

ETUDE REMI : RENOVATION ENERGETIQUE D'UNE MAISON INDIVIDUELLE



DORIAN CAMPBEL
MARION CAVAGLIA
MANUELA RODRIGUEZ
ELISE TRAN



Energy isolation solutions

La présente étude a pour but d'analyser les conditions dans lesquelles l'amélioration d'une maison individuelle peut contribuer à diminuer une situation de précarité énergétique et à améliorer la qualité de vie de ses occupants. Cette étude se divise donc en deux phases. La première phase consiste en un diagnostic afin de caractériser l'existant. Ce diagnostic comprend l'évaluation de la performance énergétique et l'estimation de la facture énergétique de la maison, tout cela en prenant compte du chauffage uniquement. La deuxième partie est une phase de conseil afin de fournir des solutions techniques qui puissent permettre d'atteindre l'objectif technico-économique minimal : division par deux (minimum) de la facture énergétique et temps de retour brut inférieur à dix ans.

Le cas d'étude qui nous a été attribué est le cas DNG284. Il s'agit donc d'une maison considérée comme un T4 qui se trouve à Roussillon (département Vaucluse, région Provence-Alpes-Côte d'Azur) et qui n'a jamais été réhabilitée thermiquement. La maison est chauffée au gaz, elle comprend un garage non chauffé et sa façade principale est orientée nord. L'occupante de la maison est Dominique, 68 ans, une veuve qui vit seule dans la maison et qui ne veut pas utiliser, par précaution, son épargne pour faire des travaux de rénovation. La maison est représentée sur la figure 1.

Les caractéristiques de la maison vont nous permettre de qualifier son niveau de performance et d'estimer la facture énergétique. Cette dernière sera déterminée en se basant sur les principes de la réhabilitation thermique. Le détail des calculs sont fournis dans un fichier Excel annexe.

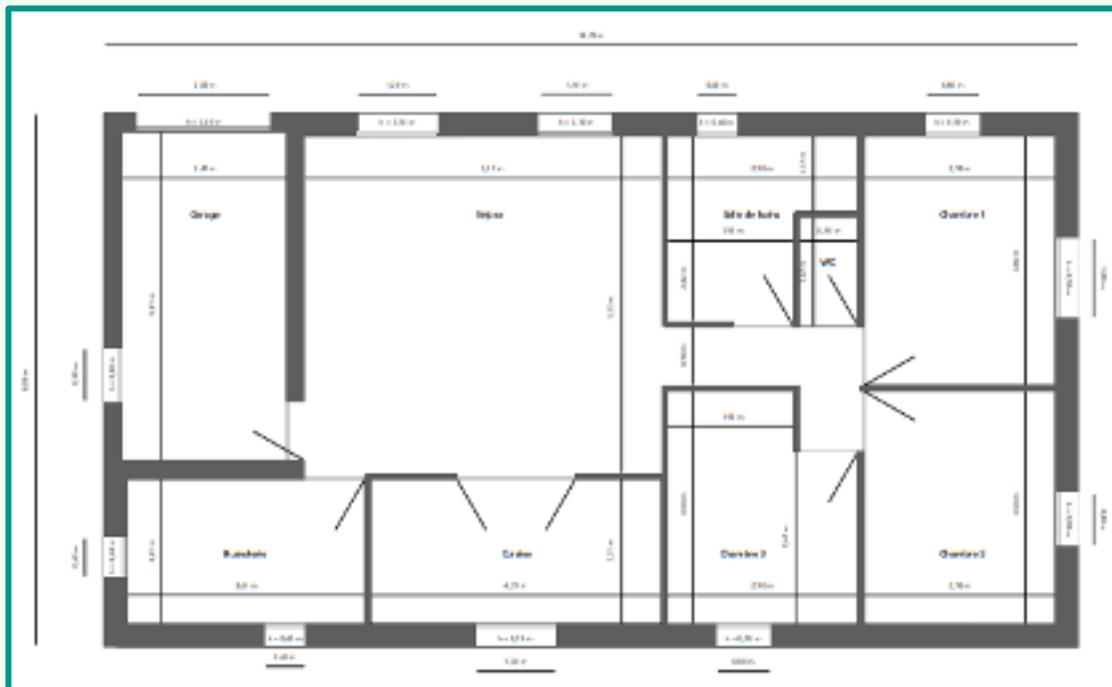


Figure 1. Plan de la maison à rénover

PHASE 1

QUALIFICATION DU NIVEAU DE PERFORMANCE

La performance énergétique d'un bâtiment peut être qualifiée à l'aide d'une analyse des déperditions et à l'aide d'une estimation des besoins en chauffage.



o CALCUL DES DEPERDITIONS

Pour caractériser les déperditions thermiques nous utilisons trois indices : U_{bat} (coefficient moyen des déperditions thermiques), H (déperditions totales) et Q_i (déperditions de chaleur mensuelles).

