

Recherche expérimentation :

CONNAÎTRE LE COÛT DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE EN OPAH

Rapport final - Décembre 2011

— SOMMAIRE —

Rappels sur le contexte de l'étude	5
1. Les motifs	5
2. La méthodologie	6
I. Les résultats de la PHASE 1 : étude quantitative des travaux de rénovation thermique	9
I.1. Objectifs, contenu et méthodologie de la phase quantitative	9
I.1.a. Objectifs et contenu	9
I.1.b. Méthodologie	10
I.2. Résultats généraux	10
I.2.a. Répartition selon le coût des travaux thermiques	10
I.2.b. Recours à une maîtrise d'œuvre	11
I.2.c. Étiquettes DPE et types de réhabilitations	11
I.2.d. Sauts de classe DPE selon le montant investi en travaux thermiques	12
I.2.e. Gain économique selon le montant investi	13
I.3. Coût total de la rénovation thermique	14
I.3.a. Performance énergétique et coût de la réhabilitation des logements issus du PUCA 1 ¹	14
I.3.b. Performance énergétique et coût de la réhabilitation des logements issus du PUCA 2 ²	16
I.3.c. Influence du type d'occupant (PO / PB (locataire en place), logement vacant)	18
I.3.d. Influence de la zone climatique (H1, H2, H3)	19
I.3.e. Influence de l'énergie initiale de chauffage	20
I.4. Coût total de la rénovation thermique	21
I.4.a. Répartition coût total/ coût connexe TOITURE	21
I.4.b. Répartition coût total/ coût connexe MURS	22
I.4.c. Répartition coût total/ coût connexe PLANCHER BAS	23
I.4.d. Répartition coût total/ coût connexe FENÊTRES	24
I.4.e. Répartition coût total/ coût connexe CHAUFFAGE-ECS	25
I.4.f. Répartition coût total/ coût connexe PROGRAMMATION-RÉGULATION	29
I.4.g. Répartition coût total/ coût connexe SOLAIRE THERMIQUE	31

¹ Étude « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH », 2009

² Étude « Connaître les coûts de la rénovation thermique en opération programmée » (*Objet du rapport*), 2011

II. Les résultats de la PHASE 2 : études de cas et modélisations de travaux	32
II.1. Les courbes et nuages de points obtenus EN MAISONS INDIVIDUELLES	32
II.1.a. Les gains d'énergie, selon les niveaux de performance étudiés	
II.1.b. Les montants de travaux considérés, selon les niveaux de performance étudiés	35
II.1.c. Les consommations et gains d'énergie selon les montants investis dans les travaux	39
II.2. Les courbes et nuages de points obtenus EN LOGEMENTS COLLECTIFS (appartements)	54
II.2.a. Les gains d'énergie, selon les niveaux de performance étudiés	54
II.2.b. Les montants de travaux considérés, selon les niveaux de performance étudiés :	56
II.2.c. Les consommations et gains d'énergie, selon les montants investis dans les travaux	60
III. Les principaux enseignements de la recherche	73
ANNEXES :	
1. Grille de recueil des coûts des chantiers	78
2. Notice explicative pour réaliser les modélisations	90
3. « Les coûts et les performances de la rénovation énergétique », note Anah (appuyée en partie sur la présente étude)	94

CONNAÎTRE LE COÛT DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE EN OPAH ET AMÉLIORER L'IMPACT DES TRAVAUX

Rappels sur le contexte de l'étude

1. Les motifs :

L'étude s'inscrit dans la lignée de la recherche-expérimentation « Évaluer et faire évoluer les performances énergétiques et environnementales des OPAH »³ Afin de compléter notre connaissance des rénovations thermiques et d'améliorer encore leur efficacité, elle se donne pour ambition de :

- Appréhender de façon fine, par type de cible (propriétaires occupants démunis et propriétaires bailleurs privés), par type de logement et de zone climatique, le coût de programmes de rénovation thermique globaux efficaces,
- Montrer que le coût permettant d'atteindre un bon niveau de performance thermique est affecté par la source d'énergie utilisée initialement pour le chauffage par le type de logement (maison ou appartement) et par la zone climatique,
- Distinguer dans le coût des travaux de rénovation la part qui relève d'une logique de remise en état ou de rénovation globale, de la part qui relève d'une préoccupation d'optimisation de la performance thermique,
- Calibrer les montants financiers nécessaires à la réalisation de tels programmes (pris en charge par les collectivités maîtres d'ouvrage des OPAH, par une systématisation du regroupement des CEE générés par les travaux...),
- Encadrer les coûts de ces travaux avec comme double objectif l'amélioration des préconisations de matériaux et équipements très performants et l'homogénéisation des pratiques des entreprises et artisans.

Elle porte sur des OPAH antérieures et postérieures à la mise en place des nouvelles aides en faveur de l'énergie de l'Anah (Programme Habiter Mieux), de façon à en évaluer l'impact sur les travaux réalisés.

³ Recherche expérimentation FNH&D/FNC Pact-Arim/Urbanis financée par le PUCA, coordonnée par l'Anah

2. La méthodologie :

La recherche est menée par les têtes des trois réseaux d'opérateurs : Habitat & Développement, Pact et Urbanis. La Fédération Nationale Habitat & Développement en assurera la coordination.

La méthodologie proposée s'appuie sur trois phases de travail complémentaires.

PHASE 1 – Étude quantitative des travaux de rénovation thermique

Cette première phase a permis de récolter et traiter des données chiffrées concernant les travaux de rénovation thermique (programmes de travaux, factures, devis) de :

- 136 logements ayant subi un DPE avant et après travaux réalisés par les équipes H&D. et rénovés entre 2007 et début 2010,
- 64 logements faisant l'objet de rénovation thermique dans le cadre d'OPAH « Habiter Mieux », c'est-à-dire bénéficiant du dispositif renforcé d'aide à la maîtrise de l'énergie.

Ces 64 logements ont au préalable subi un DPE avant travaux (édition des étiquettes de performance et mise au point du programme de travaux) et une simulation de DPE après travaux (sur la base des travaux listés dans le dossier de subvention Anah).

Les résultats de cette phase ont été fournis dans le rapport intermédiaire précédent.

PHASE 2 – Étude qualitative : études de cas et modélisations de travaux

Cette phase vise à comparer les coûts des programmes de travaux identifiés en phase 1, à ceux de chantiers plus ambitieux et efficaces (volume de travaux et saut de classe EP et GES importants), à comprendre et évaluer financièrement les marges de progrès.

Nous avons travaillé sur 30 chantiers jugés intéressants car conformes aux ambitions du programme Habiter Mieux (types de travaux, montants des chantiers...) mais perfectibles, achevés ou en cours, identifiés lors de la phase 1.

Une fois le coût réel de ces chantiers connu, deux projections de programmes de travaux permettant d'obtenir les étiquettes maximales au vu de l'état du logement avant travaux, ont été réalisées de façon à atteindre :

- **le niveau performant** : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de **160 kWh/m².an**, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

- **le niveau très performant** : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de **85 kWh/m².an**, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

(Cf. note explicative rédigée à l'attention des équipes opératrices, en annexe 1).

L'objectif de cette seconde phase est d'obtenir des programmes de travaux optimisés énergétiquement et techniquement, et chiffrés.

Elle sera également l'occasion de diffuser dans les trois réseaux d'opérateurs Habiter Mieux, des informations fiables pour mettre en œuvre des chantiers ambitieux et participer à un meilleur encadrement des prix pratiqués par les artisans.

Il s'agit d'optimiser leurs pratiques.

I. Les résultats de la PHASE 1

Étude quantitative des travaux de rénovation thermique

I.1. Objectifs, contenu et méthodologie de la phase quantitative :

I.1.a. Objectifs et contenu :

Le présent projet s'inscrit dans la lignée de la recherche-expérimentation « Evaluer et faire évoluer les performances énergétiques et environnementales des OPAH ».

L'étude a pour ambition de :

- Evaluer la qualité thermique des logements obtenue grâce aux aides de l'ANAH et de connaître le type de travaux y contribuant.
- Faciliter l'évolution des aides de l'ANAH pour agir contre la précarité énergétique
- Définir un cahier des charges d' « OPAH Energie idéale » à l'attention des Maitre d'Ouvrage

L'étude analysera les points suivants:

- Détermination par type de cible, par type de logement et par zone climatique, le coût de programmes de rénovation thermique globaux efficaces.
- Analyse du coût permettant d'atteindre un bon niveau de performance énergétique est affecté par la source d'énergie utilisée (chauffage) initialement, par le type de logement et par la zone climatique
- Distinction dans le coût des travaux la part qui relève de l'optimisation thermique et celle qui relève d'une remise en état ou rénovation globale du logement

Un focus sera réalisé sur les ménages identifiés en situation de précarité énergétique et les travaux effectués pour y remédier.

I.1.b. Méthodologie :

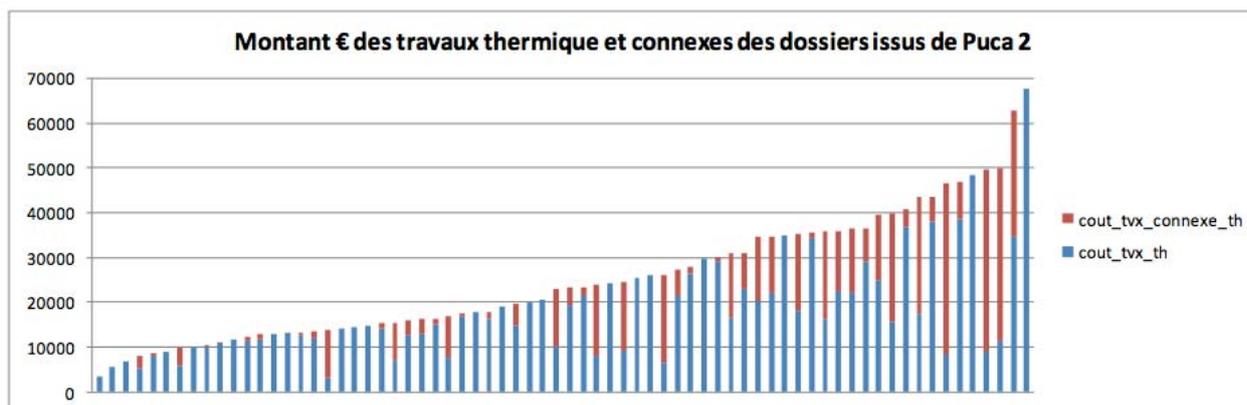
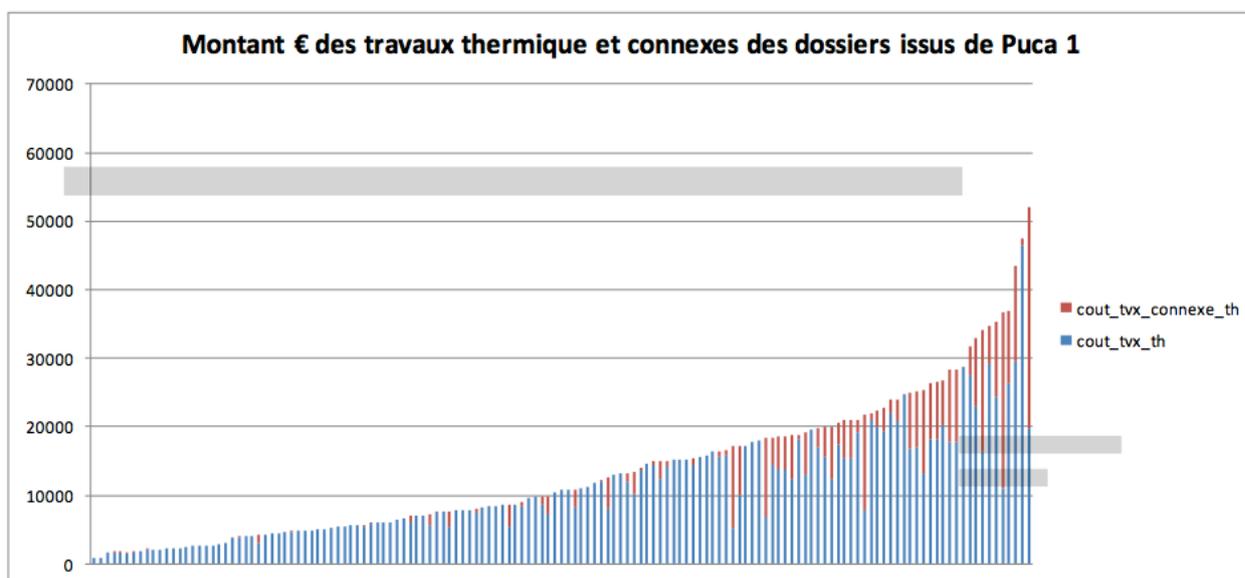
- Création de la grille de coûts en collaboration avec les 3 réseaux, permettant le traitement des informations recueillies par les opérateurs vers Access.
- Pré-remplissage des grilles avec les informations techniques issues de l'étude précédente « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH » pour les anciens DPE réalisés avant 2009,
- En parallèle, exportation des DPE réalisés dans la présente étude vers Access et pré-remplissage de la grille de coûts
- Récupération des tables dans Access de la part du réseau Urbanis - Création et analyse des

I.2. Résultats généraux :

I.2.a. Répartition selon le coût des travaux thermiques

Précautions :

- Dossiers de l'étude « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH », dite « Puca1 » ⇒ Taille de l'échantillon : 143
- Dossiers de la présente étude dite « Puca2 » ⇒ Taille de l'échantillon : 70
- Certains logements sont quasi identiques dans l'échantillon



On remarque une évolution croissante des coûts de travaux liés à la thermique, entre les anciennes et les nouvelles OPAH.

Les anciennes générations d'OPAH sont majoritairement inférieures à 20 000 € alors que quasiment la majorité des récentes OPAH atteignent au moins 20 000 €.

La corrélation avec l'évolution de performance énergétique est étudiée dans la suite du rapport.

I.2.b. Recours à une maîtrise d'œuvre

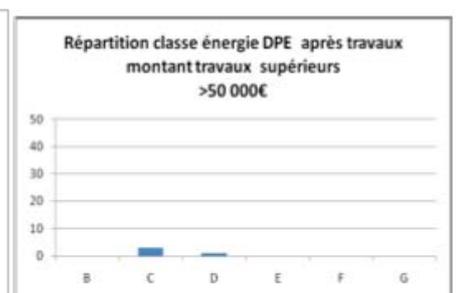
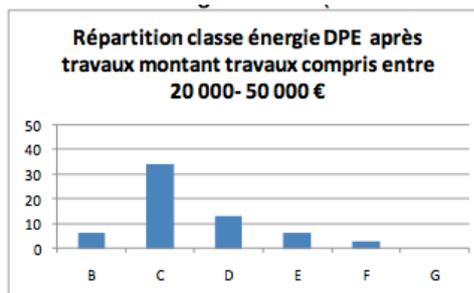
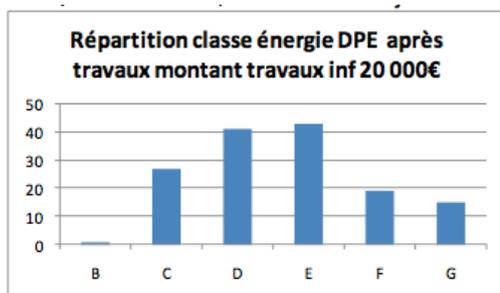
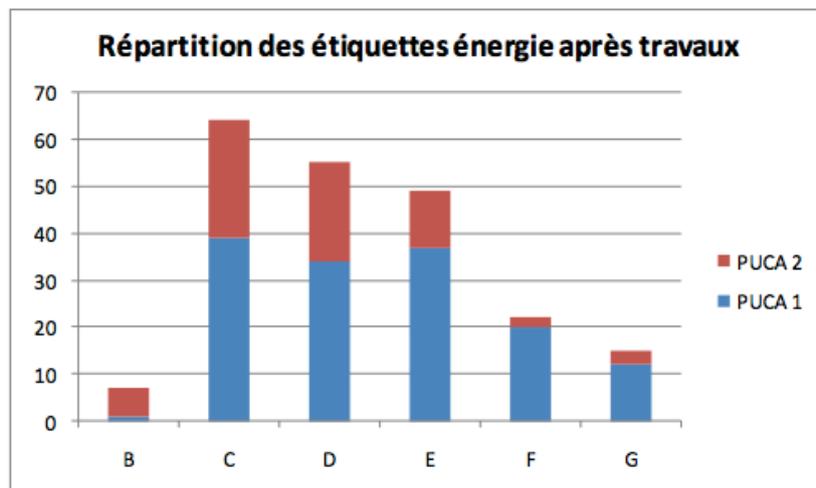
- Si le montant des travaux totaux (thermique et autres) est inférieur à 20 000€, le recours à la maîtrise d'œuvre est très faible voire inexistant.
- Si le montant des travaux est compris entre 20 000 et 50 000€, la maîtrise d'œuvre devient moins rare (26 dossiers sur 136).
- Si le montant des travaux est supérieur à 50 000€, la maîtrise d'œuvre devient systématique (44 dossiers).

I.2.c. Etiquettes DPE et types de réhabilitations

Précautions :

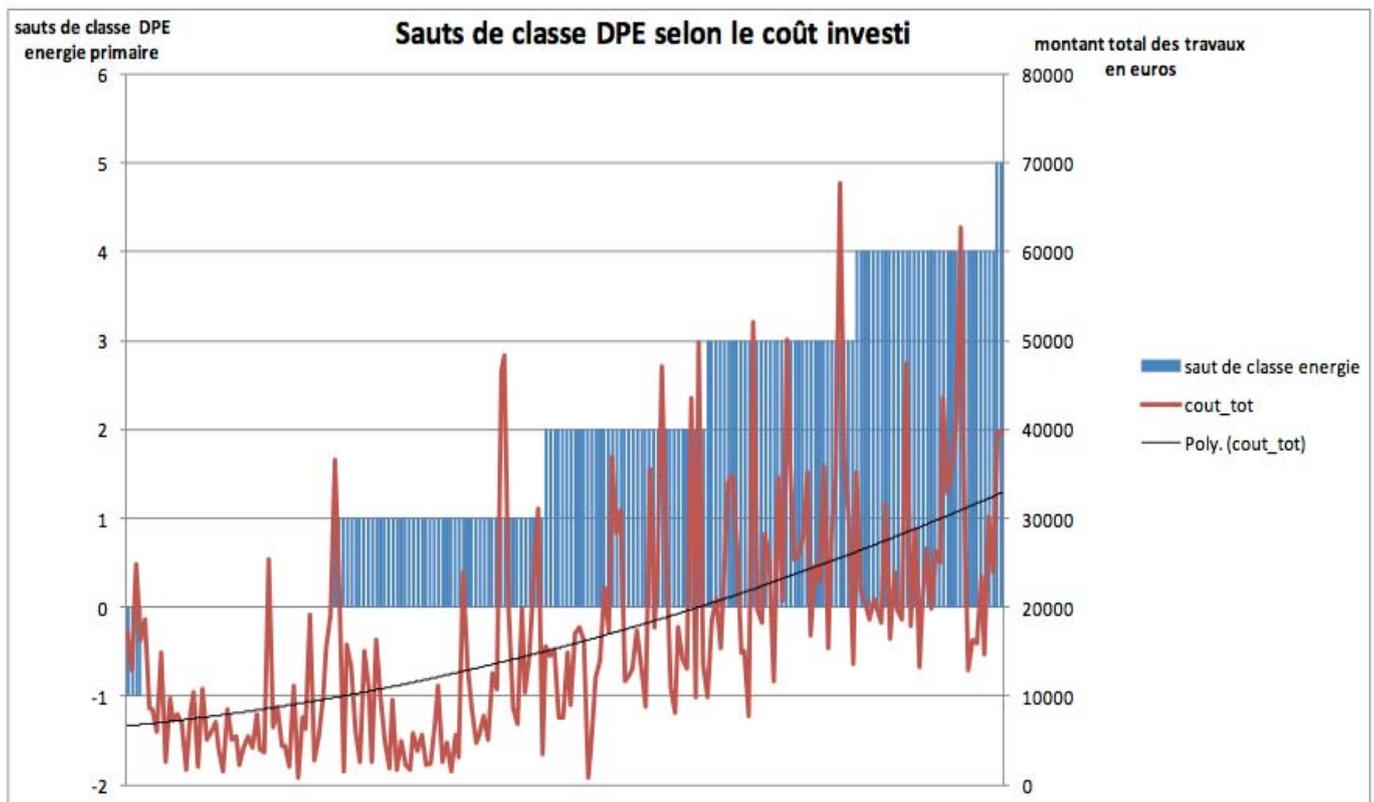
Le nombre de dossiers « Puca 2 » (analysés dans le cadre de la présente étude) est quasiment deux fois plus faible que les dossiers Puca1 (étude précédente « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH »). Il ne faut donc pas lire le graphe ci-dessous en comparant les valeurs absolues mais en comparant les tendances de répartition.

