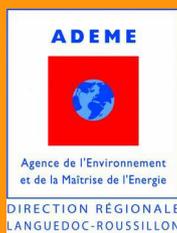




Plan de Rénovation Energétique de l'Habitat Le PREH en Languedoc Roussillon

Bâti énergivore en Languedoc Roussillon

Fiches réflexes à l'attention des conseillers des PRIS (Points Rénovation Info Service)





Préface

Le Plan de Rénovation Énergétique de l'Habitat (PREH) : un volet phare du Plan d'Investissement pour le logement, un axe majeur de la loi transition énergétique



Lancé au printemps 2013, le PREH est une politique à triple bénéfice fortement portée par l'Etat. Rénover son logement est en effet positif pour l'environnement, pour le pouvoir d'achat des ménages et pour la relance de l'économie du bâtiment.

Appuyé au niveau national par un guichet unique (0 810140240 et site internet) le PREH comporte trois volets d'action :

- enclencher la rénovation, accompagner les particuliers
- renforcer et optimiser les aides financières
- mobiliser les professionnels du bâtiment

Sa mise en œuvre repose au niveau local sur un réseau de conseillers issus des ADILs, des EIE et des DDTs (18 Points Rénovation Info Service , les PRIS , 40 conseillers).

Au niveau national, son objectif est de multiplier par 4 le nombre de logements rénovés d'ici 2017, soit 500 000 /an, en visant tous les ménages, tous les parcs de logements. Il s'agit d'enclencher la rénovation, même partielle, dès lors qu'elle marque une première étape, en s'appuyant sur les PRIS. Les conseillers locaux doivent ainsi, au plus près des ménages, croiser la capacité de financement et la compatibilité des travaux proposés avec une rénovation globale à terme.

En Languedoc Roussillon, le gisement de la rénovation est important et permet d'améliorer autant le confort d'hiver que le celui d'été. On estime que 520 000 résidences principales construites avant 1975 sont potentiellement énergivores dont 57 % sont des logements antérieurs à 1949 en pierre et 43 % sont des logements construits de 1949 à 1975, issus des grands programmes de constructions après guerre et des maisons individuelles plus récentes.

L' ambition affirmée du Schéma Régional Climat Air Energie est de porter à 55 300 le nombre de logements rénovés annuellement, se répartissant en 47 000 rénovations partielles et 8 300 rénovations globales.

Il revient à la DREAL d'animer la déclinaison régionale du PREH, en partenariat étroit avec l'ADEME, la Région, le réseau des ADIL et des EIE, les DDTs, les délégués de l'ANAH, et toutes les organisations professionnelles du bâtiment. Appuyé sur ce partenariat, un bureau de liaison régional se réunit régulièrement et est le point de concentration et de rapprochement de toutes les questions et de toutes les actions concernant la mise en œuvre opérationnelle du PREH au plan régional.

Ces fiches réflexes, action portée en 2014 par le bureau de liaison régional du PREH, élaborées par le CEREMA, apportent un appui concret aux conseillers PRIS, sous la forme d'une analyse bâtiminaire en matière de rénovation énergétique de l'habitat, en tenant compte des spécificités climatiques de notre région.

Ces fiches sont l'une des composantes d'un conseil global, qui doit aussi mettre en avant les aides financières mobilisables sur le projet et les contacts utiles vers les professionnels RGE pour réaliser ces travaux.

Je remercie l'ADEME, la Région, les CAUEs, la CAPEB, la FFB, Maisons Paysannes de France, et les conseillers PRIS, qui ont collaboré activement à l'élaboration de ces supports.

**Le directeur régional de l'environnement de
l'aménagement et du logement
Didier Kruger**

Guide d'utilisation des fiches réflexes

1-

Après quelques questions ciblées au ménage, choisir la fiche correspondant au mieux à la typologie de bâti sur laquelle portera le conseil. S'appuyer sur la description de la partie « Etat Actuel et diagnostic »: elle cerne la problématique globale du logement en terme de rénovation énergétique

Rénovation thermique d'une maison individuelle Construction antérieure à 1948 chauffée au fioul



Cet représentant situé à Cluses en Isère est en zone climatique de l'arrière-pays méditerranéen (zoneKd)

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 rural, isolée 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-taille) 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 à 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 (cheminée 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 l'achat d'énergie ;
- 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 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 :

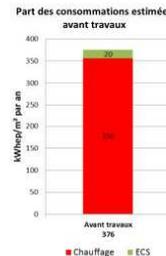
La forte inertie des murs ainsi que les protections solaires (volets, végétation) permettent de maintenir une température intérieure confortable.

Points forts

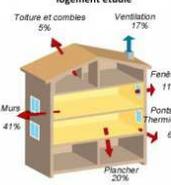
- Charme (valeur esthétique et culturelle)
- Orientation favorable en général (pas de contrainte de mitoyenneté)
- Compacité
- Confort thermique d'été

Points faibles

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



Dépense avant travaux pour le logement étudié

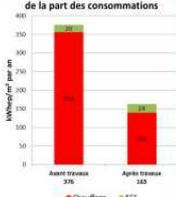


Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 180m² habitables mais pas les travaux induits, elles sont issues de l'Économie de la construction du Cerema Dst/DP de 2011 et du guide recommandations diagnostiqueurs de mars 2009.

Scénario 1 : Traitement de l'enveloppe et installation d'une Pompe à chaleur

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

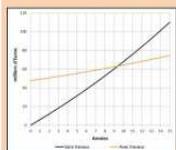


Ces travaux vont permettre une réduction de plus de 50% des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un gain de 25 €/m².an.

Évolution dépenses annuelles :

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

Retour sur investissement estimé : 9 - 10 ans.



