant à leur rentabilité carbone : le carbone émis par les travaux est-il compensé par les gains réalisés ?

La présente étude sur l'impact carbone des rénovations énergétiques répond donc à un double objectif :

- évaluer l'impact carbone des travaux énergétiques financés par l'Anah sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment (50 ans),
- identifier des pistes d'amélioration de l'efficacité environnementale des travaux financés par le dispositif MaPrimeRénov' afin d'atteindre les objectifs climatiques français à horizons 2030 et 2050.

## Méthodologie de l'étude

L'étude s'est déroulée en plusieurs temps :

1. la réalisation de simulations énergétiques (à l'aide d'un logiciel DPE – méthode 3CL 2021) de gestes travaux unitaires ou combinés dans un scénario de rénovation globale, afin de calculer le gain carbone réalisé,
2. la détermination du poids carbone associé à la mise en œuvre de ces mêmes travaux,
3. le calcul « d'indicateurs carbone », carbone évité et carbone émis, permettant de conclure et tirer les enseignements principaux de l'étude.

## — Cas d'étude analysés

Afin de s'assurer d'une bonne représentativité, quatre typologies différentes de logements du parc résidentiel français ont été retenues : deux maisons individuelles (isolées et non isolées) ainsi que deux immeubles collectifs (de bourg et barre), modélisés sur trois zones géographiques différentes (H1a, H2b et H3).

Leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-après (cf. figure 1).

La présente note met en avant les résultats obtenus pour la maison individuelle non isolée à l'état initial des années 1948-1974, et de l'immeuble de bourg construit avant 1948, en zone climatique H2b. Pour autant, les conclusions de l'étude portent sur l'ensemble des typologies.

## — Caractéristiques des quatre typologies de logements retenus pour l'étude

	MAISON INDIVIDUELLE NON ISOLEE	MAISON INDIVIDUELLE PARTIELLEMENT ISOLEE	IMMEUBLE DE BOURG	BARRE
				
PERIODE DE CONSTRUCTION	1948-1974	1990	Avant 1948	1948-1974
ENVELOPPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murs non isolés – brique</li> <li>Combles perdus non isolés</li> <li>Plancher bas sur terre-plein non isolé</li> <li>Fenêtres double vitrage (4/6/4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murs isolés (8cm laine de verre)</li> <li>Combles perdus isolés (20 cm laine de verre)</li> <li>Plancher bas sur terre-plein isolé (6 cm polystyrène)</li> <li>Fenêtres double vitrage (4/6/4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murs non isolés – pierre de taille</li> <li>Combles perdus non isolés</li> <li>Plancher bas sur voutains non isolé</li> <li>Fenêtres double vitrage (4/6/4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murs non isolés – béton</li> <li>Toiture-terrasse non isolée</li> <li>Plancher bas sur caves non isolé</li> <li>Fenêtres double vitrage (4/6/4)</li> </ul>
SYSTEMES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation naturelle</li> <li>Radiateurs à inertie + chauffe-eau électrique</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudière gaz double service</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudière fioul + chauffe-eau électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation mécanique autoréglable</li> <li>Radiateurs à inertie + chauffe-eau électrique</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudière gaz double service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation naturelle</li> <li>Radiateurs à inertie + chauffe-eau électrique</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudière gaz double service collective</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudières gaz double service individuelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilation naturelle</li> <li>Chaudière gaz double service collective</li> </ul> ou <ul style="list-style-type: none"> <li>Raccordement au réseau de chaleur</li> </ul>

— Figure 1 – Typologies de bâti simulés.

Pour chaque cas, les travaux de rénovation énergétique les plus financés par MaPrimeRénov' et les scénarios de rénovations globales ont été simulés afin d'évaluer le gain d'émission carbone obtenu (grâce à la réduction des consommations et/ou au changement d'énergie).

La méthodologie d'élaboration des bouquets travaux a été établie de la façon suivante :

### Maisons individuelles :

- S1 : Sortie de passoire
- S2 : Seuils MaPrimeRénov' (55% de gain)
- S3 : Rénovation globale et performante de la Loi Climat et Résilience

### Immeubles collectifs :

- S1 : Travaux en parties communes
- S2 : S1 + Travaux privatifs d'intérêts collectifs
- S3 : S2 + Travaux en parties privatives

La description détaillée des scénarios et les gains associés figurent en annexe.

## — Résultats DPE pour la maison individuelle non isolée

Les gestes travaux et les scénarios sont les suivants :

1. Isolation thermique par l'extérieur des murs
2. Isolation thermique par l'intérieur des murs
3. Isolation des combles
4. Remplacement des fenêtres
5. Poêle à granulés
6. Poêle à bûches
7. Chaudière à granulés
8. PAC air/eau utilisant du R32 comme fluide frigorigène (avec prise en compte des COP réels transmis par les fabricants)
9. Chauffe-eau thermodynamique

10. Chauffe-eau solaire
11. VMC double flux
12. Chaudière gaz condensation double service
13. Radiateurs électriques

NB : les numéros indiqués font référence à la Figure 2.

- Scénario 1 : isolation des murs par l'extérieur + isolation des combles perdus
- Scénario 2 : S1 + radiateurs à inertie ou chaudière à condensation (double service)
- Scénario 3 : S1 + VMC double flux + remplacement fenêtres + PAC air/eau (avec du R32)

Les résultats selon l'énergie utilisée (gaz ou électricité) de la maison individuelle non isolée sont présentés dans la figure ci-dessous :

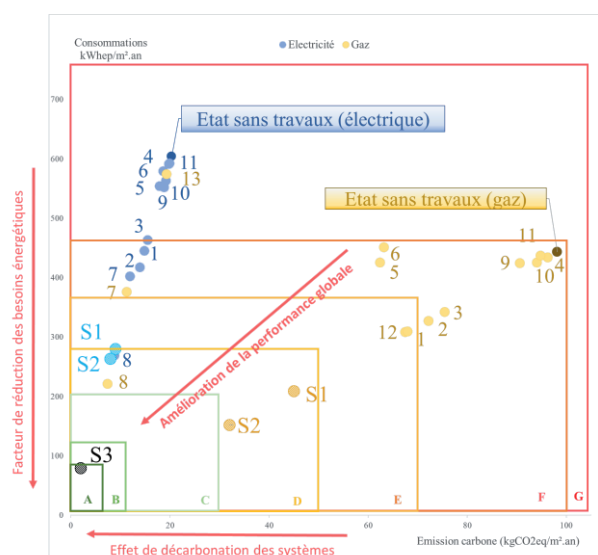


Figure 2 – Résultats des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre des gestes travaux les plus financés dans le cadre de MaPrimeRénov' pour la maison individuelle non isolée à l'état initial (électrique et gaz) en zone H2b.

A la lecture du graphique, on observe que :

- pour la typologie maison individuelle non isolée, seuls trois gestes unitaires permettent la sortie de passoire énergétique : la pompe à chaleur air / eau, la chaudière gaz à condensation ou l'ITI (pour le cas gaz). Rappelons que l'isolation de l'enveloppe est une action à prioriser ou à coupler à un changement d'équipement.
- le saut de deux classes DPE n'est réalisable qu'en incluant dans le scénario l'isolation des murs extérieurs (ITE ou ITI).

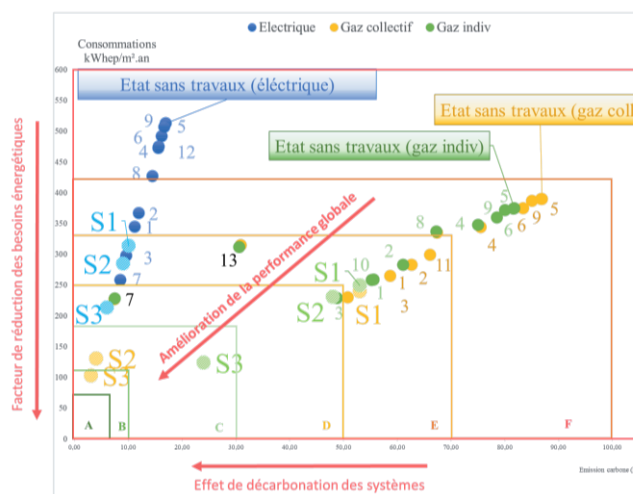
## — Résultats DPE pour l'immeuble de bourg (avant 1948)

Les gestes travaux ainsi que les scénarios pour l'immeuble de bourg sont les suivants :

1. Isolation thermique par l'intérieur
2. Isolation thermique par l'extérieur des murs côté cour et pignons
3. ITE (cour) + ITI (rue)
4. Isolation des combles
5. Isolation plancher bas
6. Remplacement des fenêtres
7. Pompe à chaleur air / eau utilisant du R290 comme fluide frigorigène (avec prise en compte des COP réels transmis par les fabricants)
8. Chauffe-eau thermodynamique
9. VMC hygro B
10. Chaudière gaz condensation double service individuelle
11. Chaudière gaz condensation double service collective
12. Radiateurs à inertie
13. Raccordement au réseau de chaleur

NB : les numéros indiqués font références à la Figure 3.

- Scénario 1 :
  - ITE (cour) + isolations combles + isolation plancher
- Scénario 2 :
  - Systèmes individuels : S1 + remplacement fenêtres + VMC hygro B
  - Système collectif : S1 + PAC air/eau (avec du R290)
- Scénario 3 :
  - Systèmes individuels : S2 + ITI sur rue + radiateurs à inertie / chaudière à condensation
  - Système collectif : S2 + remplacement fenêtres + VMC hygro B + ITI sur rue



— Figure 3, Résultats des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre des gestes travaux les plus financés dans le cadre de MaPrimeRénov' pour l'immeuble de bourg (cas électrique, gaz individuel et gaz collectif) en zone H2b.

A la lecture de ce graphique, on observe que :

- les gestes travaux permettant la plus importante réduction de carbone en exploitation sont l'installation d'une pompe à chaleur ou d'une chaudière à granulés. Le bon fonctionnement de ces installations nécessite d'y associer la rénovation de l'enveloppe du logement.
- pour cette typologie, un scénario de sortie de passoire énergétique nécessite à minima une intervention sur l'isolation des murs extérieurs ou le changement de l'équipement de chauffage.
- pour les deux typologies, les résultats sont globalement similaires quel que soit la zone climatique.

