

# Rénovation thermique d'une maison individuelle

## Construction antérieure à 1948 chauffée au fioul



Cas représentatif situé à Chirac en Lozère en zone climatique de l'arrière-pays méditerranéen (zone H2d)

Cette fiche a pour objectif de présenter des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle répondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats qui y figurent sont propres à un cas d'étude représentatif. Tous les chiffres de consommations et les factures énergétiques sont établis sur la base d'estimations et ne peuvent donc pas être directement transposés à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison en milieu rurale, isolée ou en centre de village, conçue comme lieu de vie familiale, sur parcelle privative dans un bourg comportant un monument historique type église. Elle est constituée de matériaux traditionnels tels que la pierre de tailles, les murs sont fourrés (mélange pierres-liant) et les planchers sont en bois sur solive.

Ce type de bâtiment possède des volumes complexes avec décrochements, balcons et comportent jusqu'à 2 niveaux avec combles aménageables sous charpente traditionnelle. La maison repose sur des volumes non chauffés type garage, cave, chaufferie, ...

#### Le bâti

- **Les murs** épais d'environ 60 cm sont assemblés de manière traditionnelle, fourrés d'un mélange de pierres, de mortier de chaux, de sable ou de terre à double parement ;
- **Le plancher bas** est en béton et **les planchers intermédiaires** sont en bois reposant sur des solives ;
- **Le plancher haut** : combles aménageables peu ou pas isolés en rampant ;
- **Les menuiseries** sont en simples vitrages par endroit et doubles vitrages ailleurs. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

#### Les équipements

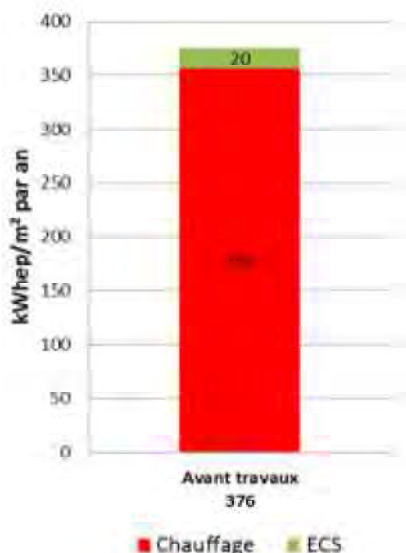
- **Le chauffage**: à l'origine chauffée au bois (cheminées foyer ouvert ou poêle dans les pièces communes), ces maisons ont évolué vers un chauffage central souvent au fioul ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par la chaudière ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs défauts d'étanchéité.

#### La facture énergétique (fioul + électricité)

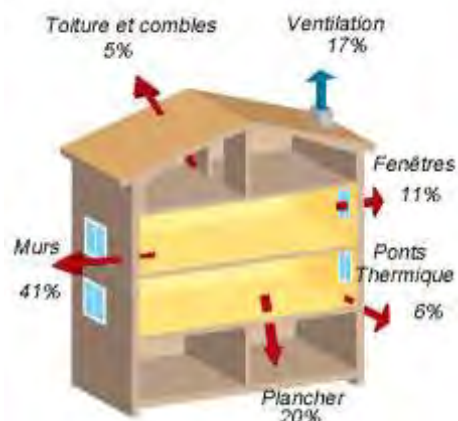
Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **33€/an par m<sup>2</sup> habitable** (abonnement compris).



#### Part des consommations estimées avant travaux



#### Dépense avant travaux pour le logement étudié



### Le diagnostic

#### Confort d'hiver :

La maison peut être difficile à chauffer du fait de la forte inertie des murs. De plus, le phénomène de parois froides associé à la hauteur importante sous plafond oblige l'occupant à solliciter davantage le chauffage. Pour réduire sa consommation, l'occupant chauffe seulement les pièces les plus utilisées.

#### Confort d'été :

La forte inertie des murs ainsi que les protections solaires (volets, végétation) permettent de maintenir une température intérieure confortable.

#### Points forts

- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Orientation favorable en général (pas de contrainte de mitoyenneté)
- Compacité
- Confort thermique d'été

#### Points faibles

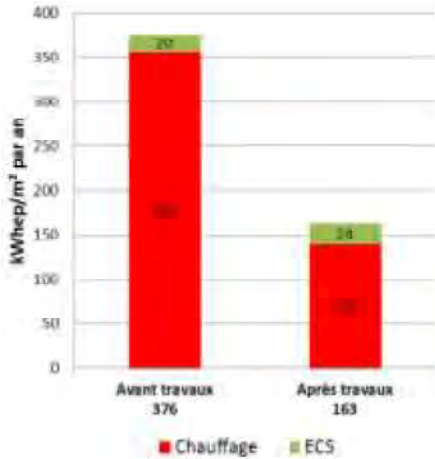
- Isolation thermique
- Éclairage
- Humidité de condensation sur les murs et plafonds

## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 180m<sup>2</sup> habitable mais pas les travaux induits, elles sont issues de l'Économie de la construction du Cerema-DterNP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

### Scénario1 : Traitement de l'enveloppe et installation d'une Pompe à chaleur

#### Scénario 1 : estimation de l'évolution de la part des consommations

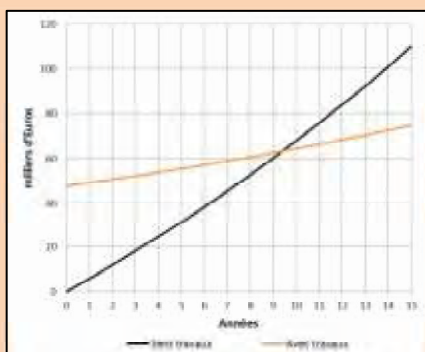


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 50 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 25€/m<sup>2</sup>.an**.

#### Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % / an

Retour sur investissement estimé : **9-10 ans.**



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût calculé}}{830 \times SHAB}\right)$$

Equation1 : temps de retour suivant coût réel calculé

#### Plancher haut sous combles

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS ou polyuréthane PUR).

**Travaux induit :** Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût :** 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

**Variante :** Réfection des rampants du logement sous comble. Résistance thermique minimum préconisée :  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre) et la mise en place d'un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier. Compter entre 70 et 110 € HT/m<sup>2</sup> de surface isolée.

• **Avantage :** facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été

• **Coût propriétaire:** 3 800€ TTC

#### Plancher bas sur cave

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flochage isolant. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Travaux induit:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 45 à 70 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

• **Avantage :** travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 5 000€ TTC

#### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance  $U_{w} \leq 1,3 \text{ W/m}^2$ .**

**Travaux induits :** Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût :** 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure.

• **Avantage :** amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire:** 10 100€ TTC.

#### Chauffage individuel et production d'ECS

Installer une pompe à chaleur (PAC) géothermie à capteurs enterrés horizontale, verticale ou sur nappe.

**Travaux induit :** purge et équilibrage du réseau de distribution, le cas échéant changement des émetteurs (ils doivent être de taille suffisante pour être compatibles). travaux de forage ou de terrassement.

**Coût :** •160€ TTC/m<sup>2</sup> chauffé (PAC avec capteurs verticaux ou sur nappe;

•ou, si terrain le permet 110€ TTC/m<sup>2</sup> chauffé (PAC avec capteurs horizontaux)

**Variante :** Installer une pompe à chaleur air-air type multi-split, uniquement dans les pièces de vie principales en appoint de la chaudière existante. Ces travaux induisent l'ajout de robinets thermostatiques dans les pièces comportant les aérothermes. Compter 75€TTC/m<sup>2</sup> chauffé et 80€TTC/robinet thermostatique. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage :** garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie..

• **Coût propriétaire:** 29 000€ TTC

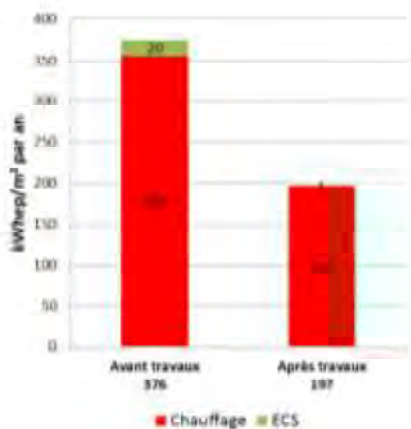
#### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 47 900€ environ soit 266€/an par m<sup>2</sup> habitable
- Nouvelle facture énergétique : 8€/m<sup>2</sup>.an), avant travaux 33€/m<sup>2</sup>.an)

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.

## Scénario2 : Traitement enveloppe et installation d'une génération bois

### Scénario 2 : estimation de l'évolution de la part des consommations

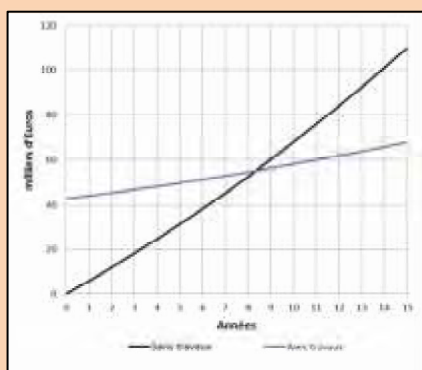


Ces travaux vont permettre une **réduction de 50 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un gain de **26€/m².an**.

### Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % / an

Retour sur investissement estimé : **8-9 ans**.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût calculé}}{850 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation2 : temps de retour suivant coût réel calculé

### Plancher haut sous combles

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS ou polyuréthane PUR).

**Travaux induit** : Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût** : **40 à 50 € TTC/m²** de surface isolée.

**Variante** : Réfection des rampants du logement sous comble. Résistance thermique minimum préconisée :  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre) et la mise en place d'un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier. Compter entre 70 et 110 € HT/m² de surface isolée.

• **Avantage** : facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire** : **3 800€ TTC**

### Plancher bas sur cave

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flocage isolant. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Travaux induit** : Mise en coque des réseaux existants.

**Coût** : **45 à 70 € TTC/m²** de surface isolée.

• **Avantage** : travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire** : **5 000€ TTC**

### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance  $U_{w} \leq 1,3 \text{ W/m}^2$** .

**Travaux induits** : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occlusion.

**Coût** : **600 à 1 200 € TTC/menuiserie** sur mesure.

• **Avantage** : amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire** : **10 100€ TTC**.

### Chauffage individuel et production d'ECS

Remplacer la chaudière au fioul par une chaudière à granulés de bois couplée à des capteurs solaires thermiques (préchauffage solaire en hiver et mi-saison, et production solaire d'ECS en été). Remplacer les robinets standards des émetteurs par des robinets thermostatiques et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y en a pas. Performances préconisées :

- chaudière respectant seuils de la classe 5 de la norme NF EN 303.5;
- capteurs solaires thermiques certifiés CSTBat ou solar Keymark.

**Travaux induit** : calorifugeage des réseaux de distribution, purge et équilibrage du réseau de distribution, travaux d'aménagement pour le stockage des granulés en vrac: 2tonnes minimum.

**Coût** : **•80€ TTC/robinet thermostatique;**

**•400€ TTC/thermostat sans fil;**

**•23 000€ TTC/chaudière bois de 15kW, silo de 2,5tonnes et 3m² de capteur solaire thermiques**

**Variante** : Installer une poêle granulés ou bois dans la pièce de vie principale en appoint de la chaudière existante. Ces travaux induisent l'ajout de robinets thermostatiques dans les pièces en lien avec le poêle. Pour un poêle de 6 kW, compter 2300€TTC pour granulés ou 700€TTC pour buches et 80€TTC/robinet thermostatique. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage** : garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie. gestion autonome

• **Coût propriétaire** : **24 000€ TTC**

### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 42 900€ environ soit **238€/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **7€/m².an**, avant travaux 33€/m².an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.