Plancher haut sous combles

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée : R ≥ 7 m².K/W (afin de limiter l'encombrement utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS ou polyuréthane PUR).

Travaux induits : 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 : 6 m².K/W (afin de limiter l'encombrement, utiliser un isolant de faible épaisseur type polystyrène extrudé XPS). Ces travaux induisent la refonte de la paroi intérieure (assise 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. Coûter entre 70 et 110 € HT/m² de surface isolée.

- Avantages : 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 ≥ 3 m².K/W

Travaux induits : Mise en coque des réseaux existants.

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

- Avantages : 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 Uw ≤ 1,3 W/m² et Sw ≥ 0,3.

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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 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 nappes.

Travaux induits : 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/m² chauffé (PAC avec capteurs verticaux ou sur nappes) ;

*ou, si terrain le permet 110 € TTC/m² 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. Coûter 75 € TTC/m² chauffé et 80 € TTC/robinet thermostatique. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

- Avantages : 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 m² habitable
- Nouvelle facture énergétique : 8 €/m².an, avant travaux 33 €/m².an

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

2-

Proposer le ou les scénarios de préconisations de travaux, les coûts liés, les économies générées et le temps de retour sur investissement estimé (hors aides)

3-

Proposer les différentes aides financières mobilisables sur le projet et ajuster la courbe d'amortissement du coût total des travaux.

Typologie des 5 fiches réflexes

Maison isolée, milieu rural, « murs composites pierre et liant de matériaux locaux », anté 1948, 4 faces libres, chauffage fioul



Cas n°1

Maison de village « murs composites pierre et liant de matériaux locaux », anté 1948, mitoyenne 2 faces, chauffage gaz

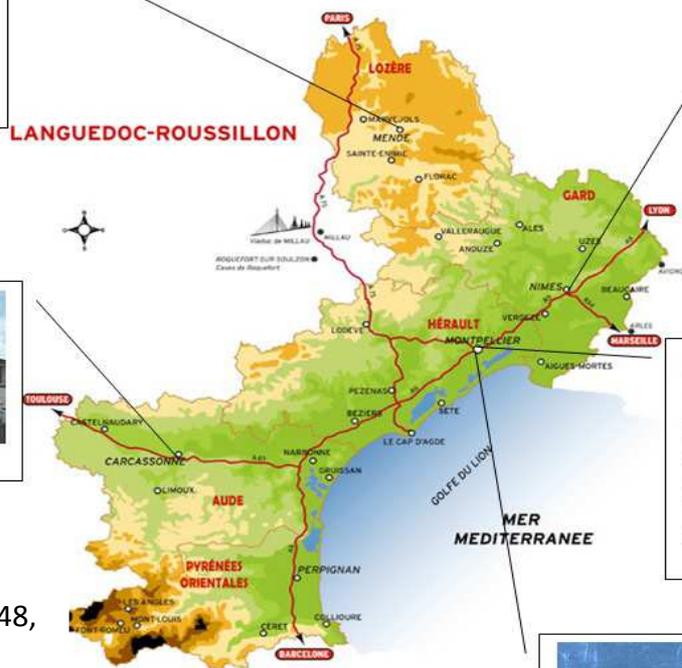


Cas n°2



Cas n°3

Maison de lotissement en parpaings, post 1948, 4 faces libres, chauffage électrique



Cas n°5

Petite copropriété, en pierre moellons, mitoyenneté 2 faces, R+ 3 ou 4, centre bourg ou centre ville



Cas n°4

Maison de la reconstruction 1945-1975, parpaings, chauffage électrique, une ou plusieurs mitoyenneté



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 à simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de persiennes bois ou de volets pliants.

Les équipements

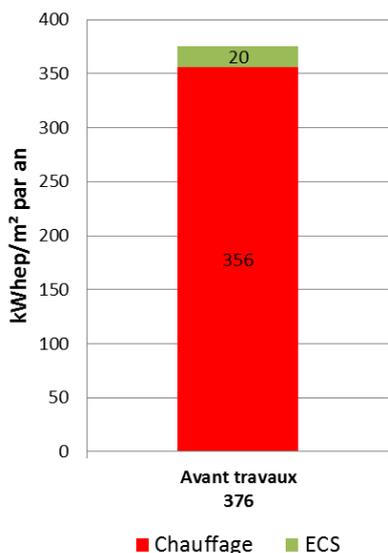
- **Le chauffage**: à l'origine chauffée au bois (cheminées foyer ouvert ou poêle dans les pièces communes), ces maisons ont évolué vers un chauffage central souvent au fioul ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par la chaudière ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs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

La facture énergétique (fioul + électricité)

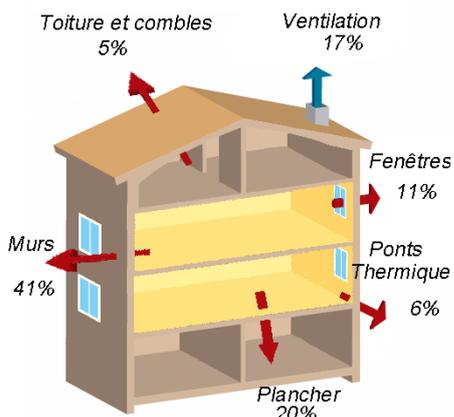
Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **33 €/an par m² habitable** (abonnement compris).



Part des consommations estimées avant travaux



Déperditions 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.