### — Conclusions sur le carbone évité en exploitation

Une rénovation globale et performante implique **la rénovation de l'enveloppe accompagnée d'un changement du système de chauffage** (avec ou sans changement d'énergie).

Il n'est pas possible de comparer arithmétiquement une rénovation globale et performante à la somme de gains liés à des gestes unitaires de rénovation. **Les rénovations globales et performantes sont à privilégier** car, non seulement elles permettent l'atteinte des objectifs de réduction des émissions carbone sur le long terme, mais elles engendrent

également une meilleure maîtrise des consommations (et des charges énergétiques) en traitant plus efficacement les interfaces entre lots travaux et l'étanchéité à l'air. Elles améliorent en outre le confort des occupants (suppression de l'effet de parois froides, ventilation...) et permettent une mutualisation des coûts travaux.

A noter que **différents facteurs influent sur le gain carbone** pour une même amélioration énergétique : l'énergie initiale utilisée pour le chauffage, les caractéristiques énergétiques de l'état existant ainsi que la localisation géographique du logement.

## Calcul d'indicateurs carbone

Pour calculer le carbone évité, l'impact carbone des travaux de rénovation énergétique a été déterminé grâce aux fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) de la base Inies. Les fiches utilisées figurent en annexe.

La comparaison entre les deux résultats, carbone émis et carbone évité, permet de produire les indicateurs suivants :

### Temps de retour carbone

$$= C_{\text{émis}} / C_{\text{évité}}$$

### Carbone total évité sur cinquante ans

$$= C_{\text{évité}} \times 50 - C_{\text{émis}}$$

avec :

**C<sub>émis</sub>** (en kgCO<sub>2</sub>eq) : le carbone émis pour une amélioration énergétique, calculé grâce à la base de données Inies et les fiches FDES. Les éventuels renouvellements du produit sur 50 ans ont été pris en compte, et des variantes matériaux ont été calculées pour certains gestes travaux.

**C<sub>évité</sub>** (en kgCO<sub>2</sub>eq/an) : le carbone évité par an en exploitation grâce à la réduction des consommations énergétiques et/ou au



changement d'énergie, calculé grâce aux simulations DPE (méthode 3CL 2021).

A noter également que la méthodologie d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) utilisée dans cette étude est de type **statique**, et non dynamique. L'impact carbone des éléments conservés n'a, par ailleurs, pas été pris en compte. Par ailleurs, il a été considéré que tous les éléments sont renouvelés une fois qu'ils ont atteint leur durée de vie.

La méthodologie a été développée dans un contexte d'absence de réglementation

concernant la mesure de l'impact carbone en rénovation. Les choix opérés dans l'étude ont été justifiés par la volonté d'une méthode simple, suffisante afin de faire émerger des grandes orientations quant à la rentabilité carbone des opérations.

## Temps de retour carbone

Grâce à la donnée du carbone émis et du carbone évité, **le temps de retour carbone a pu être calculé** (figure 4 pour la maison individuelle et figure 5 pour l'immeuble de bourg) :

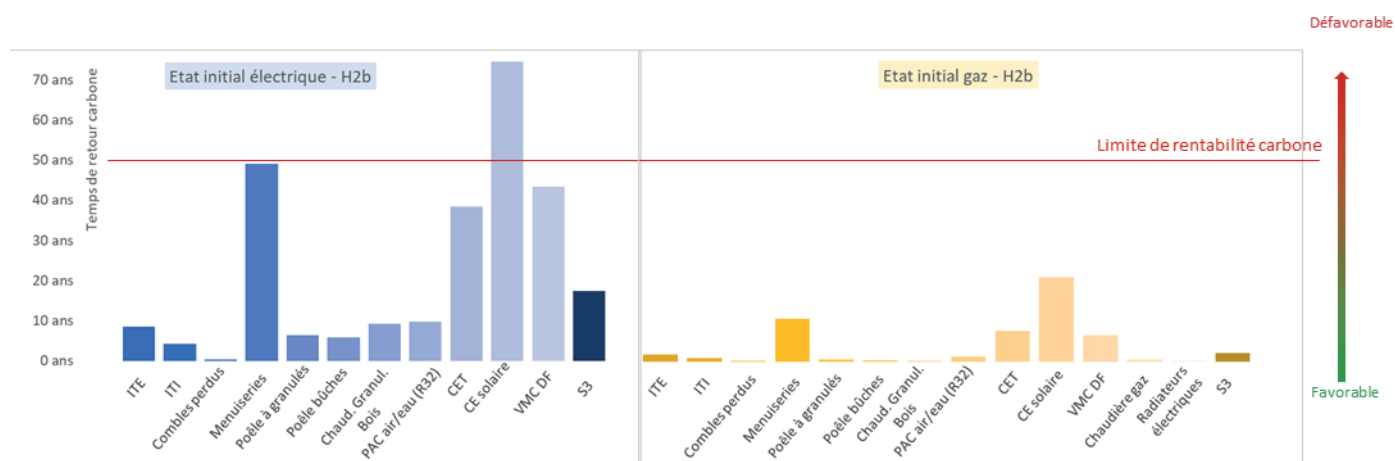


Figure 4 Temps de retour carbone pour la maison individuelle non isolée (cas électrique et gaz)

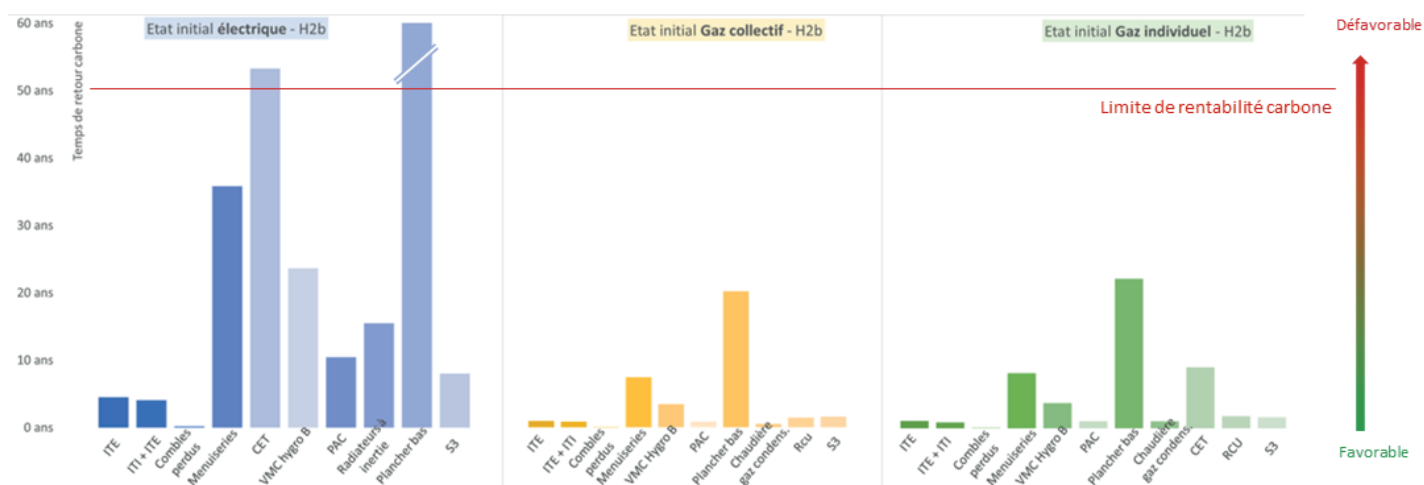


Figure 5 Temps de retour carbone pour l'immeuble de bourg (cas électrique, gaz individuel et gaz collectif)

## Rappel

- **S3 (maison individuelle)** : Isolation thermique par l'extérieur + isolation des combles + remplacement des fenêtres + PAC air/eau (au R32) + VMC double flux
- **S3 (immeuble de bourg)** : ITE (cour) + ITI (rue) + isolation combles + isolation plancher + remplacement fenêtres + VMC hygro B + radiateurs à inertie / chaudière à condensation individuelle / PAC

A la lecture des graphiques, on observe que :

- Pour la maison individuelle non isolée

L'impact des travaux est d'autant plus important que les énergies de chauffage sont carbonées. Les travaux sur les logements chauffés à l'électrique répondent néanmoins à d'autres enjeux (baisse du coût de la facture, lutte contre la précarité, équilibre du réseau, Politique énergie...).

Le temps de retour carbone est très favorable (< 2 ans) quand on passe d'une énergie carbonée à une énergie peu carbonée (biomasse par exemple). Le temps de retour est également très favorable quand l'isolation de l'enveloppe est globale; d'importantes économies d'énergie sont alors réalisées.

Certains gestes présentent des temps de retour carbone défavorables : cela s'explique soit par de faibles gains énergétiques soit par des fiches FDES pénalisantes.

- Pour l'immeuble de bourg

Le temps de retour carbone est très favorable (inférieur à 5 ans) quand on isole l'enveloppe (hors isolation du plancher bas). Même conclusion pour le changement d'énergie et le passage aux énergies décarbonées (électrique, bois ou réseau de chaleur).

Comme pour la maison individuelle, certains gestes présentent des temps de retour carbone élevés, donc défavorables : cela s'explique soit par de faibles gains énergétiques soit par des fiches FDES pénalisantes.

Le temps de retour carbone d'une chaudière gaz est d'environ un an. Celui d'une PAC air/eau est un peu plus élevé notamment du fait du contenu carbone des fluides frigorigènes. Cas particulier en PAC air/eau dans le cas où le chauffage est électrique : on notera un temps de retour carbone élevé (10 ans) car peu de gains carbone sont réalisés en exploitation et le poids carbone associé à la création de réseaux et à la pose des radiateurs pénalisent le calcul.

Le critère du temps de retour carbone est néanmoins à mettre en perspective avec le second indicateur calculé : **le carbone total**

**évit** sur 50 ans. Ce dernier indicateur permet de proposer une meilleure lecture des améliorations énergétiques et de leur efficacité en terme de réduction carbone car il donne une indication sur le gisement de réduction. **Le carbone total évité sur 50 ans apparaît donc comme le plus pertinent pour l'étude.**



## — Carbone total évité sur 50 ans

Les résultats du carbone total économisé sont présentés ci-dessous (figure 6 pour la maison individuelle et figure 7 pour l'immeuble de bourg).