## Lexique

**m<sup>2</sup>** : surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**Uw**(U window) est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage+ menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**PAC géothermique** : La chaleur est prélevée dans le sol à l'aide d'un capteur horizontal ou vertical, ou dans la nappe à l'aide d'un capteur vertical et est transférée dans le circuit de chauffe.

**PAC air/air** : La chaleur est prélevée dans l'air extérieur à l'aide d'un échangeur extérieur et est transférée dans le circuit de chauffe.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite redimensionner le chauffage central souvent vétuste.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'intérêt patrimonial du bâtiment (style de façade sur rue, enduits et moulures intérieurs) limite les interventions possibles : le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Par contre l'isolation du toit et du plancher doit systématiquement être renforcée, c'est la préconisation ou le retour sur investissement est le plus rapide ;
- Dans un bâtiment d'un intérêt architectural moindre, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs extérieurs. Il serait également possible d'installer des isolants et des enduits intérieurs adaptés, qui ne remettent pas en cause l'équilibre hygrométrique des murs anciens. Dans le cas présent, les isolants, enduits et revêtements étanches sont à proscrire (PSE, enduit mono-couche, peintures, ...)

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : à performance équivalente le scénario 1 ou 2 pourra être retenu, prendre en compte les possibilités du site :
  - si la capacité de stockage du site est suffisante, privilégier le scénario 2 en profitant de la filière locale de bois, installer une génération centrale au bois ;
  - si la capacité de stockage est un frein, privilégier le scénario 1 avec une PAC géothermie. Dans ce cas, le choix d'un captage vertical ou sur nappe peut être arrêté. Mais si le terrain est assez vaste et peu encombré, le choix d'un captage horizontal, moins onéreux et aussi performant peut être préféré (suivant la nature du sol, capteurs horizontaux=1,5 à 3 fois la surface chauffée, la surface doit être libre et dégagée d'arbres) ;
- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires intéressants de l'arrière-pays méditerranéen pour installer une production solaire, l'appoint peut alors être effectué par la chaudière bois ou plus basiquement par une résistance électrique;
- **Ventilation** : installer une VMC simple flux hygro-réglable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air en même temps que le changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieure de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions ;

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera à minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique. Avant travaux, réaliser un audit énergétique, il permettra de :

- déterminer par une réflexion globale, quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par des ouvertures larges.
- **Conserv**er la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage) et des menuiseries, et par la limitation des effets parois froides avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconfort, attention au traitement des menuiseries leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace.

### Améliorer le confort d'été

La température intérieure en été est naturellement maintenue confortable, il n'y a pas d'enjeu sur ce type d'habitation.

Pour aller plus loin, la création de chaleur interne peut être minimisée en utilisant les appareils qui produisent de la chaleur aux heures les plus fraîches.



**Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement**

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



**Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement**

Languedoc Roussillon - 520 allée Henri II de Montmorency - CS 69007  
34 064 MONTPELLIER Cedex 02 - Tél : +33 (0)4 34466386



# Rénovation thermique d'une maison de ville

## Construction antérieure à 1948 chauffée au gaz

Cette fiche a pour objectif de présenter des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle répondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats qui y figurent sont propres à un cas d'étude représentatif. Tous les chiffres de consommations et les factures énergétiques sont établis sur la base d'estimations et ne peuvent donc pas être directement transposés à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison de ville au patrimoine architectural modeste mais fortement valorisé car porteur d'identité. Situé en centre de villes le volume de base est simple mais a souvent évolué par adjonction d'autres volumes (pigeonnier, appentis...) jusqu'à former des ensembles importants parfois avec cours fermées.

La maison est constituée de matériaux traditionnels tels que la pierre de taille, les murs sont fourrés (mélange pierres-liant) et les planchers sont en bois sur solive. Elle est mitoyenne sur 2 côtés, son gabarit est de type R+1 avec combles perdus et le garage constitue souvent une partie du rdc.

#### Le bâti

- **Les murs** épais d'environ 50 cm sont assemblés de manière traditionnelle, fourrés d'un mélange de pierres, de mortier de chaux, de sable ou de terre à double parement ;
- **Le plancher bas** est en béton sur terre-plein et **le plancher intermédiaire** est en bois reposant sur des solives ;
- **Le plancher haut** : combles perdus peu ou pas isolés ;
- **Les menuiseries** sont en simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

#### Les équipements

- **Le chauffage** : à l'origine chauffée au bois (cheminées foyer ouvert), ces maisons ont évolué vers un chauffage central souvent au gaz ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs défauts d'étanchéité.

#### La facture énergétique (gaz + électricité)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **15€/an** par **m<sup>2</sup> habitable** (abonnement compris).

### Le diagnostic

#### Confort d'hiver :

La maison peut être difficile à chauffer du fait de la forte inertie des murs. De plus, le phénomène de parois froides associé à la hauteur importante sous plafond oblige l'occupant à solliciter davantage le chauffage. Pour réduire sa consommation, l'occupant chauffe seulement les pièces les plus utilisées.

#### Confort d'été :

La forte inertie des murs ainsi que les protections solaires (volets, végétation) permettent de maintenir une température intérieure confortable.

#### Points forts

- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Compacité
- Mitoyenneté (limite les déperditions thermiques en hiver)
- Confort thermique d'été

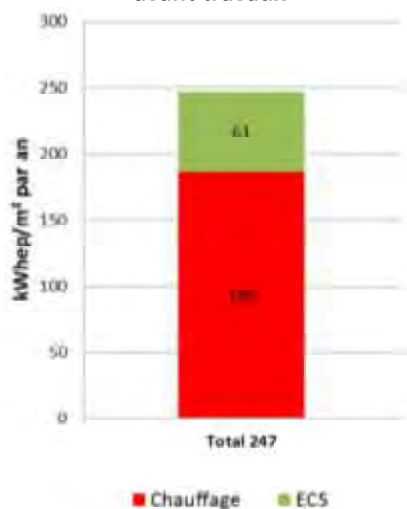
#### Points faibles

- Isolation thermique
- Éclaircement
- Humidité de condensation sur les murs et plafonds

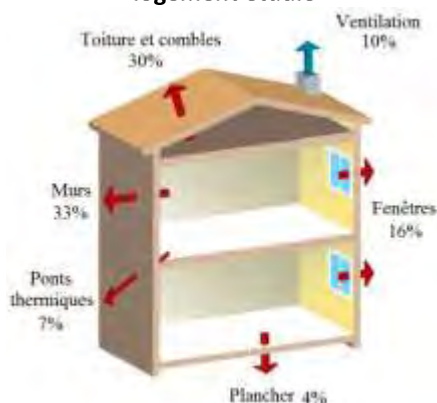


Cas représentatif situé à Chirac en Lozère en zone climatique de l'arrière-pays méditerranéen (zone H2d)

#### Part des consommations estimées avant travaux



#### Déperditions avant travaux pour le logement étudié

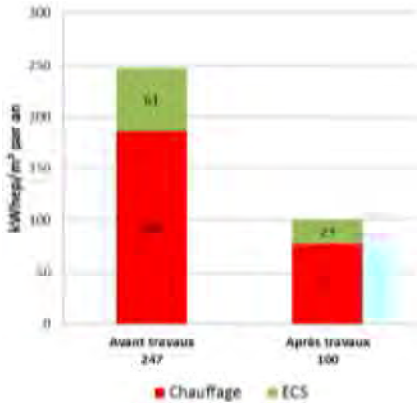


## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 121m<sup>2</sup> habitable mais pas les travaux induits, elles sont issues de l'Économie de la construction du Cerema-DterNP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

### Scénario1: installation d'une chaudière à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

#### Scénario 1 : estimation de l'évolution de la part des consommations

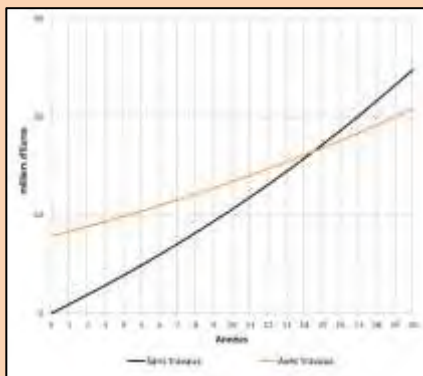


Ces travaux vont permettre une **réduction de 60 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de de 7€/m<sup>2</sup>.an**.

#### Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % par an

Retour sur investissement estimé : **14-15 ans.**



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{230 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

#### Isolation combles perdus

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS ou polyuréthane PUR).

**Travaux induit :** Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût :** 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

**Variante :** Si comble aménageable, effectuer alors une réfection des rampants du logement. Résistance thermique minimum préconisée :  $4 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre) et la mise en place d'un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier. Compter entre 70 et 110 € HT/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage :** Facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire:** 4 400€ TTC

#### Isolation parois sur locaux non chauffés (garage, ...)

Isolation des parois de séparation avec un isolant en rouleau dans le doublage ou par plaquage d'isolant en plaque. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  soit environ 10 cm d'isolant

**Travaux induit:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage :** Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 400€ TTC

#### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance  $U_{w} \leq 1,3 \text{ W}/\text{m}^2$ .**

**Travaux induits :** Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occlusion.

**Coût :** 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure

• **Avantage :** amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire:** 6 000€ TTC.

#### Chauffage individuel et production d'ECS

Remplacer la chaudière standard au gaz par une chaudière à condensation, remplacer les robinets standards des émetteurs par des robinets thermostatiques et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y en a pas.

**Travaux induit :** calorifugeage des réseaux de distribution, purge et équilibrage du réseau de distribution. Raccordement au réseau d'ECS existant.

**Coût :** •80€ TTC/robinet thermostatique;

•400€ TTC/thermostat sans fil;

•4000€ TTC/chaudière condensation murale 25 kW.

• **Avantage :** Garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie. gestion autonome

• **Coût propriétaire:** 5 000€ TTC

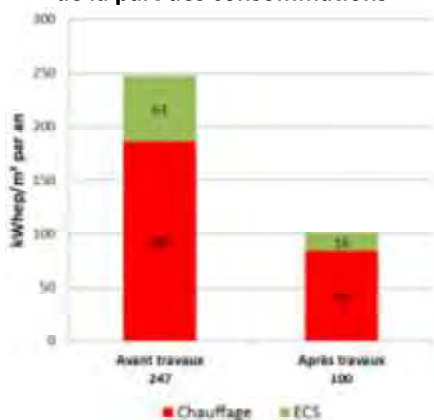
#### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 20 000€ environ soit 165€/an par m<sup>2</sup> habitable
- Nouvelle facture énergétique : 8€/m<sup>2</sup>.an, avant travaux 15€/m<sup>2</sup>.an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.

## Scénario2 : installation d'une chaudière à condensation et d'un chauffe-eau solaire

### Scénario 2 : estimation de l'évolution de la part des consommations

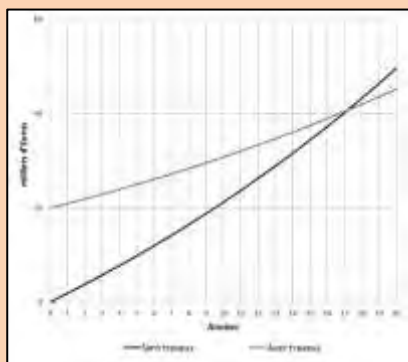


Ces travaux vont permettre une **réduction de 60 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de de 7,3€/m².an**.

### Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % par an.

Retour sur investissement estimé : **17 ans**.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{250 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation 2 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

### Isolation combles perdus

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS ou polyuréthane PUR).

**Travaux induit** : Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût** : 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

**Variante** : Si comble aménageable, effectuer alors une réfection des rampants du logement. Résistance thermique minimum préconisée :  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre) et la mise en place d'un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier. Compter entre 70 et 110 € HT/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage** : Facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire** : 4 400€ TTC

### Isolation parois sur locaux non chauffés (garage, ...)

Isolation des parois de séparation avec un isolant en rouleau dans le doublage ou par plaquage d'isolant en plaque. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  soit environ 10 cm d'isolant

**Travaux induit** : Mise en coque des réseaux existants.

**Coût** : 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage** : Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire** : 400€ TTC

### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance  $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2$** .

**Travaux induits** : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût** : 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure

• **Avantage** : amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire** : 6 000€ TTC.

### Production d'ECS

Installer un chauffe-eau solaire avec minimum **2 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques** certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

**Travaux induit** : adapter l'espace existant (système plus volumineux qu'un chauffe-eau électrique).

**Coût** : 4 500 TTC/chauffe-eau solaire 200l

**Variante** : Installer un chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur, COP minimum préconisé : 2,4. Ces travaux induisent la réalisation d'une arrivée d'air extérieure d'air. Compter environ 2000€ TTC le chauffe-eau thermodynamique de 200l. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage** : Travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire** : 4 500€ TTC

### Chauffage individuel

Remplacer la chaudière standard au gaz par une chaudière à condensation, remplacer les robinets standards des émetteurs par des robinets thermostatiques et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y en a pas.

**Travaux induit** : calorifugeage des réseaux de distribution, purge et équilibrage du réseau de distribution

**Coût** : •80€ TTC/robinet thermostatique;

•400€ TTC/thermostat sans fil;

•3800€ TTC/chaudière condensation murale 20 kW.

• **Avantage** : Dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie. Réutilisation des réseaux existants. Gestion autonome.

• **Coût propriétaire** : 4 500€ TTC

### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 15 800€ environ soit **130€/an par m<sup>2</sup> habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **7,7€/m<sup>2</sup>.an**, avant travaux 15€/m<sup>2</sup>.an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.



## Lexique

**m<sup>2</sup>** : surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**Uw** (U window) est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage+ menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**Coût net** : coût propriétaire après déduction des aides publiques.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite redimensionner le chauffage central souvent vétuste.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'intérêt patrimonial du bâtiment (style de façade sur rue, enduits et moulures intérieurs) limite les interventions possibles : le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Par contre l'isolation du toit et du plancher doit systématiquement être renforcée, c'est la préconisation où le retour sur investissement est le plus rapide ;
- Dans un bâtiment d'un intérêt architectural moindre, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs extérieurs. Il serait également possible d'installer des isolants et des enduits intérieurs adaptés, qui ne remettent pas en cause l'équilibre hygrométrique des murs anciens. Dans le cas présent, les isolants, enduits et revêtements étanches sont à proscrire (PSE, enduit mono-couche, peintures, ...)

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : Le scénario 1 ou 2 propose le même mode de chauffage. Il convient d'ajuster la stratégie de rénovation en fonction du mode de production réel :
  - Si la chaudière déjà installée fonctionne bien, concentrer la rénovation sur la distribution et l'émission en veillant au calorifugeage des réseaux et en installant des robinets thermostatiques sur les émetteurs où le retour sur investissement est immédiat. Le remplacement de la chaudière est prématuré ;
- **Production d'ECS** :
  - Privilégier le scénario1 : si la chaudière est en fin de vie. Le retour sur investissement d'une production mixte (chauffage+ECS) sera plus rapide pour un gain énergétique équivalant au scénario2 ;
  - Privilégier le scénario2 : si l'habitation possède une chaudière qui fonctionne bien. Maintenir la chaudière existante et profiter des apports solaires intéressants de la zone méditerranéenne pour installer une production solaire.
- **Ventilation** : installer une VMC simple flux hygro-réglable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air en même temps que le changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieure de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions.

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera à minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique. Avant travaux, réaliser un audit énergétique, il permettra de :

- déterminer par une réflexion globale, quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par des ouvertures larges.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage) et des menuiseries, et par la limitation des effets parois froides avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconforts, attention pour le traitement des menuiseries leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace.

### Améliorer le confort d'été

La température intérieure en été est naturellement maintenue confortable, il n'y a pas d'enjeu sur ce type d'habitation.

Pour aller plus loin :

- Comme la hauteur sous plafond est importante pour ce type d'habitation, il est possible de limiter la perception de chaleur avec la pose de brasseurs d'air au plafond des pièces sensibles ;
- Utiliser les appareils qui produisent de la chaleur aux heures les plus fraîches.



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76

Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Languedoc Roussillon - 520 allée Henri II de Montmorency - CS 69007  
34 064 MONTPELLIER Cedex 02 - Tél : +33 (0)4 34466386

# Rénovation thermique d'une maison individuelle

## Construction postérieure à 1975 chauffage électrique



Cas représentatif situé à Carcassonne dans l'Aude en zone climatique méditerranéenne (zone H3)

Cette fiche a pour objectif de présenter des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle répondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats qui y figurent sont propres à un cas d'étude représentatif. Tous les chiffres de consommations et les factures énergétiques sont établis sur la base d'estimations et ne peuvent donc pas être directement transposés à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison individuelle en périphérie des centres de villes et villages ou en campagne (mitage), type développé par des constructeurs «industriels». Généralement isolée sur une parcelle, la recherche de l'orientation sud n'est pas évidente, l'implantation des maisons est faite en fonction de la forme des parcelles mises à disposition par les lotisseurs.

Habitation sans valeur patrimoniale ni d'intérêt architectural particulier. Elle est constituée de matériaux de l'industrialisation de la construction (parpaing, béton, ...). La maison est de plain-pied ou repose sur des volumes non chauffés type garage, cave, ...

#### Le bâti

- **Les murs** sont constitués de parpaing en béton de 20 cm isolé par l'intérieur avec 7 cm de polystyrène collé;
- **Le plancher bas** est de type entrevous poutrelles en béton isolé par 5 cm de polystyrène sous chape ;
- **Le plancher haut** : combles perdus, isolation en mauvais état ;
- **Les menuiseries** sont généralement en double vitrage PVC type 4/16/4.

#### Les équipements

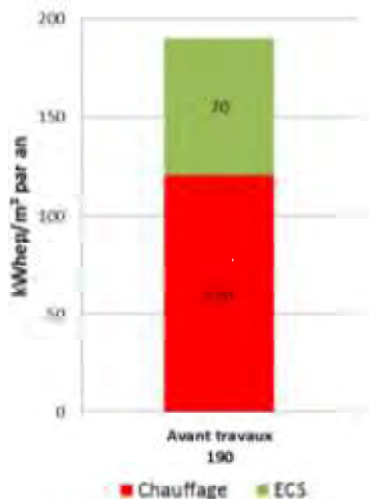
- **Le chauffage** : électrique avec appoint bois (poêle bois ou cheminée avec insert). Lorsque le gaz est disponible, l'équipement est parfois : chaudière gaz + appoint bois ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par un chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par une ventilation mécanique simple flux autoréglable.

#### La facture énergétique (électricité+bois)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **10€/an** par m<sup>2</sup> habitable (abonnement compris).



#### Part des consommations estimées avant travaux



### Le diagnostic

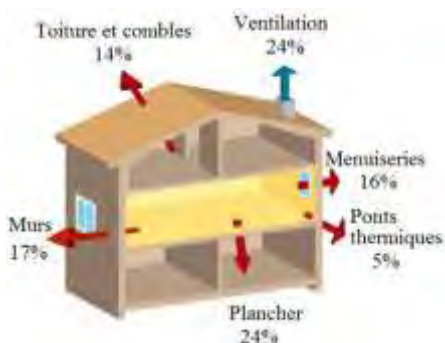
#### Confort d'hiver :

La pièce de vie est facilement chauffée grâce à l'appoint bois. Par contre, avec un chauffage principal électrique peu efficace, les autres pièces peuvent être difficiles à chauffer. En période froide et venteuse l'inconfort peut être réel compte tenu de l'isolation perfectible de l'enveloppe et des fuites d'air propres à ces constructions des années 80-90.

#### Confort d'été :

Ce type de logement est plutôt chaud en été. Les pièces exposées Sud sont en surchauffe l'été alors que celles au Nord sont seulement chaudes. La faible inertie du bâtiment ne permet pas de maintenir la fraîcheur accumulée la nuit.

#### Dépense avant travaux pour le logement étudié



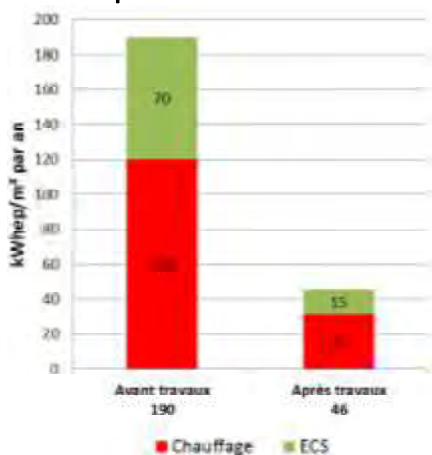
#### Points forts

- Compacité
- Isolation des murs existantes mais quantité variable
- Vitrages performants
- Accessibilité du sous sol

#### Points faibles

- Qualité architecturale
- Confort d'été médiocre
- Inertie
- Isolation toiture vétuste

### Scénario 1 : estimation de l'évolution de la part des consommations

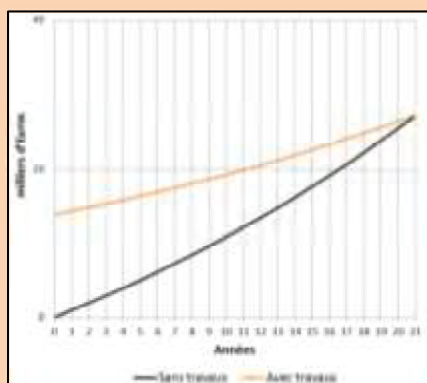


Ces travaux vont permettre une **réduction de 75 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un gain de de **5,4€/m².an**.

### Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % / an

Retour sur investissement estimé : **20-21 ans.**



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{90 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 100m<sup>2</sup> habitable mais pas les travaux induits, elles sont issues de l'Économie de la construction du Cerema-DterNP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

### Scénario1 : installation d'une chaudière condensation gaz pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

#### Isolation des combles perdus

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée : **R ≥ 7 m<sup>2</sup>.K/W.**

**Travaux induit :** Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès. Chercher la continuité de l'isolant avec la partie haute de l'isolation intérieure des murs (attention particulière lors de la pose en périphérie de l'isolant du comble)

**Coût :** 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

• **Avantage :** Facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire:** 3 800€ TTC

#### Isolation du plancher bas sur cave/garage

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flochage isolant. Résistance thermique minimum préconisée **R ≥ 3 m<sup>2</sup>.K/W**

**Travaux induit:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 45 à 70 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage :** Travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 4 300€ TTC

#### Remplacement de la VMC

Remplacement de la VMC autoréglable (groupe extraction, bouches extraction et entrées d'air) par un système de ventilation mécanique hygroréglable de type B. **Puissance recommandée ≤10 W Th-C.**

**Travaux induits :** Vérifier l'état des gaines de ventilation et les changer le cas échéant.

**Coût :** 650 à 1 300 € TTC/système complet

• **Avantage :** amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire:** 800€ TTC.