Ainsi, les classes B, C et D sont majoritaires en OPAH nouvelle génération (contre les classes C,D et E il y a quelques années).



A noter que l'échantillon est fortement représenté par les montants de travaux inférieurs à 20

I.2.d. Sauts de classe DPE selon le montant investi en travaux thermiques



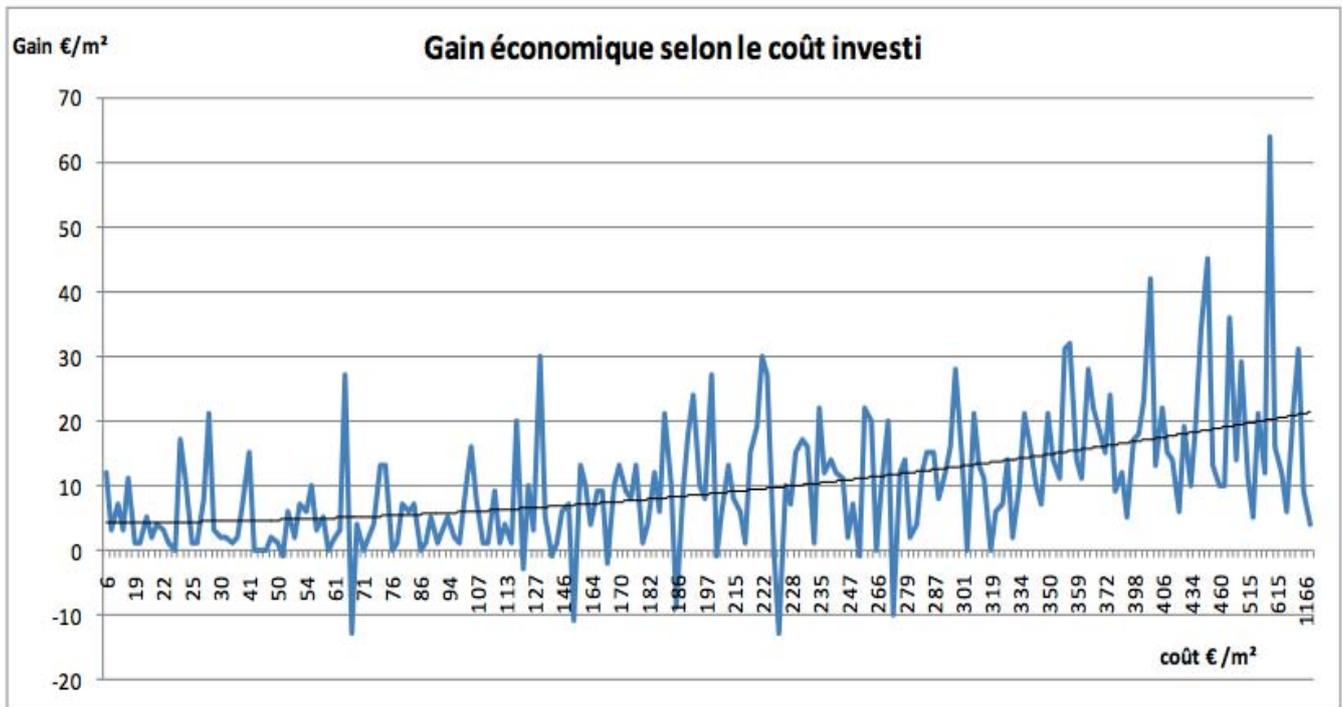
Ce graphe met en avant la corrélation entre coût investi et gain de classe DPE.

Selon la courbe de tendance, plus on investit, plus on gagne de classes (jusqu'à 6).

Toutefois, **attention à l'effet de seuil** car beaucoup de logements gagnent en énergie primaire et en confort, mais restent dans la même classe (du bas de la classe G au haut de la classe G par exemple).

Le changement d'énergie peut aussi faire baisser de classe d'énergie primaire

I.2.e. Gain économique selon le montant investi



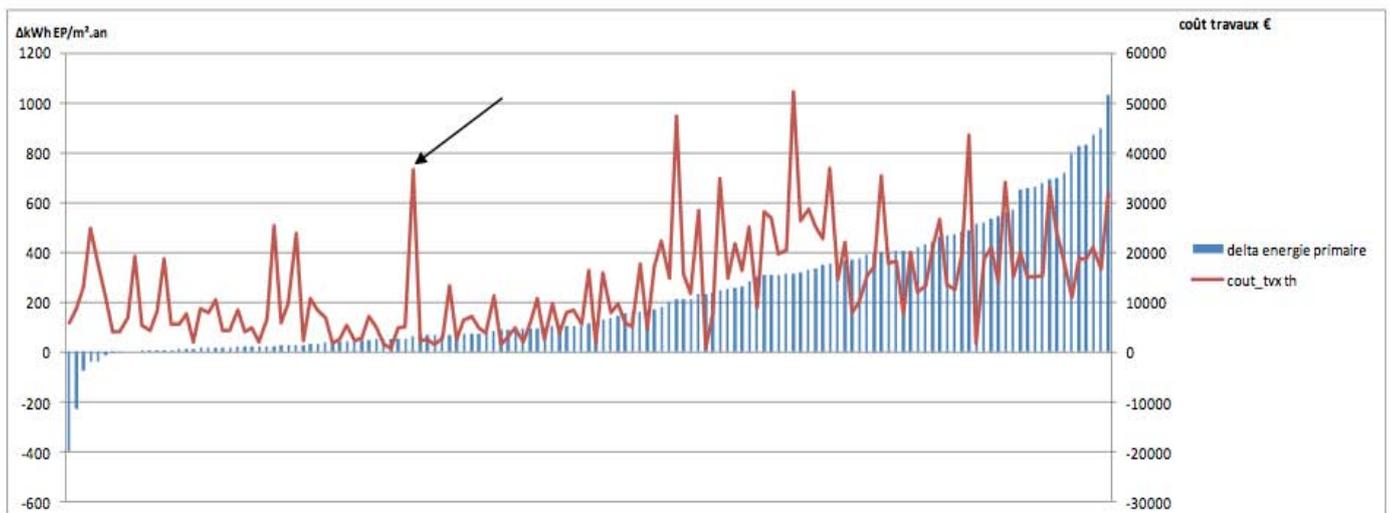
Ce graphe permet d'affiner et de corroborer le résultat précédent. En effet, la courbe de tendance montre que plus le coût investi est élevé, plus le gain économique augmente.

I.3. Coût total de la rénovation thermique

I.3.a. Performance énergétique et coût de réhabilitation des logements issus de l'étude précédente « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH » (dite PUCA1) :

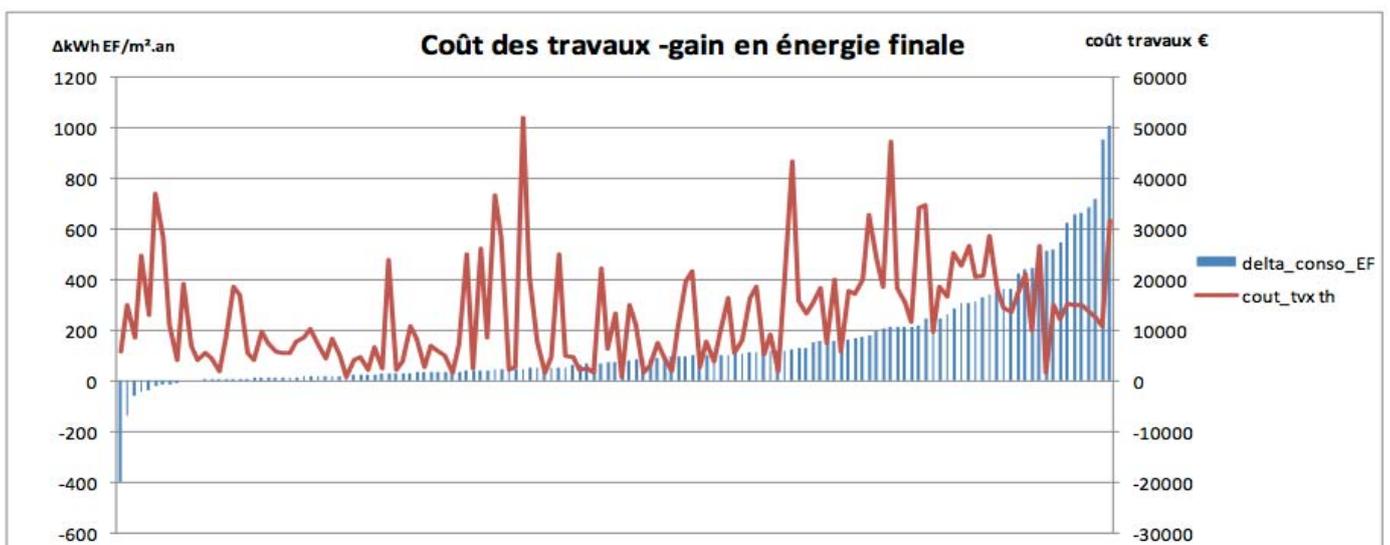
Cette requête vise à corréliser la performance énergétique du logement et les coûts de travaux associés, sur les logements d'anciennes OPAH (2007-2008).

⇒ *Economies en énergie primaire et coût de réhabilitation*



Le premier grand pic correspond à un coût de travaux thermique d'environ 37 000€ pour un gain en EP de 64 kWh/m².an. Cela s'explique par le passage du simple au double vitrage (coût important et gain théorique peu élevé) mais aussi car le chauffe bain gaz a été remplacé par un chauffe-eau électrique (donc plus de consommation en énergie primaire).

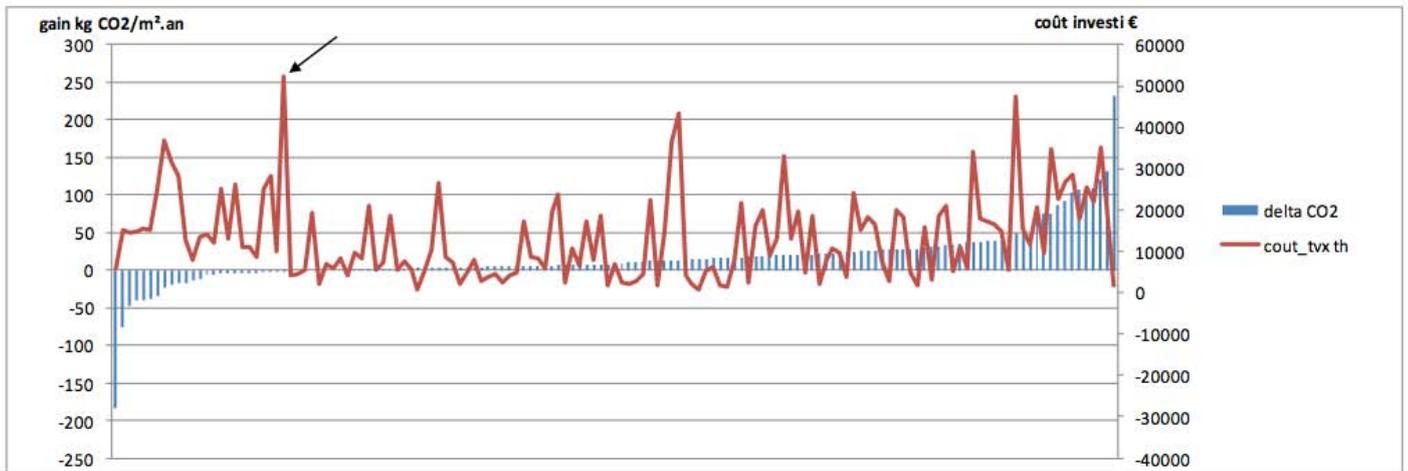
⇒ *Economies en énergie finale et coût de réhabilitation*



Il apparaît que les types d'énergie utilisées ont un impact fort : les logements qui passent de

l'électricité au gaz gagnent beaucoup en énergie primaire (coefficient 2,58 qui passe à 1) mais gagnent moins en énergie finale.

⇒ *Economies en émissions de GES et coût de réhabilitation*



On retrouve globalement la même tendance que dans le graphe de l'énergie finale, puisque les émissions de CO2 se calculent sur cette énergie.

Il est intéressant de faire un focus sur l'opération avec le coût d'investissement le plus élevé : les gains en énergies primaire et finale sont élevés, mais le gain en CO2 est très faible :

- A l'état initial, le chauffage est électrique et la ventilation naturelle,
- Après travaux, la ventilation devient mécanique hygroréglable de type B et le chauffage est assuré par une chaudière gaz condensation

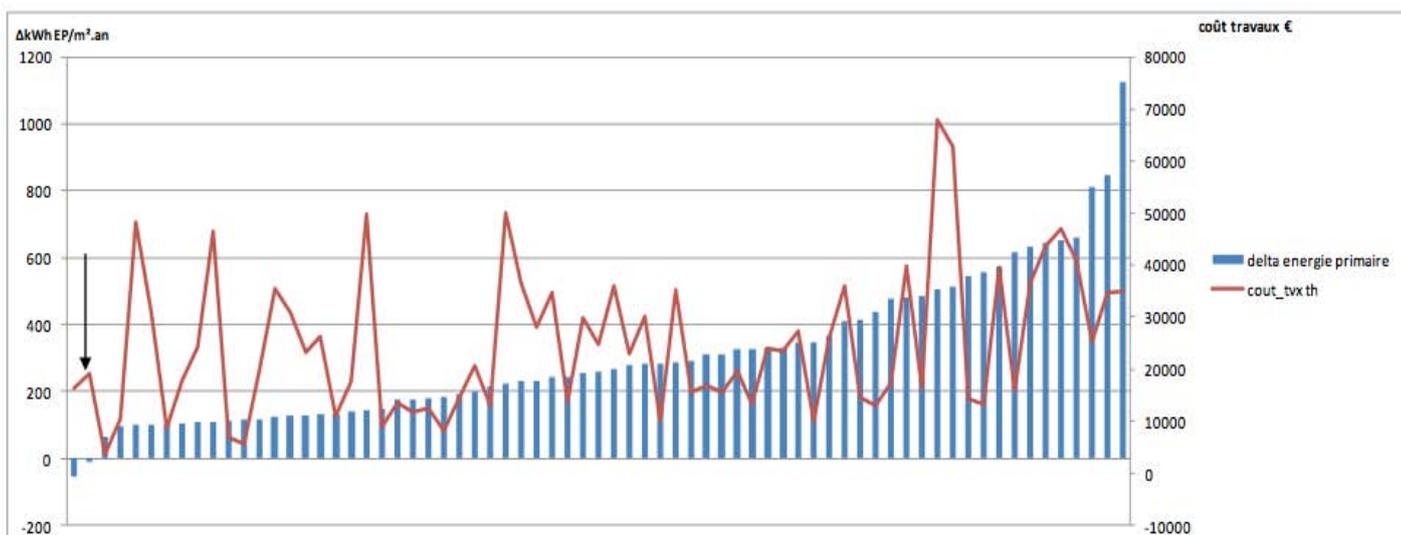
Ainsi, le logement est plus performant mais émet conventionnellement plus d'émissions de gaz à effet de serre (coefficient 0,080 kgCO2/kWh pour l'électricité contre 0,234 kgCO2/kWh pour le gaz).

A travers ces 3 graphes apparaît une tendance forte : le remplacement du système de chauffage masque la nécessité du recours à l'isolation.

I.3.b. Performance énergétique et coût de réhabilitation des logements issus de l'étude actuelle « Connaître les coûts de la rénovation thermique en opération programmée » (dite PUCA2) :

Cette requête a pour but de corréler la performance énergétique du logement et les coûts de travaux associés, sur les logements d'anciennes OPAH (2009)

⇒ *Economies en énergie primaire et coût de réhabilitation*

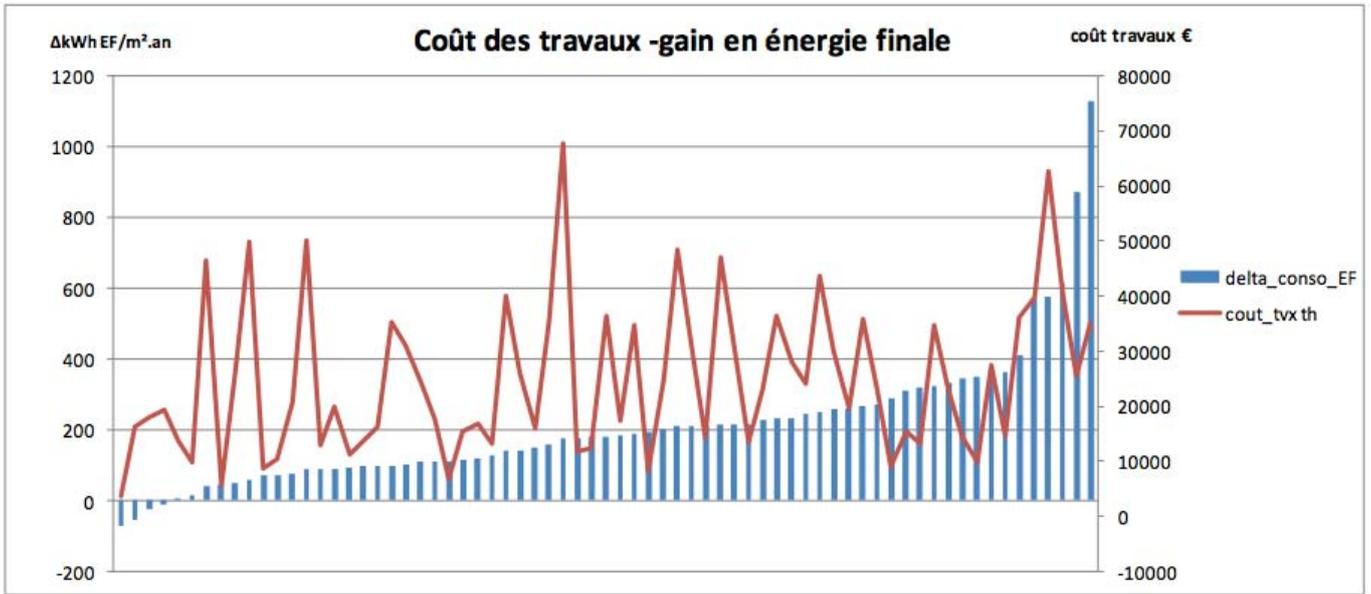


Focus sur un dossier (fléché) :

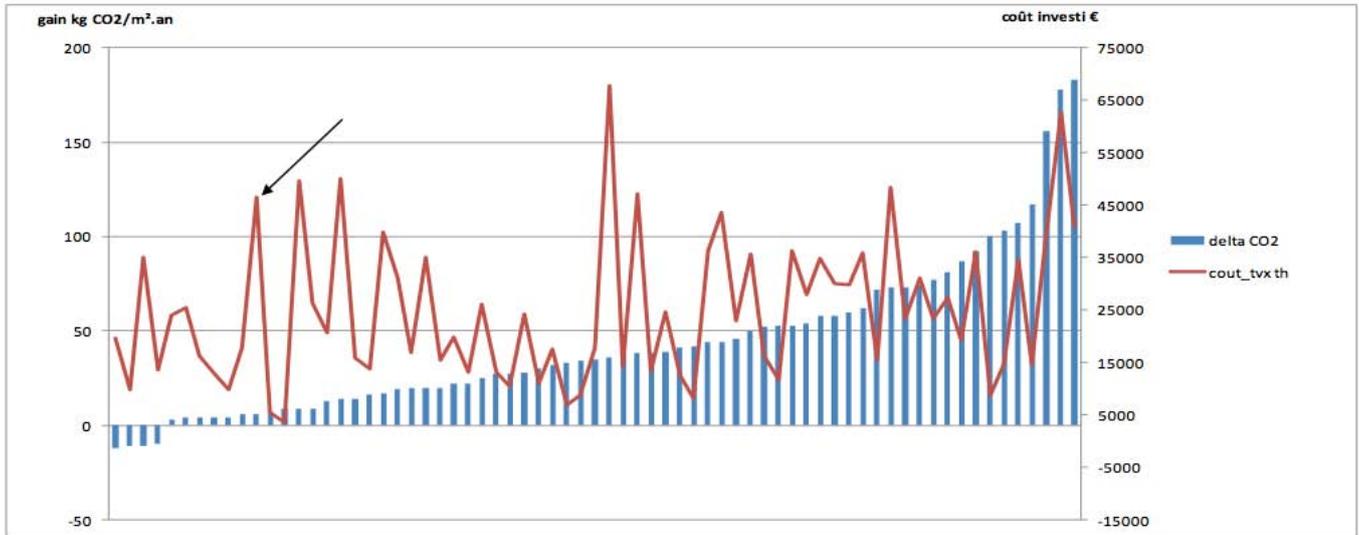
Pour environ 20 000€ de travaux, le gain en énergie primaire est négatif.

Les travaux d'isolation en combles aménagés et sur terre plein amènent des gains énergétiques mais qui sont « masqués » par le passage d'une chaudière gaz peu ancienne (posée entre 1988 et 2000) à une chaudière bois ayant un moins bon rendement.