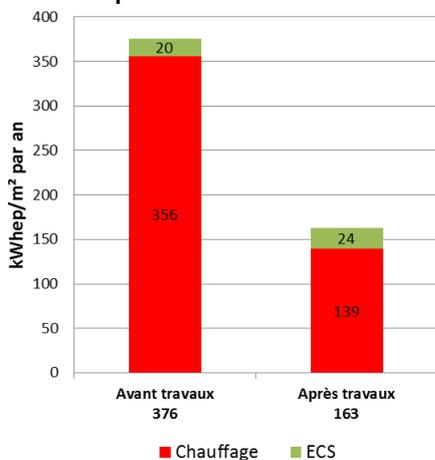
Points forts

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

Points faibles

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

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

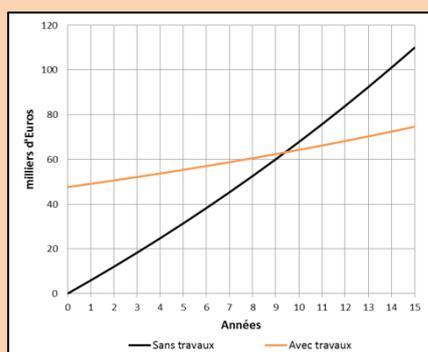


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 50%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente **un gain de 25 €/m².an**.

Évolution dépenses annuelles :

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

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



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

Equation 1 : temps de retour suivant coût réel calculé

Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 180m² habitables 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

Plancher haut sous combles

Isolation sur le plancher des combles avec isolant en plaque, en vrac ou en rouleau. Résistance thermique minimum préconisée : **R ≥ 7 m².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 : 6 m².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.

• **Avantages :** 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 ≥ 3 m².K/W**

Travaux induit : Mise en coque des réseaux existants.

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

• **Avantages :** 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 Uw ≤ 1,3 W/m² et Sw ≥ 0,3.**

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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/ménagerie** sur mesure.

• **Avantages :** 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/m² chauffé (PAC avec capteurs verticaux ou sur nappe;**

• ou, si terrain le permet 110 € TTC/m² 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/m² chauffé et 80 € TTC/robinet thermostatique. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantages :** 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**

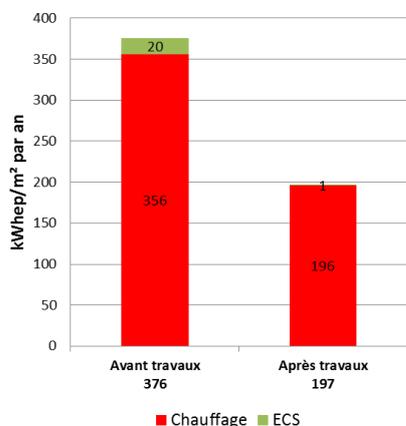
Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 47 900 € environ soit **266 €/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **8 €/m².an**, avant travaux 33 €/m².an

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

Scénario 2 : Traitement enveloppe et installation d'une génération bois

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

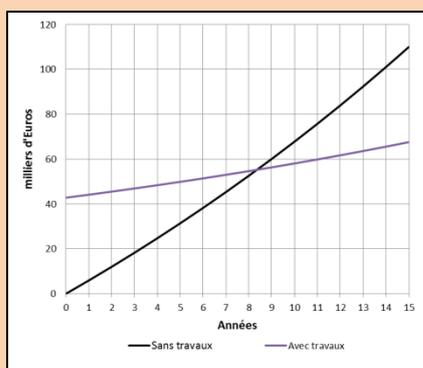


Ces travaux vont permettre une **réduction de 50%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 26 €/m².an**.

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**.



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

Equation 2 : 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 : $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (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.

• **Avantages** : 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 $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2$ et $S_w \geq 0,3$.

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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 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 granulé 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 préconisée:

- chaudière respectant seuils de la classe 5 de la norme NF EN 303.5;
- capteurs 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 stokage des granulés en vrac: 2 tonnes minimum.

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

• **400 € TTC/thermostat sans fil;**

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

Variante : Installer une poêle granulé 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 bûches et 80 € TTC/robinet thermostatique. Variante moins onéreuse mais 2 fois moins performante.

• **Avantages** : 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

m² : unité de surface qui concerne la partie habitable.

SHAB : surface habitable en m².

kWh.ep/m² : kilowattheure d'énergie primaire par m² de surface habitable.

ECS : Eau Chaude Sanitaire.

R : résistance thermique, donnée en (m².K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

Uw (U window) : coefficient de transmission thermique (vitrage + menuiserie), il mesure la capacité de la menuiserie à conserver la température intérieure. Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

Sw (facteur solaire) : coefficient de la fenêtre (vitrage + menuiserie), il mesure le taux de transmission de chaleur du soleil vers l'intérieur de la l'habitat. Compris entre 0 et 1, plus Sw est haut, plus la performance est bonne.

Coût propriétaire : comprend le coût de la fourniture et de la main-d'œuvre toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) 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 1 300 € 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



Cas représentatif situé à Nîmes dans le Gard 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 ville au patrimoine architectural modeste mais fortement valorisé car porteur d'identité. Situé en centre 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 cour fermée.

La maison est constituée de matériaux traditionnels tels que la pierre de taille, les murs sont fourrés (mélange pierres et liant) et les planchers sont en bois sur solives. 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 à 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 au bois (cheminée foyer ouvert), ces maisons ont évolué vers un chauffage central souvent au gaz ;
- **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 (gaz + électricité)

Calculée sur la base d'un usage moyen estimé pour les postes chauffage et ECS, son montant est de **15 €/an** par **m² habitable** (abonnement compris).

Le diagnostic

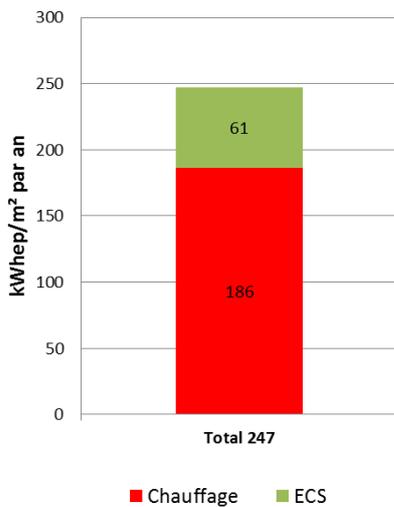
Confort d'hiver :

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.