Le coefficient U_{bat} nous permet d'évaluer le niveau d'isolation globale de la maison. Pour celui-ci on obtient $U_{bat} = 1,41 \text{ W/Km}^2$.

L'indice H nous permet de prendre en compte les pertes par renouvellement de l'air H_v et les déperditions par toutes les parois internes en incluant les ponts thermiques H_t . Pour ce cas-ci, $H = 551,53 \text{ W/K}$.

Enfin, l'indice $Q_{i,m}$ nous permet d'estimer les déperditions de chaleur mensuelles pour ensuite trouver les déperditions de chaleur annuelles Q_i qui correspond à la somme des déperditions de chaque mois. Celles-ci sont $Q_i = 43563,66 \text{ kWh}$.

o CALCUL DES GAINS ENERGETIQUES

Les gains énergétiques correspondent aux gains de chaleur par les apports solaires à travers les parois transparentes/translucides et par la production interne de chaleur.

L'indice Q_s nous indique les gains par apport solaire selon l'orientation des parois transparentes/translucides, leur irradiation solaire moyenne correspondante pour chaque mois et leur facteur solaire. L'indice global est donc la somme des indices de chaque mois et il a une valeur de $Q_s = 4997,06 \text{ kWh}$.

L'indice Q_i nous indique les gains par production interne de chaleur et il dépend notamment des apports gratuits. Il est calculé pour chaque mois et l'indice global est également la somme des indices de chaque mois. Il vaut $Q_i = 3078,51 \text{ kWh}$.

Les gains énergétiques totaux Q_g sont donc la somme des apports solaires et les gains de production interne de chaleur. Pour ce cas d'étude $Q_g = 8075,57 \text{ kWh}$.

o CALCUL DES BESOINS ENERGETIQUES

Pour connaître les besoins annuels en chauffage Q_h , il faut déterminer la température de non-chauffage de la maison pour chaque mois. Ainsi nous aurons une estimation de l'apport par chauffage nécessaire par mois dans les jours où la température interne est inférieure à 21°C (305 jours dans ce cas). Puis nous pourrons calculer les besoins annuels comme la somme des besoins mensuels. Les besoins énergétiques annuels de la maison sont donc $Q_h = 36323,41 \text{ kWh}$.

ESTIMATION DE LA FACTURE ENERGETIQUE

Grâce aux données énergétiques trouvées précédemment, nous pouvons calculer les dépenses annuelles en termes de chauffage que paye Dominique à l'heure actuelle, avec un système de chauffage au gaz et une maison non réhabilitée depuis sa construction. Il est important de préciser que la commune où habite Dominique n'est pas desservie par le réseau de gaz naturel. Ainsi, l'estimation du coût est approximative puisqu'aucune grille de tarifs pour ce secteur n'existe à ce jour. Pour estimer la facture énergétique nous avons donc pris une valeur de 0,0631€ par kWh et nous avons également utilisé le rendement moyen du gaz qui vaut 0,85. Finalement, la facture est estimée à 2696,48€.

PHASE 2

À partir des données obtenues du bilan thermique, la répartition des pertes en fonction des parties de la maison est la suivante :