⇒ *Economies en énergie finale et coût de réhabilitation*

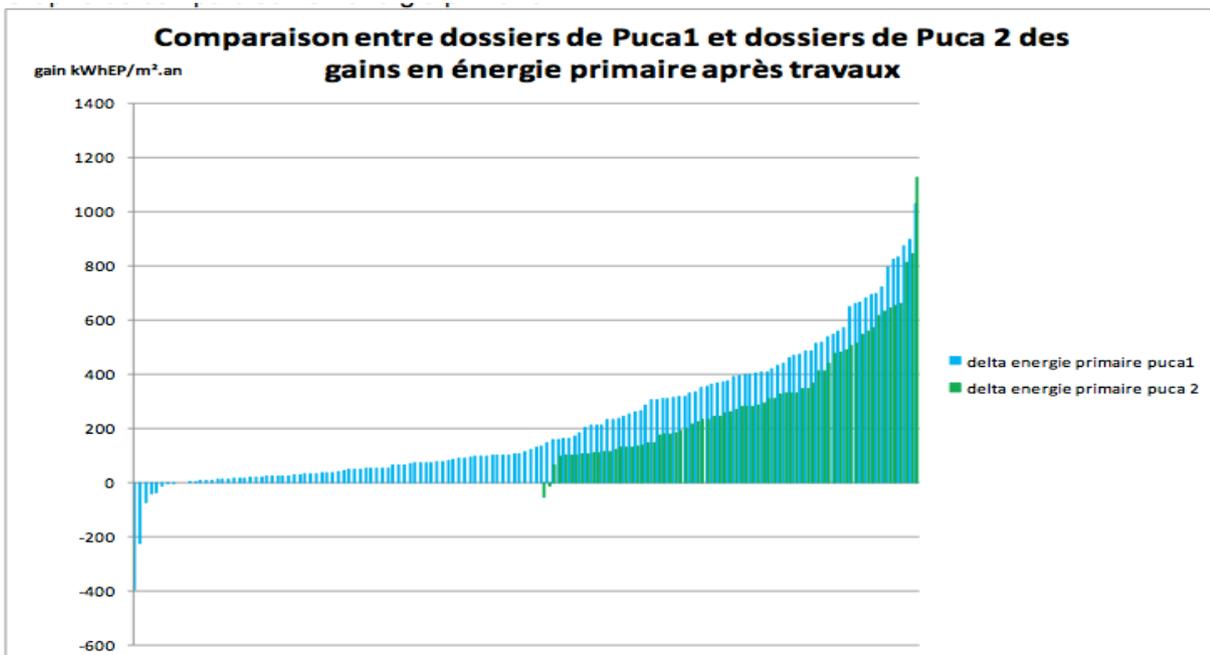


⇒ **Economies en émissions de GES et coût de réhabilitation**



En faisant un focus sur le dossier présentant un coût de travaux de l'ordre de 46 000€ pour un gain de 6 kg CO2/m2.an, on s'aperçoit que l'isolation des murs, le passage de simple à double vitrage et le remplacement du chauffe-eau électrique n'amènent que peu de réduction de gaz à effet de serre.

Les dossiers de l'étude sur les coûts de la rénovation thermique (dite PUCA 2) ont globalement un coût de travaux thermiques plus importants que les dossiers de l'étude précédente « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH » (dite Puca1), pour des gains énergétiques eux aussi plus élevés (très peu de gains « négatifs » en Puca2).



Il est intéressant de constater que les OPAH de la présente étude (Puca 2), donc plus récente, sont un peu moins performantes en valeur absolue mais elles sont plus nombreuses à avoir des gains supérieurs à 100 kWhEP/m2.an

I.3.c. Influence du type d'occupant (PO / PB (locataire en place), logement vacant) :

Pour l'ensemble des opérations, la requête va montrer l'influence du type d'occupant sur les courbes « performance énergétique-coût de réhabilitation »

L'objectif est de comparer les 3 graphes entre eux :

- Les résultats de l'étude « Évaluer et faire progresser les performances énergétiques et environnementales des OPAH » (Puca1) sont confirmés : les travaux sont plus conséquents (coût investi plus élevé) en logements vacants et en PB que chez les PO
- Pour des petits montants, les gains ne sont pas élevés.

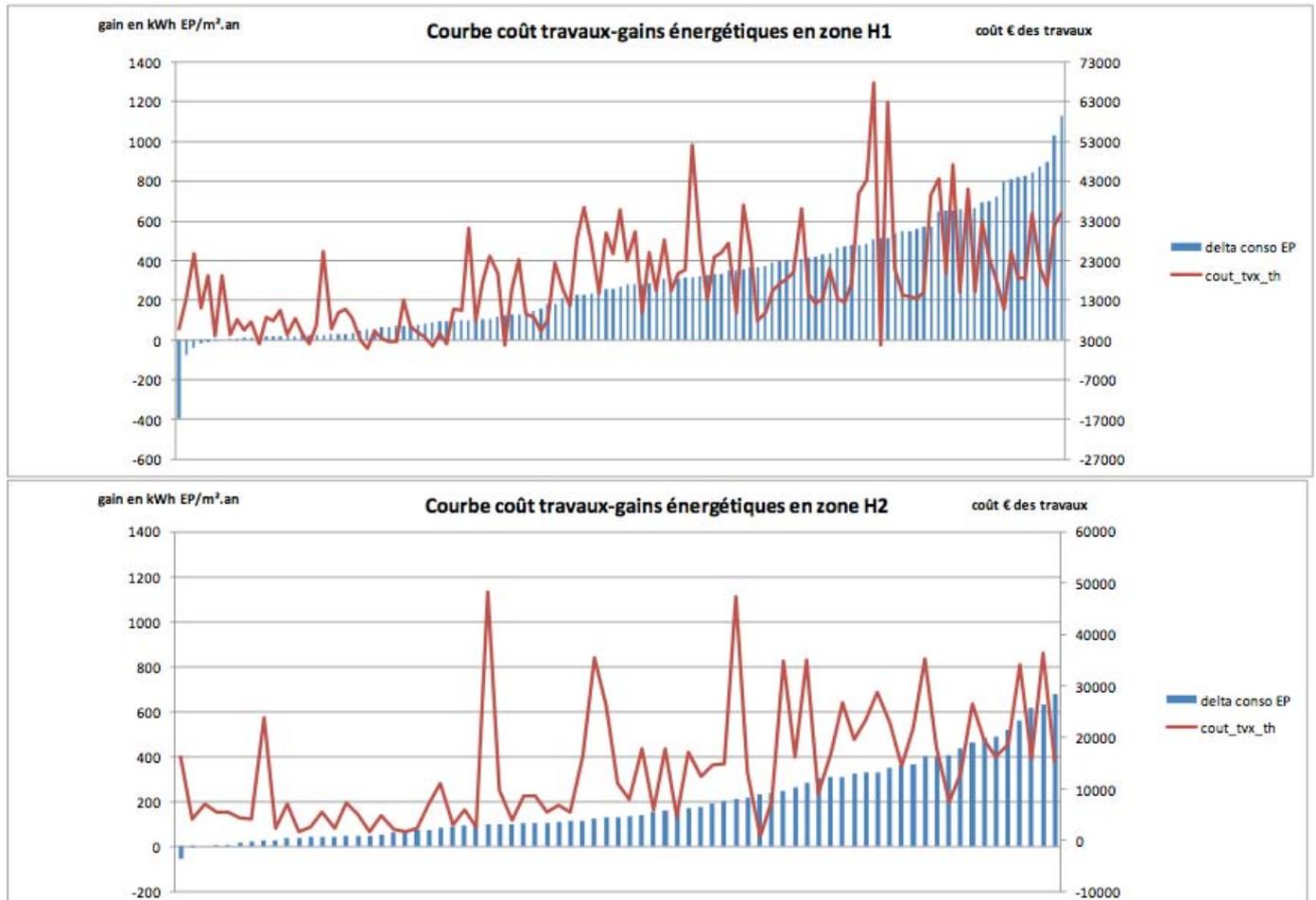
Une analyse rapide permet d'associer des gains à des montants de travaux correspondant à un type d'occupation :

Type occupation	Montant investi €	Gain en kWh EP	Coût du kWh EP/m ² gagné
PO	5 000 -15 000	30-100	150
PB	15 000- 50 000	100-300	185
Logements vacants	25 000- 80 000	300-700	200

Cette analyse macro montre bien que **les premiers kWh économisés sont les plus « faciles » à obtenir**. L'échantillon permet une représentativité satisfaisant de chaque catégorie : 46 logements vacants, 54 dossiers PO et 29 dossiers PB

I.3.d. Influence de la zone climatique (H1, H2, H3) :

Pour l'ensemble des opérations, la requête va montrer l'influence de la zone climatique sur les courbes « performance énergétique-coût de réhabilitation ».



Les graphes nous permettent de confirmer que les gains sont plus importants en zone H1, pour un même montant de travaux : pour 25 000€, on peut dépasser les 300 kWh/m² en zone H1 alors que ce seuil est atteint en zone H2.

L'échantillon permet une représentativité satisfaisante pour les zones climatiques H1 et H2 (respectivement 123 et 75 dossiers) mais la zone H3 est très peu représentée avec seulement 14 dossiers. Ceci n'est pas gênant puisque les logements en H3 sont minoritaires et ont plutôt comme principale préoccupation le confort d'été.

I.3.e. Influence de l'énergie initiale de chauffage :

Pour l'ensemble des opérations, la requête vise à montrer l'influence de l'énergie initiale de chauffage sur les courbes « performance énergétique-coût de réhabilitation »

Les logements en énergies de chauffage fuel et bois (seulement 16 et 13 respectivement) ne sont toutefois pas affichés vu le faible échantillon.

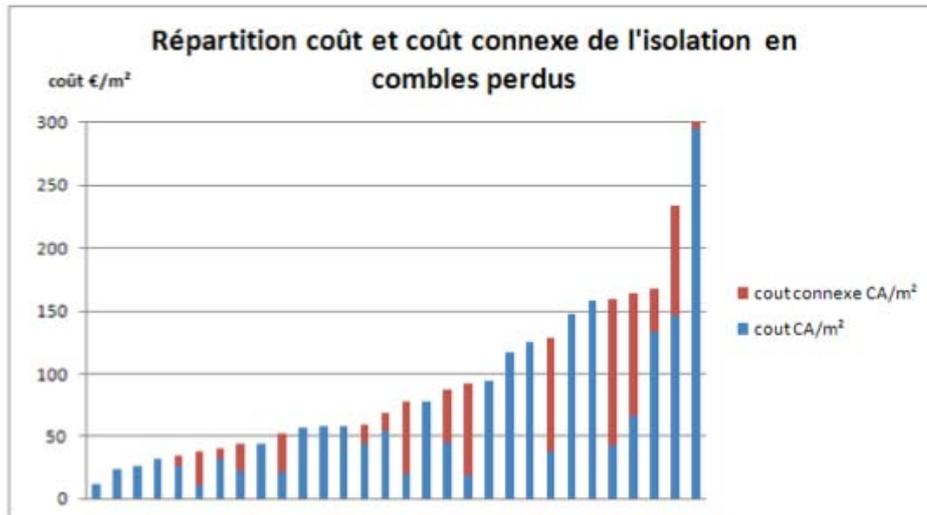
Les gains énergétiques sont plus faibles pour les logements déjà équipés de chaudière, plus ou moins performante que pour les logements avec un chauffage « direct » (facteur 2,58) En effet, la création d'un réseau d'eau chaude pour les logements en électrique à l'état initial représente un investissement important.

I.4. Détail des coûts par poste de travaux

I.4.a. Répartition coût total/ coût connexe TOITURE

Selon le type de combles :

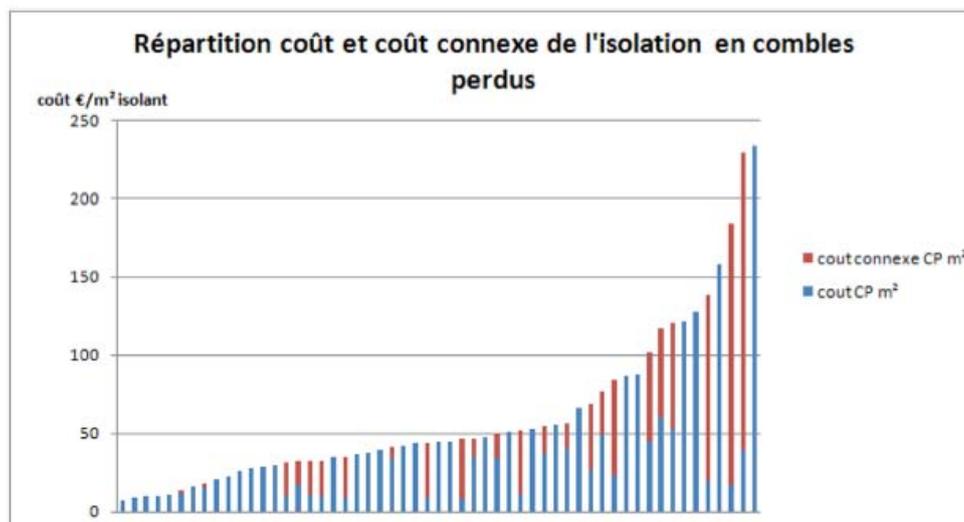
⇒ *Combles aménagés*



Le coût moyen total (coût « thermique » + coût induit) est de 93 €/m².

Le coût moyen de l'isolation seule est de 68 €/m², ce qui est cohérent et dans les ordres de grandeur connus. Par contre, les coûts induits sont relativement faibles (25€/m² en moyenne) pour ce type de travaux ayant des impacts sur le reste de la pièce (déplacements, finitions...)

⇒ *Combles perdus*



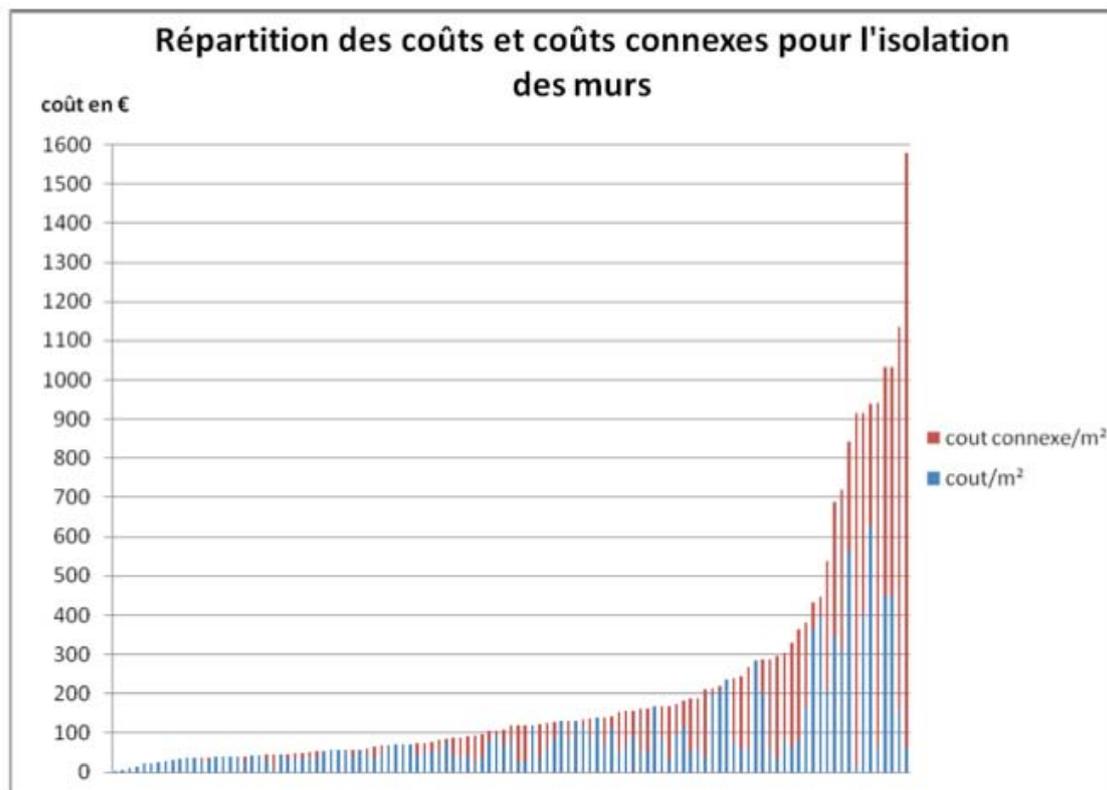
Le coût moyen total (coût « thermique » + coût induit) est de 60€/m². Certains coûts induits représentent une partie importante du coût total, alors que ce poste et la configuration du bâtiment ne devrait engendrer peu de coûts connexes. En effet, l'isolation de combles perdus a peu ou pas d'incidence sur d'autres postes. Des explications pourraient être le coût

supplémentaire lié à la dépose d'un ancien isolant, la difficulté de pose si des équipements sont déjà en place (caisson d'extraction de ventilation)...

Le coût moyen de l'isolation seule est de 41€/m², ce qui est cohérent et dans les ordres de grandeur connus.

I.4.b. Répartition coût total/ coût connexe MURS

L'isolation des murs a été renseignée comme isolation par l'intérieur dans la grande majorité.



Les coûts connexes sont majoritairement renseignés. Attention toutefois car à l'analyse des dossiers, il s'avère que des coûts sont indiqués alors qu'aucune prestation thermique n'est renseignée dans le logiciel DPE Win. Il y a peut être parfois des confusions sur le terme isolation des murs, qui pourrait comprendre par exemple une isolation acoustique ou un simple doublage de plâtre.

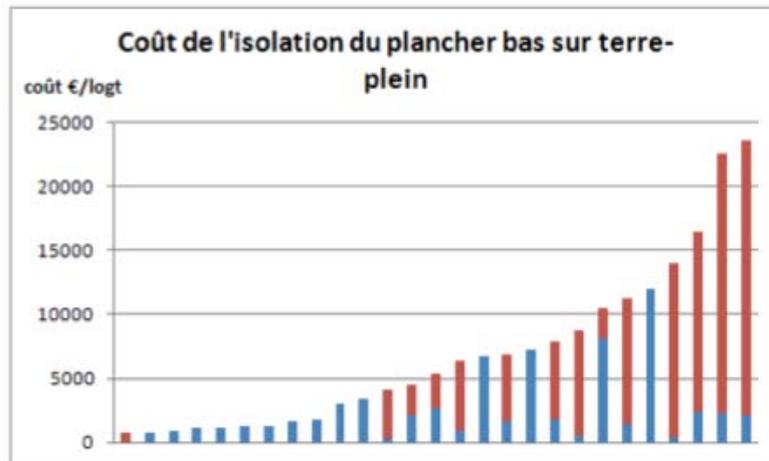
Le coût moyen d'isolation (coût « thermique » + coût induit) est de 210€/m². Le coût moyen « thermique » est de 100 €/m². Ce chiffre est assez élevé pour l'isolant et la pose uniquement... Le coût moyen d'isolation induit est de 110€/m².

I.4.C. Répartition coût total/ coût connexe PLANCHER BAS

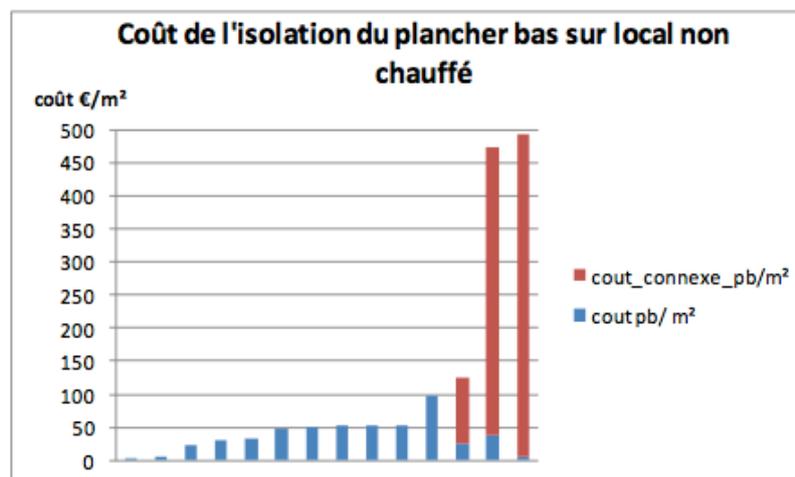
⇒ *Plancher bas sur terre plein*

Les surfaces de plancher ont été très peu saisies. Ainsi, les coûts ne peuvent être étudiés qu'au logement.

La moyenne de coût total est de 6 800€, ce qui semble justifié vu l'ampleur des travaux occasionnés. Les coûts connexes relativement importants sont aussi cohérents avec le poste de travaux et la configuration du logement (sur terre-plein).



