



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS  
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

# La rénovation énergétique des maisons individuelles :

## Performance et potentiel des systèmes à eau chaude



Étude 2018



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS  
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

# La rénovation énergétique des maisons individuelles :

## Performance et potentiel des systèmes à eau chaude



Étude 2018

## INTRODUCTION

**Pouvoir compter sur un chauffage évolutif.....4**

**La méthodologie de l'étude .....6**

- Typologie des bâtiments et des zones géographiques .....6
- Calcul des consommations et des investissements.....7
- Les travaux de la rénovation financés par l'éco-prêt à taux zéro .....7
- Caractéristiques des travaux de rénovation étudiés .....9

**1. La rénovation énergétique par bouquets de travaux .....11**

- Le bouquet gagnant : changement du système de chauffage et isolation de la toiture .....12
- Première action à lancer : moderniser le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire .....13
- Les bouquets de travaux.....14

**2. La boucle à eau chaude permet d'atteindre les niveaux HPE et BBC .....19**

- Rappel : critères de performance des niveaux HPE et BBC .....20
- Cas du niveau HPE.....20
- Cas du niveau BBC.....22

# Sommaire

<b>3. Les nouvelles technologies de chauffage permettent un saut de performance énergétique .....</b>	<b>25</b>
• Isolation de l'enveloppe : confirmation des pratiques usuelles.....	26
• Production de chauffage et d'eau chaude sanitaire : des technologies innovantes pour un saut de performance énergétique .....	26
• Pour aller plus loin : production locale d'électricité.....	28
<b>4. Les propositions d'Énergies et Avenir .....</b>	<b>29</b>
• Permettre une approche globale en donnant une vision à long terme.....	30
• Rééquilibrer la part des systèmes de chauffage dans les bâtiments neufs.....	30
• Mettre en place un Observatoire du CO <sub>2</sub> par énergie et par utilisation.....	30
<b>ANNEXES .....</b>	<b>32</b>
• Le point de départ.....	32
• Méthode d'évaluation du retour sur investissement.....	33
• La polyvalence du système de chauffage à eau chaude.....	34
Association des Professionnels pour un chauffage durable.....	35
Les membres d'Énergies et Avenir.....	35
Glossaire .....	36

La consommation énergétique du secteur du bâtiment génère près d'un quart des émissions nationales en gaz à effet de serre, soit deux tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant par an, et est responsable de 45% de l'énergie consommée en France. Aussi, à lui seul, le chauffage représente 70% de la consommation d'énergie dans les logements. L'enjeu est grand : pour réussir sa transition énergétique et tenir son engagement de réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub>, la France doit investir massivement dans la rénovation de son parc immobilier et valoriser les systèmes de chauffage les plus performants.

Aujourd'hui, un logement consomme en moyenne 250 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an, les logements construits après-guerre et avant 1975 consomment même en moyenne 360 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an. Bien que les bâtiments existants soient soumis à une réglementation thermique, il n'existe pas encore d'obligation de travaux d'amélioration.

Dans ce contexte, en tant que représentante de la filière de la boucle à eau chaude, l'association Énergies et Avenir souhaite contribuer aux réflexions actuelles. Par ses différentes études et publications, l'association poursuit notamment sa contribution dans le domaine du chauffage durable.

Définir son projet de rénovation n'est pas une tâche facile. Quelle rénovation pour quelle performance ? Quel budget pour quel bouquet de travaux ? Pour y voir plus clair, Énergies et Avenir a commandé au CETIAT (Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques) une étude qui permet d'identifier des solutions performantes de rénovation d'une maison du type pavillon traditionnel. Ce type de maison est le

# Pouvoir compter sur un chauffage évolutif

plus représentatif de l'ensemble des maisons construites avant 1975 (représentant près de 82% du parc), date d'apparition de la première réglementation thermique établissant des obligations en termes de performance énergétique.

Un des principaux enseignements de cette étude est la place privilégiée des systèmes de chauffage à eau chaude. D'une part, l'étude démontre que les meilleures performances énergétiques sont atteintes avec le changement de la chaudière ou des bouquets de travaux intégrant le chauffage, tout en restant dans les critères de l'éco-prêt à taux zéro (l'éco-PTZ). D'autre part, les systèmes de chauffage à eau chaude sont porteurs d'innovation et en mesure d'intégrer pleinement les énergies renouvelables ; ils permettent non seulement de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, mais aussi de répondre aux futures réglementations concernant l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement. Enfin, il est nécessaire que la mise en service du système de chauffage soit effectuée par un professionnel et qu'un entretien soit réalisé tous les ans afin que les appareils installés conservent leurs performances initiales dans le temps.

Car disposer dans son logement d'un système de chauffage à eau chaude représente un avantage pour améliorer, aujourd'hui comme demain, les performances énergétiques et environnementales de chacun.

Philippe MÉON  
Président d'Énergies et Avenir

# La méthodologie de l'étude

## TYPOLOGIE DES BÂTIMENTS ET DES ZONES GÉOGRAPHIQUES

Le parc des maisons individuelles en France peut être classé en neuf typologies d'habitats. Dans cette étude, la maison de type pavillon traditionnel a été sélectionnée car elle est la plus représentative de l'ensemble des maisons construites avant 1975 (représentant près de 82% du parc). Trois zones climatiques ont été retenues : H1b (Nord-Est de la France), H2b (Ouest de la France) et H3 (Sud de la France).

### APERÇU DES DIFFÉRENTS TYPES D'HABITAT

	TYPE D'HABITAT ET DATE DE CONSTRUCTION	QUANTITÉ ET % DU PARC		TYPE D'HABITAT ET DATE DE CONSTRUCTION	QUANTITÉ ET % DU PARC
	MI rurale <1915	1,2 million 8%		Pavillon de la reconstruction 1949-1967	396 000 3%
	MI bourgeoise <1915	184 000 1%		Pavillon traditionnel 1968-1974	1,2 million 8%
	MI de bourg <1915	1,8 million 12%		Pavillon préfabriqué 1975-1981	901 000 6%
	Villa éclectique <1948	642 000 4%		Pavillon 1982-1988	1,9 million 12%
	Pavillon de banlieue <1967	3,3 millions 22%			

La maison retenue a une surface habitable de 90 m<sup>2</sup> et est très mal isolée. Les énergies considérées pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire sont le gaz (gaz naturel et gaz propane), le fioul et l'électricité. L'énergie d'origine de la maison n'a pas été substituée.

## CALCUL DES CONSOMMATIONS ET DES INVESTISSEMENTS

Les consommations énergétiques avant et après la rénovation thermique ont été estimées selon la méthode de calcul « *Th-C-E ex* », développée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Cette méthode est également retenue par les pouvoirs publics pour le calcul des niveaux HPE (Haute Performance Énergétique) et BBC (Bâtiment Basse Consommation). Par rapport aux consommations énergétiques réelles mesurées, elle a généralement tendance à surestimer les consommations des maisons individuelles. Ceci ne compromet cependant pas les résultats de l'étude qui restent cohérents en valeur.

Les coûts d'investissements utilisés ont été fournis par des bureaux d'études thermiques et des économistes de la construction. Ils comprennent les coûts de fourniture et de main-d'œuvre ainsi que des travaux connexes nécessaires et des travaux de finition. Ne sont pas pris en compte les crédits d'impôts ou les aides spécifiques (CEE, TVA à 5,5%...), assujettis au recalage annuel possible à travers la loi de finances.

## LES TRAVAUX DE LA RÉNOVATION FINANCÉS PAR L'ÉCO-PRÊT À TAUX ZÉRO

L'étude prend en compte le dispositif d'éco-PTZ permettant aux propriétaires de bénéficier d'un prêt sans intérêt pour la rénovation énergétique des résidences principales. Son obtention est soumise à la réalisation de bouquets de travaux ayant un impact sur la réduction des consommations d'énergie ou des travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale inférieure à 150 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an si la consommation d'énergie du logement avant les travaux est supérieure ou égale à 180 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an.

Selon l'approche choisie dans la rénovation, le propriétaire peut obtenir jusqu'à 20 000 € avec une durée de remboursement allant de trois à dix ans pour les bouquets de deux travaux. Elle peut être portée à 30 000 € remboursable sur 15 ans dans le cas de la réalisation d'un bouquet d'au moins trois travaux ou dans le cas du choix de l'option « performance énergétique globale ».



**Les travaux doivent être réalisés par une entreprise certifiée « Reconnu Garant de l'Environnement » (RGE).**

L'étude a identifié pour chaque maison plusieurs scénarios de travaux possibles : soit la réalisation d'un bouquet de deux ou trois travaux, soit une rénovation globale afin d'atteindre le niveau HPE ou BBC.