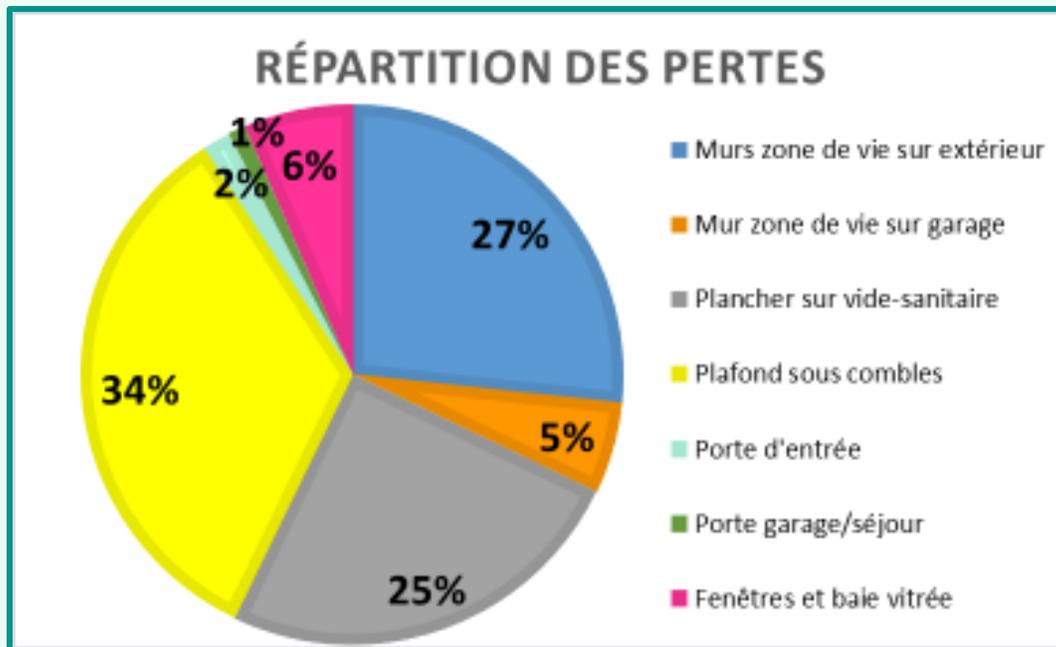


Figure 2. Répartition des pertes thermiques

Ainsi, en fonction de la répartition des pertes trouvées on proposera des bouquets des travaux afin de garantir la demande du client pour obtenir une isolation thermique optimale. Les bouquets des travaux seront constitués des combinaisons de solutions thermiques appliquées aux différentes parties de la maison.

Notre objectif est de diminuer la facture énergétique par deux au minimum, d'avoir un retour brut inférieur à 10 ans et de respecter les seuils de performance thermique de la réglementation existante.

SOLUTIONS DE RENOVATION ENERGETIQUE

Nous avons listé toutes les solutions de rénovation énergétique pour chaque partie de la maison afin de pouvoir construire des bouquets de travaux qui satisferont les objectifs établis pour l'isolation de la maison étudiée.

I. PLAFOND SOUS COMBLES

Pour l'isolation du plafond nous avons choisi de la laine de verre à souffler d'épaisseur 435mm. Cette isolation est une méthode facile à mettre en œuvre puisqu'il suffit de souffler la laine de verre à travers les conduits d'aération. Ainsi, la performance globale du plafond est augmentée sans perte d'espace dans la maison car les combles ne sont pas aménagées (combles perdues), ni même de travaux à refaire à postériori. Au niveau des données chiffrées on a :

Matériau	Résistance thermique (m ² K/W)	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
Rouleaux de laine de verre	10	1293,44	11123,98	825,79	1,6	-0,4584

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :



Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
150	5	750

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'isolation avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	U_{bat} (W/m ² K)
2780,82	11123,98	825,79	3,4	-0,4584

II. MURS ZONE DE VIE SUR EXTERIEURE

Pour l'isolation des murs de la zone de vie donnant sur l'extérieure, nous avons choisi d'installer du polystyrène de 140mm. Il faut de même savoir que l'encadrement des ouvertures contiendra aussi un isolant de 20mm d'épaisseur. Pour des soucis de facilité, l'isolation s'installera aussi sur les murs du garage donnant sur l'extérieure. Les avantages de cette solution sont de pouvoir garder l'inertie des murs, mais aussi de ne pas perdre de surface habitable.

Matériau	Résistance thermique (m ² K/W)	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Polystyrène	3,7	4526,16	7651,03	567,98	8	-0,315

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :

Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
30,1	39,6	1191,87

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'isolation avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
8005,24	7651,03	567,98	14	-0,315

III. PLANCHER SUR VIDE SANITAIRE

Pour l'isolation du plancher sur le vide sanitaire, nous avons choisi des panneaux de polyuréthane d'épaisseur 100mm. Ces panneaux ont une mise en œuvre facile et rapide puisqu'il se manipule aisément et se découpe facilement et proprement.

De plus, cette isolation permet d'améliorer la résistance thermique du sol ainsi que le confort intérieur car le sol ne sera plus aussi froid. Cette solution sera accompagnée de la pose d'un parquet contrecollé de 10mm sur les panneaux de polyuréthane. La pose du parquet est flottante donc on n'a pas besoin de sous couches ni des adhésions au sol.