⇒ *Plancher bas sur local non chauffé*

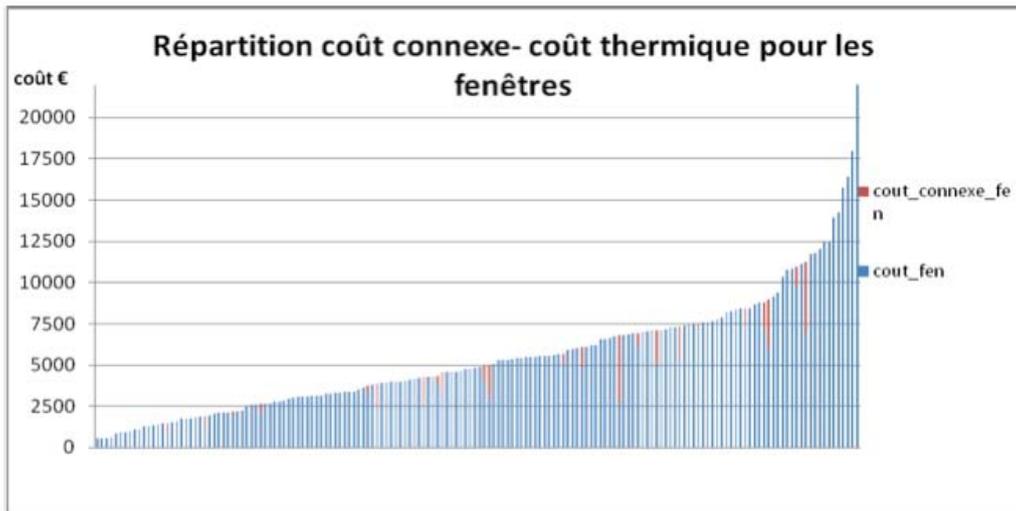


En moyenne, le coût est de 37€/m² pour l'isolation seule. Peu de coûts induits sont renseignés.

Cette valeur reflète bien l'ampleur des travaux. Les coûts induits peuvent être élevés, dès lors qu'il y a des équipements à déplacer.

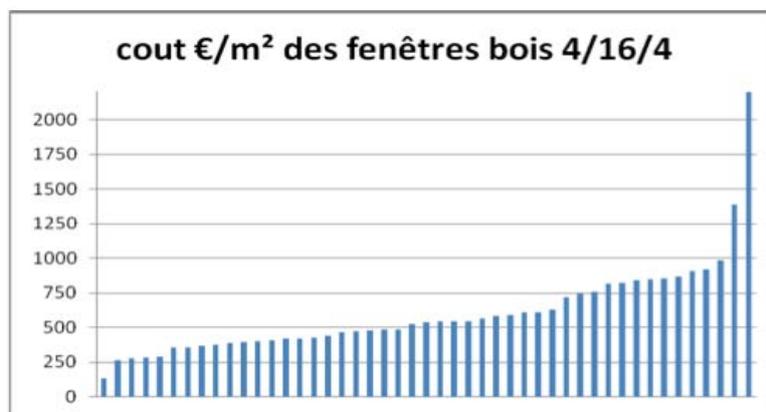
I.4.d. Répartition coût total/ coût connexe FENÊTRES

⇒ Général

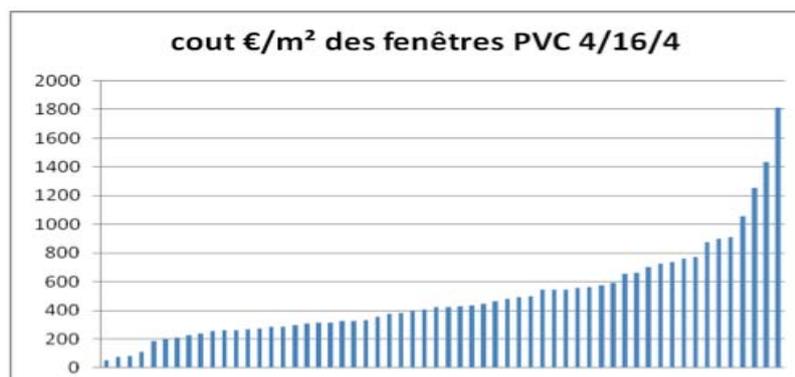


Les coûts connexes, en histogramme rouge, sont difficilement exploitables. Ils sont en effet peu renseignés donc peu représentatifs. Aucune tendance ne peut être dégagée.

⇒ *Menuiserie bois avec double vitrage 4/16/4 (remplissage argon et vitrage faiblement émissif)* : Le prix moyen de ce type de fenêtre est de **600€/m²**



⇒ *Menuiserie PVC avec double vitrage 4/16/4 (remplissage argon et vitrage faiblement émissif)* : Le prix moyen de ce type de fenêtre est de **500€/m²**

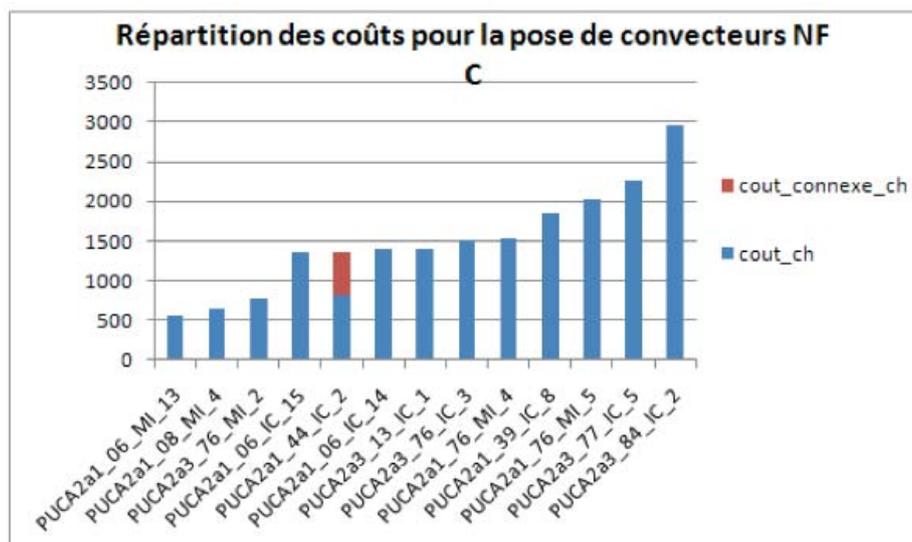


I.4.e. Répartition coût total/ coût connexe CHAUFFAGE-ECS

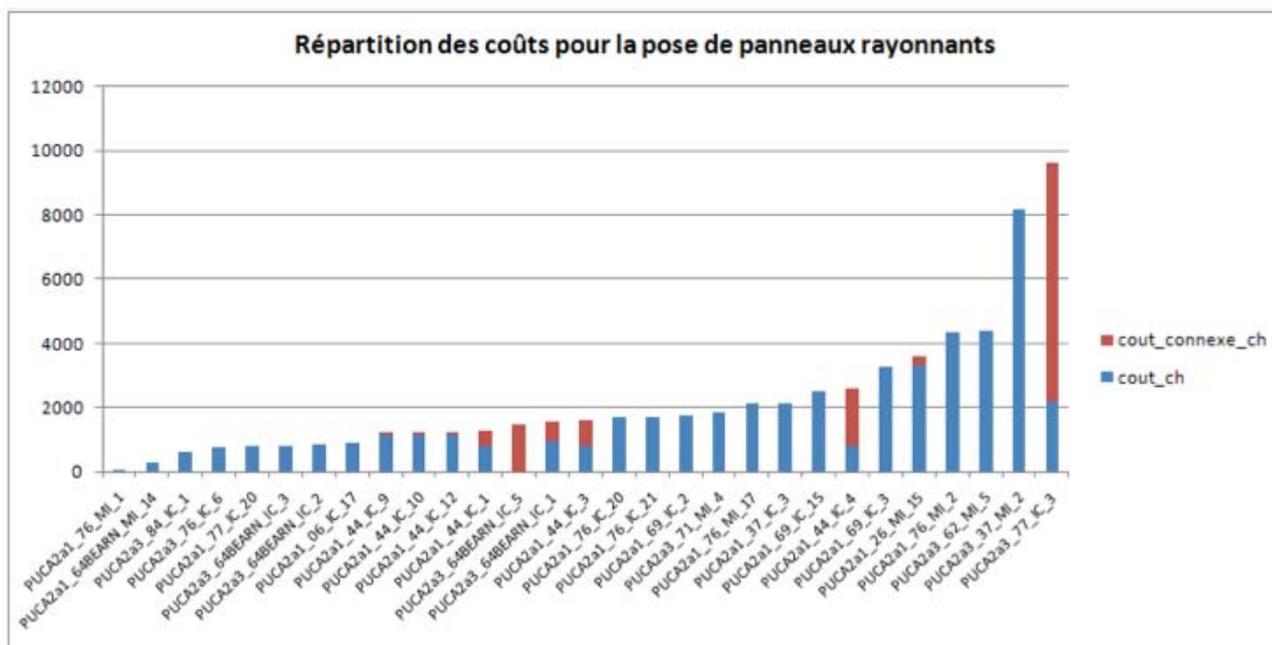
⇒ Convecteurs NF C

Certains logements gagnent en énergie en passant de vieux convecteurs à des convecteurs NF C. La répartition ci-dessous donne un coût au logement, mais il n'est pas possible de ramener le coût par convecteur, le nombre n'étant pas toujours renseigné. Les dossiers avec un coût plus important correspondent à un nombre de convecteurs plus importants.

Les coûts connexes, présents dans un dossier, sont inexistant ; ce qui reflète une majorité de travaux effectués.

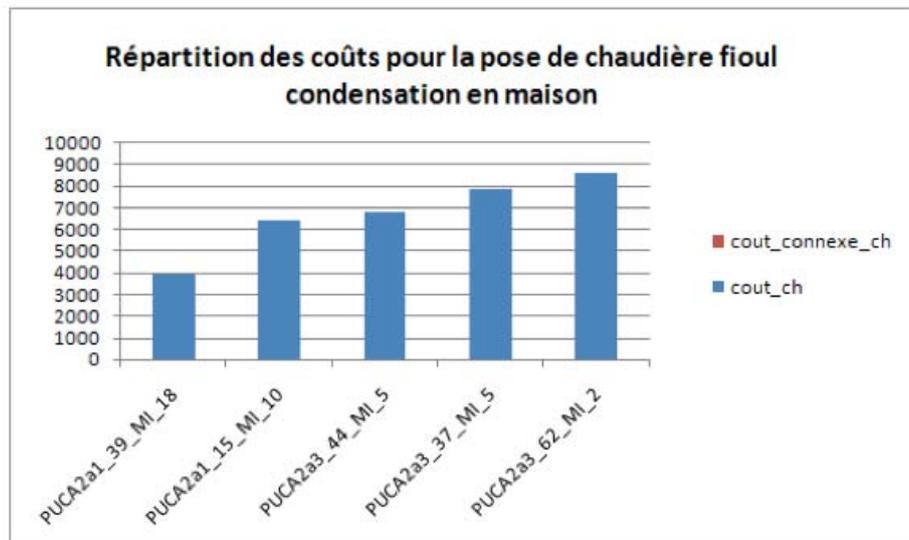


⇒ Panneaux rayonnants



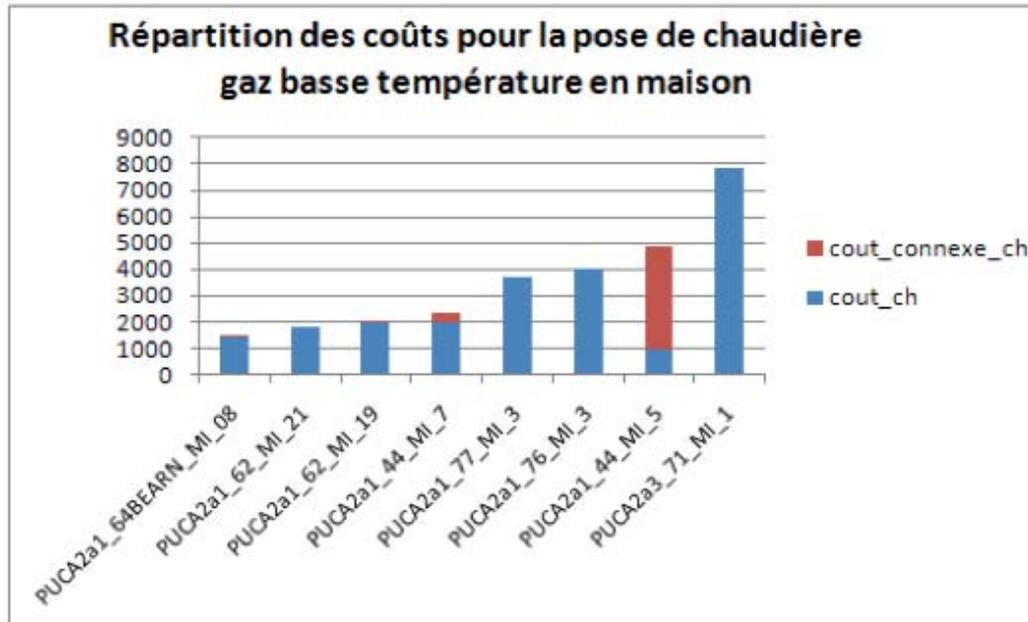
La même remarque que pour les convecteurs est applicable, le prix par émetteur n'est pas disponible. Les coûts connexes sont davantage renseignés mais paraissent élevés, compte-tenu du type de travaux réalisés.

⇒ Chaudière fioul condensation en maison



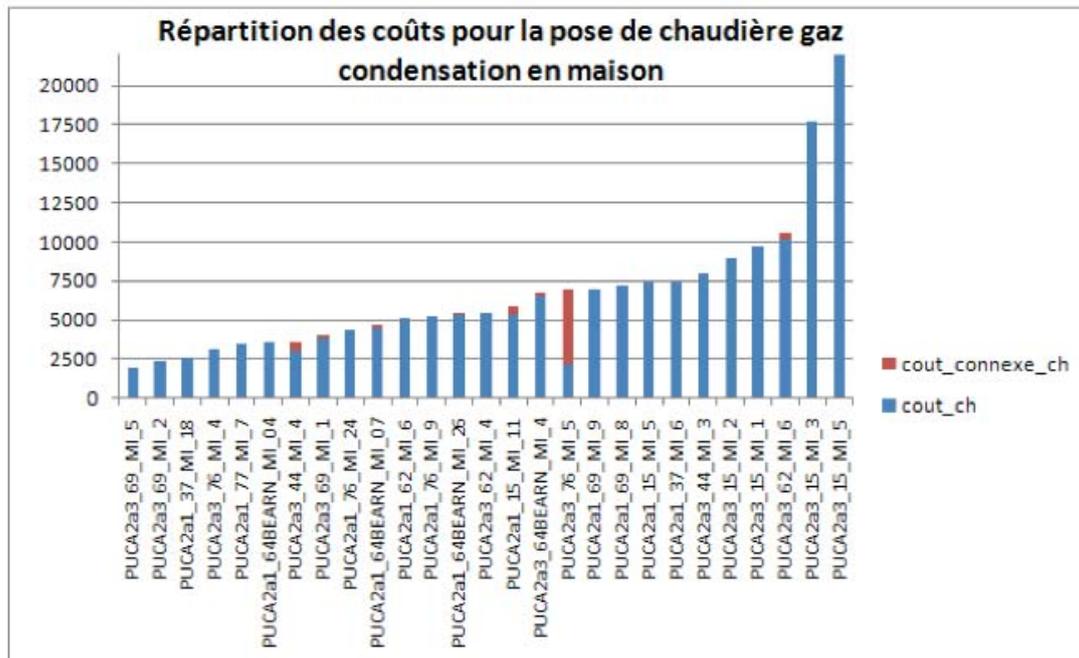
Certaines maisons isolées n'ayant pas accès au gaz, les chaudières fioul condensation peuvent s'avérer parfois une des solutions les plus performantes. Les prix fluctuent d'une maison à l'autre et cela peut être dû à la configuration du logement, à la création de réseau de distribution mais aussi à la localisation géographique.

⇒ Chaudière gaz basse température en maison



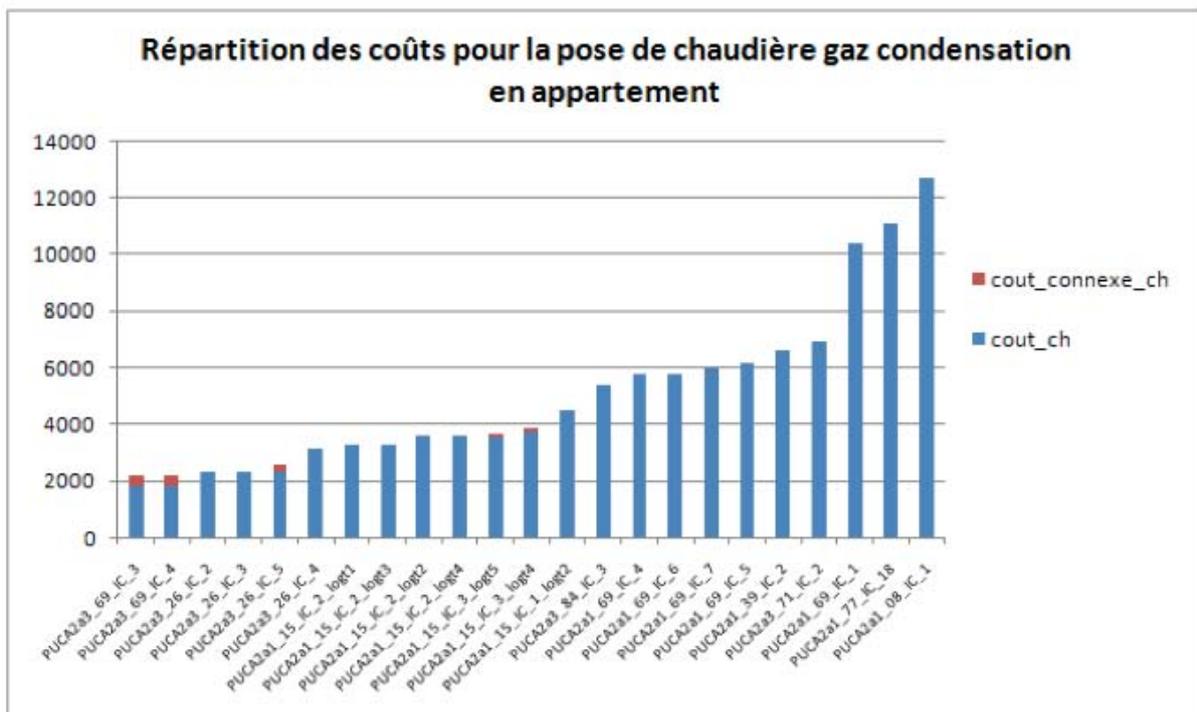
Certaines chaudières gaz basse température ont été préconisées. A part un dossier (déplacement appareil et travaux de maçonnerie), les coûts connexes sont faibles mais existants.

⇒ Chaudière gaz condensation en maison



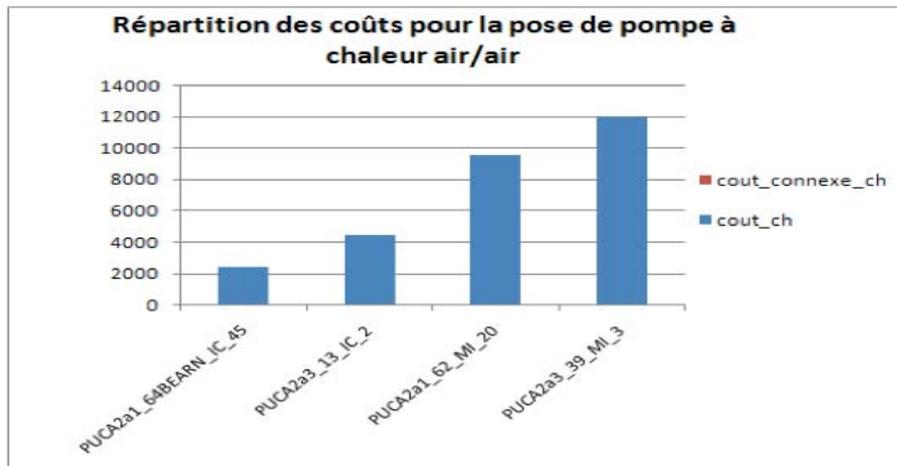
Le coût moyen total est de 6700 € par maison (6400€ hors coûts annexes). Ces chiffres sont assez élevés compte-tenu du coût de la chaudière autour de 2500€. La différence peut provenir de la main d'œuvre ou de coûts connexes inclus alors qu'ils ne devraient pas l'être.