Les travaux de rénovation modélisés sont les suivants :

- Les systèmes de production de chauffage
- Les systèmes de production d'eau chaude sanitaire (ECS)
- L'isolation des toitures
- Les menuiseries extérieures (portes et fenêtres)
- L'isolation des murs par l'extérieur ou par l'intérieur
- L'isolation des planchers
- Le système de ventilation
- L'étanchéité à l'air

Hypothèses retenues pour les rénovations énergétiques simulées :

- L'énergie initiale de la maison n'a pas été substituée
- Une ventilation simple flux hydroréglable type B a systématiquement été installée
- Les émetteurs ont été conservés car considérés comme suffisamment bien dimensionnés pour répondre au besoin de chaleur en basse température
- Les radiateurs à eau chaude ont tous été équipés de robinets thermostatiques
- Une régulation avec sonde de température extérieure et horloge a été installée

### **Confort et qualité de l'air intérieur**

La rénovation énergétique vise à diminuer la consommation énergétique des logements tout en améliorant le confort des occupants et la qualité d'air à l'intérieur des logements. Ces deux aspects primordiaux sont développés dans le guide Énergies et Avenir « Bâtiments performants : confort ou inconfort pour les occupants ? » de mars 2016.

## CARACTÉRISTIQUES DES TRAVAUX DE RÉNOVATION ÉTUDIÉS

### ENVELOPPE

Postes	Bouquets	HPE-BBC
Murs	ITI Parpaing + 10 cm de laine de verre - R = 3,53 m <sup>2</sup> K/W	
	ITE 12 cm sur parpaing - R = 4,15 m <sup>2</sup> K/W	
Toiture	Laine de verre en rouleau dans combles perdus - R = 6,2 m <sup>2</sup> K/W	
Plancher	Hourdis béton + 6 cm de polyuréthane - R = 3,07 m <sup>2</sup> K/W	
Menuiseries extérieures	Double vitrage argon PVC - U <sub>w</sub> = 1,4 W/m <sup>2</sup> /K	
Ventilation	VMC Hygroréglable type B	
Perméabilité	1,43 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	0,6 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>

### SYSTÈMES

Générateur	Maison
Chaudière condensation mixte avec ballon	Gaz, Fioul
Micro cogénération ECS accumulée <sup>1</sup>	Gaz
PAC Hybride ECS accumulée <sup>1</sup>	Gaz, Fioul
Chauffe-eau solaire individuel (CESI)	Gaz, Fioul
Chauffe-eau thermodynamique (CET) <sup>1</sup>	Gaz, Fioul
Panneaux photovoltaïques (17 m <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	Gaz, Électrique
PAC air/eau double service	Électrique

1. Nouveaux systèmes modélisés depuis l'étude « Rénovation énergétique des maisons individuelles - Édition 2010 », Énergies et Avenir



# 1

## La rénovation énergétique par bouquets de travaux

- 12 → Le bouquet gagnant : changement du système de chauffage et isolation de la toiture
- 13 → Première action à lancer : moderniser le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire
- 14 → Les bouquets de travaux

## LE BOUQUET GAGNANT : CHANGEMENT DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE ET ISOLATION DE LA TOITURE

Quelle que soit la zone climatique, la modernisation du système de chauffage permet d'atteindre des gains énergétiques importants – de l'ordre de 50% – avec un retour sur investissement d'environ trois ans.

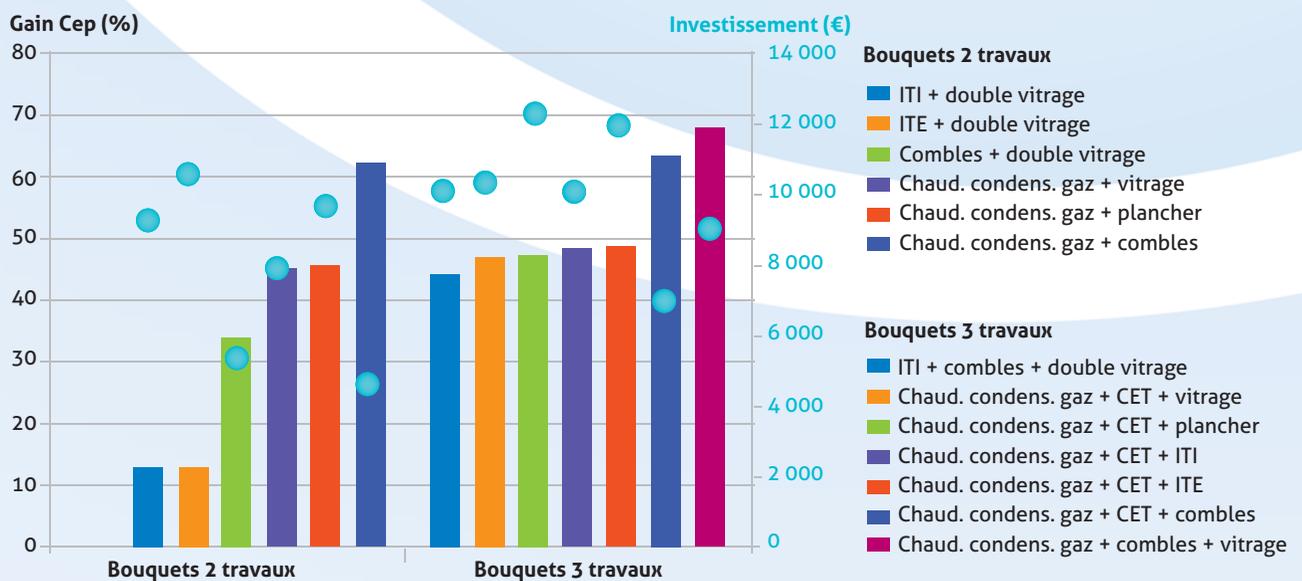
Le classement général des bouquets de travaux montre que les solutions de rénovation comprenant l'isolation de la toiture et la modernisation du système de chauffage sont les plus performantes et les plus rentables. Ce bouquet de travaux permet notamment d'obtenir un gain de plus de 60% sur la performance énergétique pour un investissement inférieur à 5000€HT.

Selon la zone climatique, l'investissement s'amortit entre trois et cinq ans et peut être financé en totalité par l'éco-PTZ.

### L'éco-PTZ finance la totalité des travaux

Avec un financement de la rénovation énergétique à hauteur de 30 000 €, l'éco-prêt à taux zéro permet de financer pratiquement la totalité des travaux menant au niveau HPE. L'étude démontre également que l'éco-PTZ permet de couvrir l'ensemble des coûts de rénovation énergétique des bouquets de deux et trois travaux.

### Maison individuelle gaz – Principaux bouquets de travaux



## PREMIÈRE ACTION À LANCER : MODERNISER LE SYSTÈME DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

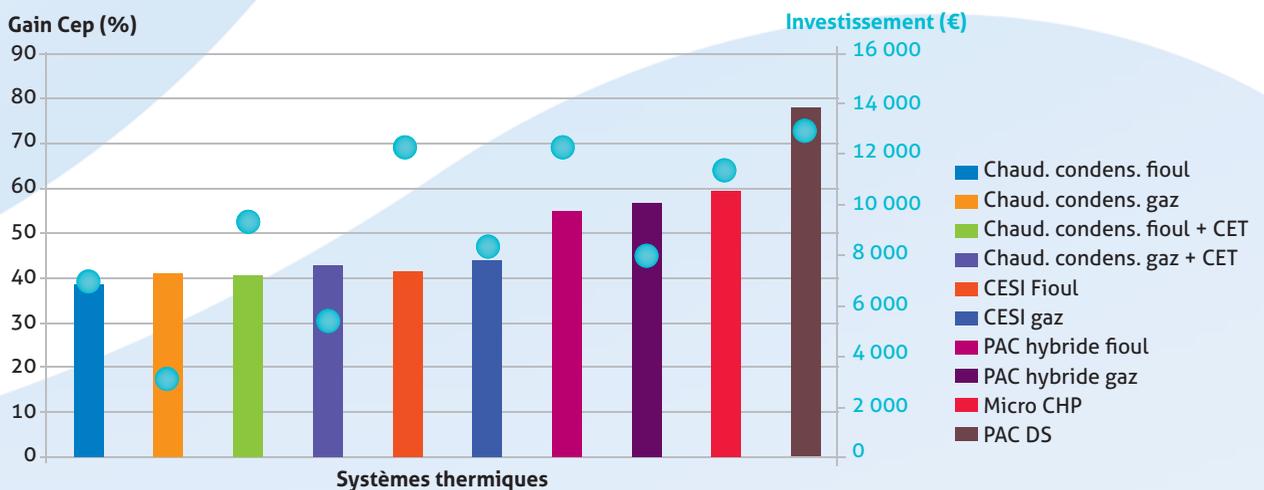
Les gains en énergie primaire liés à la modernisation du système de chauffage et d'eau chaude sanitaire sont élevés – de l'ordre de 40% – et sont globalement similaires pour les trois générateurs qu'ils soient alimentés en gaz ou en fioul :

- chaudière à condensation,
- chaudière à condensation avec un chauffe-eau thermodynamique (CET),
- chaudière gaz à condensation avec un chauffe-eau solaire (CESI).

Concernant le recours à une source d'énergie renouvelable, le couplage d'un générateur et d'un chauffe-eau thermodynamique ou d'un chauffe-eau solaire permet d'atteindre des performances du même niveau qu'un générateur seul couplé à une isolation, avec un investissement du même ordre de grandeur.