Les économies de carbone les plus importantes sont réalisées lors du passage aux énergies décarbonées telles que le bois (chaudière à granulés) ou l'électricité (PAC air/eau). On rappelle néanmoins que l'isolation de l'enveloppe est à prioriser ou à coupler à ce changement d'équipement.

Les résultats du RCU dépendent principalement du contenu CO<sub>2</sub> du réseau local (arrêté du 21/10/2021). Ici, le poids carbone du RCU a été pris à 0,100 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh.

En raisonnant en « carbone total évité », les résultats confirment l'importance du recours à des énergies décarbonées.

NB : rappelons que le poids carbone des éléments déposés et des éléments conservés n'a pas été pris en compte.

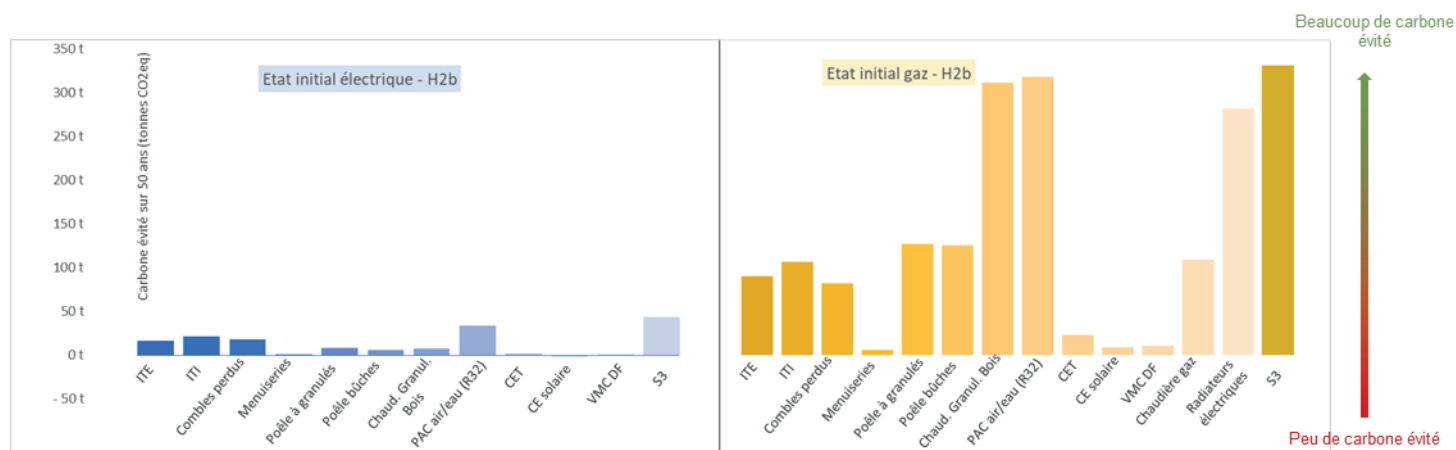


Figure 6 Carbone évité sur 50 ans pour la maison individuelle non isolée (cas électrique et gaz)

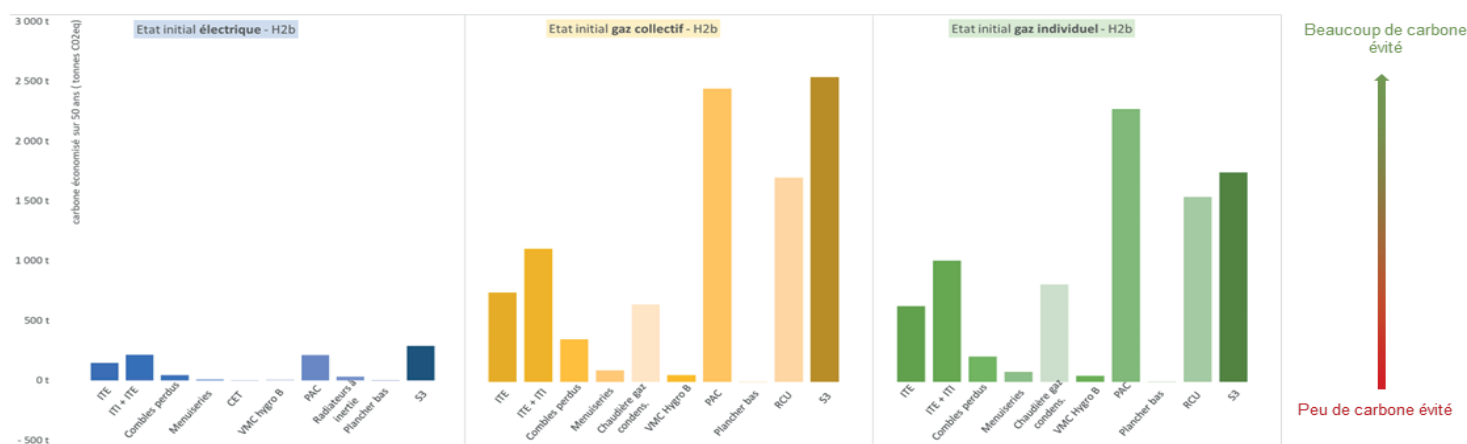


Figure 7 Carbone évité sur 50 ans pour l'immeuble de bourg (cas électrique, gaz individuel et gaz collectif)

## — Carbone total émis sur 50 ans

Au-delà des indicateurs du temps de retour carbone et du carbone total évité, **l'évolution des émissions carbone sur 50 ans** pour la maison individuelle non isolée a été comparée selon différents états :

- en l'absence de travaux,
- isolation thermique par l'extérieur des murs donnant sur l'extérieur,
- mise en œuvre d'une pompe à chaleur air/eau utilisant du R32 comme fluide frigorigène,
- travaux de rénovation globale et performante (Scénario 3).

Les résultats du cas électrique (figure 8) et du cas gaz (figure 9) montrent que le scénario global et performant permet, sur 30 ou 50 ans, le gain carbone le plus important : le poids carbone émis lors des travaux est compensé

par une faible émission carbone en exploitation (au maximum sous 20 ans).

**L'atteinte d'objectifs climatiques ambitieux à horizon 2050 s'appuie sur l'accélération des rénovations globales et performantes avec recours à des énergies décarbonées.**

*Le contenu carbone des énergies a été pris constant dans le temps (d'après les valeurs du moteur de calcul 3CL 2021 pour le DPE).*

*Les éventuels remplacements des matériaux sur 50 ans ont tous été pris en compte, sans modification de leur technologie, dès l'année 0 pour les états avec travaux.*

*En revanche, le renouvellement naturel et à l'identique des équipements existants pour l'état sans travaux n'a pas été pris en compte, défavorisant ainsi le calcul.*

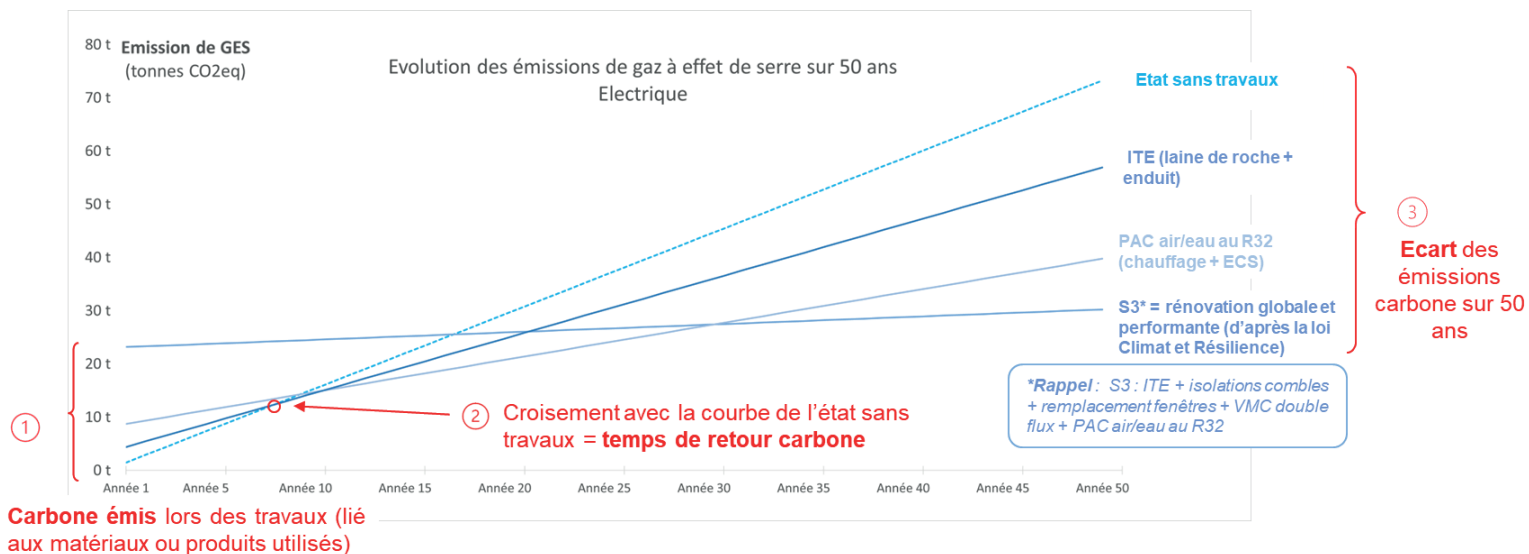


Figure 8 : Carbone total économisé pour la maison individuelle non isolée (cas électrique)