⇒ Chaudière gaz condensation en appartement



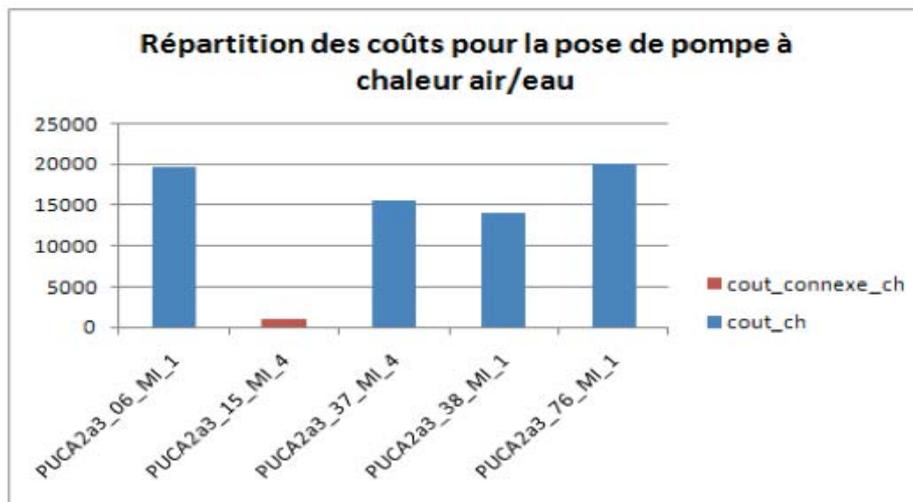
Le coût moyen total est de 5100 € par appartement. Pour ce type de logement aussi (cf. cas en maison ci-dessus), il semble que les coûts connexes aient été inclus dans les « coûts thermiques ».

⇒ *Pompe à chaleur (PAC) air/air*

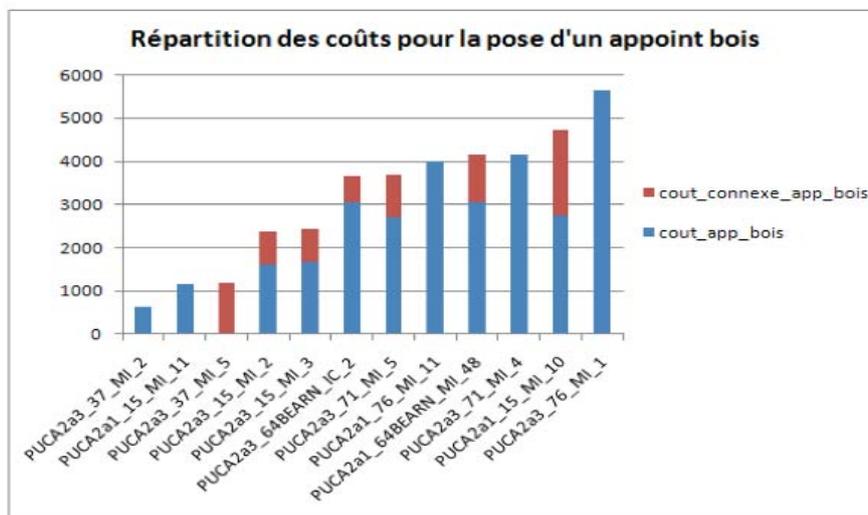


L'échantillon est assez faible pour être représentatif. Il est à noter toutefois que les 2 prix les plus bas sont pour des PAC en appartement. Aucun coût connexe n'a été renseigné.

⇒ *Pompe à chaleur (PAC) air/eau*

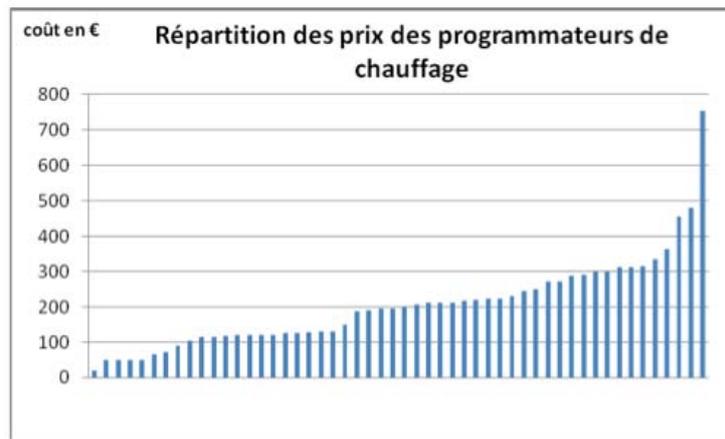


⇒ *Appoint bois*



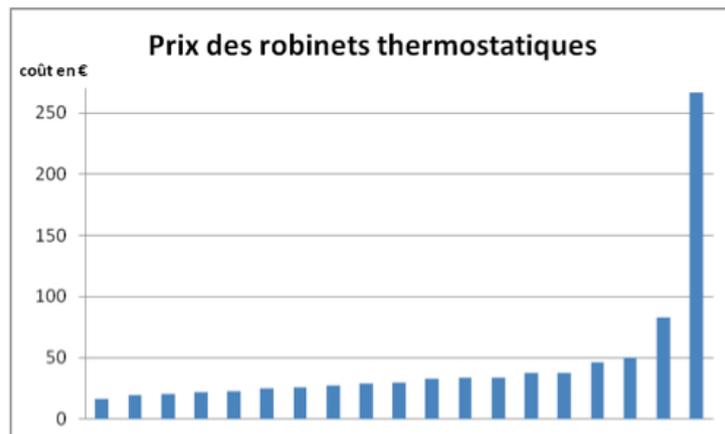
I.4.f. Répartition coût total/ coût connexe PROGRAMMATION-RÉGULATION

⇒ *Programmeur*



En moyenne, un programmeur coûte 205 €. L'échantillon est assez important pour être représentatif.

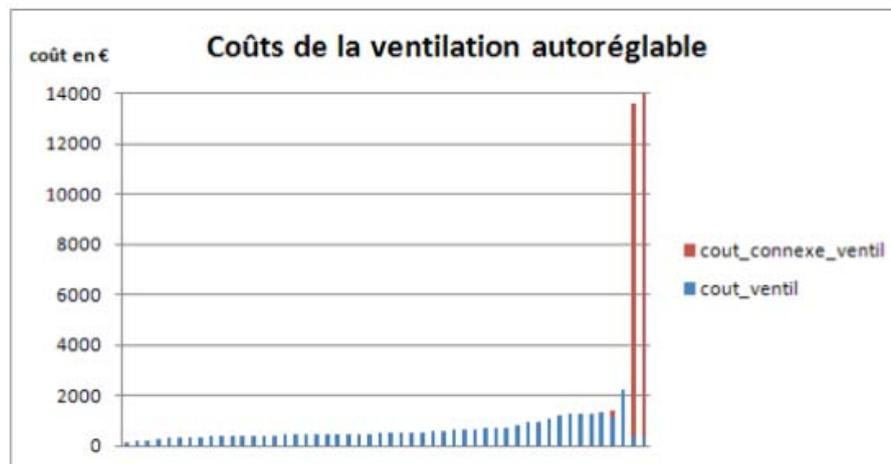
⇒ *Robinets thermostatiques*



En moyenne, un robinet thermostatique coûte 45 €. A part 2 dossiers, le prix d'un robinet thermostatique est toujours en dessous de 50€ et à une valeur relativement homogène.

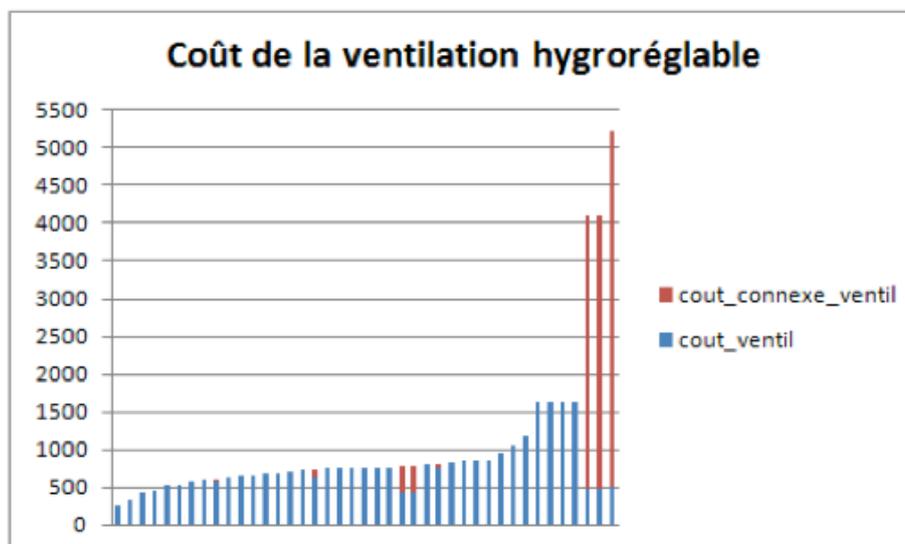
I.4.f. Répartition coût total/ coût connexe VENTILATION

⇒ Ventilation autoréglable



L'échantillon est assez faible pour exploiter les coûts connexes (3 ont été renseignés sur un panel de 50 logements). Ainsi, on ne peut analyser que le coût seul des travaux thermiques de 630€ /logement en moyenne qui est satisfaisant.

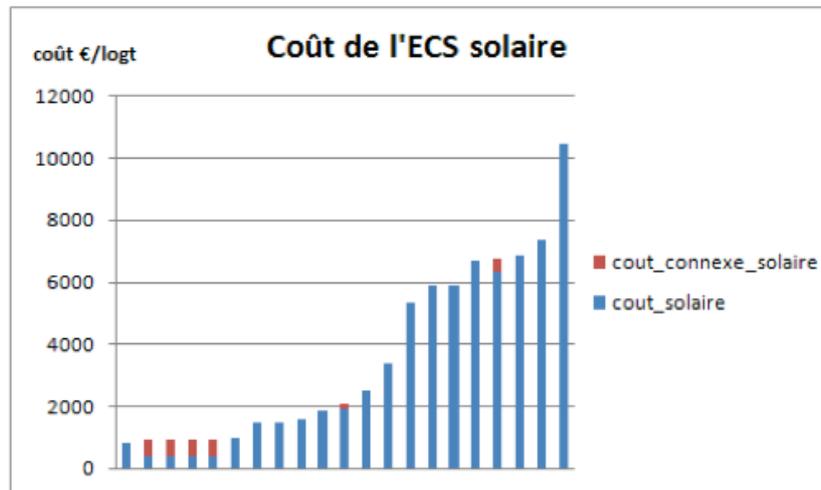
⇒ Ventilation hygroréglable



L'échantillon est assez faible pour exploiter les coûts connexes (8 ont été renseignés sur un panel de 41 logements).

Compte-tenu du faible nombre de logements en ventilation hygroréglable type A, ils ont été inclus dans cet échantillon (5 logements) Ainsi, on ne peut analyser que le coût seul des travaux thermiques de 760€ /logement en moyenne qui est satisfaisant. Ce chiffre est cohérent car un peu plus élevé que pour les travaux de ventilation autoréglable.

I.4.g. Répartition coût total/ coût connexe SOLAIRE THERMIQUE



21 dossiers ont été renseignés avec des prestations et des coûts pour l'eau chaude solaire. Les coûts connexes sont ici encore peu présents. Les premiers histogrammes représentent des coûts à l'appartement, il y a donc un effet de collectivité qui diminue le coût de l'installation ramené au logement.

Le coût moyen en maison est de 4 400€, mais ce chiffre est très dépendant de la surface de capteurs mise en place, donnée qui n'a pas été souvent renseignée.

II. Les résultats de la PHASE 2

Études de cas et modélisations de travaux

Pour mémoire, cette phase vise à comparer les coûts des programmes de travaux identifiés en phase 1, à ceux de chantiers plus ambitieux et efficaces (volume de travaux et saut de classe EP et GES importants), à comprendre et évaluer financièrement les marges de progrès.

Nous avons travaillé sur 30 chantiers jugés intéressants car conformes aux ambitions du programme Habiter Mieux (types de travaux, montants des chantiers...) mais perfectibles, achevés ou en cours, identifiés lors de la phase 1.

Une fois le coût réel de ces chantiers connu, deux projections de programmes de travaux permettant d'obtenir les étiquettes maximales au vu de l'état du logement avant travaux, ont été réalisées de façon à atteindre :

- **le niveau performant** : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de **160 kWh/m².an**, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.
- **le niveau très performant** : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de **85 kWh/m².an**, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

(Cf. note explicative rédigée à l'attention des équipes opératrices, en annexe 1).

L'objectif de cette seconde phase est d'obtenir des programmes de travaux optimisés énergétiquement et techniquement, et chiffrés.

Nota : les chantiers sont numérotés dénommés de la façon suivante :

Département_MaisonIndividuelle_n°chantier,

Par exemple : 39_MI_3.

II.1. Les courbes et nuages de points obtenus EN MAISONS INDIVIDUELLES

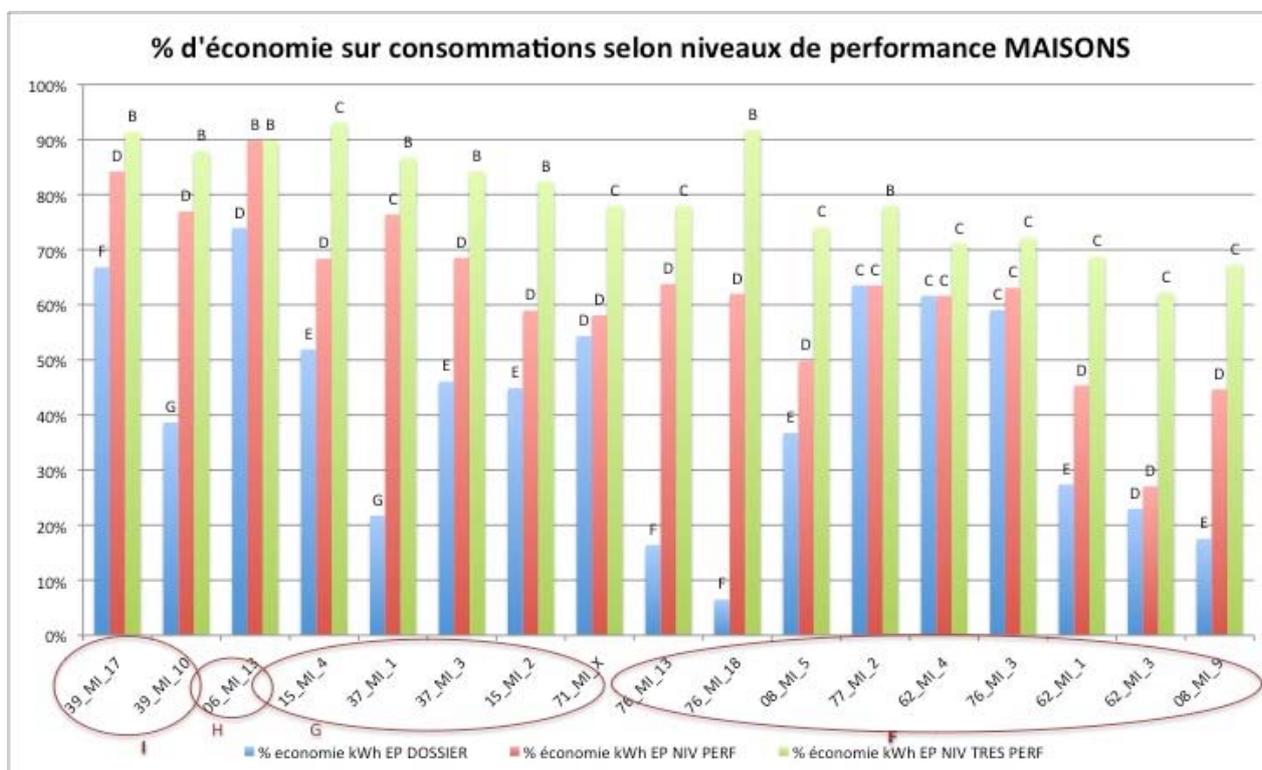
L'étude a porté sur 17 maisons étudiées dans 9 départements.

II.1.a. Les gains d'énergie, selon les niveaux de performance étudiés :

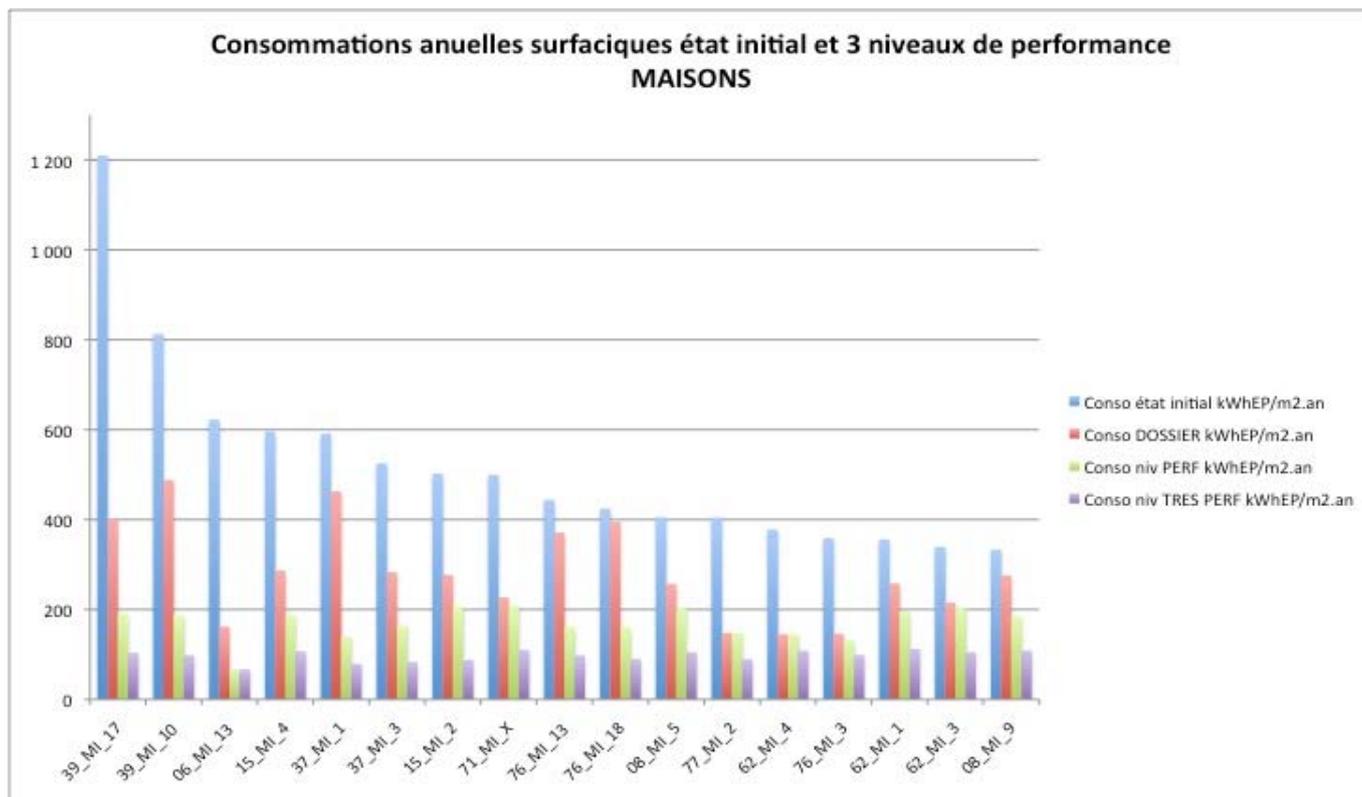
Clefs de lecture des graph :

- Les logements sont classés en abscisse selon leur niveau de consommation avant travaux (étiquettes I, H, G et F).
- Les histogrammes donnent le pourcentage d'économie réalisé (ou projeté) sur les kWh d'énergie primaire, selon les 3 niveaux de performance :
 - Projet réalisé par le propriétaire pour dossier de demande de subvention ANAH,
 - Niveau performant
 - Niveau très performant
- L'étiquette énergie atteinte après travaux est mentionnée en haut de chaque barre d'histogramme.

➤ *Pourcentage d'économie de consommations, selon les niveaux de performance*



➤ *Niveau de consommations en kWh_{EP}/m²/an, selon les niveaux de performance*



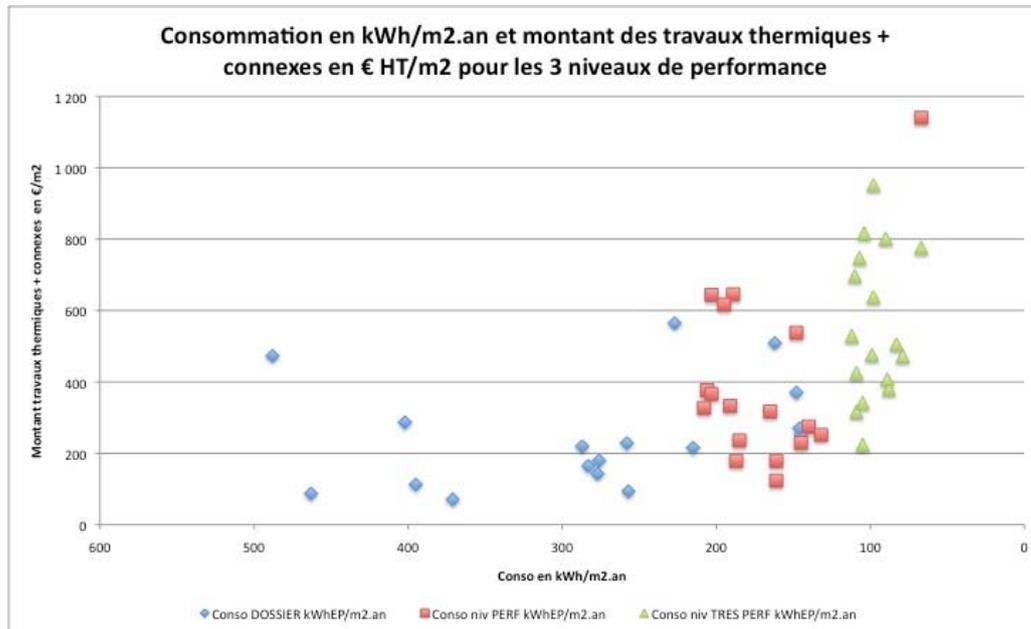
Avant travaux, les logements peuvent être considérés dans l'ensemble comme énergivores : le plus « économe » d'entre eux atteint une consommation de 333kWh/m2.an (étiquette F) et le plus énergivore 1 210kWh/m2.an (étiquette I).