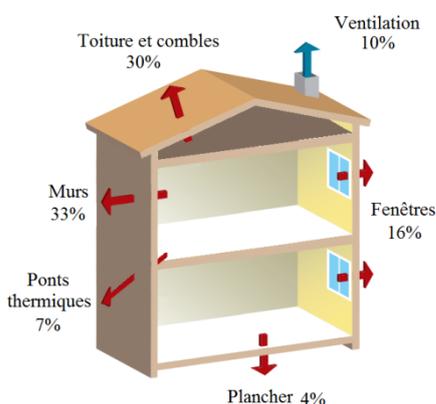
Confort d'été :

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

Part des consommations estimées avant travaux



Déperditions avant travaux pour le logement étudié



Points forts

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

Points faibles

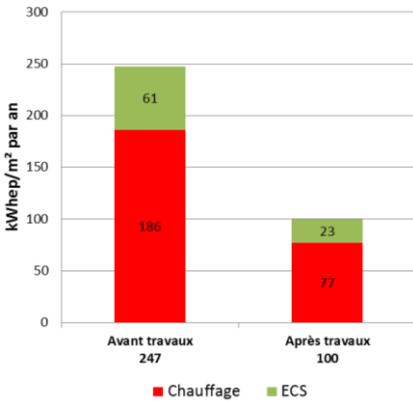
- Isolation thermique
- Éclairage
- Humidité de condensation sur les murs et plafonds

Préconisation de travaux relevant du propriétaire

Les estimations comprennent la fourniture et la main-d'œuvre pour une maison représentative de 121m² habitables 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.

Scénario 1 : Traitement de l'enveloppe et 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

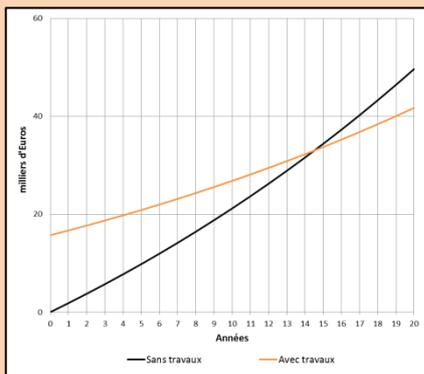


Ces travaux vont permettre une **réduction de 60%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 7 €/(m².an)**.

Évolution dépenses annuelles :

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

Retour sur investissement estimé :
14 - 15 ans.



$$\text{années} = 34 \times \ln\left(1 + \frac{\text{Coût net}}{220 \times \text{SHAB}}\right)$$

Equation 1 : 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 induits : 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 : Si comble aménageable, effectuer alors une réfection des rampants du logement. Résistance thermique minimum préconisée : $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (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

• **Avantages :** 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/m² 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 $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2$ et $S_w \geq 0,3$.**

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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 et acoustique des logements, réduction des courants d'air et de la sensation de paroi froide.

• **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, purge et équilibrage des réseaux de distribution. Raccordement au réseau d'ECS existant.

Coût : • 80 € TTC/robinet thermostatique;

• 400 € TTC/thermostat sans fil;

• 4 000 € TTC/chaudière condensation murale 25 kW.

• **Avantages :** 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

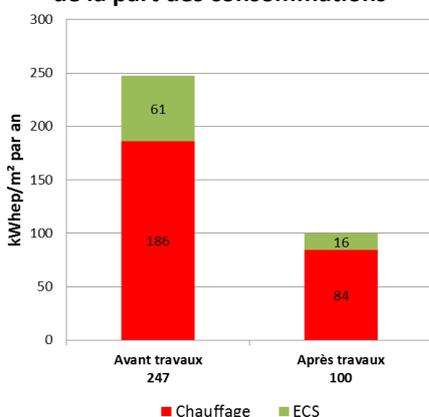
Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 15 800 € environ soit **130 €/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **8 €/(m².an)**, avant travaux 15 €/(m².an)

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

Scénario 2 : Traitement de l'enveloppe et installation d'une chaudière à condensation et d'un chauffe-eau solaire

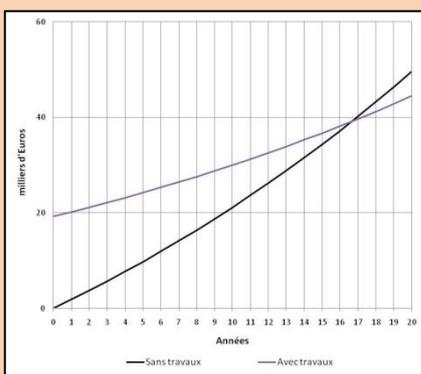
Scénario 2 : estimation de l'évolution de la part des consommations



Ces travaux vont permettre une **réduction de 60%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 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
16 - 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/m² de surface isolée.

Variante : Si comble aménageable, effectuer alors une réfection des rampants du logement. Résistance thermique minimum préconisée : $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (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 :** 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/m² 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 $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2$ et $S_w \geq 0,3$.

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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/ménagerie 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 m² de capteurs thermiques certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

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

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

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 200 l. 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

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, purge et équilibrage des réseaux de distribution

Coût : • 80 € TTC/robinet thermostatique;

• 400 € TTC/thermostat sans fil;

• 3 800 € 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 :

- 19 200 € environ soit 160 €/an par m² habitable
- Nouvelle facture énergétique : 7,7 €/m².an, avant travaux 15 €/m².an

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

Lexique

m² : unité de surface qui concerne la partie habitable.