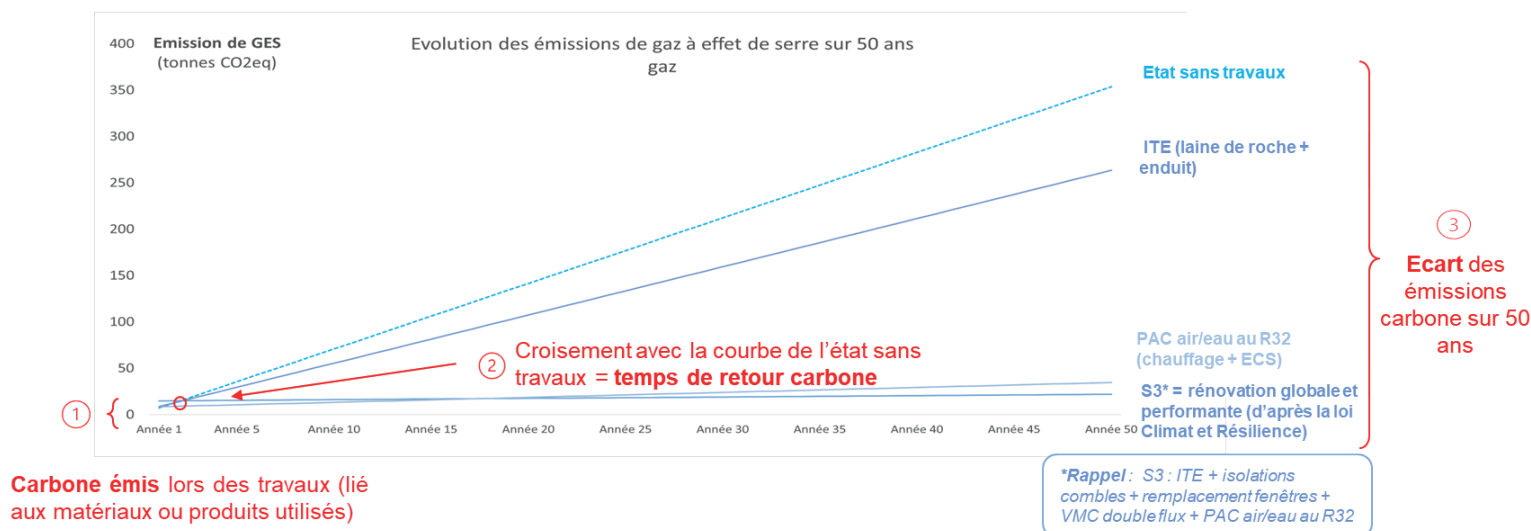


Figure 9 : Carbone total économisé pour la maison individuelle non isolée (cas gaz)

## Variabilité selon les matériaux ou produits utilisés

Pour certains gestes de rénovation, des variantes bas-carbone ont été calculées. Les résultats de l'indicateur du carbone total évité sont présentés dans la figure ci-dessous (figure 6).

A noter que ces résultats sont issus de calculs réalisés pour la maison individuelle non isolée en zone H2b, avec de l'énergie électrique à l'état initial. Ces résultats varient sensiblement selon la typologie.

On remarque que :

- la variabilité due à l'isolant est faible : moins de 10% de variabilité carbone évité
- la variabilité due au choix du bardage en isolation par l'extérieur est élevée : environ 50% de variabilité du carbone évité entre un bardage bois et un bardage aluminium
- pour les menuiseries, la variabilité est faible car le vitrage est le principal contributeur carbone.

Concernant les pompes à chaleur, le choix du fluide frigorigène est également impactant. En effet, les fluides frigorigènes présentent des PRG<sup>1</sup> très différents – allant jusqu'à un rapport de 700 entre le R410a et le R290 –, et donc un impact carbone des pompes à chaleur très variable.

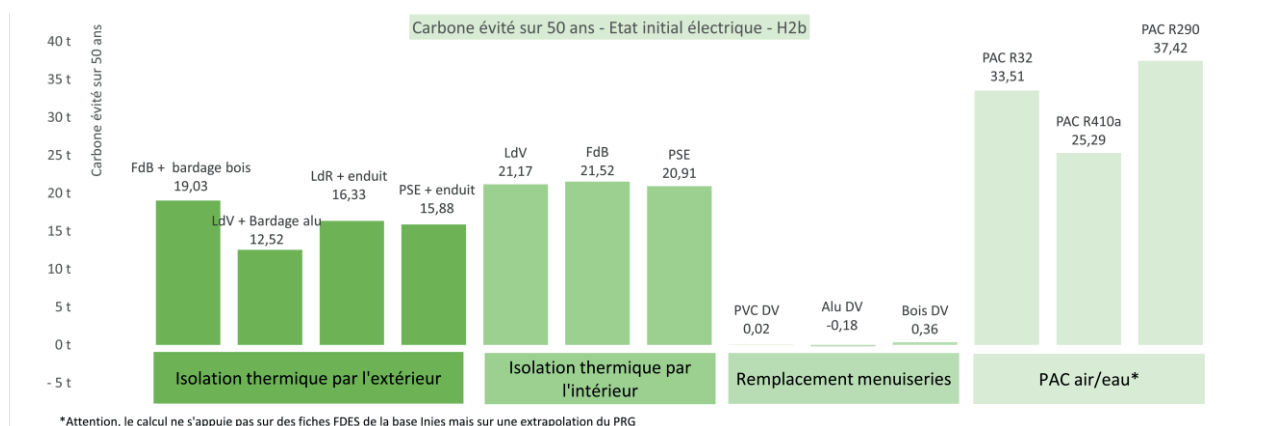


Figure 6 : Comparaison du carbone total économisé pour des variantes biosourcées d'un même geste travaux (maison individuelle non isolée – cas électrique) et du fluide frigorigène pour les pompes à chaleur air/eau

<sup>1</sup> Le PRG ou Pouvoir de Réchauffement Global traduit l'impact d'un gaz, pour une durée de 100 ans, sur l'effet de serre. Il prend le CO<sub>2</sub> comme référence (avec un PRG qui est donc égal à 1). Plus le PRG est élevé, plus l'impact est important.

Il a pu ainsi être calculé deux variantes d'un même scénario de rénovation globale (pour la maison individuelle non isolée) :

- une variante avec des travaux très carbonés (ITE bardage aluminium + fenêtre aluminium + PAC avec fluide frigorigène R410a + isolation des combles + VMC double flux)
- une variante avec des travaux peu carbonés : ITE avec bardage bois + fenêtres bois + PAC

avec fluide frigorigène R32 + isolation combles + VMC double flux.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

*Les hypothèses retenues dans la présente étude représentent des cas extrêmes. Les résultats le sont donc aussi. Des cas réels seraient plus nuancés.*

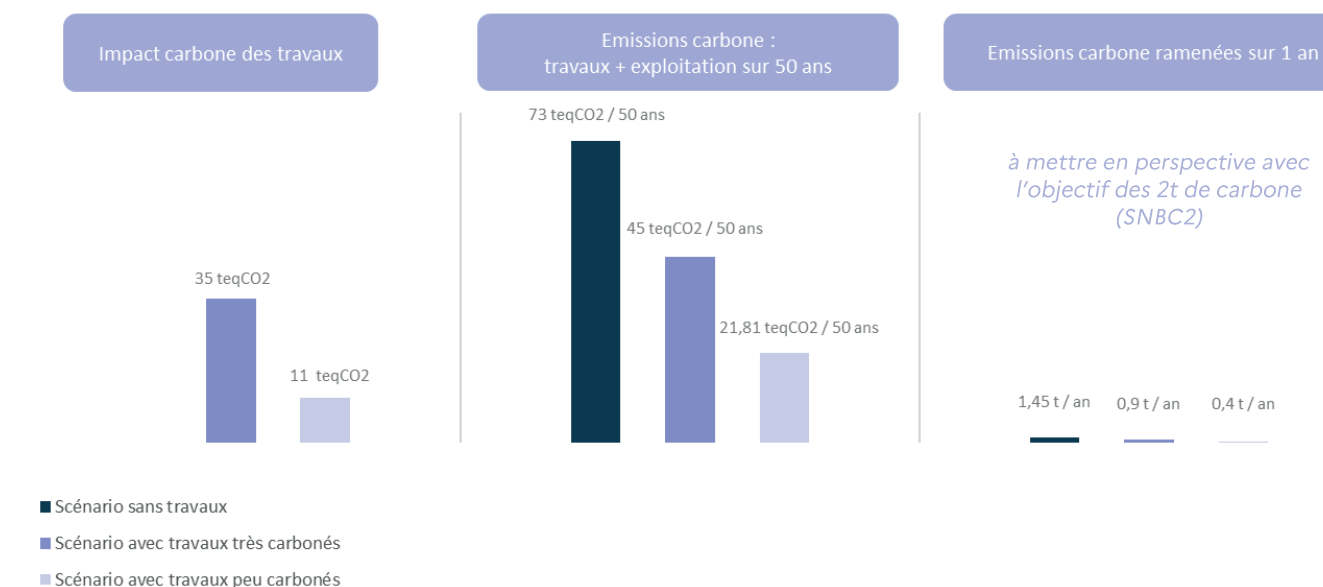


Figure 7 : Comparaison de variantes plus oins carbonées du scénario 3 de la maison individuelle non isolée (cas électrique)

**Un scénario de rénovation énergétique avec des travaux ou des produits peu carbonés facilite donc l'atteinte des objectifs nationaux de neutralité carbone.**

## Enseignements de l'étude

### — Les rénovations énergétiques sont bénéfiques pour le climat

En premier lieu, l'impact carbone se révèle très positif pour les travaux de rénovation énergétique: **les gains carbone en exploitation générés par la rénovation sont plus importants que le carbone émis lors des travaux** pour la grande majorité des travaux simulés (maison individuelle et immeuble collectif, toutes configurations et localisations confondues).

Le temps de retour carbone est particulièrement favorable pour les travaux comprenant la mise en œuvre d'un équipement de chauffage avec des énergies décarbonées (électrique, bois) ou pour des travaux d'isolation de l'enveloppe (cf. figure 5). Pour une même énergie initiale, le gain carbone lié à la rénovation énergétique est d'autant plus important que la rénovation énergétique est ambitieuse. Il est cependant influencé par différents facteurs: type d'énergie de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire avant et après travaux; performance énergétique du logement à l'état existant ou encore la localisation géographique du logement.