Au niveau des dossiers ANAH, la performance atteinte dépend du projet mis en œuvre par le propriétaire et s'avère par conséquent très variable. Le pourcentage d'amélioration fluctue entre 6 et 74% selon les chantiers, certains logements stagnants dans la même classe énergétique qu'avant les travaux.

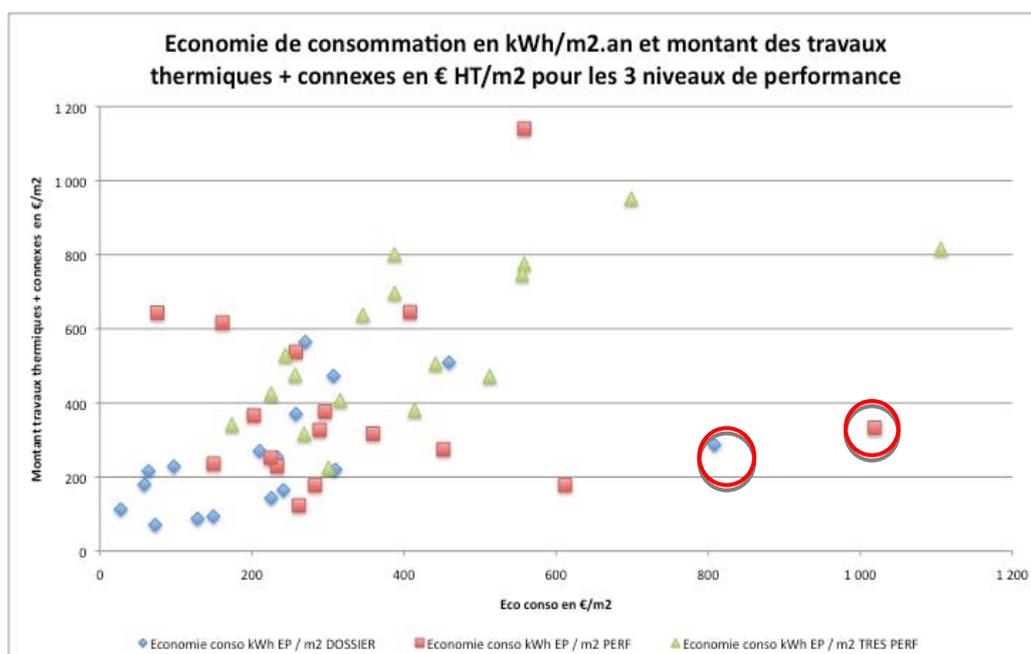
Aux stades « performant » et « très performant », on assiste évidemment à une homogénéisation des consommations attendues. Les chantiers sont analysés dans la suite de l'étude.

II.1.b. Les montants de travaux considérés, selon les niveaux de performance étudiés :

⇒ Coût des travaux thermique au m², selon les niveaux de performance



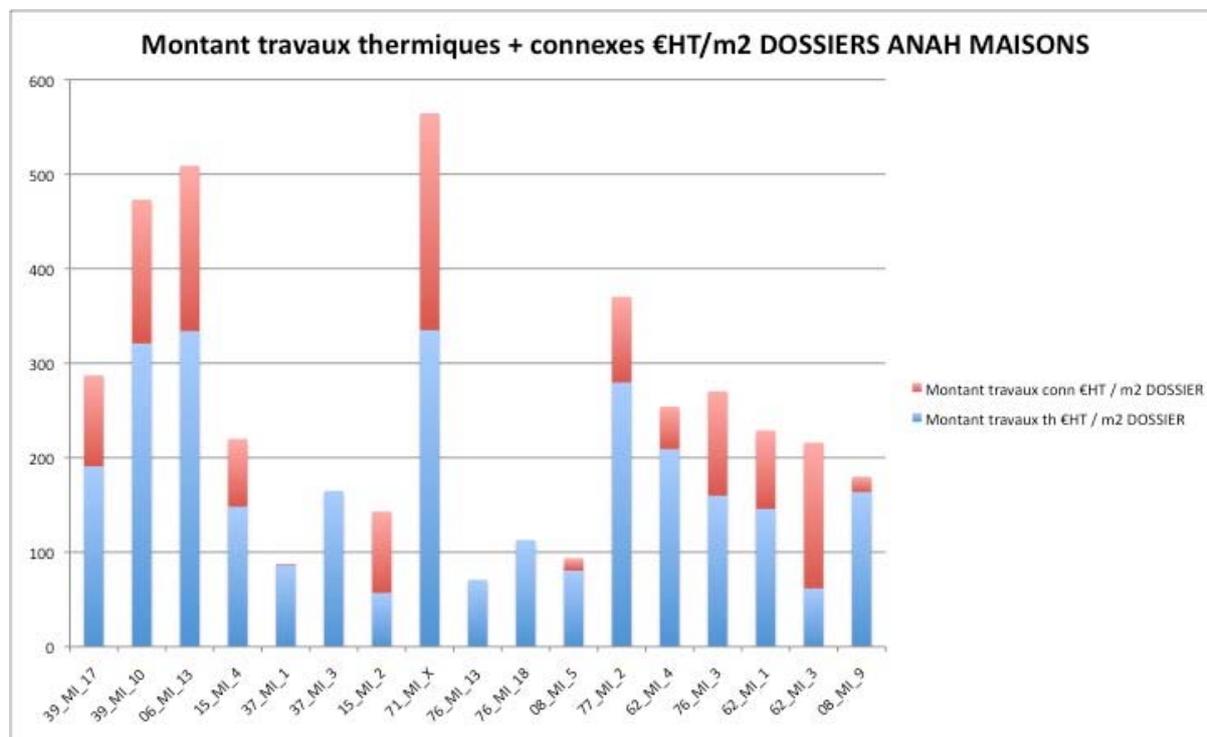
Le graphique fait apparaître des ensembles assez nets pour les trois niveaux de performance : les consommations surfaciques attendues pour les niveaux performant et très performant donnent l'homogénéité des points sur les abscisses mais les coûts peuvent varier selon un rapport de 1 à 5.



Du point de vue des économies en kWh, les groupes sont moins homogènes : le coût et les types de travaux réalisés dépendent de l'état initial du logement. Certains chantiers apparaissent à ce stade comme exemplaires (entouré en rouge) : pour un coût modéré de travaux, l'économie générée est très importante (39_MI_17 étudié plus loin).

➤ Coût des travaux thermiques et connexes au m², selon les niveaux de performance :

1. NIVEAU « DOSSIER ANAH »

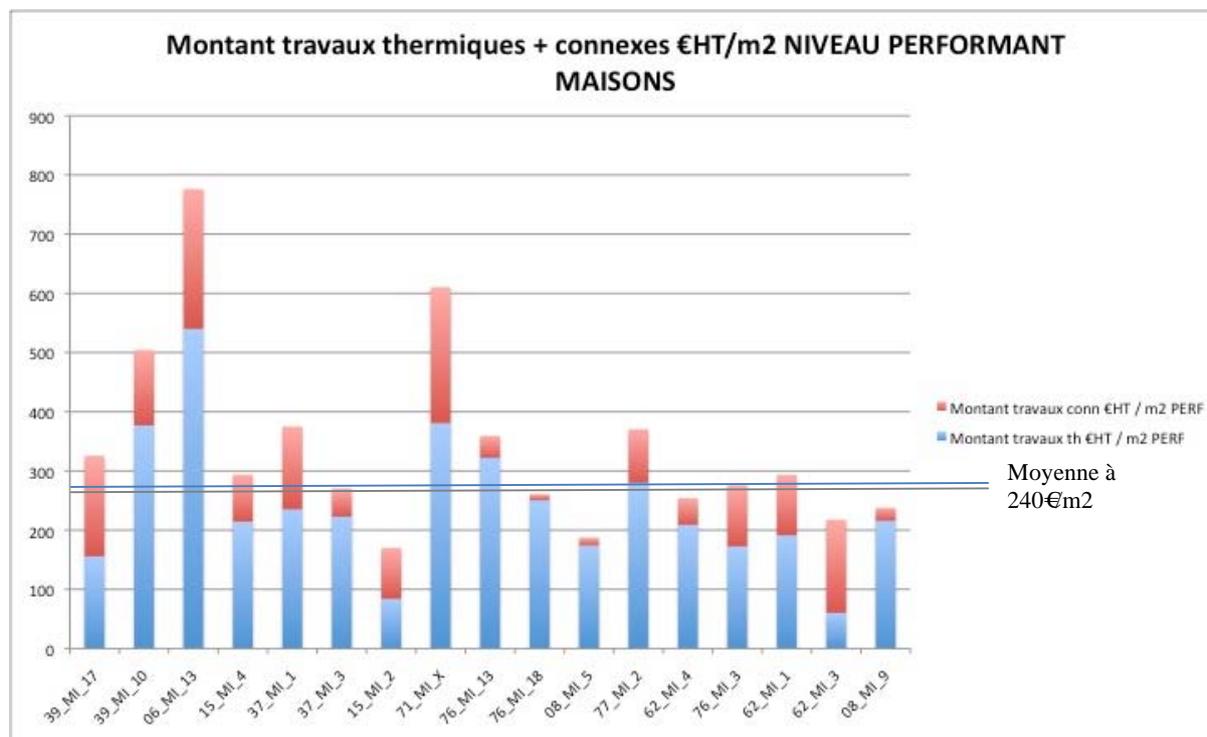


Les montants de travaux ramenés au mètre carré de surface habitable sont très disparates pour les dossiers ANAH. Au total, travaux thermiques et induits cumulés, les montants varient de 71 à 564€/m². Rappelons que les programmes de travaux ont été choisis par les propriétaires de logements et que les investissements sont par conséquent réalisés en fonction des moyens financiers des propriétaires.

Ainsi, il est intéressant de noter que le logement 39_MI_17 (la première barre d'histogramme) en étiquette I avant travaux, passe en étiquette F après travaux avec 67% de réduction de consommation en kWhEP pour un montant de travaux moyennement important (287€/m² travaux thermiques et connexes confondus) au regard de l'économie réalisable et du saut de 3 classes énergétiques.

Le logement 71_MI_X (la barre la plus haute des histogrammes) réalise également un saut de 3 classes (de G avant travaux à D après travaux) mais le montant de travaux est deux fois plus important avec 564€/m².

2. NIVEAU « PERFORMANT »



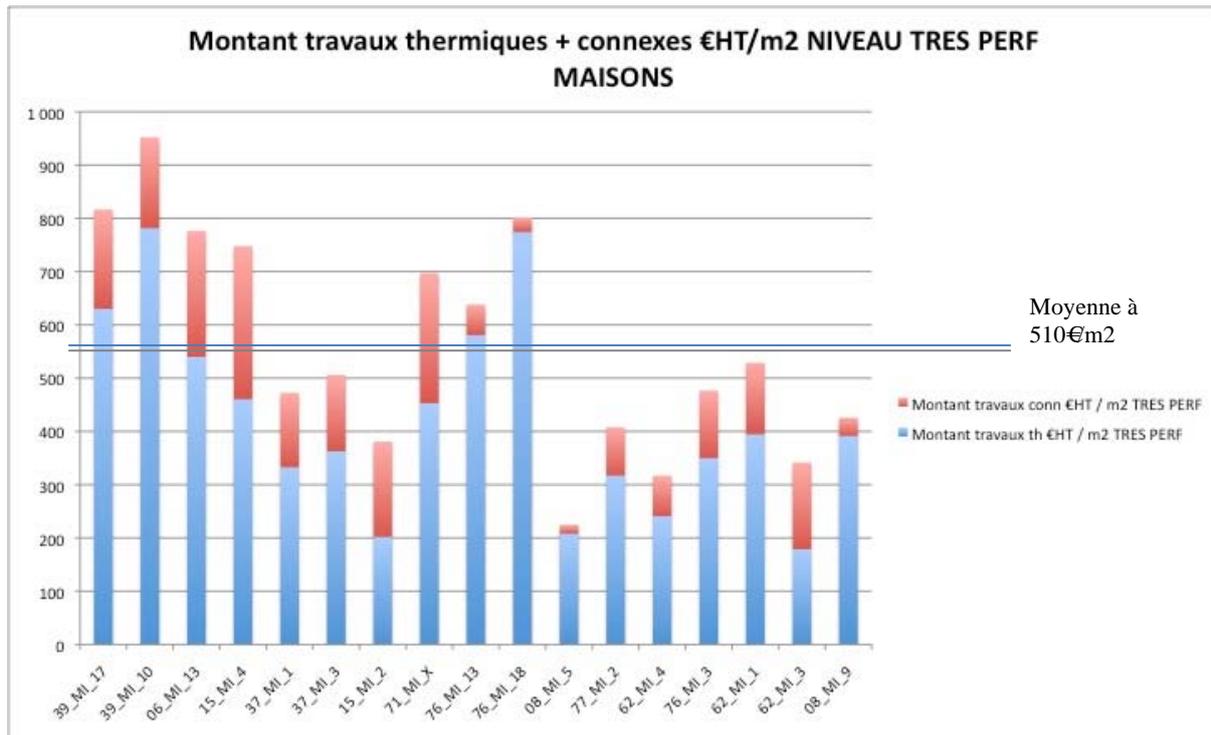
Là encore, on assiste à une grande disparité entre les différents montants de travaux. Cela se justifie par le niveau de consommation (étiquette énergie) du logement avant travaux et le programme de travaux préconisé pour atteindre ce niveau de performance (160kWh/m2.an modulé en fonction de la zone géographique et de l'altitude). Pour les travaux thermiques, la fourchette varie de 60 à 540€/m2. Elle est comprise 170 et 776€ pour thermiques et connexes cumulés.

Le logement 39_MI_17 (première barre d'histogramme) en classe I avant travaux réalise une économie de 84% par rapport aux consommations initiales en kWh et atteint la classe D pour un montant de travaux moyennement important (325€ HT travaux thermiques et connexes cumulés).

Le 15_MI_2, en classe G avant travaux, atteint l'étiquette D. Il réalise 59% d'économie sur la consommation en kWh pour un montant de travaux global de 170€/m2).

Le 8_MI_5 réalise 50% d'économie par rapport à l'état initial en passant de la classe F à la classe D, pour un montant de 187€/m2.

3. NIVEAU « TRÈS PERFORMANT »



Rappelons que ce niveau de performance est de 85kWh/m².an modulé en fonction de l'altitude et de la zone climatique.

Pour les travaux thermiques, la fourchette varie de 179 à 782€/m². Elle est comprise entre 17 et 287€ pour les travaux connexes et 225 et 952€ pour thermiques et connexes cumulés. Le montant moyen d'investissement correspond à plus du double comparé au niveau performant.

Le logement 39_MI_17 en classe I avant travaux réalise une économie de 91% par rapport aux consommations initiales en kWh et atteint la classe B pour un montant de travaux relativement important (816€ HT travaux thermiques et connexes cumulés). Comparé au niveau performant, les kWh à économiser pour améliorer la performance sont devenus très chers à l'investissement (491€/m² de plus que pour le niveau performant).

Le 15_MI_2, en classe G avant travaux, atteint l'étiquette B. Il réalise 82% d'économie sur la consommation en kWh pour un montant de travaux global de 381€/m².

Le 8_MI_5 réalise 74% d'économie par rapport à l'état initial en passant de la classe F à la classe C, pour un montant de 225€/m².

II.1.c. Les consommations et gains d'énergie selon les montants investis dans les travaux :

Clefs de lecture des nuages de points :

Le code couleur correspond aux niveaux d'étiquettes énergie avant travaux :

Noir = I ; Rouge = H ; Orange = G ; Bleu = F ; Vert = E

➤ *Consommations en kWh puis économie en kWhEP et montants investis dans les travaux thermiques et connexes, selon les niveaux de performance :*

Pour les analyses ci-après, nous proposons de suivre l'évolution de 6 chantiers en raison de leur intérêt pour l'étude.

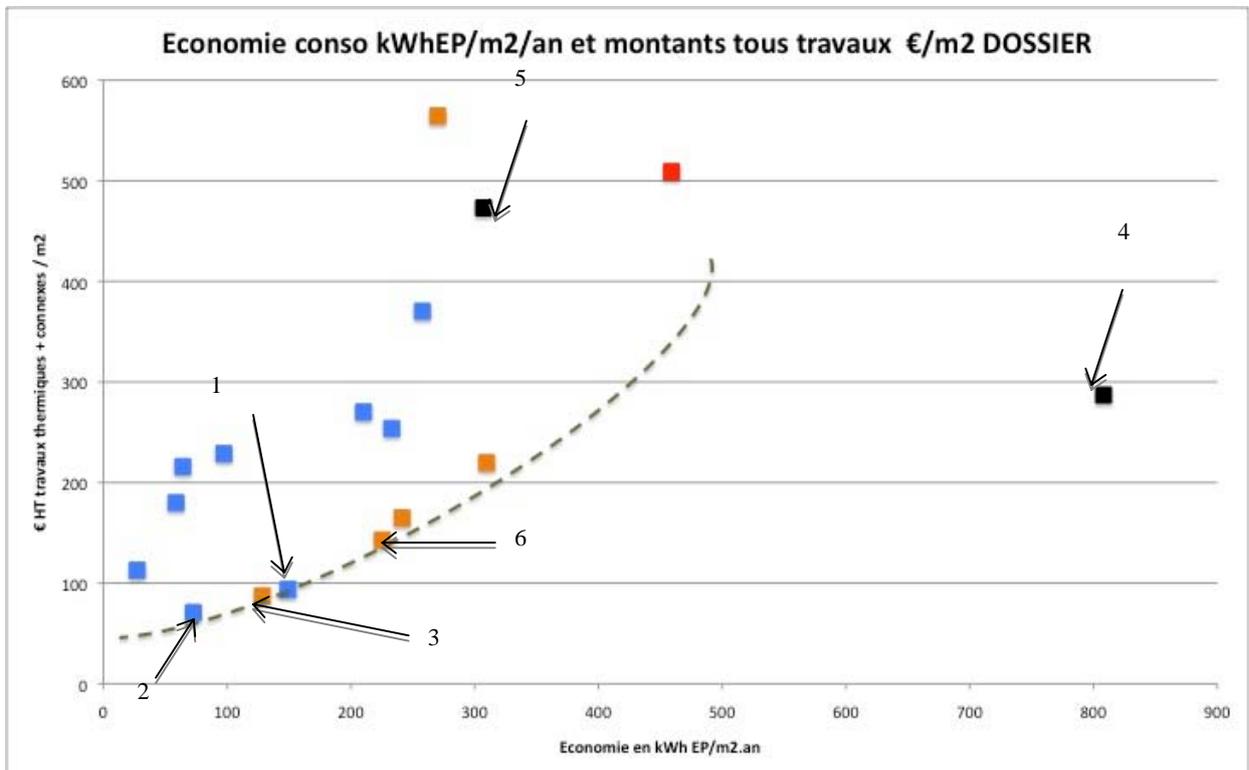
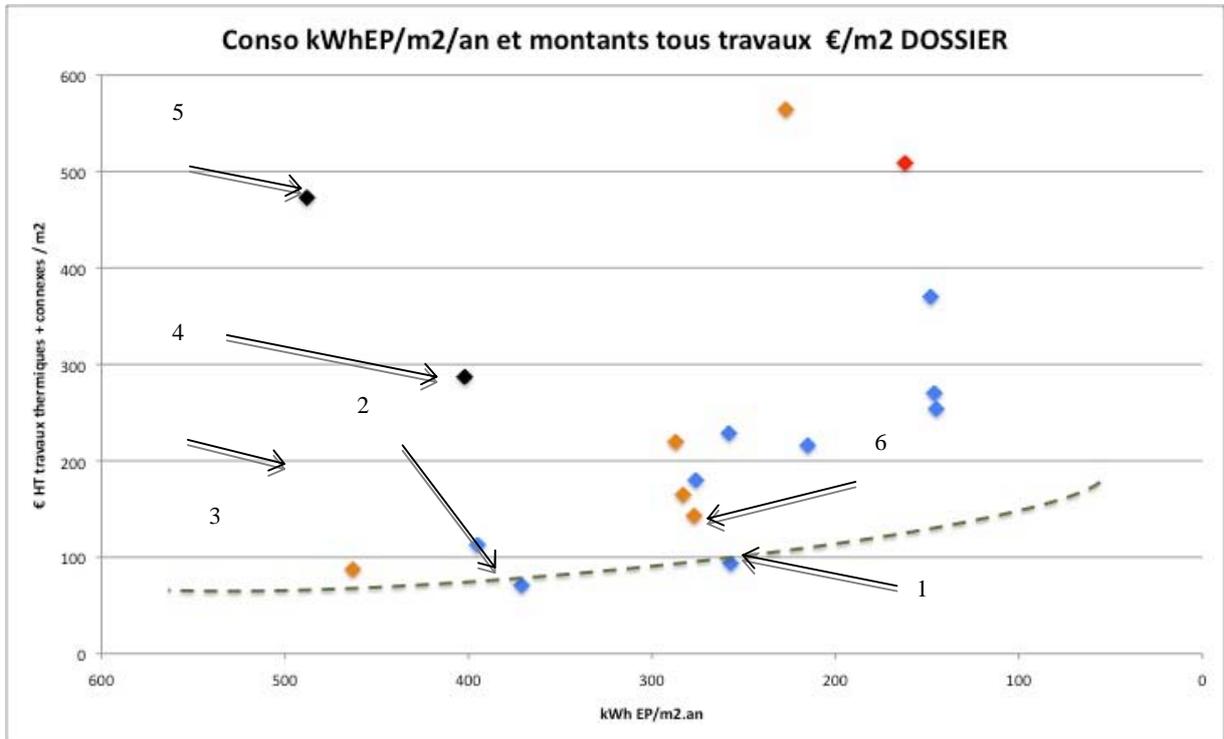
Pour faciliter la compréhension des graphiques, le tableau ci-après résume les éléments présents à l'état initial.