La PAC hybride et la micro cogénération maximisent quant à elles le gain énergétique et permettent d'atteindre des réductions de consommation d'énergie primaire (Cep) 15% plus importantes que les autres générateurs.

Gain Cep apporté par la modernisation du système de chauffage et d'ECS



## LES BOUQUETS DE TRAVAUX

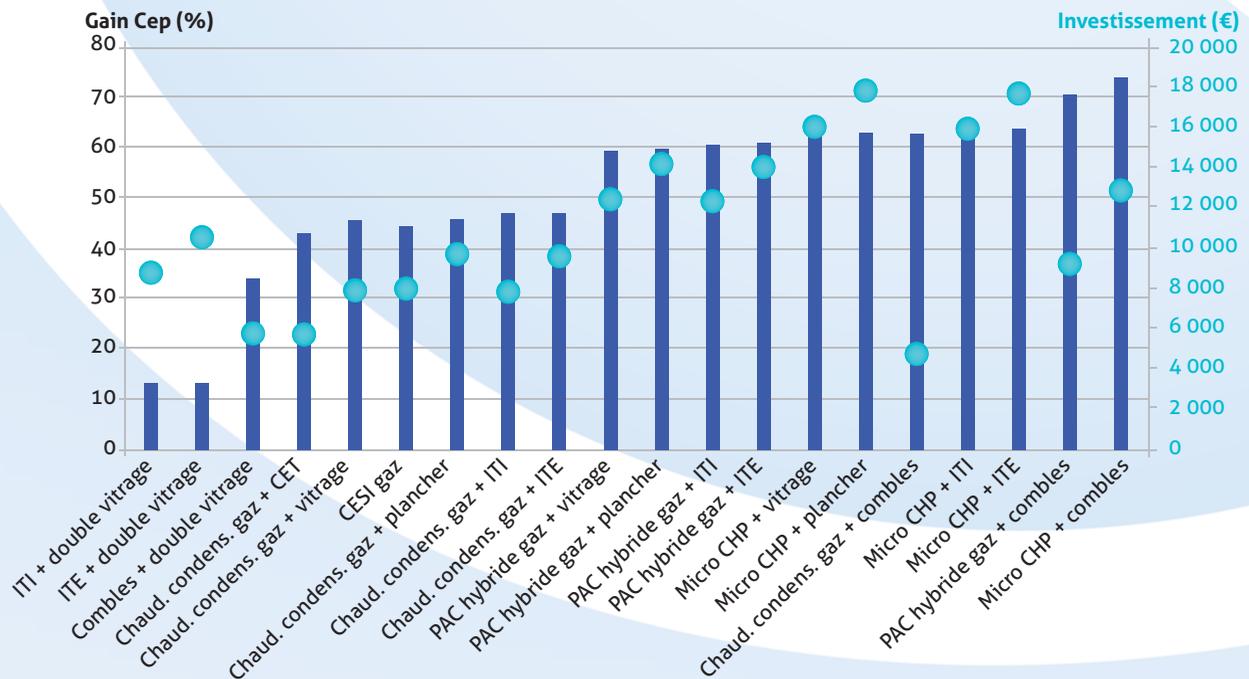
Différentes typologies de bouquets de deux et de trois travaux ont été analysées. Ces derniers combinent isolation, remplacement du générateur et, le cas échéant, une source d'énergie renouvelable. Les indicateurs utilisés sont les suivants : l'investissement nécessaire (€ HT) / les économies d'énergie réalisées (Cep en %) / ainsi que le temps de retour sur investissement (années).

### A. Rénovation par bouquets de deux travaux

#### Maisons chauffées au gaz et au fioul

Les bouquets de deux travaux permettent de manière générale, d'atteindre des gains énergétiques élevés - entre 40 et 70% - pour des niveaux d'investissement s'échelonnant entre 4900 et 18000 € et des temps de retour sur investissement de trois à seize ans.

#### Maison individuelle chauffée au gaz – Bouquets de deux travaux

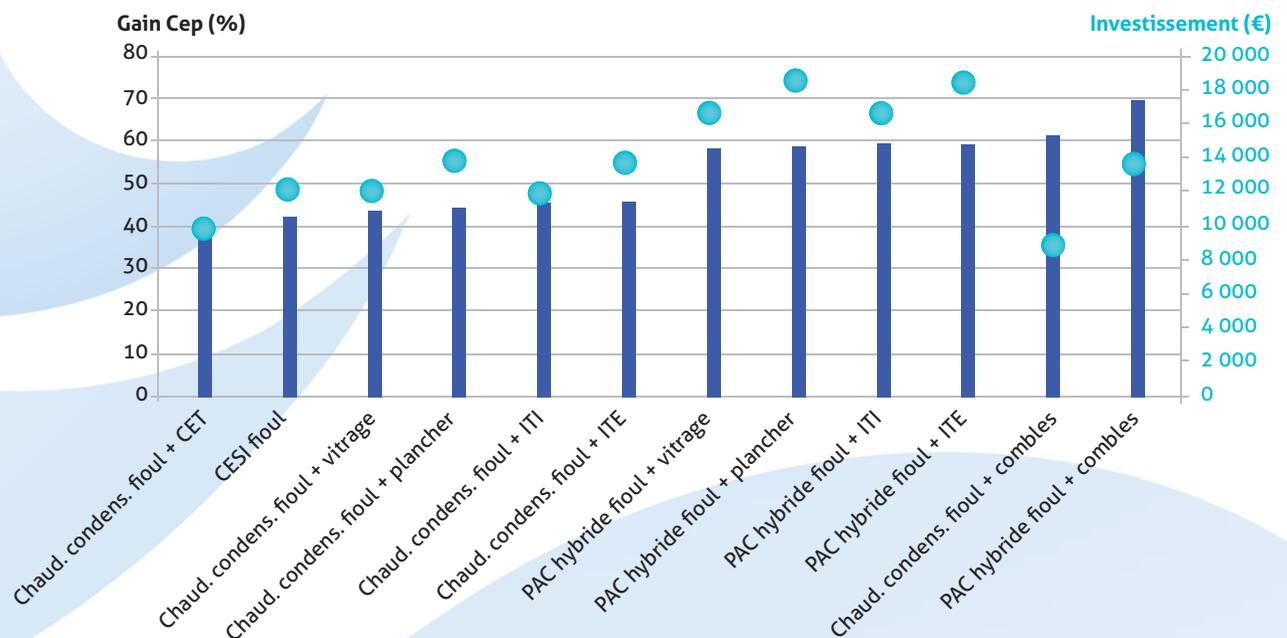


Parmi les solutions avec un générateur, les meilleures performances sont globalement atteintes avec des PAC hybrides et la micro cogénération. Lors du couplage d'un générateur avec une isolation, il faut privilégier l'isolation des combles qui permet le meilleur ratio entre gain de performance énergétique et investissement. Le couplage d'un générateur et d'une énergie

renouvelable (chauffe-eau thermodynamique ou chauffe-eau solaire) permet quant à lui d'atteindre des performances du même niveau qu'un générateur seul et une isolation avec un investissement du même ordre de grandeur.

Un investissement entre 5 000 € et 15 000 € est nécessaire pour atteindre des gains énergétiques de l'ordre de 60%.

### Maison individuelle chauffée au fioul – Bouquets de deux travaux

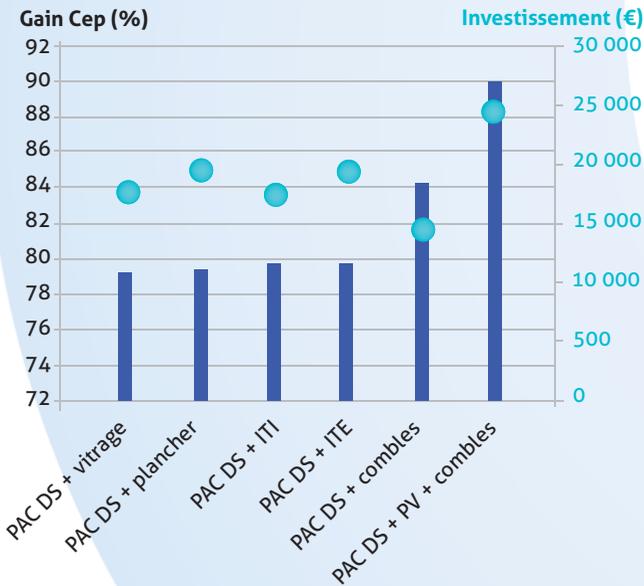


Les meilleures performances (réduction du Cep de 40% et au-delà) sont atteintes avec des bouquets de travaux comprenant au moins le changement de générateur. Pour la maison chauffée au fioul, l'isolation des combles couplée à l'installation d'une chaudière à condensation ou une PAC hybride permet de maximiser les gains énergétiques.