Matériau	Résistance thermique (m ² K/W)	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
Polyuréthane + parquet	4,65	4255,22	7737,74	574,41	7,4	-0,3183

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :

Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
28,34	23,76	673,44

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'isolation avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
6900,12	7737,74	574,41	12	-0,3183

IV. FENETRES ET BAIES VITREES

Pour l'isolation des fenêtres et baies vitrées, nous avons choisi de les remplacer et d'installer des fenêtres et des baies vitrées de double vitrage avec menuiserie en PVC. En effet le simple vitrage a des performances acoustiques et thermiques très faibles. L'installation d'un double vitrage permet d'améliorer la performance thermique et même acoustique de la maison. Ainsi le confort des occupants est amélioré. Cependant la mise en place des fenêtres et des portes est assez complexe.

Matériau	Conductivité thermique (W/ m ² K)	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
Fenêtres et baies vitrées double vitrage	1,3	1179,90	1386,48	102,93	11,5	-0,0570

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :

Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
45	27	1215

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'isolation avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
2394,9	1386,48	102,93	23,3	-0,0570

V. MUR ZONE DE VIE SUR GARAGE

Pour l'isolation des murs de la zone de vie qui donnent sur le garage, nous avons choisi de faire une isolation par l'intérieur (partie qui donne sur la zone de vie) avec des panneaux en laine de verre de 120mm (épaisseur total de 155mm). Il faut prendre en compte que la maison a deux murs qui donnent



sur le garage : séjour (pièce sèche) et buanderie (pièce humide). La différence entre ces deux murs sera la plaque de plâtre. Dans le cas de la buanderie, ce sera une plaque hydrofuge. L'installation de l'isolation fera perdre une partie de la surface habitable mais comme cela concerne seulement deux murs, les pertes sont faibles. De même, il faut prendre en compte que la mise en place de l'isolation risque de gêner les habitants pendant la durée des travaux.

Matériau	Résistance thermique (m ² K/W)	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
Laine de verre	3,75	623,31	1647,82	122,33	5,1	-0,0678

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :

Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
27,41	4,62	126,63

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'isolation avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
1049,92	1647,82	122,33	8,6	-0,0678

VI. REPRISE DE L'ETANCHEITE DE L'AIR

Nous avons considéré que, grâce aux travaux proposés pour chaque partie de la maison, le taux de renouvellement de l'air était divisé par 2. En effet, les travaux proposés permettent de diminuer les flux et les infiltrations d'air parasite. Toutefois, le renouvellement de l'air s'avère nécessaire afin de garantir la qualité de l'air stipulée dans les normes. Pour cela, il est pertinent d'installer une ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux. Ainsi, le confort thermique et la qualité de l'air sont assurés.

Matériau	Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
Etanchéité de l'air + VMC	1130,5	4018,93	298,35	3,8	0

Par rapport à la main d'œuvre les coûts sont :

Prix unitaire (€/h)	Temps nécessaire (h)	Investissement financière (€)
28,58	4,65	139,2

D'après ces chiffres, le prix total hors taxes de l'installation du VMC avec les frais de chantier, les frais généraux, les bénéfices et aléas est :

Investissement financière (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U _{bat} (W/m ² K)
1880,88	4018,93	298,35	6,3	0



BOUQUETS DE TRAVAUX

Afin de diviser par deux la facture énergétique et de respecter les seuils de performance de la réglementation thermique en ayant un temps de retour brut inférieur à dix ans, nous proposons trois bouquets de travaux.

I. PREMIER BOUQUET

La première solution que nous proposons est d'isoler les combles et les murs de la zone de vie sur l'extérieur de la maison avec les solutions proposées précédemment. L'isolation sera aussi accompagnée de l'installation du VMC pour améliorer la qualité de l'air intérieur. Cela nous permet d'obtenir les consommations suivantes :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Premier bouquet	12666,9	22793,9	1692,12	7,5	-0,7734

Cependant, on peut obtenir les travaux d'isolation de combles pour 1€ car la propriétaire de la maison a des revenus inférieurs à 18960€, sa maison se trouve dans la région H2, l'isolant a une résistance thermique supérieure à 3 m²k/W et le professionnel qui fera les travaux est certifié RGE. Les chiffres précédents deviennent donc :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Premier bouquet	9887,12	22793,9	1692,12	5,8	-0,7734

Le temps total des travaux est estimé à 50 heures. Sachant que le temps de travail pendant une semaine est de 35 heures (7h/jour), la durée totale des travaux s'étalerait sur 1 semaine et deux jours.