La grande majorité des actions permettant une économie énergétique génère une économie de carbone. En ce sens, la priorité doit être donnée à **l'accélération qualitative et quantitative des rénovations énergétiques**. Il semble donc indispensable de continuer à mettre en œuvre une politique réglementaire incitative forte, à destination des propriétaires bailleurs et occupants en maison individuelle et en immeuble collectif (copropriété et bailleurs sociaux).

En raison du plus faible gisement d'économie d'énergies, la rénovation énergétique des logements plus récents, à partir de 1990, doit s'orienter à court terme vers des travaux de décarbonation plutôt que des travaux visant la réduction des besoins énergétiques. Néanmoins, les objectifs de la Stratégie

Nationale Bas Carbone ne pourront être atteints en 2050 qu'au travers d'une réduction des consommations énergétiques (les résultats figurent en annexe).

### — Les rénovations globales et performantes apportent un gain carbone optimisé

En raisonnant en temps de retour carbone et donc à court terme, certains gestes travaux, majoritairement unitaires, présentent le meilleur ratio coût/bénéfice. En raisonnant en carbone total évité sur 30 ou 50 ans, il apparaît au contraire que **les rénovations globales et performantes sont les plus pertinentes**.

### — Les matériaux et produits de la rénovation : fiabiliser les bases et faire les bons arbitrages

La présente étude a permis de démontrer que le **carbone émis par les produits et équipements mis en œuvre en rénovation présente un impact important sur le bilan carbone de l'opération**.

Le matériau isolant reste toutefois moins impactant que les travaux induits associés (bardage pour une isolation thermique par l'extérieur, parement...). Ces derniers ont en effet un fort impact sur les résultats. Par ailleurs et sans remettre en cause leur bénéfice, les pompes à chaleur présentent un bénéfice carbone variable selon le type de fluide frigorigène utilisé.

En ce sens, la base INIES et ses fiches FDES sont un réel atout pour une bonne comptabilité carbone; il est important de mobiliser les filières pour améliorer les produits et référencements de nouveaux produits par des fiches individuelles ou collectives.



Etude réalisée par Pouget Consultants

# Annexes

## Annexe 1 : Contexte et méthodologie de la mission

Les travaux financés par l'Agence nationale de l'habitat (Anah) permettent, par les réductions de consommation énergétique qu'ils engendrent, la **réduction des émissions de gaz à effet de serre** du secteur résidentiel. Toutefois, ces travaux sont également **émetteurs de gaz à effet de serre** dus à la production des matériaux et/ou équipements techniques utilisés et déposés lors de la rénovation énergétique.

En calculant et comparant les impacts positifs et négatifs des travaux, il est possible d'évaluer, entre autres, **le temps de retour carbone**, c'est-à-dire, la durée au bout de laquelle le carbone dépensé lors de la rénovation du logement sera compensé par les économies de carbone générées dans le temps.

L'objectif de la présente étude est : d'évaluer l'impact carbone des travaux énergétiques financés par l'Anah sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment (50 ans); d'identifier des pistes d'amélioration de l'efficacité environnementale des travaux financés par le dispositif MaPrimeRénov' afin d'atteindre les objectifs climatiques français à horizons 2030 et 2050.

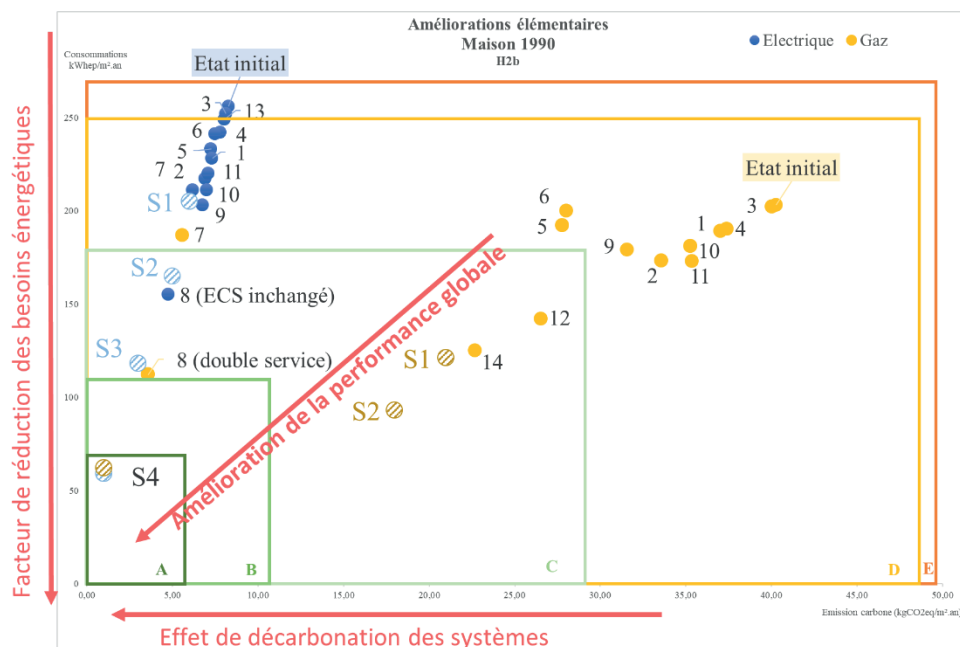
L'étude s'est donc déroulée en 4 phases :

1. Pour 4 typologies représentatives du parc résidentiel existant, **simulations avec le moteur de calcul 3CL 2021 utilisé pour le DPE** réalisées pour les gestes travaux les plus financés par MaPrimeRénov' ainsi que pour des scénarios de rénovations globales. 465 simulations réalisées sur 3 zones climatiques différentes, avec des énergies initiales de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire différentes pour chacune des 4 typologies.  
→ *détermination du carbone évité en exploitation*
2. Sélection de **fiches FDES** sur la base Inies pour mesurer l'impact carbone des travaux engagés  
→ *détermination des émissions liés aux travaux de rénovation*
3. Calcul **d'indicateurs carbone** à partir du carbone évité et du carbone émis pour chaque configuration : carbone total évité sur 50 ans, temps de retour carbone...
4. **Conclusions et enseignements de l'étude**



## Annexe 2 : Gestes travaux

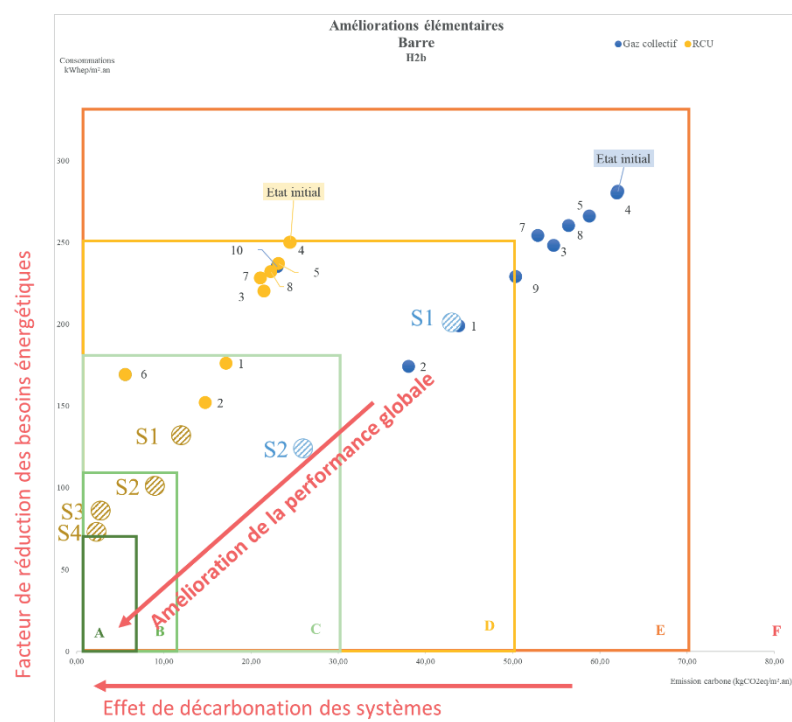
Maison individuelle isolée (1990) – H2b



**Gestes unitaires** : les gestes les plus financés par MaPrimeRénov'

1. Isolation thermique par l'intérieur
2. Isolation thermique par l'extérieur
3. Isolation des combles
4. Remplacement des fenêtres
5. Poêle à granulés
6. Poêle à bûches
7. Chaudière à granulés
8. Pompe à chaleur
9. Chauffe-eau thermodynamique
10. Chauffe-eau solaire
11. VMC double flux
12. Chaudière gaz condensation double service
13. Panneaux rayonnants
14. Chauffage + ECS solaire

Gestes travaux –Barre – H2b



**Gestes unitaires** :

1. Isolation thermique par l'intérieur
2. ITE
3. Isolation de la toiture terrasse
4. Isolation plancher bas
5. Remplacement des fenêtres
6. Pompe à chaleur air / eau
7. Chauffe-eau thermodynamique
8. VMC hygro B
9. Chaudière gaz condensation double service collective
10. Raccordement au réseau de chaleur

## Annexe 3 : Résultats DPE des bouquets d'améliorations financés par MaPrimeRénov'

Scénarios maison individuelle non isolée		Rénovation enveloppe			Rénovation systèmes			Gain énergétique														
								Electrique					Gaz					Fioul (chauffage) / Electrique (ECS)				
H2b		Menuiseries	Isolation combles perdus	ITE	VMC double flux	Rad à inertie / chaudière à condensation	PAC	Gain énergétique	SP*	RP MPR**	RP LCR**	Etiquette DPE	Gain énergétique	SP*	RP MPR**	RP LCR**	Etiquette DPE	Gain énergétique	SP*	RP MPR**	RP LCR**	Etiquette DPE
	1		x	x				54%	x			E	53%	x			D	50%	x			E
	2		x	x		x		56%	x	x		E	66%	x	x		D	63%	x	x		C
	3	x	x	x	x		x	83%	x	x	x	B	76%	x	x	x	B	78%	x	x	x	B