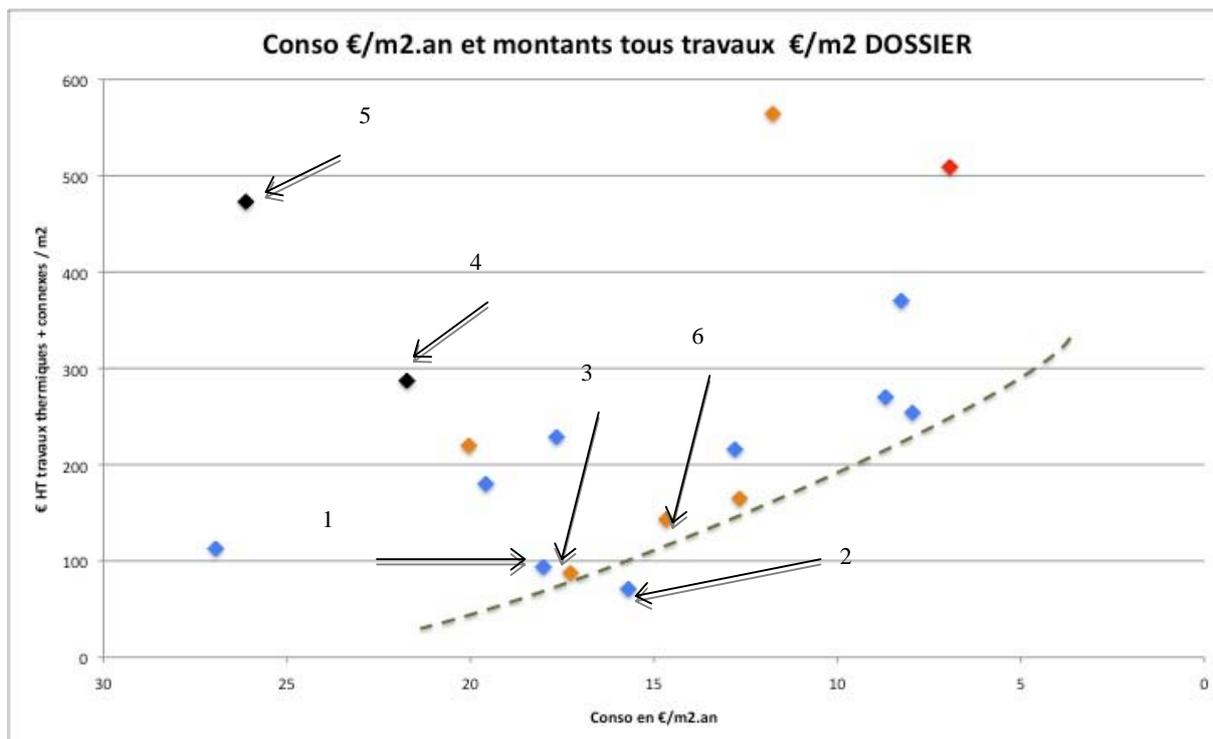
DESCRIPTION DES LOGEMENTS AVANT TRAVAUX

N° dossier	8_MI_5	76_MI_13	37_MI_1	39_MI_17	39_MI_10	15_MI_2
N° graph	1	2	3	4	5	6
Département						
Conso estimée (kWhEP/m2.an)						
Epoque construction						
Surface						
Type						
Mitoyenneté						
Combles						
Murs						
Plancher						
Fenêtres						
Energie chauffage						
Système chauffage						
Programmation régulation						
Energie eau chaude						
Système eau chaude						
Ventilation						

1.NIVEAU « DOSSIER ANAH »

⇒ Focus sur les dossiers présentant le meilleur rapport « Conso. d'énergie/coût de travaux »





Analyse :

Trois chantiers ont un investissement inférieur à 100€/m2 pour travaux thermiques et connexes cumulés et présentent des résultats intéressants en terme de consommation et d'économies (n°1, 2 et 3).

Deux chantiers arrivent à un niveau de consommation en kWh/m2.an relativement satisfaisant par rapport à l'état initial (inférieur à 400). Ils présentent pourtant deux programmes de travaux complètement différents. Le chantier n°1 réalise 37% d'économies sur les consommations d'énergie et passe de l'étiquette F à la classe E, il atteint une consommations intéressante avec 18€/m2.an. Le chantier n°2 réalise seulement 16% d'économie sur les kWh et reste en classe F. La dépense énergétique est cependant relativement faible à 16€/m2.an.

Le chantier n°3 stagne en classe G avant et après travaux. Il réalise néanmoins 22% d'économies en kWh/m2.an (128kWh/m2.an de moins qu'à l'état initial). Sa consommation annuelle surfacique est de 17€.

Les logements 4 et 5 sont en étiquette I avant travaux. Notons que le n°4 est un chantier avec un coût de travaux assez élevé (287€/m2) mais il réalise une économie en kWh très conséquente (808kWh/m2.an, soit une diminution de 67% par rapport à l'état initial). Un effort a été réalisé sur l'isolation : toutes les parois opaques et vitrées sont isolées, à l'exception du plancher. Ce logement saute 3 classes en passant de la classe I, la plus énergivore, à l'étiquette F. C'est le seul logement qui change d'énergie de chauffage (bois avant travaux, électricité après travaux).

Comparativement, le chantier n°5 génère peu d'économie par rapport aux montants investis dans les travaux, les travaux d'isolation des combles, considérés comme une intervention prioritaire, représente 77% du total.

Le n°6, pour un montant assez important, sort de l'étiquette G avant travaux pour atteindre la classe E (intervention sur l'isolation en priorité et régulation du chauffage). Là encore, le montant des travaux d'isolation des combles représente une part importante du total.

Les montants de travaux thermiques et connexes cumulés sont très disparates : ils s'échelonnent de 3 700€ à 21 700€ HT. Il en est de même pour les travaux exclusivement thermiques : de 3 700€ à 14 700€ HT. Les niveaux de performance atteints sont eux aussi hétérogènes (cf. histogramme p.4). Il est par conséquent difficile de tirer des enseignements généraux sur ces chantiers pour le niveau « dossier ». Cependant, sur tous les chantiers sauf un, la part de travaux thermiques est supérieure à 65% du montant total des travaux : sur ces réalisations, l'amélioration thermique (consommation et confort) a été une priorité pour les propriétaires qui ont mis en œuvre des types de travaux générant le moins possible de frais connexes : isolation de combles perdus systématique, remplacement des ouvrants pour 4 chantiers, installation de programmation ou régulation du chauffage pour 3 chantiers. Soulignons que pour tous les logements équipés en double vitrage sur la totalité des fenêtres, une VMC a été installée.

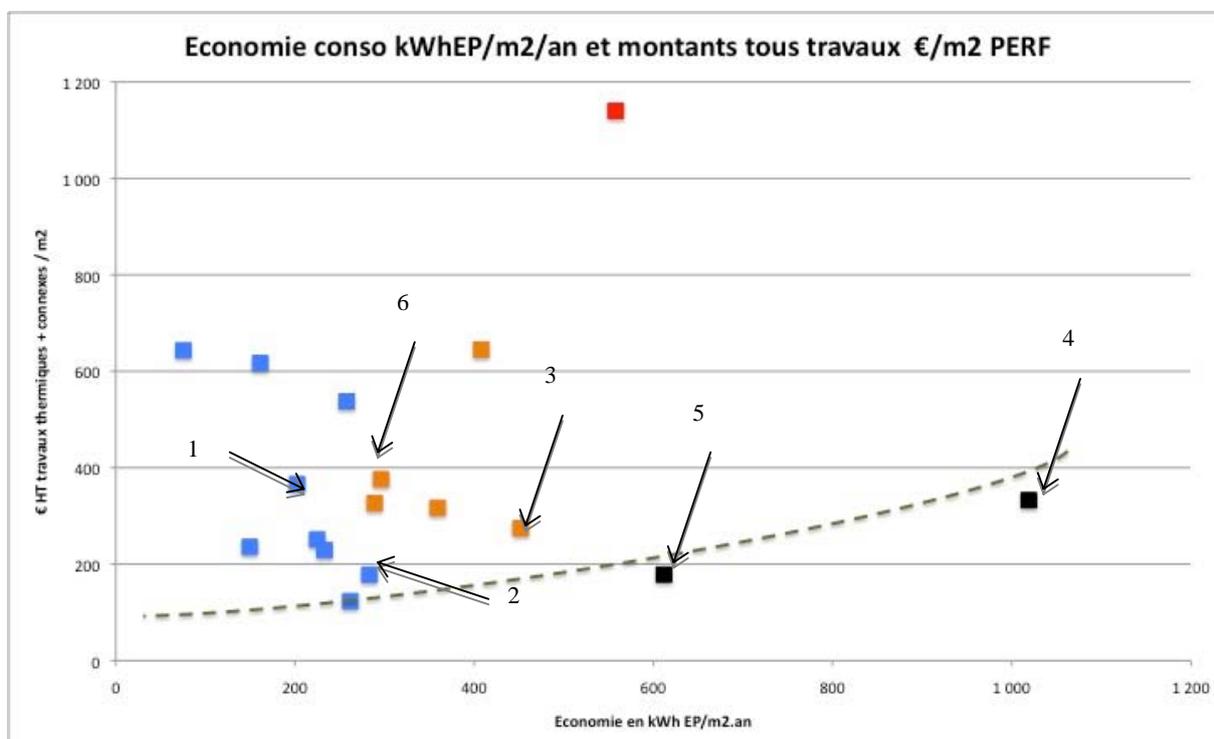
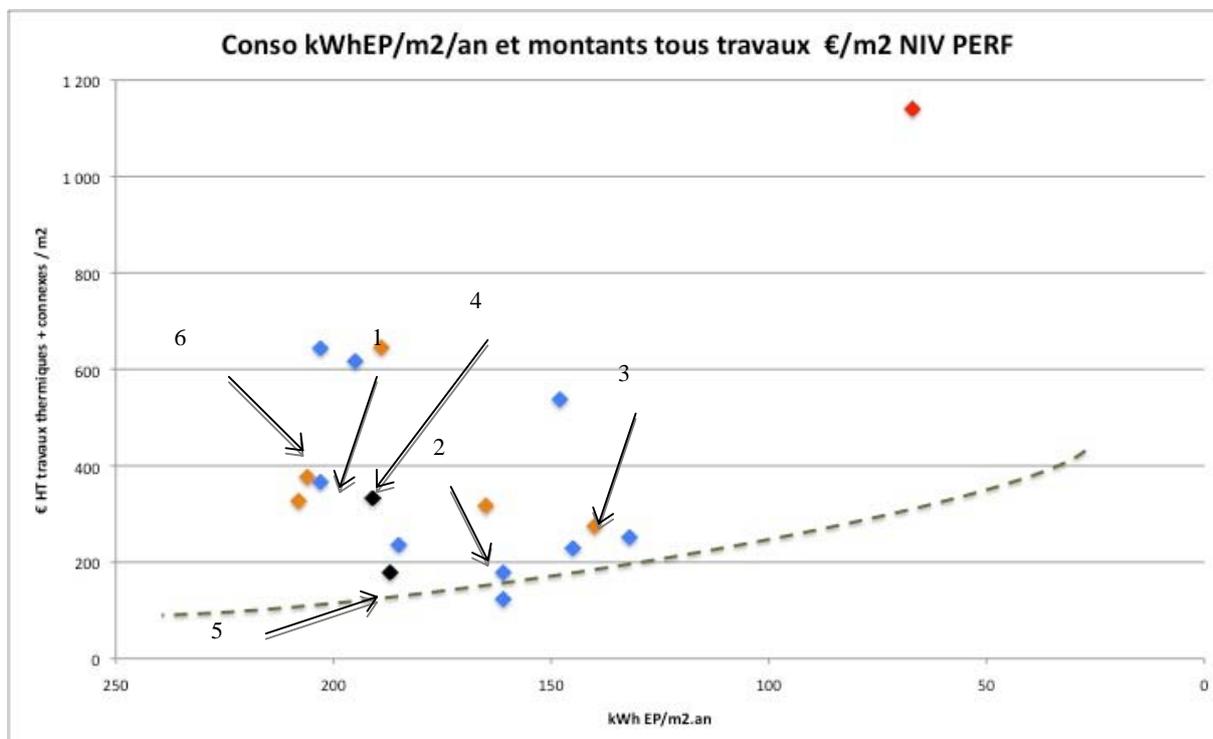
DESCRIPTION DES TRAVAUX RÉALISÉS DANS LE CADRE DE L'INTERVENTION ANAH

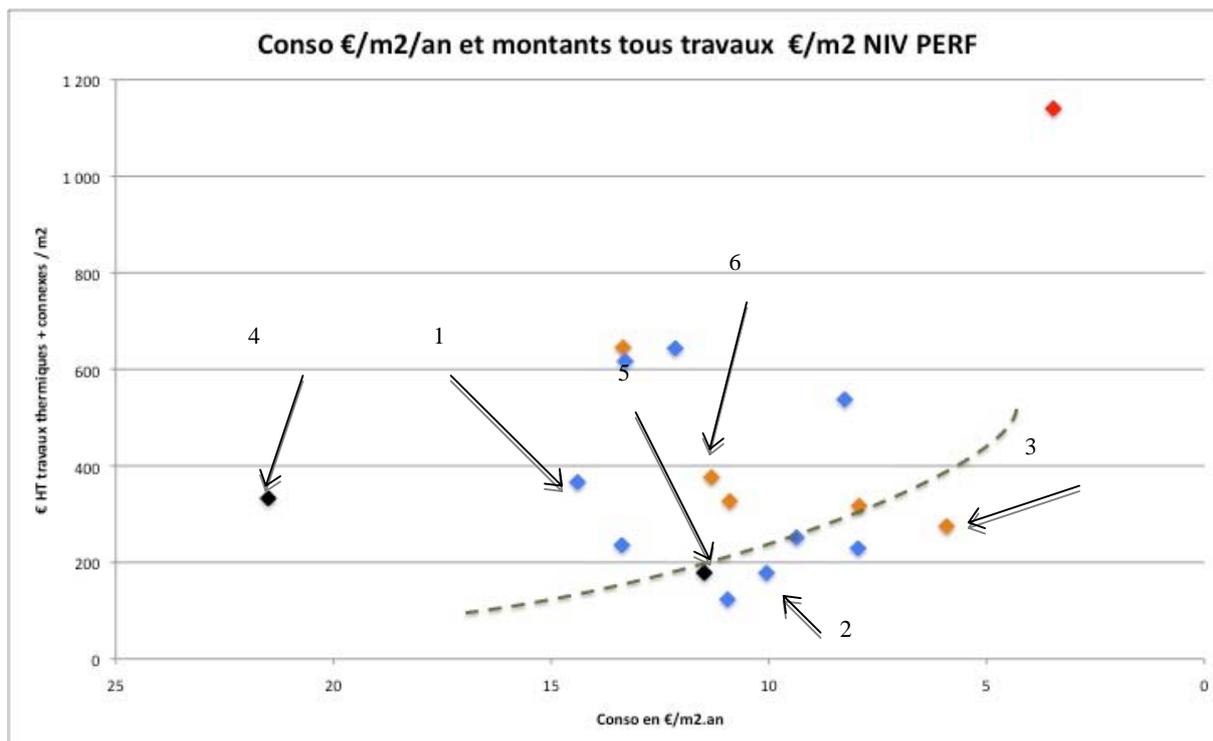
Les travaux réalisés pour chaque logement sont matérialisés en bleu (en noir : état avant travaux).

	1	2	3	4	5	6
Conso atteinte (kWh/m2.an)	257	371	463	402	488	277
Combles	Isolés (R=5)		Isolés (R=6)	Isolés 20cm	Isolés (20cm)	Isolés (R=5)
Montant HT*	2 170€		852€	2 178€	16 736€	10 000€
Murs				Isolés	Isolation totale 10cm	
Montant HT*				2 867€	1 500€	
Plancher					Isolé 10cm	
Montant HT*					1 350€	
Fenêtres	Simple vitrage	Double vitrage 4/16/4	Simple vitrage + double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/6/4	Double vitrage (4/16/4)
Montant HT*		3 279€	4 218€	3 498€		6 400€
Energie chauffage				Electricité		
Système chauffage	Chaudière à condensation			Plancher rayonnant		
Programmation régulation	Programmeur			Régulation	Robinets thermostatiques	
Energie eau chaude						
Système eau chaude				Cumulus moins de 5 ans	Cumulus de moins de 5 ans	
Montant HT*	9 620€			4 375€	662€	300€
Ventilation	VMC (simple)			VMC (simple)	VMC (Hygro B)	VMC (Hygro B)
Montant HT*	477€			568€	1 500€	1 750€
Montant tous travaux (HT)	11 790€	3 756€	5 070€	13 486€	21 748€	18 450€
Dont montant travaux thermiques (HT)	10 137€ (86%)	3 756€ (100%)	5 070€ (100%)	8 970€ (67%)	14 756€ (68%)	7 350€ (40%)

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

2. NIVEAU « PERFORMANT »





Analyse :

Le niveau « performant » visé à cette étape correspond à une consommation de 160kWh/m2.an modulée en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Les montants de travaux thermiques et connexes cumulés sont plus homogènes qu'à l'étape précédente et s'échelonnent de 15 000 à 23 000€. Le montant moyen investi atteint 20 800€ HT, ce qui semble représenter le coût nécessaire pour atteindre le niveau de performance attendu.

Les chantiers les plus efficaces demandent un investissement inférieur à 200€/m2. Il s'agit quasi exclusivement des logements en étiquette F à l'état initial, soit les « moins énergivores » de notre échantillon. Le chantier n°2 atteint ainsi une consommation annuelle de 10€/m2 (économie de 64% sur les kWh) pour un investissement de 178€/m2. Les travaux portent sur la totalité des postes d'amélioration thermique à l'exception de la programmation/régulation (non réalisée) et de l'isolation des combles (déjà présente à l'état initial). Les travaux connexes sont faibles (seulement 10% du total des travaux) : d'une part, l'isolation par l'extérieur et d'autre part, le changement d'énergie de chauffage en passant de l'électricité au gaz engendrent peu de frais induits. Le choix de la chaudière gaz mixte à basse température engendre des coûts non négligeables pour l'installation du réseau de distribution (9 200€ en tout) mais ce système est plus pertinent que le système électrique par convecteurs pour atteindre les performances attendues.

A l'inverse, le montant total de travaux du chantier n°1 a doublé par rapport au niveau « dossier ANAH » pour un impact sur les consommations peu concluant (13% de mieux que le niveau dossier sur les kWh consommés). En effet, les travaux de double vitrage alourdissent le montant

des travaux (10 775€) et même si le confort du logement se trouve largement amélioré, les économies estimées sont faibles.