La solution la plus rentable est l'installation d'une chaudière gaz à condensation et l'isolation des combles, avec un temps de retour sur investissement inférieur à trois ans. En deuxième place, on trouve les bouquets combinant l'isolation des combles et un un appareil à micro cogénération ou une PAC hybride ou encore le couplage entre une chaudière et un CET.

En termes de gains de performance, dans le cas précis de ce pavillon il n'y a pas une grande différence entre l'isolation des murs par l'intérieur (ITI) ou l'extérieur (ITE) lorsque combinée avec différents générateurs. Cependant, une différence importante est retrouvée au niveau de l'investissement et donc sur le temps de retour, favorisant l'isolation des murs par l'intérieur.

Cas des maisons chauffées à l'électricité



Concernant la maison chauffée à l'électricité, les gains énergétiques réalisables sont plus élevés –entre 79 et 85%– mais nécessitent des investissements supérieurs, de l'ordre de 15 000 à 20 000 € du fait de la création d'une boucle à eau chaude. Les temps de retour sur investissement sont néanmoins plus courts et s'échelonnent entre trois et sept ans en fonction des bouquets de travaux retenus.

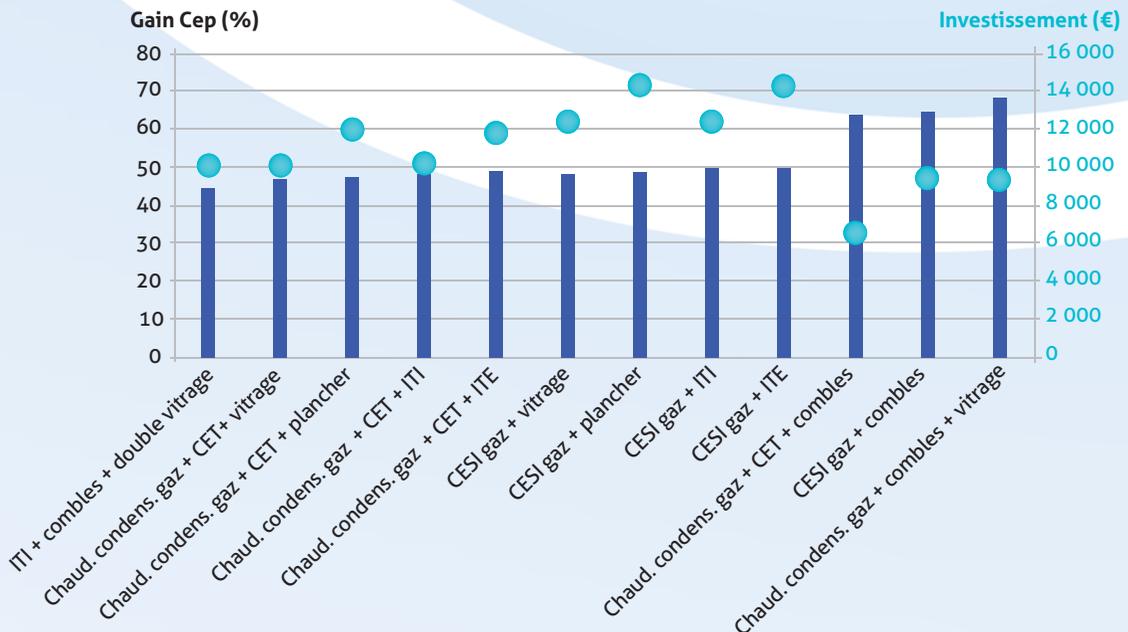
L'installation d'une boucle à eau chaude avec une PAC double service et une isolation de l'enveloppe voit quant à elle sa consommation énergétique diminuer jusqu'à 85%. Les économies générées sur la facture énergétique sont tellement importantes que l'investissement initial (15 000 €) conduit à un temps de retour inférieur à huit ans.

B. Rénovation par bouquets de trois travaux

Maisons chauffées au gaz et au fioul

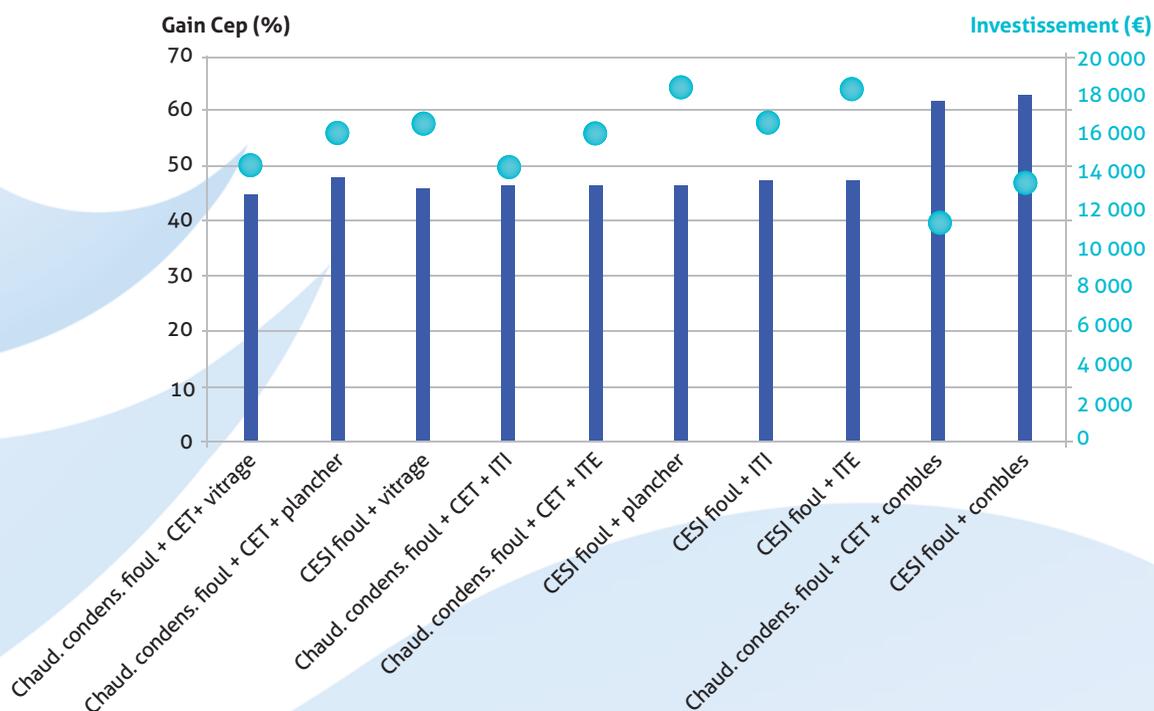
Les bouquets de trois travaux permettent, de manière générale, d'atteindre des gains énergétiques élevés - entre 45 et 70% - pour des niveaux d'investissement s'échelonnant entre 7 000 et 19 000 € et des temps de retour sur investissement entre quatre à 16 ans.

Maison individuelle chauffée au gaz – Bouquets de trois travaux



Dans cette catégorie, trois solutions se démarquent, toutes incluant l'isolation des combles et permettant de réduire d'au moins 60% la consommation énergétique Cep. Deux d'entre elles font appel aux énergies renouvelables : chauffe-eau thermodynamique et chauffe-eau solaire. Ce dernier obtient des meilleures performances que le premier mais en raison d'un investissement plus élevé, le temps de retour est plus important. Le temps de retour sur investissement pour ces trois solutions se situe entre quatre et huit ans en fonction de la zone climatique.

#### Maison individuelle chauffée au fioul – Bouquets de trois travaux



La solution la plus performante réside dans la combinaison d'une chaudière à condensation avec l'isolation des combles et un double vitrage performant.

Pour les maisons chauffées au fioul, il faut privilégier les bouquets combinant un système de production d'eau chaude sanitaire (ECS) utilisant une source d'énergie renouvelable (CESI ou CET) et l'isolation des combles. Les investissements étant plus élevés pour les solutions fioul que les solutions gaz, les temps de retour sont légèrement plus longs, entre cinq et 17 ans.



# 2

## La boucle à eau chaude permet d'atteindre les niveaux HPE et BBC

20 → Rappel : critères de performance des niveaux HPE et BBC

20 → Cas du niveau HPE

22 → Cas du niveau BBC

## RAPPEL : CRITÈRES DE PERFORMANCE DES NIVEAUX HPE ET BBC

Pour réaliser des travaux d'amélioration de la performance énergétique d'une maison individuelle, deux objectifs cibles ont été définis afin de mettre en œuvre des bouquets de solutions combinant un travail sur l'enveloppe et/ou les équipements. Ces cibles sont définies par une consommation maximale d'énergie primaire comme suit :

$C_{EP} \leq 150 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{an}^{-1}$  pour le label HPE, haute performance énergétique ;

$C_{EP} \leq 80 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{an}^{-1}$  pour le label BBC rénovation, bâtiment basse consommation.