II. DEUXIEME BOUQUET

La deuxième solution que nous proposons est d'isoler les combles et le plancher sur le vide sanitaire de la maison avec les solutions proposées précédemment. L'isolation sera également accompagnée de l'installation du VMC. Cela nous permet d'obtenir les consommations suivantes :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Deuxième bouquet	11561,8	22880,7	1698,55	6,8	-0,7767

Pour ce bouquet on peut également obtenir les travaux d'isolation de combles pour 1€. Les chiffres précédents deviennent donc :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Deuxième bouquet	8782	22880,7	1698,55	5,2	-0,7767

Le temps total des travaux est estimé à 34 heures. Sachant que le temps de travail pendant une semaine est de 35 heures (7h/jour), la durée totale des travaux s'étalerait sur 1 semaine.



III. TROISIEME BOUQUET

La troisième solution que nous proposons est d'isoler les combles, les murs de la zone de vie donnant sur le garage et de changer toutes les baies vitrées et fenêtres avec les solutions proposées précédemment. L'isolation sera également accompagnée de l'installation du VMC. Cela nous permet d'obtenir les consommations suivantes :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Troisième bouquet	8106,52	18177,2	1349,4	6	-0,5832

Pour ce bouquet on peut également obtenir les travaux d'isolation de combles pour 1€. Les chiffres précédents deviennent donc :

Bouquet	Investissement financière HT (€)	Gains énergétiques (kWh/an)	Gains financières (€/an)	Temps de retour brut (ans)	Impact U_{bat} (W/m ² K)
Troisième bouquet	5326,7	18177,2	1349,4	4	-0,5832

Le temps total des travaux est estimé à 42 heures. Sachant que le temps de travail pendant une semaine est de 35 heures (7h/jour), la durée totale des travaux s'étalerait sur 1 semaine et un jour.

CONDITIONS DE FINANCEMENT

I. PREMIER BOUQUET

Le premier bouquet consiste à réaliser l'isolation de :

-  Les combles
-  Les murs de la zone de vie sur l'extérieur
-  L'étanchéité de l'air plus l'installation d'un VMC

Le montant de ces rénovations est de 9887,12€ HT.

Cette facture peut être diminuée avec diverses aides de l'état et des collectivités.

Le **crédit d'impôt pour la Transition Energétique** (CITE) permet de déduire de son impôt une partie des dépenses de rénovation sans condition de ressources, aussi bien pour des locataires que des propriétaires occupants du logement. Le cas d'étude respecte les conditions d'application de ce crédit, tant par la situation de l'occupant que par le type de logement : résidence principale, maison individuelle construite depuis plus de 2 ans. Si le crédit d'impôt dépasse le montant de l'impôt alors l'excédent est remboursé. Il ne s'applique qu'après l'application des autres aides et primes.

De même, les matériaux choisis respectent les contraintes exigées pour bénéficier de cet impôt. Pour l'isolation des combles nous utilisons de la laine de verre de résistance thermique $R = 10 \text{ m}^2\text{K/W}$, supérieure au minimum de $4,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ exigé sur les logements rénovés. Pour l'isolation des murs, nous avons choisi du polystyrène de 140mm donnant une résistance de $3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($\geq 2,9 \text{ m}^2\text{K/W}$).

Enfin, l'entreprise qui réalisera les travaux et qui fournira les matériaux a le label « Reconnus Garant de l'Environnement » ou RGE. Cela remplit la dernière condition du CITE.



A proximité de Roussillon, nous avons localisé plusieurs entreprises bénéficiant du label RGE, susceptibles de réaliser les travaux. C'est le cas notamment d'ISOLATION SUD, située à 46 km (Le Pontet), spécialisée dans l'isolation des murs, du plancher et du toit, ou encore de Leroy-merlin qui se situe dans la même ville.¹

L'**éco-prêt à taux zéro** utilise les mêmes critères techniques que le CITE et demande aussi un entrepreneur RGE. Le prêt concerne un bouquet de travaux comprenant au moins l'un des types de travaux éligibles ou doit atteindre une performance énergétique globale. La durée du prêt va de 3 ans à 10 ans (voire 15 ans dans le cas de rénovation très complexes) et ne doit pas dépasser 20000€ (pour les deux types de travaux éligibles dans ce bouquet) ou 30000€ (pour un bouquet qui permet d'atteindre une performance énergétique globale minimale). Pour bénéficier de l'éco-prêt il est nécessaire que le demandeur soit le propriétaire occupant d'un logement datant d'avant 1990. Il est possible de cumuler l'éco-prêt et le CITE sans conditions de ressources.