Scénarios maison individuelle 1990		Rénovation enveloppe		Rénovation systèmes					Gain énergétique									
									Electrique					Gaz				
H2b		Menuiseries	ITE	VMC HygroB	VMC double flux	Rad à inertie + CE / chaudière à condensation	Ch chauffe-eau thermo	PAC	Gain énergétique	SP*	RP MPR**	RP LCR**	Etiquette DPE	Gain énergétique	SP*	RP MPR**	RP LCR**	Etiquette DPE
	1		x			x			20%	x			D	40%	x			C
	2	x	x	x		x			36%	x			C	54%	x			C
	3	x	x	x		x	x		54%	x			C					
	4	x	x		x			x	72%	x	x	x	B	62%	x	x	x	B

\* SP = **Sortie de passoire** : A minima étiquette E si état initial F ou G

\*\* RP MPR = **Rénovation globale MaPrimeRénov'** : 55% de gain énergétique

\*\*\* RP LCR = **Rénovation globale et performante Loi Climat Résilience** : étiquette C si passoire énergétique en état initial, A ou B sinon

Scénarios immeuble de bourg	Rénovation enveloppe					Rénovation systèmes		Gain énergétique							
								Electrique				Gaz individuel			
H2b	Menuiseries	Isolation plancher bas	Isolation combles perdus	ITE sur cour	ITI sur rue	VMC hygro B	Rad à inertie / chaudière à condensation	Gain énergétique	35%	55%	Etiquette DPE	Gain énergétique	35%	55%	Etiquette DPE
PC*		x	x	x				39%	x		E	33%			E
PC + PPIC**	x	x	x	x		x		44%	x		E	38%	x		D
PC + PPIC + PP***	x	x	x	x	x	x	x	58%	x	x	D	67%	x	x	C

Scénarios immeuble de bourg	Rénovation enveloppe					Rénovation systèmes		Gain énergétique				
								Gaz collectif				
	H2b	Menuiseries	Isolation plancher bas	Isolation combles perdus	ITE sur cour	ITI sur rue	VMC hygro B	PAC	Gain énergétique	35%	55%	Etiquette DPE
PC*		x	x	x					38%	x		E
PC + PPIC**		x	x	x			x		58%	x	x	C
PC + PPIC + PP***	x	x	x	x	x	x	x		69%	x	x	C

Scénarios barre		Rénovation enveloppe							Rénovation systèmes				Gain énergétique			
									Gaz collectif							
		Menuiseries	Isolation toiture terrasse	Isolation plancher bas	ITE	VMC hygroB	Chaudière gaz condensation	PAC	Gain énergétique	35%	55%	Etiquette DPE				
	1		x				x		28%	x		D				
	2		x	x	x		x		56%	x	x	C				
	3		x	x	x			x	62%	x	x	B				
	4	x	x	x	x	x		x	69%	x	x	B				

Scénarios barre		Rénovation enveloppe				Rénovation systèmes	Gain énergétique			
							Réseau de chaleur			
		Menuiseries	Isolation toiture terrasse	Isolation plancher bas	ITE	VMC hygro B	Gain énergétique	35%	55%	Etiquette DPE
	1		x		x		47%	x		C
	2	x	x	x	x	x	60%	x	x	B

## Annexe 4 : Impact carbone des améliorations énergétiques



- Afin d'évaluer l'impact carbone des améliorations énergétiques financées par l'Anah, l'étude s'est appuyée sur les FDES\* de la base Inies.

Trois typologies de fiches sont répertoriées :

- Les fiches individuelles *qui portent sur un produit fabriqué par un industriel*
  - Les fiches collectives *qui portent sur un même produit type fabriqué par plusieurs industriels*
  - Les fiches par défaut *qui correspondent à une donnée de substitution mise à disposition en l'absence de données spécifiques. Les impacts environnementaux du produit sont majorés pour couvrir l'incertitude du produit installé.*
- La base Inies présente un grand nombre de fiches (3542 FDES\* et 812 PEP\*\*). La sélection des fiches s'est opérée en fonction de la représentativité des matériaux sur le marché de la rénovation :
    1. Choix d'une fiche collective en priorité,
    2. Choix d'une fiche individuelle si fiche collective inexistante ou trop défavorable. La fiche individuelle est choisie en fonction de la représentativité du produit sur le marché,
    3. Choix d'une fiche autre par défaut.
  - Pour tous les gestes travaux, les travaux induits ont été inclus. La description précise des hypothèses pour chaque amélioration est disponible en annexe.
  - Pour une même amélioration, des variantes ont été simulées selon la nature des matériaux utilisés.

## Annexe 5 : Périmètre des travaux

Lot travaux	Eléments induits
Isolation toiture terrasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> <li>- Etanchéité</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- Revêtement</li> <li>- Couche drainante et géotextile si toiture végétalisée</li> </ul>
Isolation combles perdus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> </ul>
Isolation combles aménagés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> <li>- Support / rail / fourrure</li> <li>- Plaque de plâtre</li> <li>- Pare-vapeur</li> <li>- Pare-pluie</li> </ul>
Isolation plancher bas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> </ul>
Isolation Thermique par l'Extérieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> <li>- Fixations métalliques (bardage)</li> <li>- Revêtement ITE (Bardage / Enduit)</li> <li>- Pare-pluie</li> </ul>

Lot travaux	Eléments induits
Isolation Thermique par l'Intérieur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant</li> <li>- Support / rail / fourrure</li> <li>- Plaque de plâtre</li> <li>- Peinture + Finition</li> <li>- Pare-vapeur</li> </ul>
Remplacement fenêtres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fenêtres</li> </ul>

Lot travaux	Eléments induits
Chaudière gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Robinets thermostatiques</li> <li>- Chaudière</li> </ul>
Chaudière biomasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduit évacuation fumées</li> <li>- Conduits cuivre (si état existant électrique)</li> <li>- Radiateurs (si état existant électrique)</li> <li>- Robinets thermostatiques</li> <li>- Chaudière / poêle / insert</li> </ul>
Pompe à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduits (si état existant électrique)</li> <li>- Radiateurs (si état existant électrique)</li> <li>- Robinets thermostatiques</li> <li>- Pompe à chaleur</li> <li>- Chauffe-eau thermodynamique</li> </ul>
Chauffe-eau solaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capteurs solaire</li> <li>- Ballon stockage</li> <li>- Réseau</li> </ul>
VMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrées d'air / extraction</li> <li>- Conduits (diamètre à adapter selon la typologie)</li> <li>- Caisson</li> </ul>

## Annexe 6 : Choix des fiches FDES

## Menuiseries

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Fenêtres et portes fenêtres PVC double vitrage - Teintes claires ( $L > 0,82$ ) UFME / SNEP	Menuiseries_Fenêtres	PVC DV_	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	71,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=13913">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=13913</a>
Fenêtre et porte fenêtre en profilés aluminium $> 2,3$ m <sup>2</sup>	Menuiseries_Fenêtres	Alu DV_	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	81,6	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=10880">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=10880</a>
Fenêtre et porte-fenêtre double vitrage, fabriquée en France, en Bois d'essence tempérée européen	Menuiseries_Fenêtres	Bois DV_	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	54,8	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30583">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30583</a>

Isolation Thermique par l'Extérieur ( $R=3,7$  m<sup>2</sup>.K/W)

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
ECOROCK 131 mm	ITE_Isolants	LdR	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	6,98	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8990">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8990</a>
CELLOMUR 140 Panneau PSE	ITE_Isolants	PSE	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	12,3	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6643">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6643</a>
Panneau d'isolation en fibres de bois PAVAWALL®-Smart 145 mm d'épaisseur, $R = 3,7$ m <sup>2</sup> .K/W (hors accessoires de pose)	ITE_Isolants	FdB	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	-10,7	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28532">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28532</a>
Panneau d'isolation en fibres de bois PAVATHERM® 60 mm d'épaisseur, $R = 1,55$ m <sup>2</sup> .K/W (hors accessoires de pose)	ITE_Isolants	FdB	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	0,696	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28524">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28524</a>
Système d'Enduits pour Isolation Thermique par l'Extérieur (ETICS), à associer à une FDES d'isolant compatible	ITE_revêtements	ETICS_Mortier min/org	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	32,1	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27866">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27866</a>
Bardage en acier simple peau ou peau extérieure d'un bardage double peau de masse surfacique comprise entre 4,2 et 7,99 kg/m <sup>2</sup>	ITE_Bardages	Bard. acier	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	18,7	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27005">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27005</a>
Bardage en lames de bois de France, toutes essences, toutes configurations	ITE_Bardages	Bard. Bois	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	0,707	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30446">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30446</a>
Poutrelle en acier utilisée comme élément d'ossature (poteau, poutre, lisse, solive, panne, ...) sans revêtement anticorrosion	ITE_Fixations	Fixations	Fiche collective	1 kg	100	1,57	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=32207">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=32207</a>

Isolation Thermique par l'Intérieur ( $R=3,7$  m<sup>2</sup>.K/W)

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
ROCKMUR KRAFT 140 mm	ITI_Isolant	LdR	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	5,36	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30109">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30109</a>
Isolants thermiques et acoustiques pour murs (ITI) et cloisons en panneaux isolants sous vide ( $R=5$ m <sup>2</sup> .K/W) - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	ITI_Isolant	Iso sous vide	Fiche par défaut	1 m <sup>2</sup>	50	97,14	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31753">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31753</a>
KNAUF XTherm B2i RC 60 SE 160mm	ITI_Isolant	PSE	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	8,46	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24077">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24077</a>
Isolant en laine de verre (ITI) $R=3,75$ FICHE COLLECTIVE	ITI_Isolant	LdV	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	5,42	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30305">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30305</a>
FLEX 40 145mm	ITI_Isolant	FdB	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	1,36	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27960">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27960</a>
Peintures Recyclées Gamme Professionnelle CIRCOULEUR	ITI_Peinture	Peint. Aqu.	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	10	0,102	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27079">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27079</a>
Peintures mates en phase aqueuse	ITI_Peinture	Peint. Aqu.	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	10	1,3	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30343">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30343</a>
ALGO Primaire + ALGO Mat ou ALGO Velours	ITI_Peinture	Peint. Aqu.	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	10	0,958	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=12704">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=12704</a>
Produits d'impression et fixateurs en phase aqueuse	ITI_Peinture	Finition Peint. Aqu_	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	0,739	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30344">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30344</a>
Pare-vapeur en polypropylène - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	ITI_Pare-vapeur	Pare-vapeur	Fiche par défaut	1 m <sup>2</sup>	30	1,47	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31543">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31543</a>
Plaque de plâtre Placoplatr® BA13	ITI-Plâtre	Plaque plâtre	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	2,27	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22894">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22894</a>
Fourrure Stil® F530	ITI-Plâtre	Fourrure	Fiche individuelle	1 m	50	1,31	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26081">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26081</a>
APPUI OPTIMA 2 75-160	ITI-Plâtre	Support	Fiche individuelle	1 unité	50	0,4	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8230">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8230</a>
Rail Stil® F 530	ITI-Plâtre	Rail	Fiche individuelle	1 m	50	0,755	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26084">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26084</a>