◀ Ces valeurs sont modulées selon la zone climatique et l'altitude. ▶

## CAS DU NIVEAU HPE

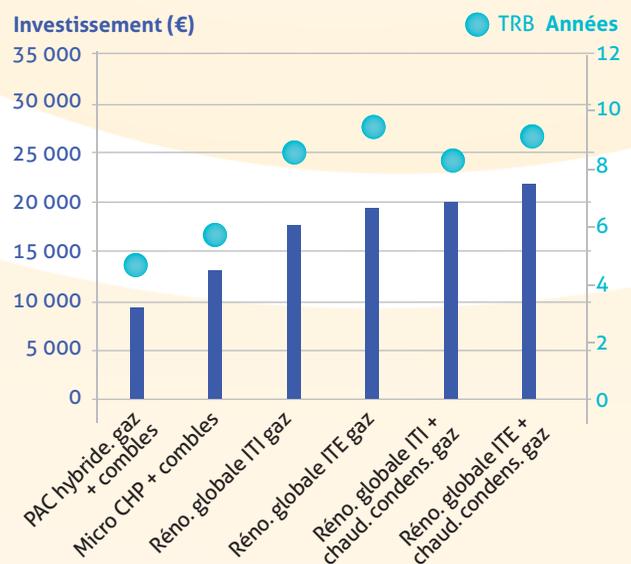
Le niveau HPE est facilement atteint avec des solutions simples, combinant l'isolation des combles et le remplacement de l'ancien générateur par un générateur performant, et ce quelle que soit l'énergie de chauffage de la maison.

Ces bouquets de travaux, combinant isolation des combles et installation d'un générateur performant, constituent pour chaque énergie de chauffage la solution la moins chère. L'investissement est inférieur à 15 000 € et le temps de retour brut<sup>1</sup> sur l'investissement ne dépasse pas six ans.

Les prestations de rénovation globale comprenant une isolation totale par l'intérieur ou par l'extérieur permettent également d'atteindre le niveau HPE mais à des coûts pouvant être jusqu'à deux fois plus élevés que le meilleur bouquet de deux travaux.

### Cas de la maison individuelle chauffée au gaz

Maison individuelle chauffée au gaz -  
Atteinte du niveau HPE

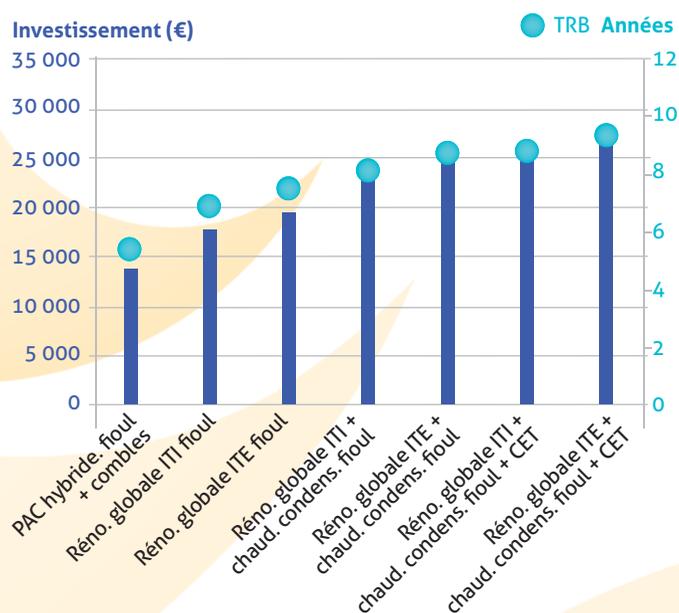


Le niveau HPE est atteint pour les solutions du graphique ci-contre.

1. Le temps de retour sur investissement brut n'inclut pas le coût d'entretien périodique du nouveau générateur de chauffage central à eau.

La solution la plus efficace permettant l'atteinte de ce niveau est constituée par un bouquet combinant isolation des combles et installation d'une PAC hybride pour un montant inférieur ou égal à 9 500 € et un temps de retour brut inférieur à cinq ans. Le bouquet combinant isolation des combles et installation d'une chaudière à micro cogénération se place en seconde position pour un investissement de moins de 13 000 € et un temps de retour sur investissement brut inférieur à six ans.

### Cas de la maison individuelle chauffée au fioul



#### Maison individuelle chauffée au fioul - Atteinte du niveau HPE

Le niveau HPE est atteint pour les solutions du graphique ci-contre.

La solution la plus efficace permettant l'atteinte de ce niveau est constituée par un bouquet combinant isolation des combles et installation d'une PAC hybride, pour un montant inférieur à 14 000 € et un temps de retour brut inférieur à six ans. Les autres solutions pour atteindre le niveau HPE sont la rénovation globale de l'enveloppe ou la rénovation de l'enveloppe combinée avec le remplacement du générateur par une chaudière fioul à condensation.

### Cas de la maison individuelle chauffée à l'électricité



#### Maison individuelle chauffée à l'électricité - Atteinte du niveau HPE

Le niveau HPE est atteint pour les solutions du graphique ci-contre.

La solution la plus efficace permettant l'atteinte de ce niveau est constituée par un bouquet combinant isolation des combles et installation d'une PAC air/eau double service pour un montant inférieur ou égal à 15 000 € et un temps de retour brut inférieur à trois ans. Il est à noter que le coût d'investissement pour la maison chauffée à l'électricité comprend l'installation de la boucle à eau chaude qui n'existait pas à l'état initial.

La boucle à eau chaude permet d'atteindre les niveaux HPE et BBC

## CAS DU NIVEAU BBC

Le niveau BBC rénovation n'est accessible qu'en réalisant une isolation globale par l'intérieur ou par l'extérieur et en remplaçant le générateur de chauffage par un générateur performant pour les maisons individuelles chauffées au gaz ou au fioul.

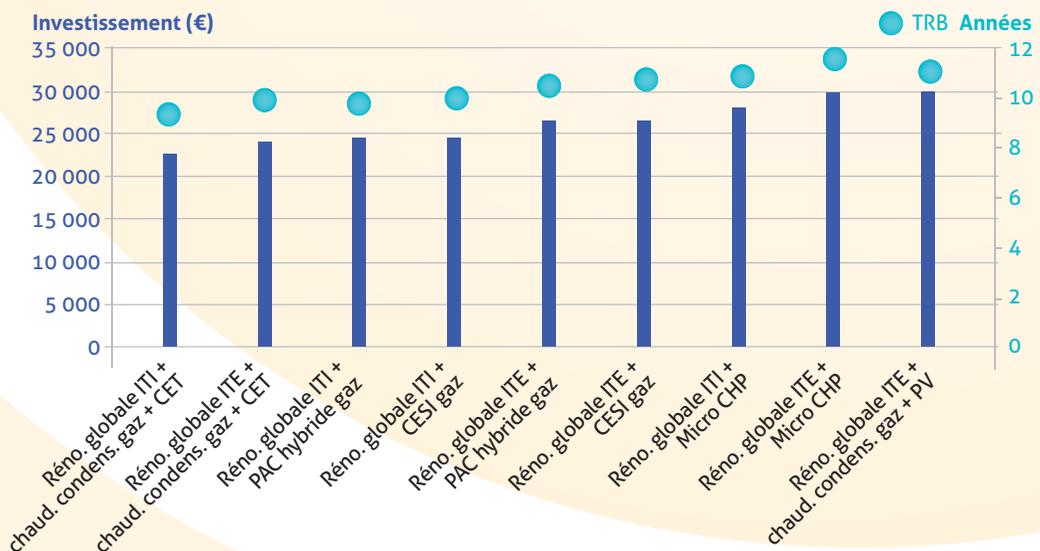
L'investissement associé est inférieur à 30 000 € et le temps de retour brut sur investissement est inférieur à 10 ans.

Ces travaux de rénovation peuvent être financés par un éco-PTZ.

### Cas de la maison individuelle chauffée au gaz

Le niveau BBC est atteint pour les solutions du graphique ci-après :

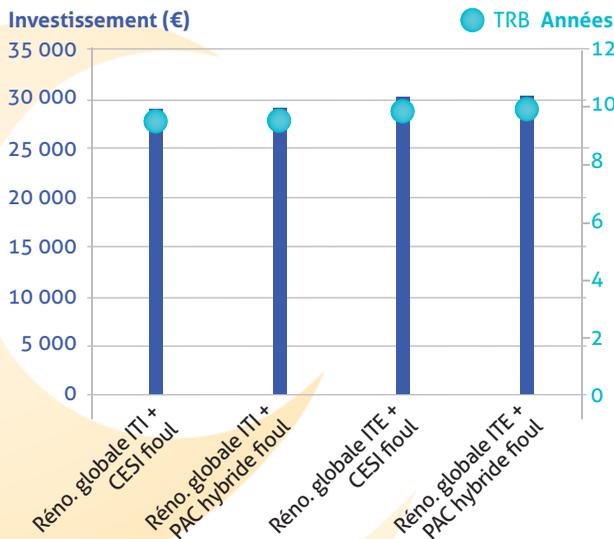
#### Maison individuelle chauffée au gaz - Atteinte du niveau BBC



La solution la plus efficiente permettant l'atteinte de ce niveau combine une isolation globale par l'intérieur, l'installation d'une chaudière à condensation pour le chauffage et d'un chauffe-eau thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire. Le coût des travaux ne dépasse pas 22 500 €, pour un temps de retour brut inférieur à dix ans.