#### Chauffage individuel et production d'ECS

Installer une chaudière gaz à condensation mixte (chauffage+ECS) couplée à des capteurs solaires thermiques (préchauffage solaire en hiver et mi-saison, et production solaire d'ECS en été). Créer les réseaux hydrauliques, remplacer les radiateurs électrique par des radiateur hydraulique, équiper les radiateurs de robinets standards et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y a pas de préconisation.

**Travaux induit :** calorifugeage des réseaux de distribution, purge et équilibrage du réseau de distribution.

**Coût :** •80€ TTC/robinet thermostatique;

•400€ TTC/thermostat sans fil;

•150€ TTC/radiateur acier 1500W;

•3500€ TTC/chaudière condensation de 15kW.

• **Avantage :** Garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie. gestion autonome

• **Coût propriétaire:** 4 800€ TTC

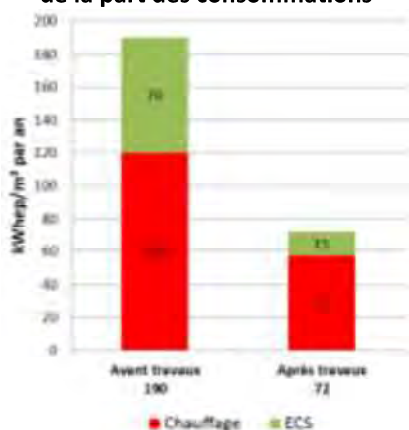
#### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 13 700€ environ soit **137€/an par m<sup>2</sup> habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **4,6€/m<sup>2</sup>.an**, avant travaux 10€/m<sup>2</sup>.an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.



## Scénario 2 : estimation de l'évolution de la part des consommations

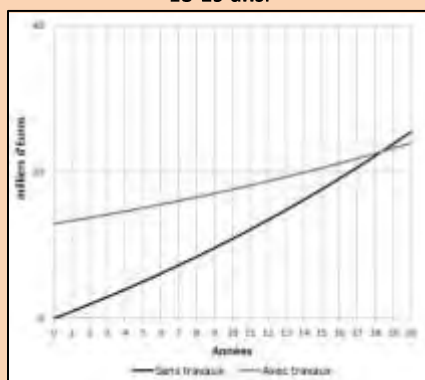


Ces travaux vont permettre une **réduction de 65 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de de 6€//(m².an)**.

## Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 %/an.

Retour sur investissement estimé : **18-19 ans.**



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{100 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation2 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

## Scénario2 : installation d'un chauffe-eau solaire

### Isolation combles perdus

Isolation sur le plancher des combles avec soufflage d'isolant ou isolant en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Travaux induit :** Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût :** 40 à 50 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

• **Avantage :** Facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire:** 3 800€ TTC

### Isolation du plancher bas sur cave/garage

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flocage isolant. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Travaux induit:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 45 à 70 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée

• **Avantage :** Travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 4 300€ TTC

### Remplacement de la VMC

Remplacement de la VMC autoréglable (groupe extraction, bouches extraction et entrées d'air) par un système de ventilation mécanique hygro-réglable de type B. **Puissance recommandée  $\leq 10 \text{ W Th-C}$ .**

**Travaux induits :** Vérifier l'état des gaines de ventilation et les changer le cas échéant.

**Coût :** 650 à 1 300 € TTC/système complet

• **Avantage :** amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de froides.

• **Coût propriétaire:** 800€ TTC.

### Production d'ECS

Installer un chauffe-eau solaire avec minimum **2 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques** certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

**Travaux induit:** adapter l'espace existant (système plus volumineux qu'un chauffe-eau électrique).

**Coût :** 3 900 TTC/chauffe-eau solaire 200l

**Variante :** Installer un chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur, COP minimum préconisé : 2,4. Ces travaux induisent la réalisation d'une arrivée d'air extérieure d'air. Compter environ 2000€ TTC le chauffe-eau thermodynamique de 200l. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage :** Travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 3 900€ TTC

### Chauffage individuel maintenu à l'identique

**La présence d'un appoint bois ne permet pas d'obtenir un retour sur investissement inférieur à 20 ans** avec un système autre que le gaz. Le choix proposé est de maintenir le système existant.

*L'alternative aurait été l'installation d'une pompe à chaleur sur air: PAC air/air type multi-split, en remplacement du chauffage électrique. Les radiateurs électriques étant principalement sollicités pour la partie nuit, les systèmes multi-splits apporteraient un gain minime, l'intérêt se situe plutôt dans le traitement des surchauffes estivales.*

**Coût :** 6500€TTC/système avec 4 splits intérieurs

• **Avantage :** Sans objet

• **Coût propriétaire:** sans objet

### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 12 800€ environ soit **128€/an par m<sup>2</sup> habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **4€//(m<sup>2</sup>.an)**, avant travaux 10€//(m<sup>2</sup>.an)

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.

## Lexique

**m<sup>2</sup>** : surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**Uw**(U window) est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage+ menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**Coût net** : coût propriétaire après déduction des aides publiques.

**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée

**PAC air/air** : La chaleur est prélevée dans l'air extérieur à l'aide d'un échangeur extérieur et est transférée dans le circuit de chauffe.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite redimensionner le chauffage central souvent vétuste.

### Traitement de l'enveloppe :

L'intérêt patrimonial du bâtiment ne limite pas les interventions possibles, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs extérieurs, elle apporterait un gain supplémentaire sur le confort d'hiver et diminuerait les consommations énergétiques de chauffage. Cette isolation permettrait également de traiter la thermique d'été en limitant la surchauffe estivale. Cependant l'isolation intérieure existante, et en bon état, limite l'intérêt de sa mise en œuvre. Avec un coût estimés à 120€ TTC/m<sup>2</sup> posé pour 10 cm d'isolant, l'engagement de ces travaux est à mettre en regard des besoins réels et des opportunités. Par exemple, la réfection des façades peut être l'élément déclencheur.

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : L'isolation existante et la présence d'un poêle ou d'une cheminée avec insert permet au bâtiment d'avoir une consommation énergétique modérée, aussi le changement des systèmes de production est plus difficile à justifier que dans un bâtiment économe. Cependant les radiateurs à effet joule apparaissent économes:
  - Si le quartier est desservi par le gaz privilégier le scénario 1, bien que le retour sur investissement soit long, en plus d'une diminution des consommations (-75%) il permettra de valoriser le bien ;
  - Si le quartier n'est pas desservi par le gaz privilégier le scénario 2, maintien du système existant.
- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires intéressants de l'arrière-pays méditerranéen pour installer une production solaire, l'appoint peut alors être effectué par la chaudière bois ou plus basiquement par une résistance électrique (scénario 2);
- **Ventilation** : installer une VMC simple flux hygro-régulable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air en même temps que le changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieure de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions.

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera à minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique. Avant travaux, réaliser un audit énergétique, il permettra de :

- déterminer par une réflexion globale, quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par des ouvertures larges.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage) et des menuiseries, et par la limitation des effets parois froides avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconforts, attention pour le traitement des menuiseries leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace.

### Améliorer le confort d'été

- **Protéger** du rayonnement solaire direct, au Sud surtout, en entrebaillant les volets et/ou avec la pose de protection solaire ;
- **Minimiser** la création de chaleur interne en utilisant aux heures les plus fraîches les appareils qui produisent de la chaleur ;
- **Éviter** que l'air chaud pénètre dans l'habitat en fermant les fenêtres durant les heures chaudes dès le matin jusqu'à tard le soir ;
- **Dissiper** la chaleur accumulée en ouvrant les fenêtres la nuit (ventilation nocturne) afin de rafraîchir l'habitat.



*Astuce : limiter la perception de chaleur avec la pose de brasseurs d'air au plafond des pièces sensibles si la hauteur sous plafond le permet*



**Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement**

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



**Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement**

Languedoc Roussillon - 520 allée Henri II de Montmorency - CS 69007  
34 064 MONTPELLIER Cedex 02 - Tél : +33 (0)4 34466386

# Rénovation thermique d'une maison individuelle

## Pavillon de la reconstruction 1945-1975 chauffage électrique



Cas représentatif situé à Montpellier en zone climatique méditerranéenne (zone H3)

Cette fiche a pour objectif de présenter des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle répondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats qui y figurent sont propres à un cas d'étude représentatif. Tous les chiffres de consommations et les factures énergétiques sont établis sur la base d'estimations et ne peuvent donc pas être directement transposés à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison de périphérie des villes et bourgs, unifamiliale généralement dans lotissement. Habitation sans valeur patrimoniale ni d'intérêt architectural particulier.

Elle est constituée de matériaux de l'industrialisation de la construction (parpaing, béton, ...) et est de gabarit R+1 avec balcons.

#### Le bâti

- **Les murs** sont constitués de parpaing en béton de 20 cm une lame d'air et d'une contre cloison en brique plâtrière ;
- **Le plancher bas** est en béton sur vide sanitaire ;
- **le planchers intermédiaires** est en béton ;
- **Le plancher haut** : combles perdue peu isolé, plancher béton ;
- **Les menuiseries** sont en simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de volets bois pleins.

#### Les équipements

- **Le chauffage**: électrique avec appoint bois (cheminées avec insert, foyer ouvert à l'origine). **Pas de réseau gaz disponible** ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par un chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs défauts d'étanchéité.

#### La facture énergétique (électricité+bois)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **11€/an** par **m<sup>2</sup> habitable** (abonnement compris).

### Le diagnostic

#### Confort d'hiver :

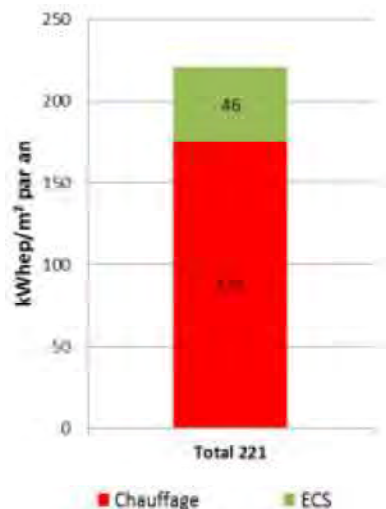
La maison est difficile à chauffer compte tenu du manque d'isolation, des fuites d'air, du phénomène de parois froides et d'un système de chauffage électrique peu efficace. Pour réduire sa consommation, l'occupant chauffe seulement les pièces les plus utilisées. Le confort est en général possible si le ménage dispose de revenus confortables.

#### Confort d'été :

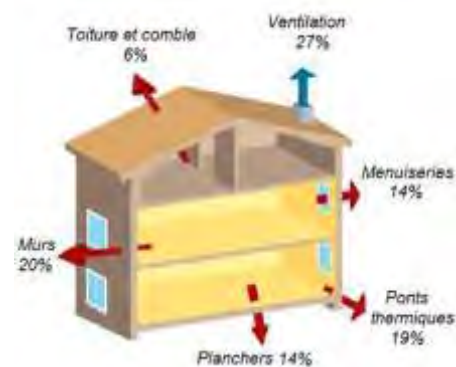
Ce type de logement est plutôt chaud en été. Les pièces exposées Sud du niveau supérieur sont en surchauffe l'été alors que celles du RDC, qui bénéficient souvent d'un masque solaire végétal, sont seulement chaudes.