### Isolation Combles aménagés ( $R=6 \text{ m}^2.K/W$ )

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Isolant cellulose « en vrac » en insufflation en toiture inclinée	Combles_Isolant	Ouate de cell.	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	2,59	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8102">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8102</a>
Isolants en laine de verre pour Combles aménagés R=6	Combles_Isolant	LdV	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	6,53	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30303">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30303</a>
Pare-vapeur en polypropylène - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Combles_Pare vapeur	Pare-vapeur	Fiche par défaut	1 m <sup>2</sup>	30	1,47	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31543">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31543</a>
Plaque de plâtre Placoplatre® BA13	Combles_Plâtre	Plaque plâtre	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	2,27E+00	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22894">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22894</a>
Fourrure Stil® F530	Combles_Plâtre	Fourrure	Fiche individuelle	1 m	50	1,31	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26081">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26081</a>
APPUI OPTIMA 2 75-160	Combles_Plâtre	Support	Fiche individuelle	1 unité	10	0,4	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8230">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8230</a>
Rail Stil® F 530	Combles_Plâtre	Rail	Fiche individuelle	1 m	10	0,755	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26084">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=26084</a>

### Isolation Combles perdus ( $R=6 \text{ m}^2.K/W$ )

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Ouate de cellulose « en vrac » du groupement ECIMA (v.1.2)	Combles_Isolant	Ouate de cell.	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	-3,71	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27108">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=27108</a>
Isolants en laine de verre pour combles perdus R=8	Combles_Isolant	LdV	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	5,51	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30304">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30304</a>

### Isolation toiture terrasse ( $R=4,5 \text{ m}^2.K/W$ )

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Panneau Isolant KNAUF Thane MultiSe 120mm	PH terrasse_Isolant	Panneau PUR	Fiche individuelle	1 m <sup>2</sup>	50	17	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24032">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24032</a>
Isolants pour toitures terrasses en laine de roche (hors accessoires de pose) Résistance thermique 4,5K.m <sup>2</sup> /W	PH terrasse_Isolant	LdR	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	31,2	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30309">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30309</a>
Panneau isolant thermique en polystyrène extrudé (XPS) 100 mm	PH terrasse_Isolant	PSEextr	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	9,91	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=16261">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=16261</a>
Système d'étanchéité bitumineux – Pare-vapeur	PH terrasse_Etanchéité	Bitume PV	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	4,97	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8351">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8351</a>
Système d'étanchéité bitumineux - Bicouche	PH terrasse_Etanchéité	Bitume	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	30	9,13338	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8350">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8350</a>
Gravier pour toiture	PH terrasse_Protection	Gravillon	Fiche par défaut	1 m <sup>3</sup>	50	30,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31935">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31935</a>
Dalle de toiture-terrasse en béton d'épaisseur 5 cm (pose sur plots)	PH terrasse_Protection	Dalle	Fiche collective	1 m <sup>2</sup>	50	21,4	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29321">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29321</a>
Substrat pour toiture végétalisée extensive [ep: 5 cm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	PH terrasse_Revêtement	Toit. Végét.	Fiche par défaut	1 m <sup>2</sup>	40	11,3	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31649">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31649</a>

## Isolation plancher bas ( $R=3 \text{ m}^2.K/W$ )

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
KNAUF INSULATION Laine de verre à souffler JetSpray all-in-one Thermal	PB_Isolant sous dalle_LdV	Isolant projeté	Fiche individuelle	1 m²	50	6,12	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29510">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29510</a>

## Chaudière gaz

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Chaudière à condensation gaz individuelle mixte	Systèmes_C/ECS	Chaud. Gaz MI C/ECS_	Fiche collective	1 unité	17	275,85	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14080">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14080</a>
Chaudière à condensation gaz collective chauffage seul	Systèmes_C/ECS	Chaud. Gaz IC C_	Fiche collective	1 unité	22	1272,19	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14081">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14081</a>
Radiateur Eau Chaude Statique 1000 W	Systèmes_Emiss eau chaude	Radiateur statique_	Fiche collective	1 unité	50	111,174	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14081">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14081</a>
							<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839</a>
Tube de cuivre pour distribution d'eau sanitaire chaude ou froide et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100,00	1,044	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705</a>
Canalisations d'hydrodistribution multicouches	Systèmes_Distribution	Conduits multicouches_	Fiche collective	1 ml	50,00	1	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614</a>
Robinet thermostatique à bulbe - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Robinet thermostatique	Fiche par défaut	1 unité	15,00	3,68	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395</a>
Tuyau PER gainé [diamètre extérieur = 16mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Conduits PER_	Fiche par défaut	1 ml	50	0,777	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916</a>
Calorifuge en coquille de laine de roche [ép. 50 mm] pour une conduite de DN 100 mm. - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Calorif. LdR_	Fiche par défaut	1 ml	50	36,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31509">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31509</a>
Tube en acier noir pour usage en chauffage et climatisation [DN=32mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Acier noir 32mm_	Fiche par défaut	1 ml	50	19,35	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31931">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31931</a>
Tube de cuivre pré-isolé pour distribution d'eau sanitaire et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100	1,17	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8559">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8559</a>

## Chaudière / poêle biomasse

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Conduit de fumée simple paroi	Système_Distribution	Cond. Fumees	Fiche collective	1 ml	50,00	80	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29110">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29110</a>
Conduit de fumée double paroi isolé	Système_Distribution	Cond. Fumees	Fiche collective	1 ml	50	105	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29283">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29283</a>
Insert à bois bûche en fonte	Systèmes_C/ECS	Insert bûche fonte C_	Fiche collective	1 unité	29,00	81,16	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24578">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24578</a>
Poêle à bois bûche en acier	Systèmes_C/ECS	Poêle bûche acier C_	Fiche collective	1 unité	20,00	165,018	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24572">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24572</a>
Poêle à bois bûche en fonte	Systèmes_C/ECS	Poêle bûche fonte C_	Fiche collective	1 unité	29,00	96,34	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24579">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24579</a>
Poêle à bois granulés en acier	Systèmes_C/ECS	Poêle granul. acier C_	Fiche collective	1 unité	15,00	207,57	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24573">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=24573</a>
Chaudière biomasse à granulés de bois assurant le chauffage seul	Systèmes_C/ECS	Chaud. Granul. bois C_	Fiche collective	1 unité	17,00	186,92	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29199">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29199</a>
Chaudière biomasse à bois bûche assurant le chauffage seul	Systèmes_C/ECS	Chaud. Bois bûche C_	Fiche collective	1 unité	17,00	81,3	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8494">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8494</a>
Radiateur Eau Chaude Statique 1000 W	Systèmes_Emiss eau chaude	Radiateur statique_	Fiche collective	1 unité	50	111,174	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839</a>
Tuyau PER gainé [diamètre extérieur = 16mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Conduits PER_	Fiche par défaut	1 ml	50	0,777	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916</a>
Tube de cuivre pré-isolé pour distribution d'eau sanitaire et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100	1,17	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8559">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8559</a>

## Pompes à chaleur / chauffe-eau thermodynamique

Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Pompe à chaleur AIR/EAU assurant le chauffage en logement individuel R410a	Systèmes_C/ECS	PAC Air/Eau MI R410a C_	Fiche collective	1 unité – 1 kW	17	901,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8718">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8718</a>
Pompe à chaleur double service résidentielle air/eau R410a	Systèmes_C/ECS	PAC Air/Eau C/ECS_	Fiche collective	1 unité – 1 kW	17	998,497	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=25841">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=25841</a>
ALFEA EXTENSA A.I.5 R32	Systèmes_C/ECS	PAC Air/Eau MI R32 C_	Fiche individuelle	1 unité - 1 kW	17	321,68	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30787">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30787</a>
ALFEA EXTENSA DUO A.I.5 R32	Systèmes_C/ECS	PAC Air/Eau MI R32 C/ECS_	Fiche individuelle	1 unité – 1 kW	17	387,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=32161">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=32161</a>
HRC70 ZePAC	Systèmes_C/ECS	PAC Air/Eau IC R290 C_	Fiche individuelle	1 unité - 1 kW	22	91,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30796">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30796</a>
CALYPSO CONNECTE	Systèmes_C/ECS	CET	Fiche individuelle	1 unité - 200 l	17	1394,51	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30638">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=30638</a>
Radiateur Eau Chaude Statique 1000 W	Systèmes_Emiss eau chaude	Radiateur statique_	Fiche collective	1 unité	50	111,174	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839</a>
Tube de cuivre pour distribution d'eau sanitaire chaude ou froide et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100	1,044	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705</a>
Canalisations d'hydrodistribution multicouches	Systèmes_Distribution	Conduits multicouches_	Fiche collective	1 ml	50	1	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614</a>
Robinet thermostatique à bulbe - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Robinet thermostatique_	Fiche par défaut	1 unité	15	3,68	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395</a>
Tuyau PER gainé [diamètre extérieur = 16mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Conduits PER_	Fiche par défaut	1 ml	50	0,777	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916</a>
Calorifuge en coquille de laine de roche [ép. 50 mm] pour une conduite de DN 100 mm. - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Calorif. LdR_	Fiche individuelle	1 ml	50	36,5	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31509">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31509</a>