Viennent ensuite en termes d'équipement, l'installation d'une PAC hybride puis l'installation d'un CESI et d'une chaudière à condensation.

## Cas de la maison individuelle chauffée au fioul



### Maison individuelle chauffée au fioul - Atteinte du niveau BBC

Le niveau BBC est atteint pour les solutions du graphique ci-contre.

La solution la plus efficace permettant l'atteinte de ce niveau combine une isolation globale par l'intérieur, l'installation d'une chaudière à condensation pour le chauffage et d'un chauffe-eau solaire individuel pour la production d'eau chaude sanitaire. Le coût des travaux ne dépasse pas 29 000 €, pour un temps de retour sur investissement brut inférieur à dix ans.

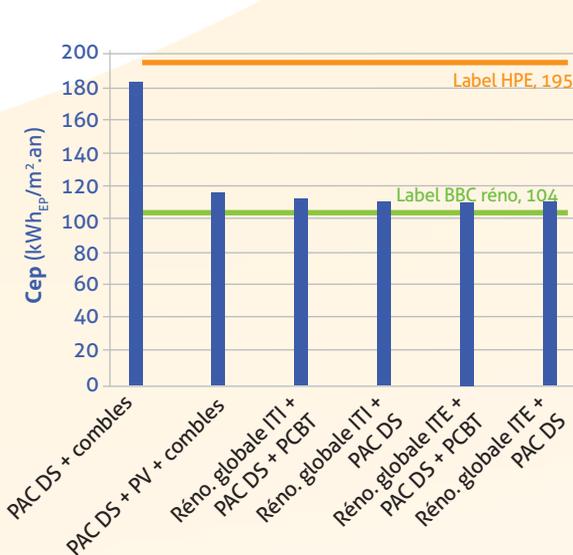
Vient ensuite en termes d'équipement, l'installation d'une PAC hybride.

## Cas de la maison individuelle chauffée à l'électricité

La très faible performance énergétique de la maison chauffée à l'électricité ne permet pas, dans cette étude, d'atteindre le niveau BBC rénovation avec des prestations analogues à celles des maisons individuelles chauffées au gaz et au fioul.

L'écart par rapport à l'objectif est très faible, soit de l'ordre de 5 à 12 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an<sup>-1</sup> pour un investissement d'environ 30 000 €. Le niveau minimum BBC est atteint en ajoutant aux prestations la pose de panneaux photovoltaïques en toiture.

### Maison individuelle chauffée à l'électricité - Atteinte du niveau BBC





# 3

## Les nouvelles technologies de chauffage permettent un saut de performance énergétique

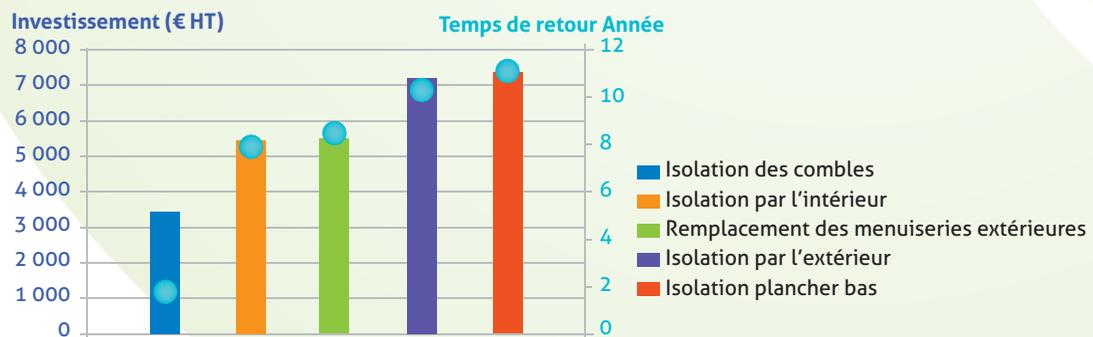
- 26 → Isolation de l'enveloppe : confirmation des pratiques usuelles
- 26 → Production de chauffage et d'eau chaude sanitaire : des technologies innovantes pour un saut de performance énergétique
- 28 → Pour aller plus loin : production locale d'électricité

## ISOLATION DE L'ENVELOPPE : CONFIRMATION DES PRATIQUES USUELLES

Depuis l'étude précédente (2010), les techniques liées à l'isolation de l'enveloppe n'ont pas connu de rupture technologique majeure. Les prestations usuelles de 2010 ont été renforcées, notamment par l'augmentation de l'épaisseur d'isolant, mais aucune pratique nouvelle permettant une forte amélioration de la performance énergétique n'est notable. Les ordres de grandeur des coûts d'investissement liés à l'isolation de l'enveloppe sont conservés : l'isolation des combles reste l'action la moins chère et la plus rentable, suivie par l'isolation des parois verticales par l'intérieur et le remplacement des menuiseries.

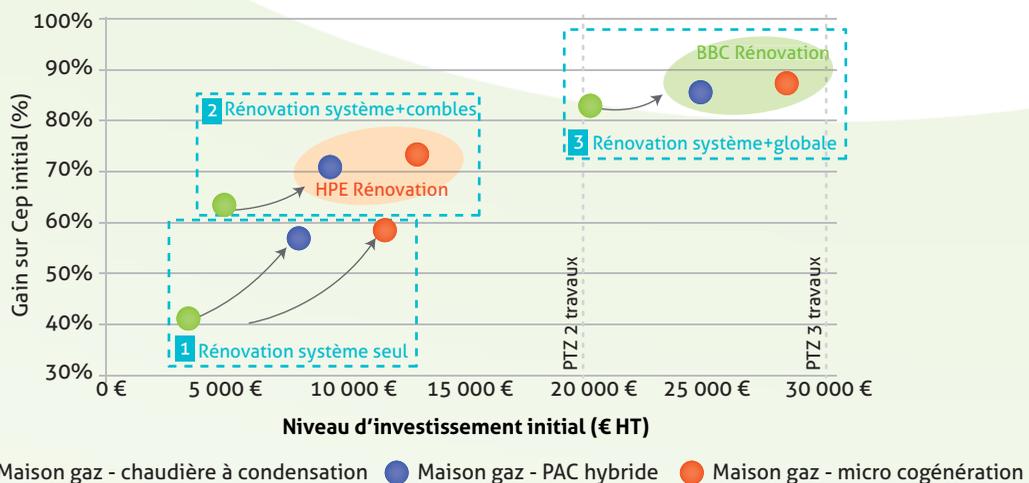
Le temps de retour sur investissement s'allonge dans les zones de climat plus doux, les besoins initiaux étant déjà plus faibles, l'effet de l'isolation est donc moindre pour un budget identique.

Isolation de l'enveloppe - Niveaux d'investissement et temps de retour des travaux (zone H1b)



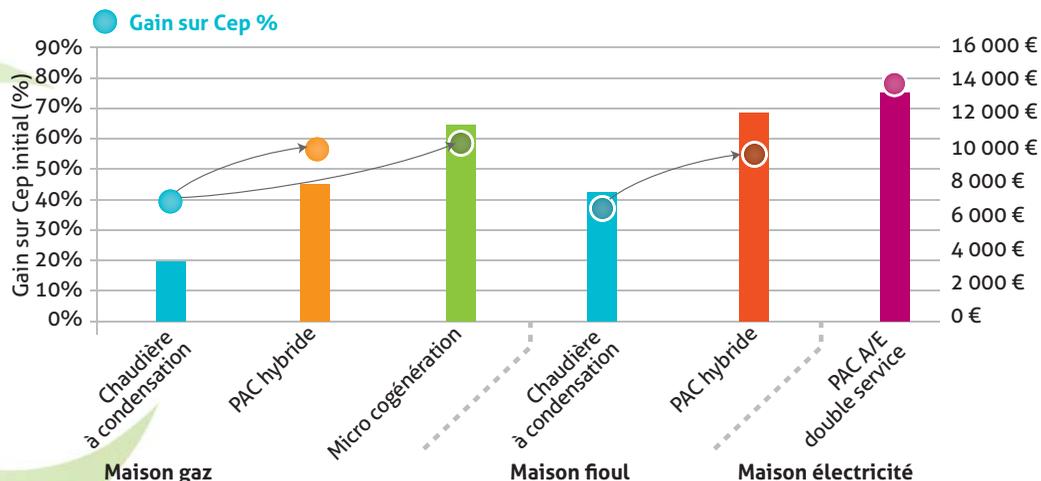
## PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE : DES TECHNOLOGIES INNOVANTES POUR UN SAUT DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Gains de performance énergétique et coût des nouvelles technologies de rénovation par rapport aux solutions de référence. Exemple en maison chauffée au gaz (zone H1b)



## 1 Les systèmes innovants permettent d'atteindre des niveaux de label à moindre coût

### Nouvelles technologies et solutions de référence : gain sur Cep et investissement



L'implantation sur le marché de systèmes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) performants, notamment PAC hybride gaz ou fioul, PAC électrique double service, ainsi que le développement de la micro cogénération Stirling, permettent d'atteindre des niveaux élevés en termes de performance énergétique.