#### Part des consommations estimées avant travaux



#### Déperditions avant travaux pour le logement étudié :



#### Points forts

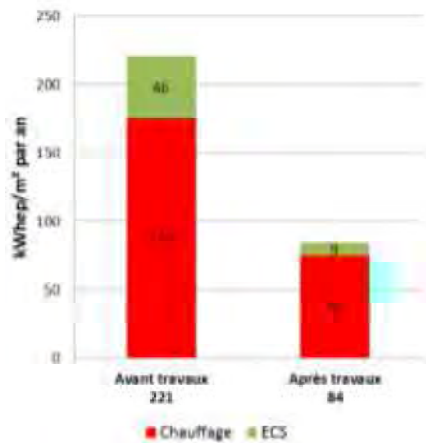
- Compacité
- Inertie
- Mitoyenneté (limite les déperditions thermiques en hiver)

#### Points faibles

- Isolation thermique globale
- Vide sanitaire inaccessible
- Confort d'été médiocre
- Balcons+faible surface opaque: peu propice à l'isolation par l'extérieur



## Estimation de l'évolution de la part des consommations

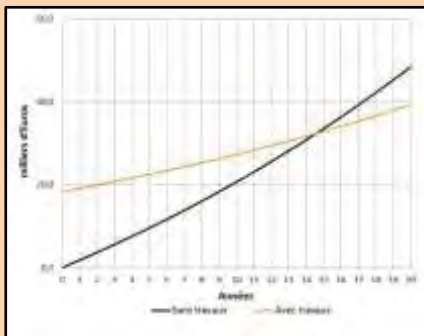


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 60 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente **un gain de 6,4€/m².an**.

## Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % par an

Retour sur investissement estimé : **14-15 ans**.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{200 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation 1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 170m² habitable mais pas les travaux induits, elles sont issues de l'Économie de la construction du Cerema-DterNP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

### Isolation combles perdus

Isolation sur le plancher des combles avec soufflage d'isolant ou isolant en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée :  $R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

**Travaux induit** : Mise en coque des réseaux existants et création d'un plancher sur plots si besoin d'accès.

**Coût** : 40 à 50 € TTC/m² de surface isolée.

**Variante** : Réfection des rampants du logement sous comble. Résistance thermique minimum préconisée :  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre) et la mise en place d'un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier. Compter entre 70 et 110 € HT/m² de surface isolée

• **Avantage** : Facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver, amélioration du confort d'été.

• **Coût propriétaire** : 3 700€ TTC

### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance Uw ≤ 1,3 W/m²**.

**Travaux induits** : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût** : 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure

• **Avantage** : amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire** : 3 600€ TTC.

### Production d'ECS

Installer un chauffe-eau solaire avec minimum **2 m² de capteurs solaires thermiques** certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

**Travaux induit** : adapter l'espace existant (système plus volumineux qu'un chauffe-eau électrique).

**Coût** : 3 900 TTC/chauffe-eau solaire 200l

**Variante** : Installer un chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur, COP minimum préconisé : 2,4. Ces travaux induisent la réalisation d'une arrivée d'air extérieure d'air. Compter environ 2000€ TTC le chauffe-eau thermodynamique de 200l. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage** : Travaux couplés aux travaux de calorifuge des réseaux. Amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire** : 3 900€ TTC

### Chauffage individuel

Installer une pompe à chaleur air-air type multi-split, en remplacement du chauffage électrique existant, hors salle de bain.

**Travaux induit** : optimiser l'implantation de l'unité extérieure pour limiter la longueur des tuyaux acheminant le fluide caloporteur.

**Coût** : 6 500€ TTC/système avec 4 splits intérieurs

• **Avantage** : Garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, tout en diminuant la consommation d'énergie. Rafraîchissement possible en cas de surchauffe.

• **Coût propriétaire** : 6 500€ TTC

### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 18 300€ environ soit **108€/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **4,6€/m².an**, avant travaux 11€/m².an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.

## Lexique

**m<sup>2</sup>** : surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**Uw** (U window) est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage+ menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**Coût net** : coût propriétaire après déduction des aides publiques.

**PAC air/air** : La chaleur est prélevée dans l'air extérieur à l'aide d'un échangeur extérieur et est transférée dans le circuit de chauffe.

**ITE** : Isolation thermique par l'extérieur.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite installer un chauffage central lorsque cela est possible.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'absence de valeur patrimoniale et d'intérêt architectural élargissent les possibilités de rénovation de l'enveloppe. L'ITE est donc envisageable. Cependant le ratio surface habitable sur surface des murs extérieurs doit être assez élevé pour que le gain de l'isolation soit intéressant, un ratio minimum de 0,5 peut être considéré. La présence de balcons doit également être minimale car ils constituent des ponts thermiques que l'ITE ne peut pas traiter. Ces éléments doivent être considérés avant d'engager les travaux ;
- Compte tenu des nombreuses surfaces vitrées, des murs mitoyens peu déperditifs, et de la présence de balcons sur un linéaire important le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Par contre l'isolation du toit et du plancher doit systématiquement être renforcée, c'est la préconisation ou le retour sur investissement est le plus rapide.

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : remplacer le chauffage électrique pour installer un système de production de chaleur moderne et performant. **Dans l'idéal, installer un chauffage central en avec réseau de distribution et émetteurs hydrauliques (les possibilités dépendent de la facilité d'accès à l'énergie : présence de réseau de ville, grand terrain, ...)**
- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires intéressants de l'arrière-pays méditerranéen pour installer une production solaire, l'appoint peut alors être effectué par le générateur moderne ou plus basiquement par une résistance électrique;
- **Ventilation** : installer une VMC simple flux hygro-réglable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air en même temps que le changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieure de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions.

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera à minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique. Avant travaux, réaliser un audit énergétique, il permettra de :

- déterminer par une réflexion globale, quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par des ouvertures larges.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage) et des menuiseries, et par la limitation des effets parois froides avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconforts, attention pour le traitement des menuiseries leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace.

### Améliorer le confort d'été

- **Protéger** du rayonnement solaire direct, au Sud surtout, en entrebâillant les volets (la pose de protection solaire est possible. Dans le cas de menuiseries en toiture (type Velux), poser un volet roulant extérieur.
- **Minimiser** la création de chaleur interne en utilisant aux heures les plus fraîches les appareils qui produisent de la chaleur
- **Éviter** que l'air chaud pénètre dans l'habitat en fermant les fenêtres durant les heures chaudes dès le matin jusqu'à tard le soir.
- **Dissiper** la chaleur accumulée en ouvrant les fenêtres la nuit (ventilation nocturne) afin de rafraîchir l'habitat.



*Astuce : limiter la perception de chaleur avec la pose de brasseurs d'air au plafond des pièces sensibles si la hauteur sous plafond le permet*



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Languedoc Roussillon - 520 allée Henri II de Montmorency - CS 69007  
34 064 MONTPELLIER Cedex 02 - Tél : +33 (0)4 34466386

# Rénovation thermique d'un appartement au dernier niveau d'une copropriété

## construit au début du XXème siècle et chauffé au gaz



Cas représentatif situé à Montpellier en zone climatique méditerranéenne (zone H3)

Cette fiche a pour objectif de présenter des recommandations pour améliorer la performance thermique d'un appartement au dernier étage d'un immeuble d'habitation répondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats qui y figurent sont propres à un cas d'étude représentatif. Tous les chiffres de consommations et les factures énergétiques sont établis sur la base d'estimations et ne peuvent donc pas être directement transposés à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Appartements, en dernier étage d'immeubles, dans les cœurs de villes et proches des monuments historiques. Immeubles constitués de matériaux traditionnels tels que les moellons de pierre, mais possèdent également des planchers bois sur solive. L'appartement est situé dans les combles aménagés sous charpente. Il est mitoyen sur au moins 2 côtés.

#### Le bâti

- **Les murs** (de 30 à 40 cm) sont en matériaux traditionnels (moellons de pierre) ;
- **Le plancher bas** est en bois reposant sur des solives ;
- **Le plancher haut** : combles aménagés sous rampants peu ou pas isolé ;
- **Les fenêtres** sont en simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles peuvent aussi bien être en PVC, bois ou aluminium. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

#### Les équipements

- **Le chauffage et l'eau chaude sanitaire** sont assurés par une chaudière individuelle à condensation ou standard suivant le niveau de rénovation. L'évacuation des gaz s'effectue par conduit en toiture ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs défauts d'étanchéité ;
- **Le refroidissement**, le logement a un système de climatisation individuel.

#### La facture énergétique (gaz + électricité)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage, ECS et refroidissement, son montant est de **15€/an** ou **17€/an**, par **m<sup>2</sup> habitable**, (abonnement compris) selon que la chaudière à condensation ou standard.

### Le diagnostic

#### Confort d'hiver :

La douceur du climat et la mitoyenneté des parois minimisent le phénomène de parois froides qui est ensuite effacé par le système de chauffage.

#### Confort d'été :

Ce type de logement est en surchauffe l'été. Les températures estivales chaudes et l'effet îlot de chaleur des centres villes ne permettent pas aux appartements du haut de maintenir une température acceptable, obligeant systématiquement les propriétaires à s'équiper de système de climatisation.

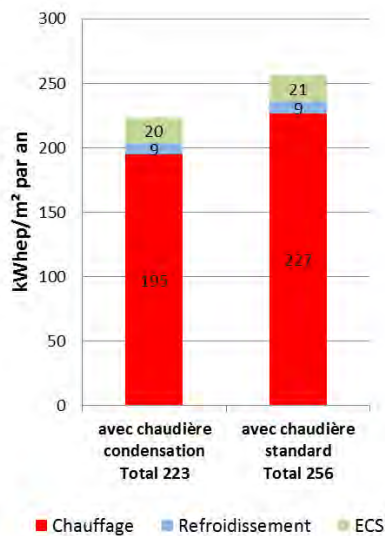
#### Points forts

- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Compacité
- Mitoyenneté (limite les déperditions thermiques en hiver)

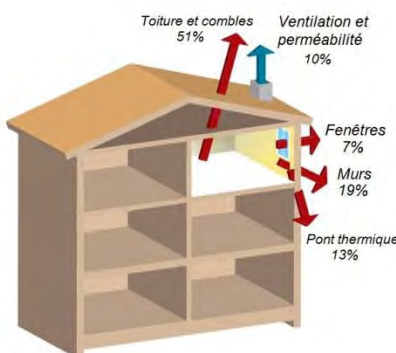
#### Points faibles

- Isolation thermique de la toiture
- Confort d'été médiocre
- L'acoustique
- Certains travaux soumis à l'accord copropriété (assemblée générale)

#### Part des consommations estimées avant travaux

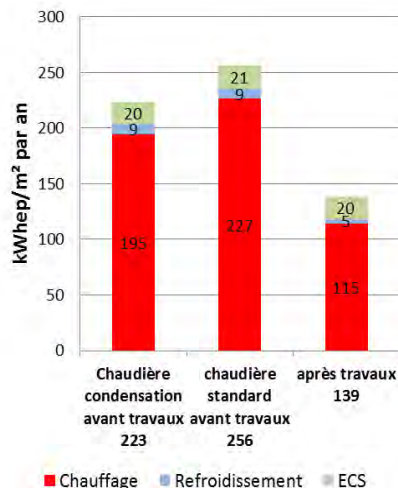


#### Déperditions avant travaux pour le logement étudié





## Estimation de l'évolution de la part des consommations

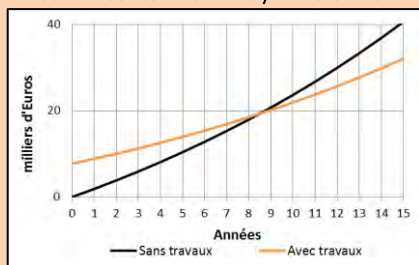


Ces travaux vont permettre une **réduction de 40 %** des consommations énergétiques si la chaudière est à condensation à l'état initial, et de **50%** si la chaudière est standard à l'état initial. Respectivement, cela représente un gain de **6€/(m².an)** ou **8€/(m².an)**.