D'après les informations, l'occupante peut bénéficier de l'éco-prêt cumulé avec le CITE car son logement a été certainement construit avant 1990 et les travaux de ce bouquet (isolation des combles et des murs) sont éligibles.

La **TVA à taux réduit à 5.5%** concerne aussi bien les propriétaires que les locataires et s'applique à tous les matériaux et les équipements éligibles au CITE. Elle est directement appliquée par l'entreprise qui facture les travaux. Nous avons relevés des prix HT sur les sites des spécialistes du bâtiment donc il faudra calculer le montant de la TVA avec la réduction de 5,5%.

Pour ce bouquet le montant de la TVA est donc de 543,79€ pour un total de 10430,9€ d'investissement pour ce bouquet.

Le programme « **Habiter Mieux** » de l'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH) propose des primes « Aide à la Solidarité Ecologique » dépendant des revenus des ménages. Les propriétaires occupants sont éligibles, ce qui est le cas de l'occupante. Les travaux envisagés doivent améliorer la performance énergétique du logement d'au moins 25% ce qui est le cas de ce bouquet. Toutefois, les logements ne peuvent pas déjà bénéficier d'autres financements de la part de l'Etat (tels qu'un prêt à taux zéro). Cette prime devient donc moins intéressante. Pour cette raison on ne l'utilisera pas.

L'**exonération de la taxe foncière** concerne les propriétaires de logements achetés avant janvier 1989 et les équipements et travaux éligibles pour le CITE. L'exonération est d'une durée de 5 ans et elle peut aller de 50 à 100%. Le montant des travaux doit excéder 10000€ sur une année ou 15000€ sur trois années avant l'année d'application de l'exonération.

Pour ce bouquet on remplit toutes les conditions pour bénéficier de l'exonération de la taxe foncière.

Enfin, il est possible de bénéficier d'une **prime énergie** dont le montant est calculé selon les travaux envisagés, le département et l'énergie de chauffage. Les conditions pour en profiter sont proches de celle du CITE et elle est cumulable avec le CITE et l'éco-prêt.

Pour ce bouquet on peut bénéficier d'un montant de 20€/m² grâce à l'isolation des combles. Le montant de la prime est donc de 1760€ environ.

PLAN DE FINANCEMENT

Avec toutes ces informations, on peut construire un plan de financement conforme aux objectifs requis et aux hypothèses financières.

¹ <http://www.renoenergie.fr/annuaire/entreprises/recherche>



Pour rappel, il s'agit d'une propriétaire occupante dont les revenus mensuels nets sont de 1180€ et elle ne souhaite pas utiliser son épargne pour les travaux.

PRIX TRAVAUX PREMIER BOUQUET AVEC TVA A 5,5%	10430,9€
PRIME ENERGIE	- 1760€
SUBTOTAL	8670,9€
CREDIT D'IMPOT (30%)	- 2601,27€
TOTAL	6069,63€

Le montant restant on le financera avec l'éco-prêt à taux zéro pour une durée de 10 ans avec un montant à payer de 606,963€ par an. Il faut prendre en compte que la réduction de la facture énergétique sera de 1692,12€ avec ce bouquet et que la propriétaire aura une exonération partielle ou complet de la taxe foncière pendant 5 ans. Les économies financières sont donc plus importantes que l'investissement à faire.

II. DEUXIEME BOUQUET

Le deuxième bouquet consiste à réaliser l'isolation de :

- ▣ Les combles
- ▣ Le plancher sur le vide sanitaire
- ▣ L'étanchéité de l'air plus l'installation d'un VMC

Le montant de ces rénovations est de 8782€ HT.

Cette facture peut être diminuée avec diverses aides de l'état et des collectivités. Pour ce bouquet on pourra bénéficier de :

Le **crédit d'impôt pour la Transition Energétique** car les matériaux choisis respectent les contraintes exigées pour en bénéficier. Pour l'isolation des combles nous utilisons de la laine de verre de résistance thermique $R = 10 \text{ m}^2\text{K/W}$, supérieure au minimum de $4,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ exigé sur les logements rénovés. Pour l'isolation du plancher, nous avons choisi du polyuréthane d'épaisseur 100mm donnant une résistance de $4,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($\geq 2,7 \text{ m}^2\text{K/W}$).