SHAB : surface habitable en m².

kWh.ep/m² : kilowattheure d'énergie primaire par m² de surface habitable.

ECS : Eau Chaude Sanitaire.

R : résistance thermique, donnée en (m².K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

Uw (U window) : coefficient de transmission thermique (vitrage + menuiserie), il mesure la capacité de la menuiserie à conserver la température intérieure. Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

Sw (facteur solaire) : coefficient de la fenêtre (vitrage + menuiserie), il mesure le taux de transmission de chaleur du soleil vers l'intérieur de la l'habitat. Compris entre 0 et 1, plus Sw est haut, plus la performance est bonne.

Coût propriétaire : comprend le coût de la fourniture et de la main-d'œuvre toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) 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 doivent systématiquement être renforcés, 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** : les scénarios 1 ou 2 proposent 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 scénario 1 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 scénario 2 ;
 - Privilégier le scénario 2 : 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 1 300 € 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'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 :

- 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



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 et 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**, de type « entrevous poutrelles en béton », est isolé par 5 cm de polystyrène sous chape ;
- **Le plancher haut** : combles perdus, isolation en mauvais état ;
- **Les menuiseries** sont généralement à double vitrage PVC type 4/16/4.

Les équipements

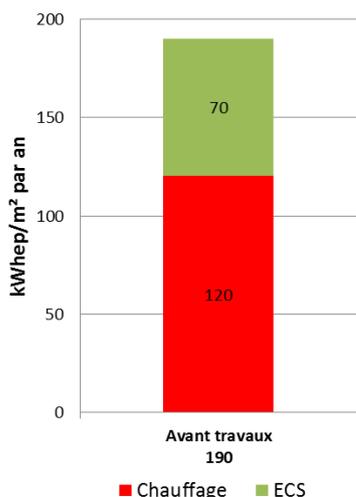
- **Le chauffage**: radiateurs ou panneaux rayonnants électriques avec appoint bois (poêle bois ou cheminée avec insert) ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par un chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par une ventilation mécanique simple flux autoréglable.

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 m² habitable** (abonnement compris).



Part des consommations estimées avant travaux



Le diagnostic

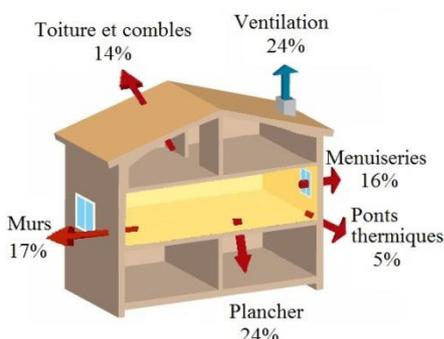
Confort d'hiver :

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.

Dépéntrations avant travaux pour le logement étudié



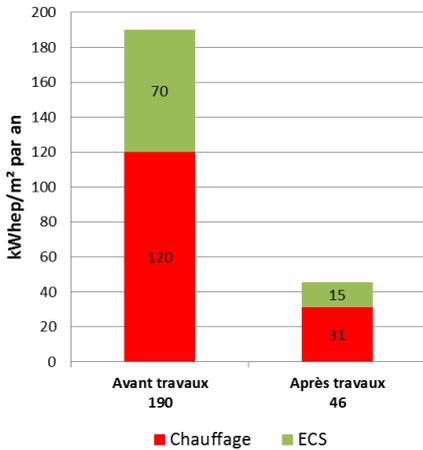
Points forts

- Compacité
- Isolation des murs existantes mais quantité variable
- 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

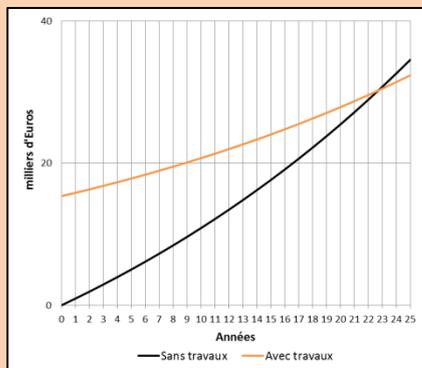


Ces travaux vont permettre une **réduction de 75%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 5,4 €/m².an**.

Évolution dépenses annuelles :

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

Retour sur investissement estimé : **22 - 23 ans.**



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

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 100m² habitables 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 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. Privilégier des isolants denses excellents pour le confort d'été (laine de bois, laine de roche, ouate de cellulose, ...). 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. 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/m² de surface isolée.

• **Avantages :** 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/m² de surface isolée

• **Avantages :** 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 $\leq 10 \text{ W Th-C}$.**

Travaux induits : Calfeutrer les fuites d'air qui perturbent le schéma aérodynamique de l'habitation (trappe d'accès, étanchéité menuiseries, ...). Vérifier l'état des gaines de ventilation et les changer le cas échéant.

Coût : 650 à 1 300 € TTC/système complet

• **Avantages :** maintien de la qualité de l'air intérieur, diminution des pertes thermiques par renouvellement de l'air, amélioration du confort thermique.

• **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 électriques par des radiateurs hydrauliques, équiper les radiateurs de robinets standards et ajouter un thermostat d'ambiance en complément s'il n'y en a pas.

Travaux induit : calorifugeage, purge et équilibrage des nouveaux réseaux de distribution.

Coût : • 80 € TTC/robinet thermostatique;

• 400 € TTC/thermostat sans fil;

• 150 € TTC/radiateur acier 1500W;

• 5 000 € TTC/chaudière condensation de 15 kW + préparateur solaire équipé de 2 m² de capteurs thermiques.