## Évolution dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % par an

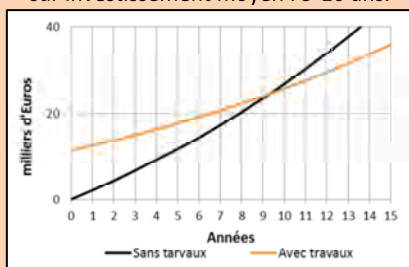
Si chaudière déjà à condensation, retour sur investissement moyen : 8-9 ans.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{200 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

Avec remplacement de la chaudière, retour sur investissement moyen : 9-10 ans.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{266 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation2 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

## Préconisation de travaux relevant du copropriétaire

Les travaux présentés ci-dessous relèvent d'une prise de décision individuelle conformément à la loi du 10 juillet 1965 fixant le statut de la copropriété des immeubles bâtis.

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour un appartement représentatif de 126m² habitable mais pas les travaux induits, elles sont issues de « l'Économie de la construction » du Cerema-DterNP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

### Rampants de toiture des logements

Réfection des rampants du logement sous comble. Résistance thermique minimum préconisée : **R≥6 m².K/W** (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polyuréthane PUR).

**Travaux induits :** Réfection de la paroi intérieure (ossature métallique et plaque de plâtre). Mettre en place un frein vapeur entre le nouveau revêtement intérieur et l'isolant afin de limiter les transferts de vapeur dans ce dernier.

**Coût :** 50 à 100 € TTC/m² de surface isolée.

**Variante :** réfection de la toiture et isolation par l'extérieur de la toiture : le Sarking. Outre la préservation de la charpente, cette solution permet un gain de place et une esthétique identique de l'intérieur. La technique est aussi plus onéreuse car il est nécessaire de découvrir complètement le toit et de rehausser la couverture d'une hauteur égale à l'épaisseur de l'isolant. Compter entre 70 et 110 € HT/m² de surface isolée

• **Avantage :** travaux couplés à la réfection d'un logement ou d'une toiture, amélioration du confort thermique, amélioration prononcée du confort d'été pour les logements sous rampant.

• **Coût copropriétaire :** 6900€ TTC.

### Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance Uw≤1,3 W/m².**

**Travaux induits :** Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe et dans un souci d'hygiène de combustion correcte de la chaudière) :

- vérifier que l'évacuation de l'air vicié s'effectue par conduit vertical dans les pièces de service;
- mettre en place des entrées d'air ≥ à 44 et 88 m³/h, au sens de la norme NF E 51-732, respectivement dans les chambres et le séjour.

Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût :** 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure

• **Avantage :** amélioration du confort thermique et acoustique des logements, réduction des courants d'air et sensation de parois froides.

• **Coût copropriétaire :** 3600€ TTC.

### Chauffage individuel et production d'ECS

Remplacer les chaudières standards par des chaudières à condensation, remplacer les robinets standards des émetteurs par des robinets thermostatiques et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y en a pas.

**Travaux induits :** purge et équilibrage du réseau de distribution, le cas échéant changement des émetteurs (ils doivent être de taille suffisante pour être compatibles).

**Coût :** •80€ TTC/robinet thermostatique;

•400€ TTC/thermostat sans fil;

•3800€ TTC/chaudière condensation murale 20 kW

• **Avantage :** Garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins et diminution de la consommation d'énergie..

• **Coût copropriétaire :** 5400€ TTC.

Si chaudière déjà à condensation, coût travaux estimé pour le copropriétaire :

- 10 500€ environ soit **83€/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **9€/(m².an)**, avant travaux 15€/(m².an)

Avec remplacement de la chaudière, coût travaux estimé pour le copropriétaire :

- 15 900€ environ soit **126€/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **9€/(m².an)**, avant travaux 17€/(m².an)

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2014 et hors aides publiques.

## Lexique

**m<sup>2</sup>** : surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**Uw** (U window) est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage+menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**Coût copropriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**Coût net** : coût propriétaire après déduction des aides publiques.

## Recommandations générales

Les solutions collectives engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions individuelles. Il est donc recommandé de mutualiser les travaux de rénovation en privilégiant le choix collectif.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'intérêt patrimonial du bâtiment (style de façade sur rue, enduits et moulures intérieurs) limite les interventions possibles : le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Avec un projet englobant l'ensemble du bâtiment l'**isolation par l'extérieur des murs sur cours** dont intérêt architectural est moins marqué est préconisée ;
- Dans un bâtiment d'un intérêt architectural moindre, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs extérieurs. Il serait également possible d'installer des isolants et des enduits intérieurs adaptés, qui ne remettent pas en cause l'équilibre hygrométrique des murs anciens. Dans le cas présent, les isolants, enduits et revêtements étanches sont à proscrire (PSE, enduit mono-couche, peintures, ...)

### Traitement des équipements :

- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires importants en zone méditerranéenne pour installer une production solaire collective à appoint individuel gaz.
- **Ventilation** : installer une VMC collective gaz. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air en utilisant le conduit d'évacuation des gaz des chaudières (Type Shunts).

### Engagement des travaux :

Les travaux doivent être coordonnés par une maîtrise d'œuvre composée à minima d'un bureau d'étude thermique et d'un architecte. Avant travaux, réaliser un audit énergétique, il permettra de :

- déterminer par une réflexion globale, quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique d'une copropriété ;
- programmer un plan pluriannuel de travaux facilitant la prise de décision et le financement des travaux.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage. Cela passe par une amélioration de l'isolation de la toiture, des menuiseries et par la limitation des effets parois froides avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconforts. Attention pour le traitement des menuiseries, leur remplacement diminue la perméabilité à l'air de l'enveloppe, le système de ventilation doit être efficace.

### Améliorer le confort d'été

- **Protéger** du rayonnement solaire direct, au Sud surtout, en entrebâillant les volets (la pose de protection solaire est possible si l'aspect patrimonial n'est pas altéré. Dans le cas de menuiseries en toiture (type Velux), poser un volet roulant extérieur.
- **Minimiser** la création de chaleur interne en utilisant aux heures les plus fraîches les appareils qui produisent de la chaleur
- **Éviter** que l'air chaud pénètre dans l'habitat en fermant les fenêtres durant les heures chaudes dès le matin jusqu'à tard le soir.
- **Dissiper** la chaleur accumulée en ouvrant les fenêtres la nuit (ventilation nocturne) afin de rafraîchir l'habitat.



*Astuce : limiter la perception de chaleur avec la pose de brasseurs d'air au plafond des pièces sensibles si la hauteur sous plafond le permet*



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Languedoc Roussillon - 520 allée Henri II de Montmorency - CS 69007  
34 064 MONTPELLIER Cedex 02 - Tél : +33 (0)4 34 46 63 86

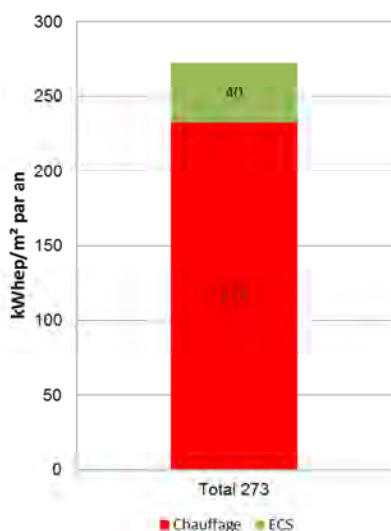
# Rénovation thermique d'une maison individuelle

## Construction antérieure à 1948 chauffage électrique



Cas représentatif situé à Moux dans l'Aude en zone climatique méditerranéenne (zone H3)

### Part des consommations estimées avant travaux



Cette fiche présente des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle correspondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats présentés sont propres à un cas d'étude représentatif de cette typologie. Les valeurs de consommations et de factures énergétiques résultent d'une estimation et ne sont pas directement transposables à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison sans mitoyenneté en milieu rural ou en centre de village, conçue comme lieu de vie familial, sur parcelle privative dans un bourg soumis à la consultation de l'Architecte des Bâtiments de France. Elle est constituée de matériaux traditionnels tels que la pierre de taille, les murs sont fourrés (mélange pierres-liant) et les planchers sont en bois sur solive.

Doté d'une surface habitable importante (150-200 m²), constitué de volumes simples en un niveau sous charpente traditionnelle, ce type de bâtiment comprend en sous-sol des volumes non chauffés de type garage, cave, chaufferie, ...

#### Le bâti

- **Les murs** épais d'environ 50 cm sont assemblés de manière traditionnelle, fourrés d'un mélange de pierres, de mortier de chaux, de sable ou de terre à double parement ;
- **Le plancher bas** est en bois reposant sur des solives ;
- **La toiture** est constituée d'une charpente isolée en rampant ne nécessitant pas de travaux ;
- **Les menuiseries** sont en simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

#### Les équipements

- **Le chauffage** : à l'origine chauffées exclusivement au bois (cheminées à foyer ouvert ou poêle dans les pièces communes), cette maison est principalement chauffée par des panneaux rayonnants électrique et un poêle bois en appoint ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par un ballon d'eau chaude électrique à accumulation ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et par leurs défauts d'étanchéité.

#### La facture énergétique (bois + électricité)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **13€/an par m² habitable** (abonnement compris).

### Le diagnostic

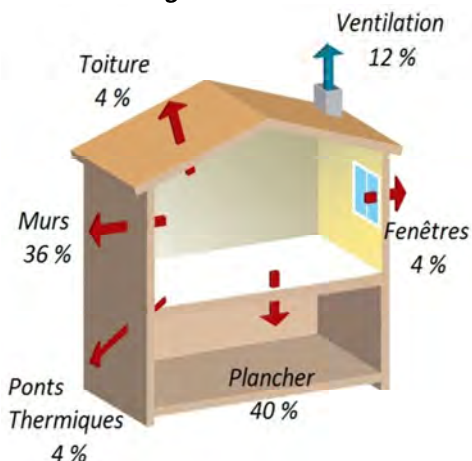
#### Confort d'hiver :

La maison peut être difficile à chauffer du fait de la forte inertie des murs. De plus, le phénomène de parois froides associé à la hauteur importante sous plafond oblige l'occupant à solliciter davantage le chauffage. Pour réduire sa consommation, l'occupant chauffe seulement les pièces les plus utilisées.

#### Confort d'été :

La forte inertie du bâtiment ainsi que les protections solaires (volets, végétation) permettent de maintenir une température intérieure confortable.