De même, l'entreprise qui réalisera les travaux et qui fournira les matériaux a le label « Reconnus Garant de l'Environnement » ou RGE. Cela remplit la dernière condition du CITE.

A proximité de Roussillon, nous avons localisé plusieurs entreprises bénéficiant du label RGE, susceptibles de réaliser les travaux. C'est le cas notamment d'ISOLATION SUD, située à 46 km (Le Pontet), spécialisée dans l'isolation des murs, du plancher et du toit, ou encore de Leroy-merlin qui se situe dans la même ville.



L'**éco-prêt à taux zéro** car ce bouquet de travaux comprend l'un des types de travaux éligibles (isolation des combles). Dans ce cas l'éco-prêt sera de 10000€ car il n'y a qu'une solution qui est éligible.

La **TVA à taux réduit à 5.5%** car les matériaux et les équipements utilisés sont éligibles. Pour ce bouquet le montant de la TVA est donc de 483,01€ pour un total de 9265,01€ d'investissement pour ce bouquet.

Le programme « **Habiter Mieux** » mais on ne l'utilisera pas car il n'est pas cumulable avec d'autres financements de la part de l'Etat.

Enfin, il est possible de bénéficier d'une **prime énergie** pour un montant de 20€/m² grâce à l'isolation des combles et de 30€/m² grâce à l'isolation du plancher. Le montant de la prime est donc de 4400€ environ.

PLAN DE FINANCEMENT

Avec toutes ces informations, on peut construire un plan de financement conforme aux objectifs requis et aux hypothèses financières.

PRIX TRAVAUX DEUXIEME BOUQUET AVEC TVA A 5,5%	9265,01€
PRIME ENERGIE	- 4400€
SUBTOTAL	4865,01€
CREDIT D'IMPOT (30%)	- 1459,5€
TOTAL	3405,51€

Le montant restant on le financera avec l'éco-prêt à taux zéro pour une durée de 10 ans avec un montant à payer de 340,551€ par an. Il faut prendre en compte que la réduction de la facture énergétique sera de 1698,55€ donc les économies financières sont donc plus importantes que l'investissement à faire.

III. TROISIEME BOUQUET

Le troisième bouquet consiste à réaliser l'isolation de :

- ▣ Les combles
- ▣ Les murs de la zone de vie donnant sur le garage
- ▣ Les baies vitrées et fenêtres en les changeant
- ▣ L'étanchéité de l'air plus l'installation d'un VMC

Le montant de ces rénovations est de 5326,7€ HT.



Cette facture peut être diminuée avec diverses aides de l'état et des collectivités. Pour ce bouquet on pourra bénéficier de :

Le **crédit d'impôt pour la Transition Energétique** car les matériaux choisis respectent les contraintes exigées pour en bénéficier. Pour l'isolation des combles nous utilisons de la laine de verre de résistance thermique $R = 10 \text{ m}^2\text{K/W}$, supérieure au minimum de $4,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ exigé sur les logements rénovés. Pour l'isolation des murs, nous avons choisi de la laine de verre de 120mm donnant une résistance de $3,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($\geq 2 \text{ m}^2\text{K/W}$). Pour les baies vitrées et fenêtres, nous avons choisi des doubles vitrages donnant une conductivité de $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($\leq 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$).

De même, l'entreprise qui réalisera les travaux et qui fournira les matériaux a le label « Reconnus Garant de l'Environnement » ou RGE. Cela remplit la dernière condition du CITE.

A proximité de Roussillon, nous avons localisé plusieurs entreprises bénéficiant du label RGE, susceptibles de réaliser les travaux. C'est le cas notamment d'ISOLATION SUD, située à 46 km (Le Pontet), spécialisée dans l'isolation des murs, du plancher et du toit, ou encore de Leroy-merlin qui se situe dans la même ville et AFP 84 qui est une entreprise située à Orange, à 69km, spécialisée dans les travaux concernant les fenêtres, volets et portes extérieures.

L'**éco-prêt à taux zéro** car ce bouquet de travaux comprend deux des types de travaux éligibles (isolation des combles et des fenêtres et baies vitrées donnant sur l'extérieur). Dans ce cas l'éco-prêt sera de 20000€ car il y a deux solutions qui sont éligible.