Variante : Installer une chaudière gaz à condensation sans le préchauffage solaire. Compter 3 500 € TTC pour une chaudière condensation de 15 kW sans l'option solaire. La variante est moins onéreuse mais aussi moins performante : réduction des consommations énergétiques de 60% et temps de retour de 30 ans.

• **Avantages :** 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 :** 6 400 € TTC

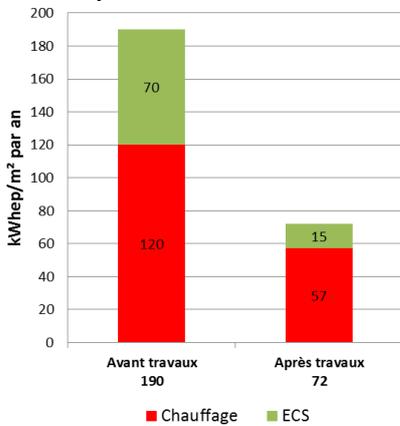
Coût travaux estimé pour le propriétaire :

- 15 300 € environ soit **153 €/an par m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **4,6 €/m².an**, avant travaux 10 €/m².an

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

Scénario2 : Traitement de l'enveloppe et installation d'un chauffe-eau solaire

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

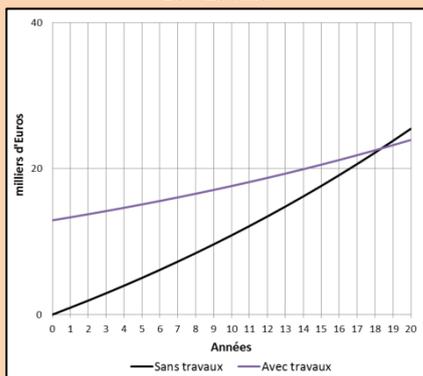


Ces travaux vont permettre une **réduction de 65%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente un **gain de 6 €/(m².an)**.

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.**



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

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. Privilégier des isolants denses excellents pour le confort d'été (laine de bois, laine de roche, ouate de cellulose, ...). Résistance thermique minimum préconisée : **R ≥ 7 m².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/m² de surface isolée.

• **Avantages :** 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 m².K/W**

Travaux induit : Mise en coque des réseaux existants.

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

• **Avantages :** 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 ≤ 10 W Th-C.**

Travaux induits : Calfeutrer les fuites d'air qui perturbent le schéma aérodynamique de l'habitation (trappe d'accès, étanchéité menuiseries, ...). Vérifier l'état des gaines de ventilation et les changer le cas échéant.

Coût : 650 à 1 300 € TTC/système complet

• **Avantages :** maintien de la qualité de l'air intérieur, diminution des pertes thermiques par renouvellement de l'air, amélioration du confort thermique.

• **Coût propriétaire :** 800 € TTC.

Production d'ECS

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

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

Coût : 3 900 € TTC/capteurs et chauffe-eau solaire 200 l

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 200 l. 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

Chauffage individuel maintenu à l'identique

La présence d'un poêle ou d'une cheminée avec insert 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. Compter environ 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 m² habitable**
- Nouvelle facture énergétique : **4 €/(m².an)**, avant travaux 10 €/(m².an)

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

Lexique

m² : unité de surface qui concerne la partie habitable.

SHAB : surface habitable en m².

kWh.ep/m² : kilowattheure d'énergie primaire par m² de surface habitable.

ECS : Eau Chaude Sanitaire.

R : résistance thermique, donnée en (m².K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

Uw (U window) : coefficient de transmission thermique (vitrage + menuiserie), il mesure la capacité de la menuiserie à conserver la température intérieure. Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

Sw (facteur solaire) : coefficient de la fenêtre (vitrage + menuiserie), il mesure le taux de transmission de chaleur du soleil vers l'intérieur de la l'habitat. Compris entre 0 et 1, plus Sw est haut, plus la performance est bonne.

Coût propriétaire : comprend le coût de la fourniture et de la main-d'œuvre toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) 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, en bon état, limite l'intérêt de sa mise en œuvre. Avec un coût estimés à 120 € TTC/m² 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 à condensation ou plus basiquement par une résistance électrique (scénario2);
- **Ventilation** : installer une VMC simple flux hygro-régulable de type B. Il est opportun d'optimiser le renouvellement d'air avec un système récent, efficace et économe. Les systèmes mécaniques « basse consommation » maintiennent une qualité d'air intérieure de bonne qualité pour un investissement raisonnable : 650 à 1 300 € 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'inconfort, attention au 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 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

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



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 plancher intermédiaire** est en béton ;
- **Le plancher haut** : combles perdus peu isolés, plancher béton ;
- **Les menuiseries** sont à simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles sont munies de volets bois pleins.

Les équipements

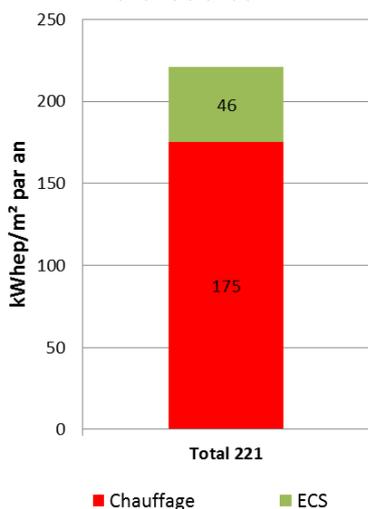
- **Le chauffage**: radiateurs ou panneaux rayonnants électriques avec appoint bois (cheminée avec insert, foyer ouvert à l'origine). **Pas de réseau gaz disponible** ;
- **L'eau chaude sanitaire** est assurée par un chauffe-eau électrique ;
- **L'aération** s'effectue par ouverture des fenêtres et leurs 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 m² habitable** (abonnement compris).