### Dépense avant travaux pour le logement étudié



#### Points forts

- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Orientation favorable en général (pas de contrainte de mitoyenneté)
- Confort thermique d'été

#### Points faibles

- Isolation thermique
- Faible compacité
- Éclairage
- Humidité de condensation sur les murs et plafonds



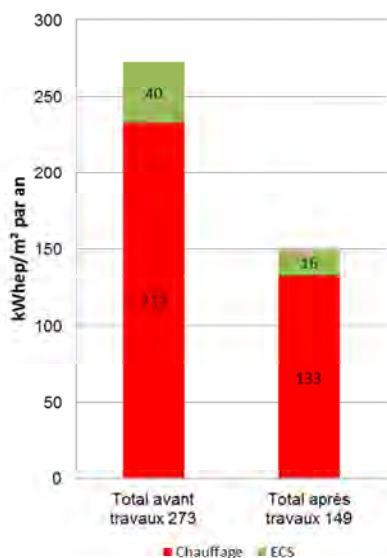


## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

La faisabilité technico-économique converge vers un scénario unique. Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 180m<sup>2</sup> habitables mais pas les travaux induits. Les travaux sont classés par ordre de priorité.

### Traitement de l'enveloppe, installation d'une pompe à chaleur air/air et d'un chauffe-eau solaire

#### Estimation de l'évolution de la part des consommations

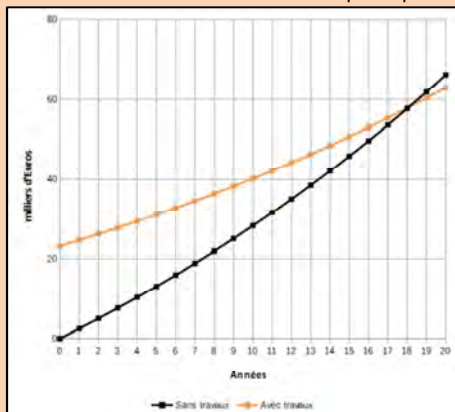


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 45 %** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un gain de **5,8€/m<sup>2</sup>.an**.

#### Évolution des dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % / an

Estimation maximale du retour sur investissement: **18 ans** sans aides publiques



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{185 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation1 : temps de retour suivant coût réel calculé

#### 1-Plancher bas sur cave / garage

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flocage isolant. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Travaux induits:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 45 à 70 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

- **Avantages:** facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver et d'été
- **Coût propriétaire:** 10 500€ TTC (180m<sup>2</sup>)

#### 2-Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance**  $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2$  et  $S_w \geq 0,3$ .

**Travaux induits :** Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en veillant que des entrées d'air soient installées sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût :** 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure.

- **Avantages:** amélioration du confort thermique des logements et dans une moindre mesure acoustique, réduction des courants d'air et de la sensation de parois froides.
- **Coût propriétaire:** 3 100€ TTC (4 menuiseries).

#### 3-Production d'ECS

Installer un chauffe-eau solaire avec minimum 2 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

**Travaux induits:** adapter l'espace existant (système plus volumineux qu'un chauffe-eau électrique).

**Coût :** ≈ 3 900 TTC/chauffe-eau solaire 200l

**Variante :** Installer un chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur, COP minimum préconisé : 2,4. Ces travaux induisent la réalisation d'une arrivée d'air extérieure. Compter environ 2000€ TTC le chauffe-eau thermodynamique de 200l. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

- **Avantages:** travaux couplés aux travaux de calorifugeage des réseaux, amélioration du confort thermique.
- **Coût propriétaire:** 3 900€ TTC

#### 4-Chauffage individuel

Installer une pompe à chaleur air-air type multi-split, uniquement dans les pièces de vie principales en appoint du poêle bois existant. La maison ne dispose pas d'accès au gaz de ville, les solutions pour un confort thermique économique en mi-saison sont restreintes.

**Travaux induits:** ajout de robinets thermostatiques dans les pièces comportant les aérothermes.

**Coût :** ▪ ≈ 85€ TTC/m<sup>2</sup> chauffé.

▪ ≈ 80€ TTC/robinet thermostatique.

- **Avantages:** garantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins, diminution de la consommation d'énergie et amélioration du confort thermique.
- **Coût propriétaire:** 5 800€ TTC (60m<sup>2</sup>)

#### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 23 300€ environ soit 130€ par m<sup>2</sup> habitable
- Nouvelle facture énergétique : 7,2€/m<sup>2</sup>.an, avant travaux 13€/m<sup>2</sup>.an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2015 et hors aides publiques.

## Lexique

**Aérotherme** : appareil autonome de chauffage/refroidissement comprenant un ventilateur et une batterie, pulsant directement l'air chaud/froid dans le local à chauffer/rafraîchir.

**Coût net** : coût réel des travaux pour le propriétaire, déterminé par un devis et après déduction des aides publiques. Il comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre, ainsi que la déduction des aides publiques en vigueur.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**COP** : Coefficient de Performance. Un COP=3 signifie que pour 1 kWh d'énergie électrique consommée, 3 kWh d'énergie sous forme de chaleur seront fournies.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire.

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**m<sup>2</sup>** : unité de surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable.

**PAC air/air** : la chaleur est prélevée dans l'air extérieur à l'aide d'un échangeur extérieur et est transférée dans le circuit de chauffe.

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>.

**Sw** : facteur solaire traduisant la transmission de chaleur par la fenêtre.

**Uw (Uwindow)** est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage + menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée, ensemble de dispositifs destinés à assurer le renouvellement de l'air à l'intérieur des pièces, notamment pour les pièces dites humides : salles de bains, toilettes, cuisines...

**VMC simple flux hygroréglable de type B** : unique dispositif à extraction seule avec une gestion hygrométrique au niveau des bouches d'extraction et d'arrivée d'air neuf. Cette gestion optimise le débit de renouvellement d'air en fonction du taux d'humidité, plus ce dernier est élevé plus le débit sera important et inversement.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite rénover le système de chauffage souvent vétuste.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'intérêt patrimonial du bâtiment (style de façade, enduits et moulures intérieurs) limite les interventions possibles : le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Par contre l'isolation du toit et du plancher doit systématiquement être renforcée, c'est la préconisation dont le retour sur investissement est le plus rapide ;
- Dans un bâtiment d'un intérêt architectural moindre, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs. Il serait également possible d'installer des isolants et des enduits intérieurs adaptés, qui ne remettent pas en cause l'équilibre hygrométrique des murs anciens. Les isolants, enduits et revêtements étanches sont à proscrire (PSE, enduit mono-couche, peintures, ...)

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : la présence d'un poêle ou d'une cheminée avec insert limite la consommation énergétique du bâtiment. Cependant les radiateurs à effet joule apparaissent énergivores, l'installation d'une pompe à chaleur sur air « PAC air/air type multi-split » en remplacement des radiateurs électriques apporterait un gain pour le chauffage de la partie nuit mais aussi pour l'intersaison lorsque l'utilisation du système bois n'est pas adaptée. En effet, l'énergie bois est très mal régulée lorsque les besoins en intersaison sont faibles mais bien réels. Soit les radiateurs électriques fournissent l'énergie juste nécessaire, soit le système bois fournit une quantité d'énergie, liée à la masse du combustible inséré, trop importante par rapport au besoin.
- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires intéressants de la zone méditerranéenne pour installer une production solaire ;
- **Ventilation** : installer si possible une VMC simple flux hygroréglable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air lors du changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieur de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions ;

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera a minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique, compter environ 150€ TTC pour la réalisation d'un DPE sur une maison individuelle de 5 pièces. Avant travaux, réaliser un audit énergétique permettra :

- De déterminer par une approche globale quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- De définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par ouverture des volets.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage), des menuiseries, et par la limitation des effets de « parois froides » avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconfort, attention au traitement des menuiseries : leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace (a minima des entrées d'air pour un tirage naturel maîtrisé).

### Améliorer le confort d'été

La température intérieure en été est naturellement maintenue confortable. Bien que les travaux d'isolation contribuent à diminuer l'évacuation de la chaleur, il n'y a pas d'enjeu sur ce type d'habitation. Pour aller plus loin :

- Comme la hauteur sous plafond est importante pour ce type d'habitation, il est possible de limiter la perception de chaleur avec la pose de brasseurs d'air au plafond des pièces sensibles ;
- L'évacuation de chaleur peut être réalisée par ventilation nocturne ;
- La création de chaleur interne peut être minimisée en utilisant les appareils qui produisent de la chaleur aux heures les plus fraîches.



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées - 1 rue de la cité administrative - CS 80002  
31074 TOULOUSE Cedex 09 - Tél : +33 (0)5 61 58 50 00

# Rénovation thermique d'une maison de ville

## Construction antérieure à 1948 chauffée au bois



Cas représentatif situé à Saint Jean de Fos dans l'Herault en zone climatique méditerranéenne (zone H3)

Cette fiche présente des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une maison individuelle correspondant à une typologie précise. Les descriptions et résultats présentés sont propres à un cas d'étude représentatif de cette typologie. Les valeurs de consommations et de factures énergétiques résultent d'une estimation et ne sont pas directement transposables à un autre cas.

### L'état actuel

#### La typologie du bâtiment

Maison de ville au patrimoine architectural modeste mais fortement valorisé car porteur d'identité. Située en centre de ville, le volume de base est simple mais a souvent évolué par adjonction d'autres volumes (pigeonnier, appentis...) jusqu'à former des ensembles importants parfois avec cours fermées. La maison est constituée de matériaux traditionnels tels que la pierre de taille, les murs sont fourrés (mélange pierres-liant) et les planchers sont en bois sur solive. Elle est mitoyenne sur 2 côtés, son gabarit est de type R+2 avec combles aménagés sous rampants et le garage constitue souvent le RDC.



#### Le bâti

- **Les murs** épais d'environ 50 cm sont assemblés de manière traditionnelle, fourrés d'un mélange de pierres, de mortier de chaux, de sable ou de terre à double parement ;
- **Le plancher bas** est en béton sur terre-plein et **les planchers intermédiaires** sont en bois reposant sur des solives ;
- **La toiture** a été rénovée, elle est constituée d'une charpente isolée en rampant ne nécessitant pas de travaux ;
- **Les menuiseries** sont en simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

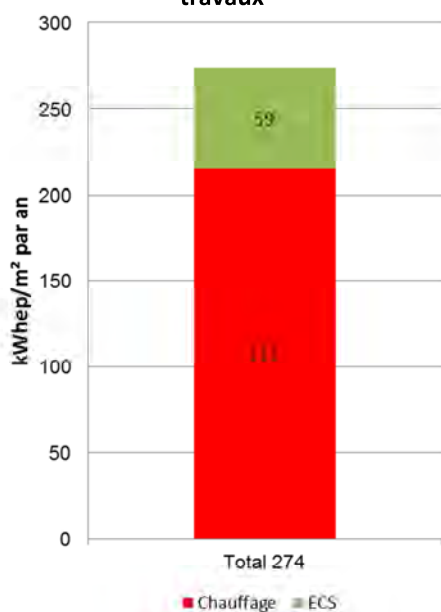
#### Les équipements

- **Le chauffage** est principalement assuré par un poêle bois, alors que la partie nuit utilise un chauffage électrique ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et par leurs défauts d'étanchéité.

#### La facture énergétique (bois + électricité)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **12€/an par m<sup>2</sup> habitable** (abonnement compris).

#### Part des consommations estimées avant travaux



### Le diagnostic

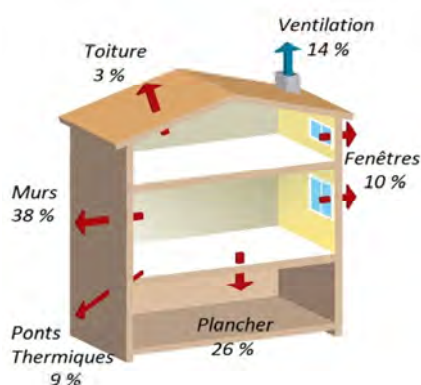
#### Confort d'hiver :

La maison peut être difficile à chauffer du fait de la forte inertie des murs. De plus, le phénomène de parois froides oblige l'occupant à solliciter davantage le chauffage. Pour réduire sa consommation, l'occupant chauffe seulement les pièces les plus utilisées.