En effet, le changement simple du système existant par l'une de ces technologies génère un gain de plus de 55% sur la consommation en énergie primaire de la maison ( $\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{an}$ ) pour une fourchette d'investissement allant de 11 500 à 13 500 €<sup>2</sup>.

## 2 Rénovation combinant système innovant et isolation des combles

Ces technologies, grâce à leur rendement élevé, permettent d'atteindre le niveau HPE rénovation en étant simplement couplées à l'isolation des combles. Les coûts d'investissement sont en conséquence réduits, allant de 9 000 à 15 000 €HT, pour un temps de retour d'environ deux fois moindre que pour les technologies classiques. L'éco-prêt à taux zéro permet de financer intégralement ces travaux.

## 3 Travaux combinant système innovant et rénovation globale

Dans le cas des maisons chauffées au gaz et au fioul, la PAC hybride (ou la micro cogénération gaz) associée à la rénovation globale de l'enveloppe permet d'atteindre le niveau BBC rénovation.

### CAS PARTICULIER

La maison chauffée à l'électricité utilisée pour les besoins de cette étude présentait un niveau de consommation en énergie primaire particulièrement élevé à l'état initial. L'installation d'une PAC électrique double service et d'une boucle à eau chaude doit donc être associée à la rénovation globale et à la mise en œuvre d'une faible surface de panneaux photovoltaïques pour atteindre le niveau BBC.

2. L'investissement nécessaire pour le remplacement du générateur prend en compte le coût de fourniture et de pose du générateur ainsi que l'installation des robinets thermostatiques sur tous les radiateurs de la maison en plus de la fourniture et pose de la sonde extérieure pour la loi d'eau. Pour le cas de la maison chauffée à l'électricité (PAC double service), le coût de fourniture et d'installation d'une boucle d'eau chaude est également compris dans l'investissement.

## POUR ALLER PLUS LOIN : PRODUCTION LOCALE D'ÉLECTRICITÉ

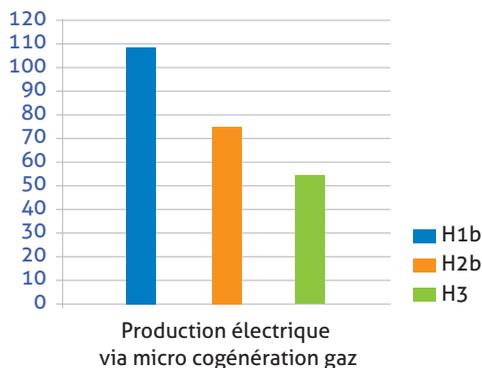
La production électrique à demeure est valorisée dans la réglementation thermique en vigueur. Elle est notamment décomptée de la consommation conventionnelle en énergie primaire du bâtiment. Avoir recours à une micro cogénération ou à des panneaux photovoltaïques permet donc d'améliorer le bilan énergétique d'un projet. Pour le client final c'est également une réduction de sa facture d'électricité puisqu'il peut auto-consommer, voire revendre, l'électricité produite.

### La micro cogénération en maison chauffée au gaz

Cette solution en cours de développement produit simultanément de l'eau chaude pour le chauffage et l'ECS, ainsi que de l'électricité. La quantité d'électricité produite est directement corrélée aux consommations de chauffage et d'ECS de l'habitat. Plus celles-ci sont élevées, plus il y aura de production d'électricité dans la limite de la capacité du système. En conséquence, ce produit fournit de meilleurs résultats en zone climatique froide. Associée à la rénovation globale de l'enveloppe, l'installation d'une micro cogénération permet de réduire jusqu'à 90% la consommation en énergie primaire initiale.

La production électrique du micro cogénération est directement liée aux consommations de chauffage et d'ECS

Production électrique en Energie Primaire (kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an)



Malgré le surinvestissement à consentir pour cette technologie (11 000 € HT), la production d'électricité locale permet d'obtenir un temps de retour particulièrement faible, de l'ordre de six ans en zone H1b.

### Panneaux photovoltaïques

L'ajout de panneaux photovoltaïques en toiture est un moyen de produire localement de l'électricité. Celle-ci peut soit être auto-consommée, soit directement exportée sur le réseau. Particulièrement valorisable en zone H3, la production d'électricité via panneaux photovoltaïques peut être suffisante pour annuler totalement la consommation en énergie primaire d'une maison, au sens de la réglementation thermique.

# 4

## Les propositions d'Énergies et Avenir

- 30 → Permettre une approche globale en donnant une vision à long terme
- 30 → Rééquilibrer la part des systèmes de chauffage dans les bâtiments neufs
- 31 → Mettre en place un Observatoire du CO<sub>2</sub> par énergie et par utilisation

## PERMETTRE UNE APPROCHE GLOBALE EN DONNANT UNE VISION À LONG TERME

L'étude met en évidence que l'éco-PTZ n'est qu'une étape de la rénovation énergétique et que le véritable objectif doit plutôt être celui d'une rénovation complète de la maison qui maximise les économies d'énergie. Pour cela, il est important que les travaux à réaliser à court terme n'obèrent pas ceux qui seront à réaliser à moyen ou long terme.

Ayant pour but de viser le niveau BBC, les professionnels de la rénovation énergétique devront présenter aux propriétaires les bouquets de travaux comme une étape dans la rénovation globale, cohérente et séquencée dans le temps. À cet effet, il sera souhaitable qu'ils leur proposent un calendrier de travaux à partir de bouquets «compatibles BBC», pour leur donner l'assurance d'atteindre ce niveau de performance à terme. Donc, un premier bouquet de travaux réalisé grâce à l'éco-PTZ, suivi de travaux complémentaires qui, à leur tour, pourront bien souvent bénéficier d'autres aides. Ainsi, Énergies et Avenir souhaite une vision à plus long terme des aides publiques et ce, en fonction de la performance des systèmes de chauffage et avec une équité des incitations fiscales entre les systèmes de même performance.

## RÉÉQUILIBRER LA PART DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE DANS LES BÂTIMENTS NEUFS

La part de marché du chauffage électrique dans les logements neufs atteint plus de 70% des permis de construire accordés, dont 60% de chauffage électrique direct. Il en résulte une accentuation des pics de consommation électrique faisant appel aux centrales thermiques, fortement émettrices de CO<sub>2</sub>, et une importation d'électricité carbonée des pays voisins. Ce déséquilibre dans la répartition des systèmes de chauffage risque d'entraîner une augmentation globale des émissions

de CO<sub>2</sub> produites par le secteur du bâtiment. Aujourd'hui, le système de chauffage à boucle à eau chaude est la solution la plus porteuse d'amélioration, comme le montre cette étude, et d'utilisation des énergies renouvelables. Énergies et Avenir propose donc un rééquilibrage des systèmes de chauffage dans la construction neuve, qui permettra non seulement de limiter l'augmentation des consommations d'électricité dans le parc immobilier, mais aussi d'éviter une hausse des émissions de CO<sub>2</sub>.



## METTRE EN PLACE UN OBSERVATOIRE DU CO<sub>2</sub> PAR ÉNERGIE ET PAR UTILISATION

Dans le secteur du bâtiment, le chauffage est un émetteur conséquent de gaz à effet de serre, dont le CO<sub>2</sub>. Au vu du bilan annuel de la consommation énergétique, il est important de réévaluer régulièrement l'émission de CO<sub>2</sub> de chaque système de chauffage et le contenu CO<sub>2</sub> de l'énergie utilisée à cette fin. Issues d'un consensus technique et objectif, ces données établies collégialement par les parties prenantes permettront d'identifier les sources d'amélioration, de valoriser les systèmes vertueux et de bâtir une réglementation au regard des performances des systèmes de chauffage et des capacités à s'adapter aux enjeux de demain.

Par conséquent, Énergies et Avenir propose de mettre en place un Observatoire officiel des émissions de CO<sub>2</sub> et des performances énergétiques, par énergie et par usage (notamment les systèmes de chauffage, les usages spécifiques de l'électricité...) pour assurer le suivi des objectifs de réduction des gaz à effet de serre et orienter les futures réglementations.