## Autres systèmes

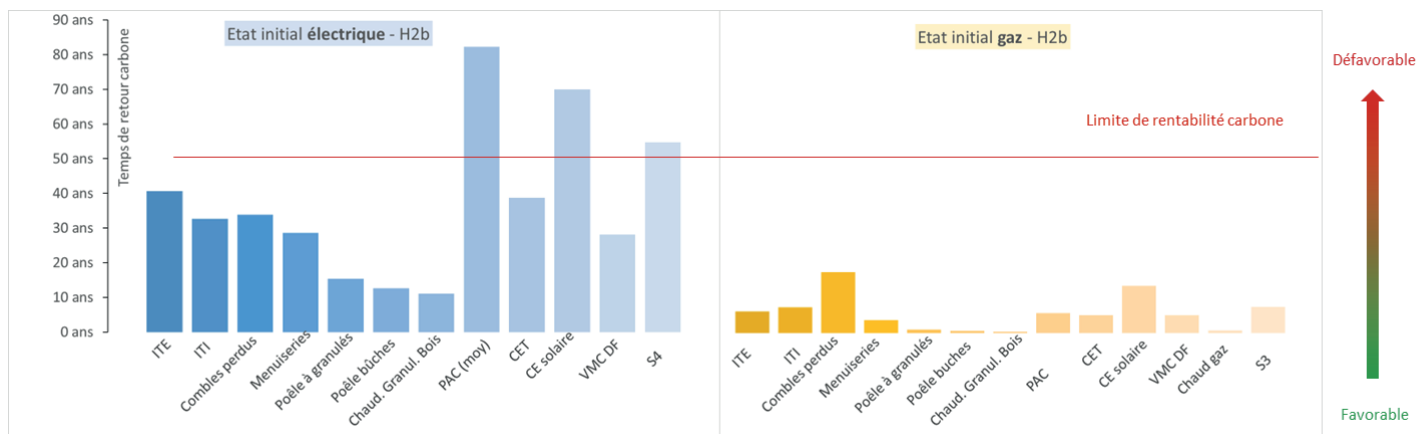
Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Capteur solaire thermique	Systèmes_Solaire	Capt. Solaire therm_	Fiche collective	1 m²	50,00	219,84	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14897">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=14897</a>
Chauffe-eau solaire individuel [Capacité = 200L] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Solaire	Ballon ECS_	Fiche par défaut	1 unité - 200 l	15,00	1718,4	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31839">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31839</a>
Optalys & Aloé Digital	Systèmes_Emiss elec	Rad. Chaleur douce	Fiche individuelle	1 unité	17,00	72,9954	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28018">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=28018</a>
Echangeur à plaques (préparateur ECS) [P=150kW] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT (v.1.2)	Systèmes_C/ECS	RCU	Fiche par défaut	1 unité - 150 kW	5,00	1657,9	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31266">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31266</a>
Radiateur Eau Chaude Statique 1000 W	Systèmes_Emiss eau chaude	Radiateur statique_	Fiche collective	1 unité	50	111,174	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=22839</a>
Tube de cuivre pour distribution d'eau sanitaire chaude ou froide et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100,00	1,044	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=6705</a>
Canalisations d'hydrodistribution multicouches	Systèmes_Distribution	Conduits multicouches_	Fiche collective	1 ml	50,00	1	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=29614</a>
Robinet thermostatique à bulbe - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Robinet thermostatique_	Fiche par défaut	1 unité	15,00	3,68	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31395</a>
Tuyau PER gainé [diamètre extérieur = 16mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Conduits PER_	Fiche par défaut	1 ml	50	0,777	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31916</a>
Ballon de stockage d'eau chaude sanitaire collectif	Système_C/ECS	Ballon ECS_	Fiche collective	1 unité - 932,5 l	22	14344	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=36238">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=36238</a>
Tube de cuivre pré-isolé pour distribution d'eau sanitaire et de chauffage dans une habitation	Systèmes_Distribution	Cuivre	Fiche collective	1 ml	100	1,17	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8509">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=8509</a>
Tube en acier noir pour usage en chauffage et climatisation [DN=32mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Systèmes_Distribution	Acier noir 32mm_	Fiche par défaut	1 ml	50	19,35	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31891">https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html?id=31891</a>

## VMC

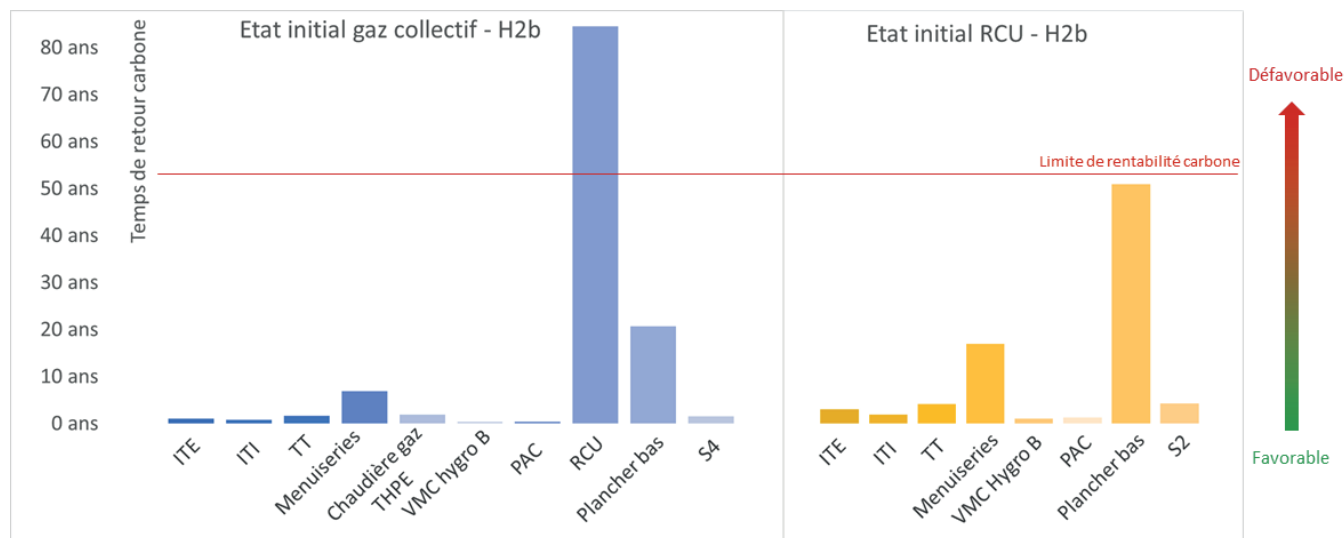
Nom de la fiche	Lot	Catégorie	Type déclaration	UF	Durée de vie	Impact carbone	Lien
Conduit métallique circulaire	Ventilation_Distribution	Acier galv._	Fiche collective	1 ml	30,00	14,309	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=14087">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=14087</a>
Caisson de ventilation individuelle double flux avec filtres	Ventilation_Caisson	VMC 2flux auto_	Fiche collective	1 unité	17,00	512,71	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=1818">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=1818</a>
Caisson de ventilation simple flux collectif hygroréglable ou autoréglable par extraction basse consommation	Ventilation_Caisson	VMC 1flux auto/hygro	Fiche collective	1 unité	17,00	299,32	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=18018">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=18018</a>
Entrée d'air - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Ventilation_Diffusion	Entrée d'air	Fiche par défaut	1 unité	17,00	1,18	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=1566">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=1566</a>
Bouche d'extraction - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Ventilation_Diffusion	Bouche d'extraction_	Fiche par défaut	1 unité	17,00	2,58449239	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=12838">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=12838</a>
Conduits rigides acier [DN = 200 mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Ventilation_Distribution	Acier_	Fiche par défaut	1 m	30	27,12	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=6705">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=6705</a>
Conduit rigide en acier [DN = 355mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	Ventilation_Distribution	Acier	Fiche par défaut	1 m	30	43,6	<a href="https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=28614">https://www.base-inies.fr/iniesv4/dis/consultation.html?id=28614</a>

## Annexe 7 : Temps de retour carbone

Maison isolée (1990) – H2b

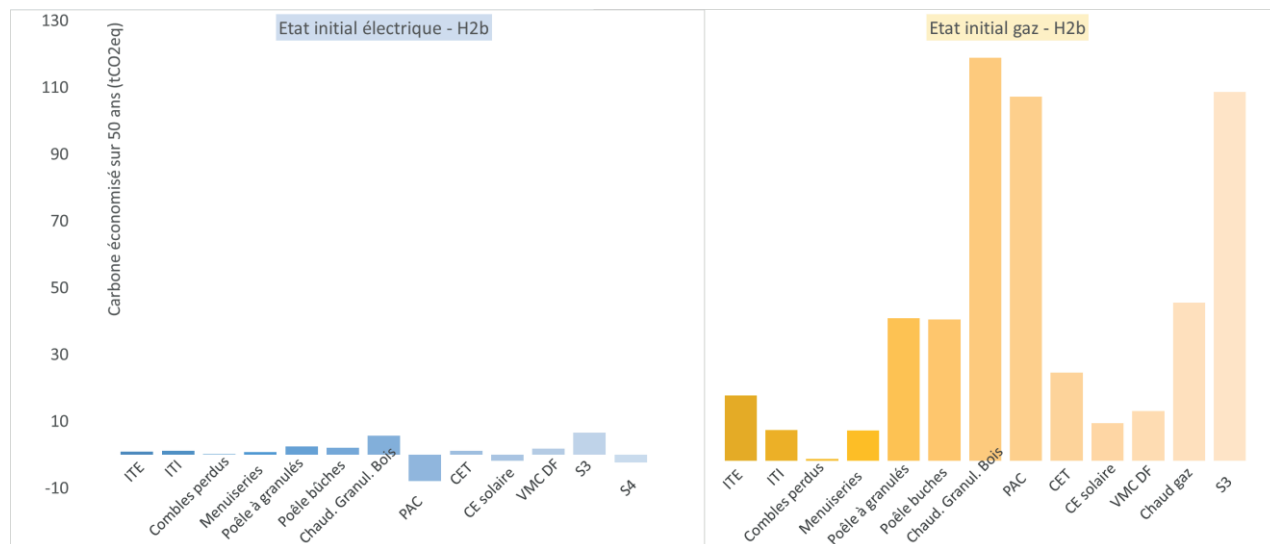


Barre – H2b



## Annexe 8 : Carbone évité

### Maison isolée (1990) – H2b



### Barre – H2b