#### Confort d'été :

La forte inertie du bâtiment ainsi que les protections solaires (volets, végétation) permettent de maintenir une température intérieure confortable.

#### Déperditions avant travaux pour le logement étudié



#### Points forts

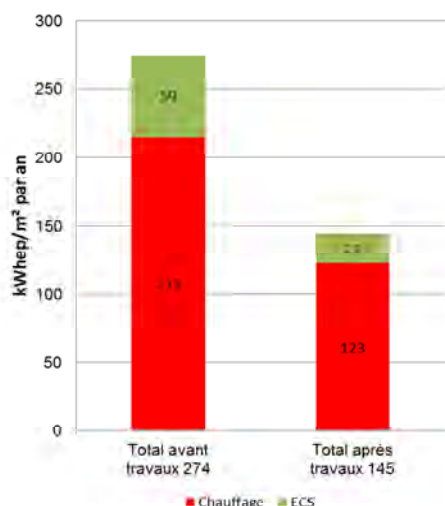
- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Forte compacité
- Mitoyenneté (limite les déperditions thermiques en hiver)
- Confort thermique d'été

#### Points faibles

- Isolation thermique
- Éclaircement
- Humidité de condensation sur les murs et plafonds



## Estimation de l'évolution de la part des consommations

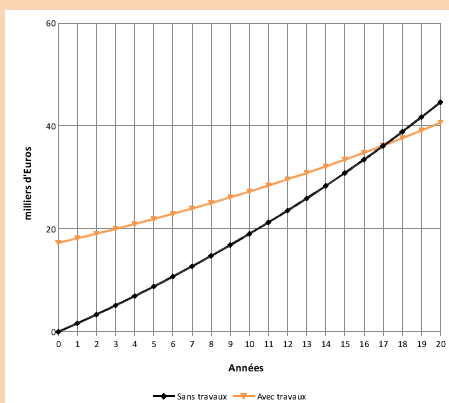


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 45%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 7€/m².an**.

## Évolution des dépenses annuelles :

Tient compte de l'inflation et d'une augmentation du prix de l'énergie de 3 % par an

Estimation maximale du retour sur investissement: **17 ans** sans aides publiques



$$\text{années} = 34 \times \ln \left( 1 + \frac{\text{Coût net}}{165 \times \text{SHAB}} \right)$$

Equation 1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

## Préconisation de travaux relevant du propriétaire

La faisabilité technico-économique converge vers un scénario unique. Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 160m<sup>2</sup> habitables mais pas les travaux induits. Les travaux sont classés par ordre de priorité.

### Traitement de l'enveloppe, installation d'une pompe à chaleur air/air et mise en place d'un chauffe-eau solaire

#### 1-Plancher bas sur cave / garage

Isolation en sous-face du plancher par projection d'un flochage isolant. Résistance thermique minimum préconisée  $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

**Travaux induits:** Mise en coque des réseaux existants.

**Coût :** 45 à 70 € TTC/m<sup>2</sup> de surface isolée.

• **Avantages:** facilité de mise en œuvre, amélioration du confort thermique d'hiver et d'été.

• **Coût propriétaire:** 4 600€ TTC (80m<sup>2</sup>)

#### 2-Menuiseries

Remplacement des menuiseries munies de simple vitrage par des menuiseries munies de double vitrage. **Performance**  $U_{w} \leq 1,3 \text{ W/m}^2$  et  $S_{w} \geq 0,3$ .

**Travaux induits :** Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en veillant que des entrées d'air soient installées sur chaque menuiserie. (Action recommandée afin de ne pas engendrer de pathologies sur le bâti dues à la diminution de la perméabilité à l'air de l'enveloppe). Conserver ou remplacer à l'identique les systèmes d'occultation.

**Coût :** 600 à 1 200 € TTC/menuiserie sur mesure

• **Avantages:** amélioration du confort thermique des logements et dans une moindre mesure acoustique, réduction des courants d'air et de la sensation de parois froides.

• **Coût propriétaire:** 3 100€ TTC (4 menuiseries)

#### 3-Production d'ECS

Installer un chauffe-eau solaire avec minimum 2 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

**Travaux induits:** adapter l'espace existant (système plus volumineux qu'un chauffe-eau électrique).

**Coût :** ≈3 900 TTC/chauffe-eau solaire 200l

**Variante :** Installer un chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur, COP minimum préconisé : 2,4. Ces travaux induisent la réalisation d'une arrivée d'air extérieure. Compter environ 2000€ TTC le chauffe-eau thermodynamique de 200l. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantage:** travaux couplés aux travaux de calorifugeage des réseaux, amélioration du confort thermique..

• **Coût propriétaire:** 3 900€ TTC

#### 4-Chauffage individuel

Installer une pompe à chaleur air-air type multi-split, en appoint du poêle bois. La maison ne dispose pas d'accès au gaz de ville, les solutions pour un confort thermique économique en mi-saison sont restreintes.

**Travaux induits:** ajout de robinets thermostatiques dans les pièces comportant les aérothermes.

**Coût :** ≈85€ TTC/m<sup>2</sup> chauffé.

▪ ≈80€ TTC/robinet thermostatique.

• **Avantages :** arantir une ambiance confortable pour les occupants en fonction du besoin, dimensionnement du système adéquat aux besoins, diminution de la consommation d'énergie et amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire:** 5 800€ TTC (60m<sup>2</sup>)

#### Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 17 400€ environ soit **109€ par m<sup>2</sup> habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **5€/m<sup>2</sup>.an**, avant travaux 12€/m<sup>2</sup>.an

Les calculs sont fondés sur le coût de l'énergie de 2015 et hors aides publiques.

## Lexique

**Aérotherme** : appareil autonome de chauffage/refroidissement comprenant un ventilateur et une batterie, pulsant directement l'air chaud/froid dans le local à chauffer/rafraîchir.

**Coût net** : coût réel des travaux pour le propriétaire, déterminé par un devis et après déduction des aides publiques. Il comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre, ainsi que la déduction des aides publiques en vigueur.

**Coût propriétaire** : comprend le coût toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) de la fourniture et de la main-d'œuvre hors déduction des aides publiques.

**COP** : Coefficient de Performance. Un COP=3 signifie que pour 1 kWh d'énergie électrique consommée, 3 kWh d'énergie sous forme de chaleur seront fournies.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire.

**kWh.ep/m<sup>2</sup>** : kilowattheure d'énergie primaire par m<sup>2</sup> de surface habitable.

**m<sup>2</sup>** : unité de surface toujours exprimée en m<sup>2</sup> habitable.

**PAC air/air** : la chaleur est prélevée dans l'air extérieur à l'aide d'un échangeur extérieur et est transférée dans le circuit de chauffe.

**R** : résistance thermique, donnée en (m<sup>2</sup>.K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

**SHAB** : surface habitable en m<sup>2</sup>.

**Sw** : facteur solaire traduisant la transmission de chaleur par la fenêtre.

**Uw (Uwindow)** est utilisé pour caractériser les fenêtres (vitrage + menuiserie). Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée, ensemble de dispositifs destinés à assurer le renouvellement de l'air à l'intérieur des pièces, notamment pour les pièces dites humides : salles de bains, toilettes, cuisines...

**VMC simple flux hygroréglable de type B** : unique dispositif à extraction seule avec une gestion hygrométrique au niveau des bouches d'extraction et d'arrivée d'air neuf. Cette gestion optimise le débit de renouvellement d'air en fonction du taux d'humidité, plus ce dernier est élevé plus le débit sera important et inversement.

## Recommandations générales

Les solutions globales engendrent souvent plus d'économie d'énergie que les solutions localisées. Il est donc recommandé de globaliser les travaux de rénovation en traitant l'enveloppe pour ensuite rénover le système de chauffage souvent vétuste.

### Traitement de l'enveloppe :

- L'intérêt patrimonial du bâtiment (style de façade sur rue, enduits et moulures intérieurs) limite les interventions possibles : le choix a été fait de ne pas isoler les murs. Par contre l'isolation du toit et du plancher doit systématiquement être renforcée, c'est la préconisation dont le retour sur investissement est le plus rapide ;
- Dans un bâtiment d'un intérêt architectural moindre, l'isolation par l'extérieur pourrait être étendue à tous les murs. Il serait également possible d'installer des isolants et des enduits intérieurs adaptés, qui ne remettent pas en cause l'équilibre hygrométrique des murs anciens. Les isolants, enduits et revêtements étanches sont à proscrire (PSE, enduit mono-couche, peintures, ...)

### Traitement des équipements :

- **Production de chauffage** : la présence d'un poêle ou d'une cheminée avec insert limite la consommation énergétique du bâtiment. Cependant les radiateurs à effet joule apparaissent énergivores, l'installation d'une pompe à chaleur sur air « PAC air/air type multi-split » en remplacement des radiateurs électriques apporterait un gain pour le chauffage de la partie nuit mais aussi pour l'intersaison lorsque l'utilisation du système bois n'est pas adaptée. En effet, l'énergie bois est très mal régulée lorsque les besoins en intersaison sont faibles mais bien réels. Soit les radiateurs électriques fournissent l'énergie juste nécessaire, soit le système bois fourni une quantité d'énergie, liée à la masse du combustible inséré, trop importante par rapport au besoin.
- **Production d'ECS** : profiter des apports solaires intéressants de la zone méditerranéenne pour installer une production solaire.
- **Ventilation** : installer si possible une VMC simple flux hygroréglable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air lors du changement des menuiseries. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieur de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1300€ TTC posé selon la performance du système et le nombre de bouches d'extractions.

### Engagement des travaux :

Les travaux peuvent être coordonnés par le propriétaire qui s'appuiera à minima sur les conseils d'un bureau d'étude thermique, compter environ 150€ TTC pour la réalisation d'un DPE sur une maison individuelle de 5 pièces. Avant travaux, réaliser un audit énergétique permettra :

- De déterminer par une approche globale quels travaux sont nécessaires à l'amélioration énergétique de la propriété ;
- De définir les aides publiques facilitant le financement des travaux et donc la prise de décision.

## Comportements vertueux

### Améliorer le confort d'hiver

- **Capter** au mieux les rayons du soleil par ouverture des volets.
- **Conserver** la chaleur captée et produite par le système de chauffage, cela passe par une isolation performante des espaces tampons non habités (combles et plancher bas sur cave garage), des menuiseries, et par la limitation des effets de « parois froides » avec des rideaux, des tapis...
- **Protéger** du vent en limitant les fuites d'air parasites sources d'inconfort, attention au traitement des menuiseries : leur mise en étanchéité doit être accompagnée d'un système de ventilation efficace (à minima des entrées d'air pour un tirage naturel maîtrisé).

### Améliorer le confort d'été

La température intérieure en été est naturellement maintenue confortable. Bien que les travaux d'isolation contribuent à diminuer l'évacuation de la chaleur, il n'y a pas d'enjeu sur ce type d'habitation.

Pour aller plus loin :

- L'évacuation de chaleur peut être réalisée par ventilation nocturne ;
- La création de chaleur interne peut être minimisée en utilisant les appareils qui produisent de la chaleur aux heures les plus fraîches.



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499  
13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées - 1 rue de la cité administrative - CS 80002  
31074 TOULOUSE Cedex 09 - Tél : +33 (0)5 61 58 50 00