Part des consommations estimées avant travaux



Le diagnostic

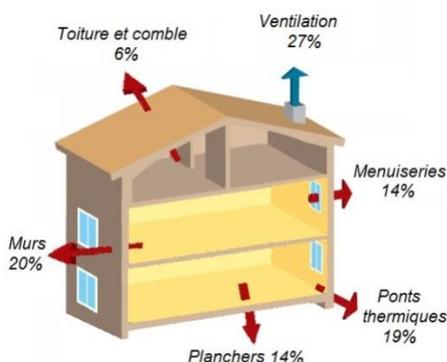
Confort d'hiver :

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.

Déperditions avant travaux pour le logement étudié :



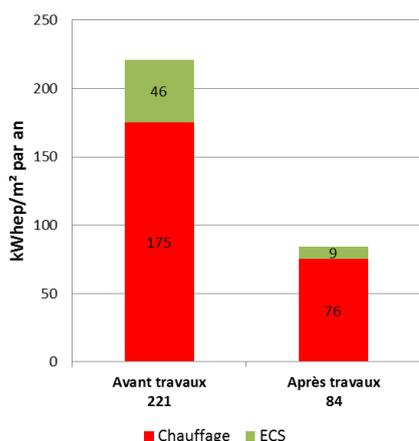
Points forts

- 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

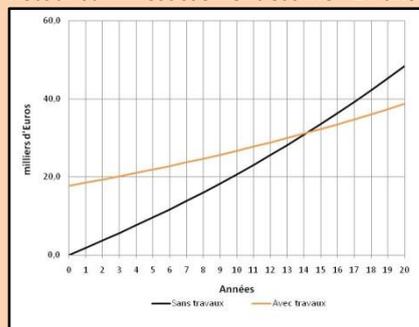


Ces travaux vont permettre une **réduction de plus de 60%** des consommations énergétiques à comportement égal, ce qui représente **un gain de 6,4 €/m².an**.

Évolution dépenses annuelles :

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

Retour sur investissement estimé : **14 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 habitables 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. Privilégier des isolants denses excellents pour le confort d'été (laine de bois, laine de roche, ouate de cellulose, ...). Résistance thermique minimum préconisée : **R ≥ 7 m².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 : 6 m².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

• **Avantages** : 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 et Sw ≥ 0,3**.

Travaux induits : Assurer une ventilation correcte du logement en tirage naturel en installant des entrées d'air. (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'ocultation.

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

• **Avantages** : 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 thermiques** certifié CSTBat, SolarKeymark ou équivalent.

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

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

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 200 l. 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**

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. Surveiller et contrôler l'étanchéité du circuit frigorifique pour conserver les performances, le recours à un spécialiste pour une visite annuelle est conseillé.

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

• **Avantages** : 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 :

- 17700 € environ soit **104 €/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

m² : unité de surface qui concerne la partie habitable.

SHAB : surface habitable en m².

kWh.ep/m² : kilowattheure d'énergie primaire par m² de surface habitable.

ECS : Eau Chaude Sanitaire.

R : résistance thermique, donnée en (m².K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

Uw (U window) : coefficient de transmission thermique (vitrage + menuiserie), il mesure la capacité de la menuiserie à conserver la température intérieure. Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

Sw (facteur solaire) : coefficient de la fenêtre (vitrage + menuiserie), il mesure le taux de transmission de chaleur du soleil vers l'intérieur de la l'habitat. Compris entre 0 et 1, plus Sw est haut, plus la performance est bonne.

Coût propriétaire : comprend le coût de la fourniture et de la main-d'œuvre toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) 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 minime 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 où 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 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 hygroréglable 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 1 300 € 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'inconfort, attention au 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 ;
- **Eviter** 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

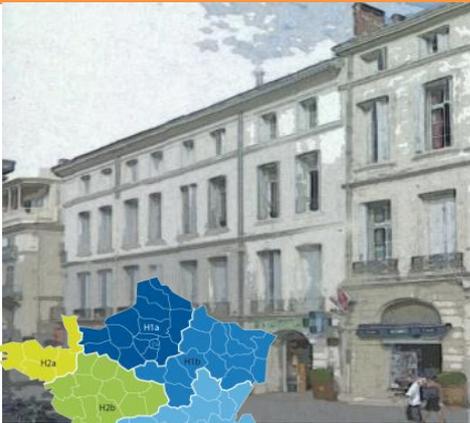


Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

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 solives. 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 isolés ;
- **Les fenêtres** sont à simple vitrage par endroit et double vitrage ailleurs. Elles peuvent 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 **m² 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 finalement n'est plus ressenti grâce au 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.

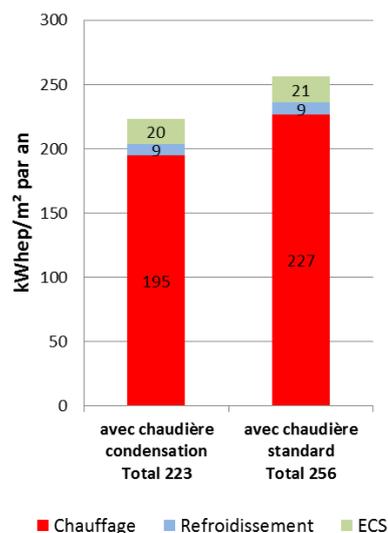
Points forts

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

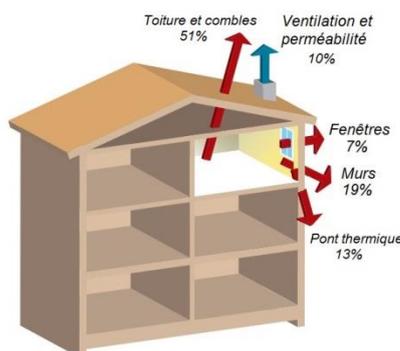
Points faibles

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

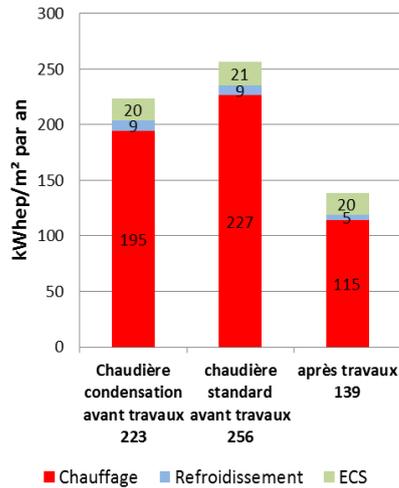
Part des consommations estimées avant travaux