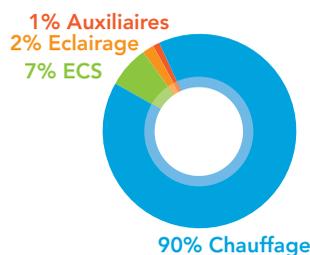
# Annexes

## LE POINT DE DÉPART

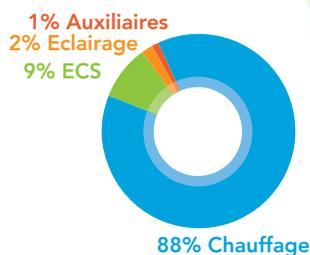
Caractéristiques et état initial des maisons individuelles modélisées dans l'étude :

Postes	État initial		
Murs	Non isolés - U=1,29		
Toiture	Combles perdus non isolés - U=2,9		
Plancher bas	Sur vide sanitaire, cave ou garage, non isolé / U=0,88		
Menuiseries extérieures	Simple vitrage, menuiserie bois - Uw=4,95		
Porte	Portes opaques pleines en bois non isolées - U=3,3		
Ventilation	Ventilation naturelle par défaut d'étanchéité		
Perméabilité	1,7 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>		
Chauffage	électrique (convecteurs)	gaz naturel (chaudière standard)	fioul domestique (chaudière standard)
Cep (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an, H1b)	1168	621	629
Régulation	Pas de régulation		

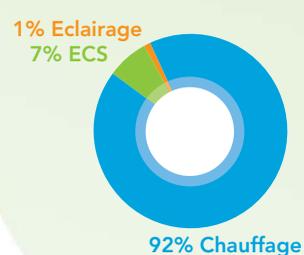
Répartition des besoins énergétiques de la maison chauffée au gaz (H1b)



Répartition des besoins énergétiques de la maison chauffée au fioul (H1b)



Répartition des besoins énergétiques de la maison chauffée à l'électricité (H1b)



Le chauffage représente le poste de consommation le plus important, notamment dans la maison chauffée à l'électricité. Cela signifie que toute action permettant de réduire la consommation de chauffage sera d'autant plus efficace dans cette maison.

Ces proportions sont différentes pour les trois zones climatiques étudiées : le besoin de chauffage tient une part plus faible en zone H3.

## MÉTHODE D'ÉVALUATION DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Le temps de retour brut sur investissement (TRB) a été calculé pour chaque cas en référence à la maison individuelle initiale pour l'énergie considérée (gaz, fioul ou électricité). Ce TRB tient compte de l'investissement nécessaire et de la réduction de la facture énergétique :

$$\text{TRB} = \frac{\text{Investissement}}{\text{Coût exploitation logement rénové} - \text{Coût exploitation initial}}$$

Avec

$$\text{Coût exploitation} = S_{\text{SHON}} * \sum \text{Cep}_i * \text{Coût du kWh}_i + \sum \text{abonnement}$$

$S_{\text{SHON}}$  : Surface Hors Œuvre Nette

$\text{Cep}_i$  : Consommation en énergie primaire par énergie

Abonnement : coût de l'abonnement par énergie

Ce calcul, très simple et dont l'objectif n'est pas une analyse financière détaillée, permet de comparer rapidement en termes économiques l'impact de l'augmentation des performances énergétiques obtenues. Ainsi, ne sont pas pris en compte :

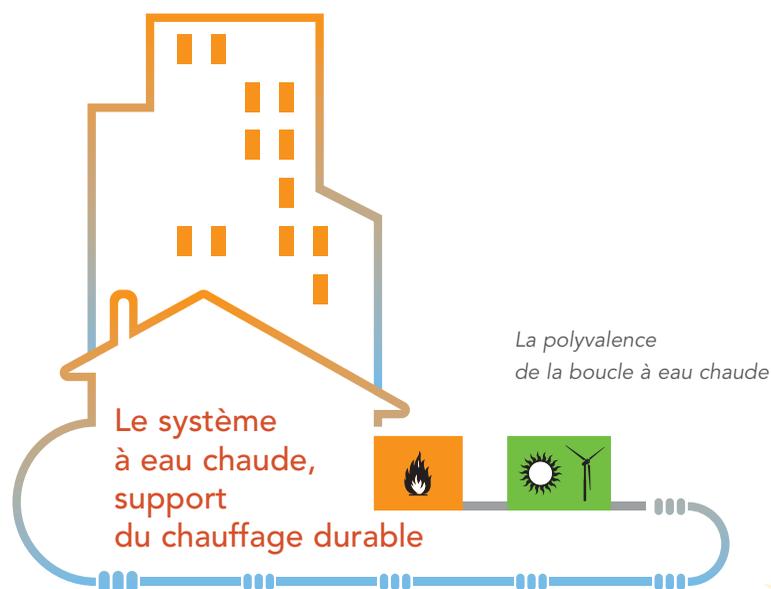
- L'inflation
- L'effet rebond : une technologie plus efficace peut engendrer des consommations plus importantes pour assurer un confort plus élevé
- Les coûts de maintenance : à prendre en compte pour une approche plus fine
- Les éventuels dysfonctionnements, les dégâts liés à un dysfonctionnement ou le remplacement de pièces

# La polyvalence du système de chauffage à eau chaude

Le système de chauffage à eau chaude est un véritable vecteur de développement des énergies renouvelables (bois, biogaz, géothermie, solaire thermique, biocombustibles). En tant que système évolutif, il permet d'intégrer des solutions performantes au fur et à mesure et d'améliorer la performance énergétique.

La boucle à eau chaude est un système performant permettant des réductions d'émissions de CO<sub>2</sub> directement proportionnelles aux économies d'énergie. L'intégration d'un capteur solaire dans le système de la boucle à eau chaude permet d'obtenir 30% d'économie de CO<sub>2</sub>, alors que l'utilisation d'une pompe à chaleur réduit de 50% les émissions de CO<sub>2</sub>.

Les réseaux de chauffage urbain à eau chaude constituent également un excellent vecteur pour les énergies renouvelables. Ils utilisent déjà plus de 20% d'énergies renouvelables pour chauffer 3 millions d'équivalents habitants et génèrent plus de 32% de la chaleur distribuée à partir de la cogénération.



## Les matériels innovants économes

	Gain CO <sub>2</sub> /énergie
Basse température 	25 à 30%
Condensation 	30 à 40%
Pompe à chaleur 	> à 50%
Cogénération 	35 à 40%

## Les énergies renouvelables

Géothermie 
Aérothermie 
Solaire 
Bois - Biomasse 
Agrocombustibles 
Biocombustibles 

## et demain...

Micro cogénération  
Pile à combustible  
Hydrogène

## ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS POUR UN CHAUFFAGE DURABLE

L'association Énergies et Avenir regroupe l'ensemble des professions de la filière du chauffage à eau chaude. Elle réunit les fournisseurs d'énergies, les organisations professionnelles du bâtiment, de l'exploitation maintenance et entretien, ainsi que les fabricants et distributeurs d'équipements.

La mission de l'association est de proposer avec les acteurs concernés des solutions permettant de relever les défis énergétiques et environnementaux qui s'annoncent. Il s'agit aussi, avec tous les acteurs du monde de l'énergie et du logement, de concourir à leur mise en œuvre et à leur suivi.

Énergies et Avenir est reconnue pour sa grande expertise technique dans le domaine de la thermique des bâtiments et comme un interlocuteur de référence de l'administration.

La filière chauffage à eau chaude représente aujourd'hui un chiffre d'affaires de 90 milliards d'euros et emploie 300 000 personnes en France. Il s'agit d'un gisement d'emplois de proximité et non délocalisables.

### LES MEMBRES D'ÉNERGIES ET AVENIR

<b>ACR</b>	Syndicat des Automatismes du génie Climatique et de la Régulation
<b>AFG</b>	Association Française du Gaz
<b>CAPEB</b>	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
<b>CFBP</b>	Comité Français du Butane et du Propane
<b>Fedene</b>	Fédération des services Energie Environnement
<b>FNAS</b>	Fédération nationale des Négociants en Appareils Sanitaires, chauffage, climatisation et canalisation
<b>Profluid</b>	Association Française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie
<b>UECF-FFB</b>	Union des Entreprises de génie Climatique et Énergétique de France
<b>UNCP-FFB</b>	Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture et de Plomberie
<b>UNICLIMA</b>	Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques

# Glossaire

BBC	bâtiment basse consommation
Cep	consommation d'énergie primaire
CESI	chauffe-eau solaire individuel
CET	chauffe-eau thermodynamique
Chaudière CD	chaudière à condensation
Comb	combustible
CESI	chauffe-eau solaire individuel
ECS	eau chaude sanitaire
Elec	électrique
HPE	haute performance énergétique
ITE	isolation thermique par l'extérieur
ITI	isolation thermique par l'intérieur
kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup>	unité de mesure de la consommation d'énergie primaire par unité de surface (SHON) et par an
LDV	laine de verre
MI	maison individuelle
mCHP	micro cogénération
PAC	pompe à chaleur
PAC DS	pompe à Chaleur Double Service
PAC hybride	générateur combinant une PAC et une chaudière
PCBT	plancher chauffant basse température
PTZ	prêt à taux zéro
Uw	coefficient de transmission thermique de la fenêtre
R (m <sup>2</sup> K/W)	résistance thermique
RDC	rez-de-chaussée
SHON	surface hors œuvre nette
RGE	reconnu garant de l'environnement
TRB	temps de retour brut
VMC	ventilation mécanique contrôlée



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS  
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

Énergies et Avenir

8 terrasse Bellini

92807 Puteaux cedex

E-mail : [contact@energies-avenir.org](mailto:contact@energies-avenir.org)

[www.energies-avenir.fr](http://www.energies-avenir.fr)