La **TVA à taux réduit à 5.5%** car les matériaux et les équipements utilisés sont éligibles. Pour ce bouquet le montant de la TVA est donc de 292,97€ pour un total de 5619,67€ d'investissement pour ce bouquet.

Le programme « **Habiter Mieux** » mais on ne l'utilisera pas car il n'est pas cumulable avec d'autres financements de la part de l'Etat.

Enfin, il est possible de bénéficier d'une **prime énergie** pour un montant de 20€/m² grâce à l'isolation des combles. Le montant de la prime est donc de 1760€ environ.

PLAN DE FINANCEMENT

Avec toutes ces informations, on peut construire un plan de financement conforme aux objectifs requis et aux hypothèses financières.

PRIX TRAVAUX TROISIEME BOUQUET AVEC TVA A 5,5%	5619,67€
PRIME ENERGIE	- 1760€
SUBTOTAL	3859,67€
CREDIT D'IMPOT (30%)	- 1157,9€
TOTAL	2701,77€



Le montant restant sera financé avec l'éco-prêt à taux zéro pour une durée de 10 ans avec un montant à payer de 270,177€ par an. Il faut prendre en compte que la réduction de la facture énergétique sera de 1349,4€ donc les économies financières sont donc plus importantes que l'investissement à faire.

COMPARAISON DES DIFFERENTS BOUQUETS

	Bouquet 1	Bouquet 2	Bouquet 3
Prix total (euros)	6069.63	3405.51	2701.77
Temps (heures)	50	34	42
Gains énergétiques (kWh/an)	22793.9	22880.7	18177.2

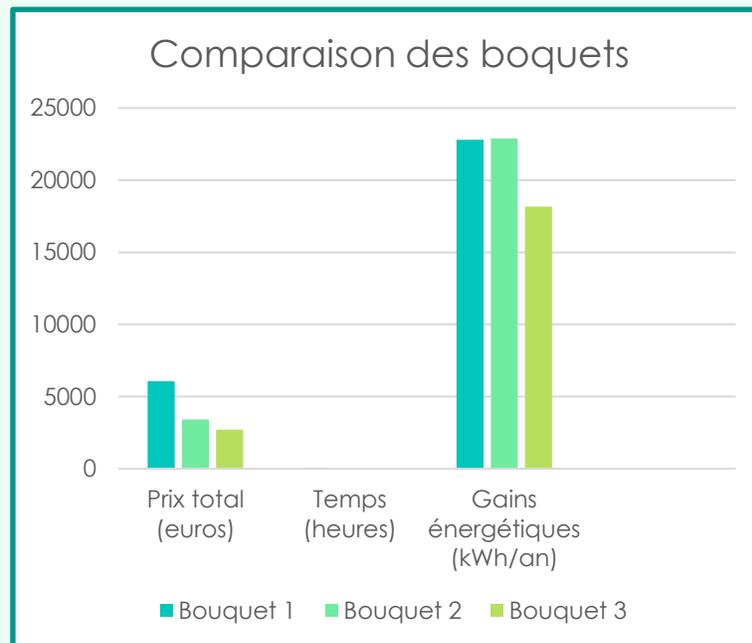


Figure 3. Comparaison des bouquets

Le premier bouquet est le plus cher et nécessite une durée de travaux la plus élevée. En revanche les gains énergétiques sont élevés ce qui est plutôt intéressant.

Le deuxième bouquet présente un coût plus faible que le premier et la durée des travaux est la plus faible. De plus, les gains énergétiques sont optimaux.

Le troisième bouquet est le moins onéreux. La durée des travaux est intermédiaire aux deux autres bouquets mais les gains énergétiques sont les plus faibles des trois bouquets.

CONCLUSION

En conclusion, le deuxième bouquet est le plus avantageux en matière de durée et de gains énergétiques, nous recommandons donc son implémentation.



REFERENCES

Base de données Batiprix Web. Consulté sur <http://web.batiprix.com/>

Bercy Infos. (2019, 22 janvier). Rénovation énergétique : les aides auxquelles vous pouvez prétendre. Consulté sur <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/aides-renovation-energetique>

Réglementation thermique. Consulté sur <https://www.rt-batiment.fr/>

SIMUL' 01 – CONSTRUCTION : Chiffrez vos projets en quelques clics. Consulté sur <http://oaa.leroymerlin.fr/Configurator/Index/AffConfigurator.do?action=home§eur=1>

L'ANNUAIRE N°1 DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE. Consulté sur <http://www.renoenergie.fr/annuaire/entreprises/recherche>