Déperditions avant travaux pour le logement étudié



Estimation de l'évolution de la part des consommations

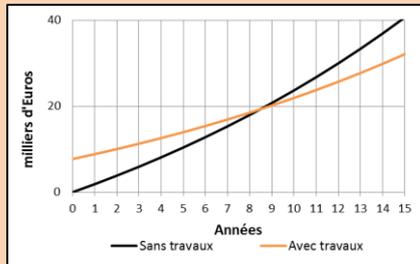


Ces travaux vont permettre une **réduction de 40%** des consommations énergétiques si la chaudière est à condensation à l'état initial, et de **50%** si la chaudière est standard à l'état initial. Respectivement, cela représente un gain de **6 €/m².an** ou **8 €/m².an**.

Évolution dépenses annuelles :

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

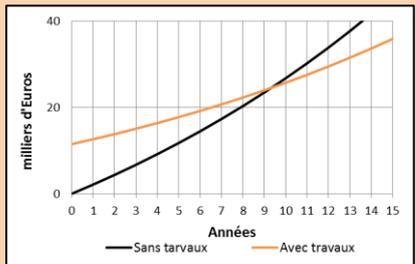
Si chaudière déjà à condensation, retour sur investissement estimé : 8 - 9 ans.



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

Equation 1 : temps de retour suivant coût réel propriétaire

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



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

Equation 2 : 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 habitables 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 rampants toiture des logements

Réfection des rampants du logement sous comble. Privilégier des isolants denses excellents pour le confort d'été (laine de bois, laine de roche, ouate de cellulose, ...). Résistance thermique minimum préconisée : **R ≥ 6 m².K/W**

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 environ 200 € HT/m² de surface isolée

• **Avantages :** 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 et Sw ≥ 0,3.

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

• **Avantages :** 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 des réseaux 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;

• 3 800 € TTC/chaudière condensation murale 20 kW

• **Avantages :** 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 2014 et hors aides publiques.

Lexique

m² : unité de surface qui concerne la partie habitable.

SHAB : surface habitable en m².

kWh.ep/m² : kilowattheure d'énergie primaire par m² de surface habitable.

ECS : Eau Chaude Sanitaire.

R : résistance thermique, donnée en (m².K)/W. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

Uw (U window) : coefficient de transmission thermique (vitrage + menuiserie), il mesure la capacité de la menuiserie à conserver la température intérieure. Plus Uw est faible, plus la performance est bonne.

Sw (facteur solaire) : coefficient de la fenêtre (vitrage + menuiserie), il mesure le taux de transmission de chaleur du soleil vers l'intérieur de la l'habitat. Compris entre 0 et 1, plus Sw est haut, plus la performance est bonne.

Coût propriétaire : comprend le coût de la fourniture et de la main-d'œuvre toutes taxes comprises à taux réduit (TVA 5,5%) 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 a 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'inconfort. Attention au 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 ;
- **Eviter** 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

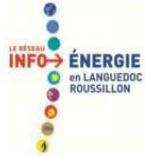


Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

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



Les PRIS
en
Languedoc-Roussillon



Les chiffres clés du PREH en région Languedoc Roussillon :

520 000 résidences principales ante 1975 (43% du parc) potentiellement énergivores, dont 295 000 anté 1949 de typologie "bâti ancien" en pierre, spécifique des terroirs régionaux.. La région est en zone climatique pour la RT 2012, H3 et H2D (Lozère) : la question de la maîtrise des consommations énergétiques doit aussi tenir compte du confort d'été. Ces 520 000 logements sont occupés par 300 000 ménages propriétaires occupants (dont 90 000 cibles ANAH), 180 000 ménages locataires du parc privé, et 40 000 ménages locataires du parc social.

Les objectifs du PREH en LR ont déclinés ceux du SRCAE LR :

55 300 logements rénovés /an de 2012 à 2020 dont

- 47 000/an à un faible niveau de rénovation
- 8 300/an à un niveau élevé de rénovation

Au 31 décembre 2013 ,

67 % de l'objectif du SRCAE en rythme annuel a été atteint

(48 % de l'objectif pour ce niveau de rénovation) (71 % de l'objectif est atteint)

Pour 2015 : un rythme des rénovations lourdes à augmenter, un rythme très correct en rénovation légère à poursuivre.

Les professionnels du BTP très mobilisés en région LR, un gros gisement économique :

plus de 1000 entreprises RGE, de fortes attentes sur le chantier de la rénovation.

19 milliards d'€ à horizon 2020 : le gisement de la rénovation du logements en LR

En 2013, 220 M€ de travaux de rénovation induits par les aides publiques soit 13% du montant total des travaux de rénovation (estimés à 1.7 milliard d'€ pour 2013).

Pour en savoir plus sur l'élaboration de ces fiches



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

Nicolas Cabassud
Chargé d'études



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

Service Energie
Division Bâtiment Construction

Claire Dollé
responsable de la Division BC