Le chantier n°5 est particulièrement intéressant : pour moins de 200€/m² de travaux, le logement sort de la classe I (la plus énergivore) pour atteindre l'étiquette D (77% d'économie sur les kWh). En comparaison, le chantier n°4, en classe I également avant les travaux mais plus énergivore que le chantier n°5, demande un investissement supérieur de 333€/m² pour une économie de 84% sur les kWh. Les deux programmes de travaux sont similaires (à l'exception du poste isolation des planchers) mais les performances des matériaux diffèrent pour l'isolation des combles et des murs. On constate pour le chantier n°4 une diminution du coût des travaux thermiques de 18% par rapport au niveau « dossier » : le choix de la chaudière mixte gaz à condensation qui est le seul élément différents du niveau « dossier » où le chauffage était assuré par un plancher rayonnant électrique semble plus pertinent.

Le chantier n°3 est plutôt performant, il passe de la classe G à l'étiquette C et gagne 76% par rapport à l'état initial sur les consommations en kWh, pour un montant de travaux de 275€/m² : tous les postes isolations ont été réalisés, le système de chauffage a été modifié en conservant la même énergie, le système de ventilation a été amélioré. La part des travaux connexes est non négligeable (37%) et correspond aux travaux induits par l'isolation des murs par l'intérieur et l'isolation des planchers.

Comparativement, le chantier n°6 est moins performant (également en classe G avant travaux). Bien que générant 59% d'économie d'énergie par rapport à l'état initial, le montant des travaux est supérieur au chantier n°3 avec 377€/m². Ni les murs ni le plancher ne sont pourtant isolés, c'est le poids des travaux connexes qui pénalise ce chantier (51% du total) sur les postes d'isolation des combles et du remplacement des fenêtres (travaux réalisés dès le niveau « dossier ANAH »).

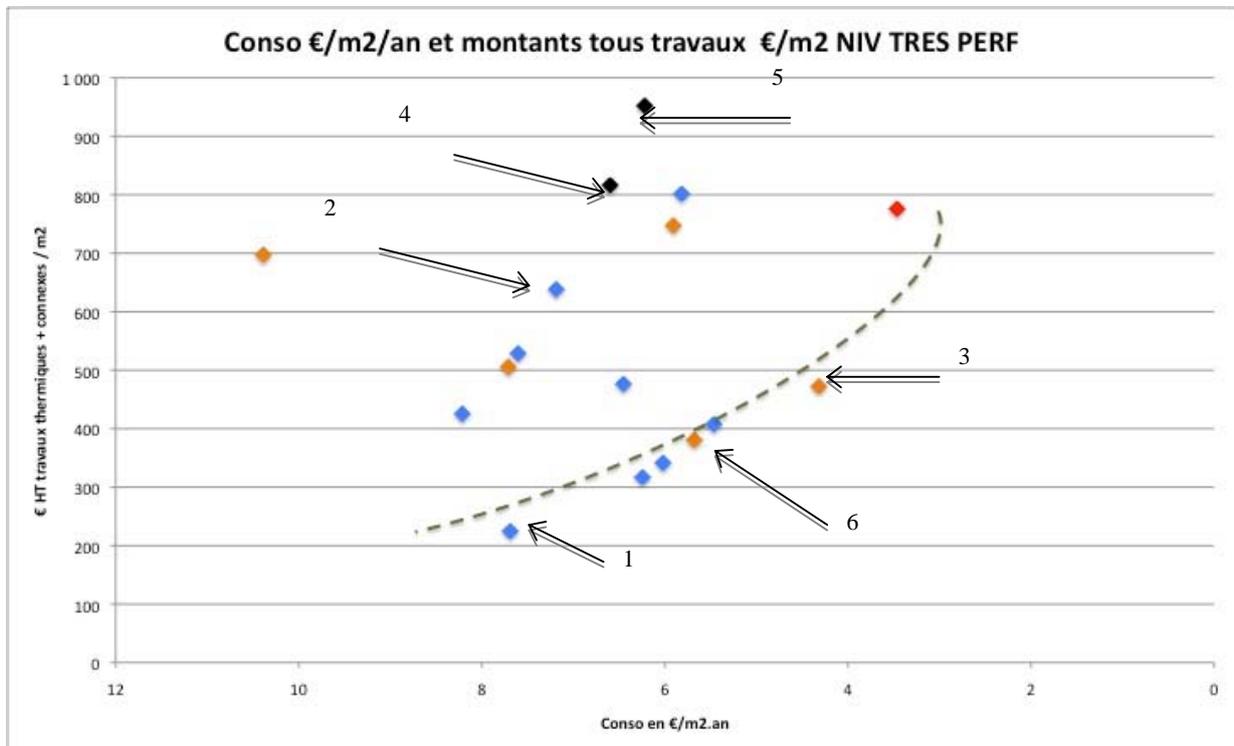
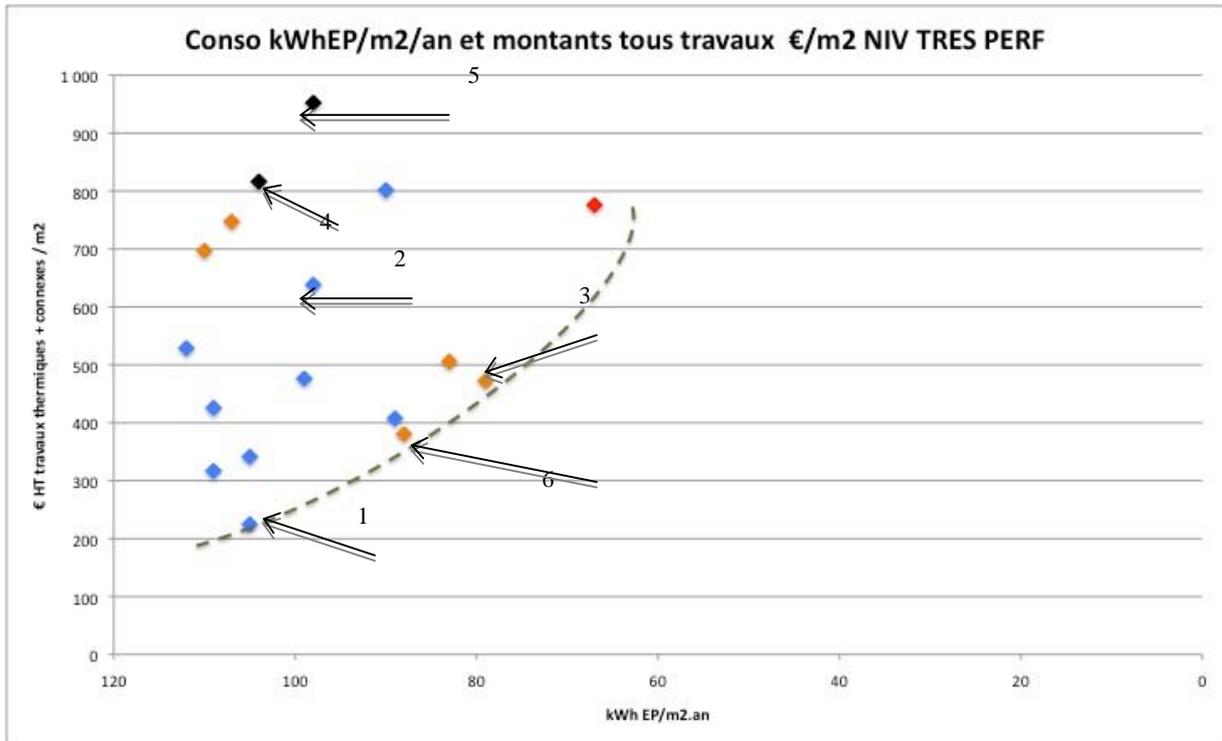
DESCRIPTION DES MODÉLISATIONS DE TRAVAUX NIVEAU PERFORMANT

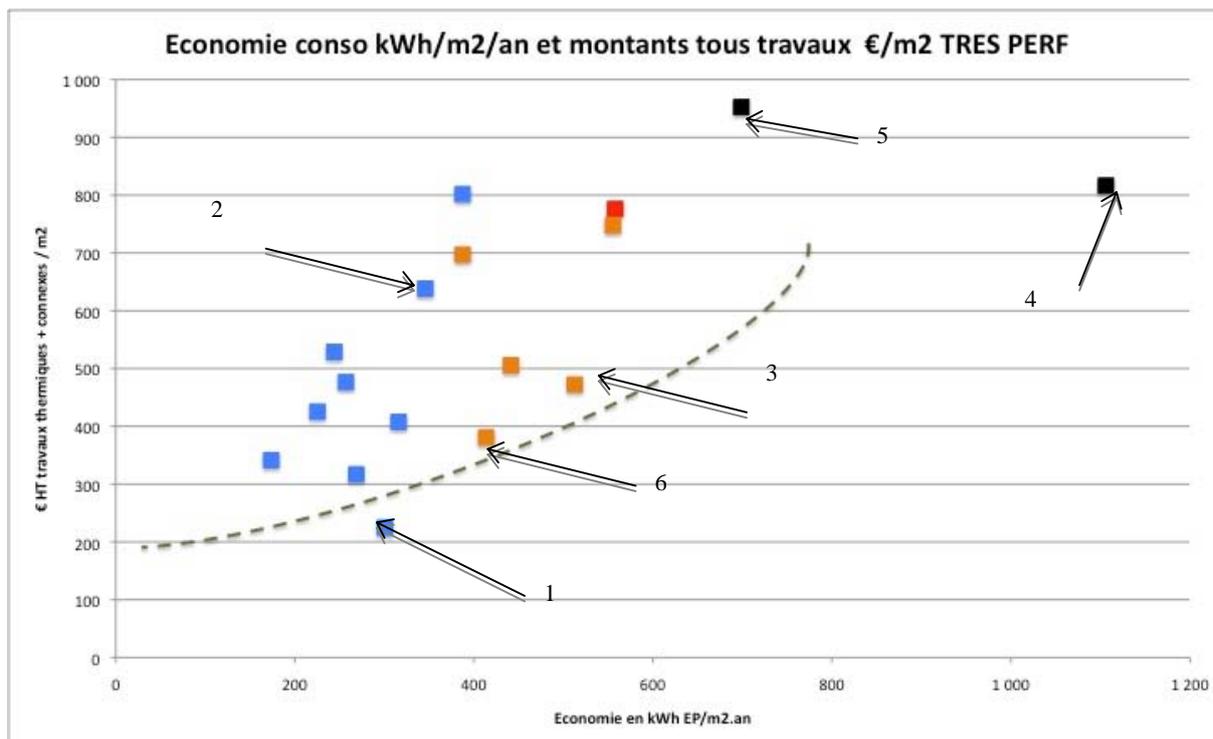
(Le bleu correspond aux travaux réalisés pour le niveau dossier Anah, le noir à l'état avant travaux, le rouge à l'état performant).

	1	2	3	4	5	6
Conso à atteindre (kWh/m2.an)	208	195	160	208	208	208
Combles	Isolés (R=5)		Isolés (R=6)	Isolés 20cm	Isolés (26cm)	Isolés (R=5)
Montant HT*	2 170€		852€	2 178€	1 200€	10 000€
Murs		+ isolation par extérieur (10cm)	Isolés R=3,15	Isolés	Isolation par extérieur 15cm	
Montant HT*		5 800€	3 539€	2 867€	7 947€	
Plancher	Non isolé	Non isolé	Isolé R=2	Non isolé	Isolé 10cm	Non isolé
Montant HT*			7 018€			
Fenêtres	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage (4/16/4)
Montant HT*	10 775€	3 279€	4 988€	3 498€	5 000€	6 400€
Energie chauffage		Gaz		Gaz	Gaz	
Système chauffage	Chaudière à condensation	Chaudière basse température	PAC air/air	Chaudière à condensation	Chaudière à condensation	Chaudière récente
Programmation régulation	Programmateu r			Programmation + robinets thermostatique s	Programmation + robinets thermostatique s	Robinets thermostatique s
Energie eau chaude		Gaz		Gaz	Gaz	
Système eau chaude		Par chaudière		Par chaudière	Par chaudière	
Montant HT*	9 620€	9 200€	4 500€	6 190€	6 190€	3 800€
Ventilation	VMC (Hygro B)	VMC (Hygro A)	VMC (Hygro B)	VMC (simple)	VMC Hygro B	VMC (Hygro B)
Montant HT*	1 000€	760€	850€	568€	1 500€	1 750€
Montant tous travaux (HT)	23 565€	19 039€	21 747€	15 301€	23 187€	21 950€
Surcoût travaux/dossier	+ 100%	+ 407%	+ 329%	+ 13%	+ 7%	+ 19%
Dont montant travaux thermiques (HT)	21 912€ (93%)	17 089€ (90%)	13 647€ (63%)	7 321€ (48%)	17 340€ (75%)	10 850€ (49%)
Surcoût thermique/dossier	+ 116%	+ 355%	+ 169%	- 18%	+ 18%	+ 48%

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

3. NIVEAU « TRÈS PERFORMANT »





Analyse :

Le niveau très performant visé à cette étape correspond à une consommation de 85kWh/m2.an modulée en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Les montants de travaux thermiques et connexes cumulés sont plus hétérogènes que pour le niveau « performant » et s'échelonnent de 27 500€ à 49 000€ HT. Le montant moyen investi atteint 36 800€ HT. L'investissement moyen représente un surcoût de +75% par rapport au niveau « performant », pour diminuer la consommation de moitié (environ) : les derniers kWh à économiser sont donc très chers.

Tous les chantiers réalisent de l'isolation sur tous les postes (hors planchers, non réalisée sur 2 chantiers car le logement est sur terre-plein). Les épaisseurs (ou les résistances thermiques) des isolants posés et les techniques employées varient selon les logements mais il apparaît indispensable de créer une isolation performante et la plus complète possible pour atteindre le niveau « très performant » dans un premier temps. La deuxième étape est le choix du système de chauffage et de production d'eau chaude. Seul un chantier n'a pas recours aux énergies renouvelables (n°1) pour atteindre la performance attendue, les autres installent des pompes à chaleur et/ou des panneaux solaires pour la production d'eau chaude. Ces matériels représentent un coût supplémentaire important : l'investissement pour la pompe à chaleur géothermique du chantier n°5 s'élève à 20 160€, les montants pour les chauffe-eau solaires s'échelonnent de 6 500 à 12 000€.

Les chantiers les plus efficaces demandent un investissement inférieur à 400€/m2. Comme pour le niveau « performant », il s'agit quasi exclusivement des logements en étiquette F à l'état initial. Le chantier n°1 atteint ainsi une consommation annuelle de 8€/m2 (74% d'économie sur les kWh consommés par rapport à l'état initial) pour un montant de 225€/m2. Les travaux réalisés sont plutôt « classiques » : isolation des combles, murs, fenêtres selon les critères d'éligibilité du

crédit d'impôt de 2011, installation d'une chaudière mixte au fioul à condensation, de la programmation et régulation ainsi qu'une ventilation performante. Le montant total des travaux est de 28 265€ HT. La part des travaux connexes est très faible (7%) : l'énergie de chauffage initiale a été conservée et engendre peu de frais induits. Comparé au niveau « performant », les travaux supplémentaires concernent uniquement l'isolation des murs, avec un surcoût de « seulement » 20%.

Le chantier n°2, lui aussi en classe F avant travaux, atteint une consommation de 7€/m² mais le montant de travaux au mètre carré correspond au triple du chantier précédent (638€/m²). Sur le montant total du chantier (travaux thermiques et connexes cumulés), l'écart n'est cependant pas aussi important (33 839€). L'isolation est complète (performances d'éligibilité au crédit d'impôt 2011) et l'énergie solaire est employée pour la production d'eau chaude, l'appoint étant assuré par la chaudière gaz mixte à basse température. La part des travaux induits est très faible (9%) : l'isolation par l'extérieur n'engendre pas de frais connexes, et le changement d'énergie de chauffage (électricité à gaz) a un impact négligeable. Les travaux supplémentaires par rapport au niveau « performant » sont l'isolation des murs et la pose du chauffe-eau solaire qui représentent un surcoût de 78%. Cette donnée confirme que les derniers kWh à économiser sont chers.

Le chantier n°6 présente un bon rapport sur les graphiques avec un investissement de 381€/m² et une consommation de 6€/m² mais le montant total du chantier est le plus élevé de notre échantillon, avec 49 108€ HT de travaux thermiques et connexes cumulés. Les performances des isolants sont meilleures que celles exigées pour le crédit d'impôt 2011, mais c'est surtout le poids des travaux induits par l'isolation des murs (environ 11 500€) et l'installation du système de chauffage et du chauffe-eau solaire (quasiment 16 000€) qui constituent l'essentiel de la dépense.

En comparaison, le chantier n°3, pour environ 20 000€ de moins au total, atteint tout de même une consommation de 4€/m² bien que le montant de travaux au mètre carré soit un peu plus élevé (472€/m²). Là encore, la partie isolation est totalement réalisée avec des performances supérieures à celles exigées par le crédit d'impôt 2011. Cependant, ce sont les travaux induits par l'isolation du plancher et l'isolation des murs par l'intérieur qui correspondent à 30% du total de l'investissement. Le montant investi pour la pose du chauffe-eau solaire (5 000€) dépasse celui de l'installation de la pompe à chaleur (4 500€).

Les chantiers n°4 et 5 atteignent des montants de travaux respectivement de 816 et 952€/m². Les montants totaux des chantiers sont également très élevés (38 360 et 43 787€ HT). Pour le chantier n°4, l'installation de la pompe à chaleur atteint 12 000€ (dont 4 000€ de travaux induits), celui du chauffe-eau solaire 6 700€. Ces deux postes totalisent donc la moitié de la dépense totale. L'isolation des murs par l'extérieur représente un poids important, mais dans une moindre mesure (8 900€). Pour le chantier n°5, l'installation du système géothermique coûte 20 000€ (dont 5 000€ de travaux connexes) et celui du chauffe-eau solaire 6 500€. L'isolation des murs par l'extérieur atteint un montant de 8 000€.

DESCRIPTION DES MODÉLISATIONS DE TRAVAUX NIVEAU TRÈS PERFORMANT

(Le bleu correspond aux travaux réalisés pour le niveau dossier Anah, le noir à l'état avant travaux, le rouge à l'état performant et le vert à l'état très performant).

	1	2	3	4	5	6
Conso à atteindre (kWh/m2.an)	110	104	85	110	110	110
Combles	Isolés (R=5)		Isolés (R=6)	Isolés 30cm	Isolés (26cm)	Isolés (R=8)
Montant HT	2 170€		852€	1 500€	1 200€	11 698€
Murs	Isolés (R=2,8)	+ isolation par extérieur (10cm)	Isolés R=5	Isolés par extérieur 15cm	Isolation par extérieur 15cm	¾ des murs isolés par extérieur (R=3)
Montant HT	4 700€	5 800€	3 938€	8 860€	7 947€	12 979€
Plancher		Isolé (10cm)	Isolé (R=2)	Isolé (6cm)	Isolé (10cm)	
Montant HT		1 500€	7 018€	4 000€	1 350€	
Fenêtres	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage (4/16/4)	Double vitrage (4/16/4)
Montant HT	10 775€	3 279€	4 988€	3 600€	5 000€	6 400€
Energie chauffage		Gaz		Electricité		
Système chauffage	Chaudière à condensation	Chaudière basse température	PAC air/air	PAC air/air	PAC géothermiqu e à plancher chauffant	Chaudière à condensation à plancher chauffant
Programmation régulation	Programmate ur		Programmati on	Programmati on	Programmati on	Robinets thermostatiq ues + programme ur
Energie eau chaude		Gaz + solaire	+ solaire	Electricité	Electricité + solaire	+ solaire
Système eau chaude		Par chaudière + chauffe-eau solaire	+ chauffe-eau solaire	Cumulus moins de 5 ans	Chauffe-eau thermodyna mique	+ chauffe-eau solaire
Montant HT	9 620€	22 500€	9 750€	18 900€	26 790€	16 068€

	1	2	3	4	5	6
Conso à atteindre (kWh/m2.an)	110	104	85	110	110	110
Ventilation	VMC (Hygro B)	VMC (Hygro A)	VMC (Hygro B)	VMC (Hygro B)	VMC (Hygro B)	VMC Double Flux
Montant HT	1 000€	760€	850€	1 500€	1 500€	1 955€
Montant tous travaux (HT)	28 265€	33 839€	27 396€	38 360€	43 787€	49 108€
Surcoût travaux/ dossier	+ 140%	+ 801%	+ 440%	+ 184%	+ 101%	+ 166%
Surcoût travaux/ niv. perf	+ 20%	+ 78%	+ 26%	+ 151%	+ 89%	+ 124%
Dont montant travaux thermiques (HT)	26 162€ (93%)	30 789€ (91%)	19 296€ (70%)	29 605€ (77%)	35 940€ (82%)	26 072€ (53%)
Surcoût thermique/ dossier	+ 158%	+ 720%	+ 281%	+ 230%	+ 144%	+ 255%
Surcoût thermique/ niv. perf	+ 19%	+ 80%	+ 41%	+ 304%	+ 107%	+ 140%

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

II.2. Les courbes et nuages de points obtenus EN IMMEUBLES COLLECTIFS (APPARTEMENTS)

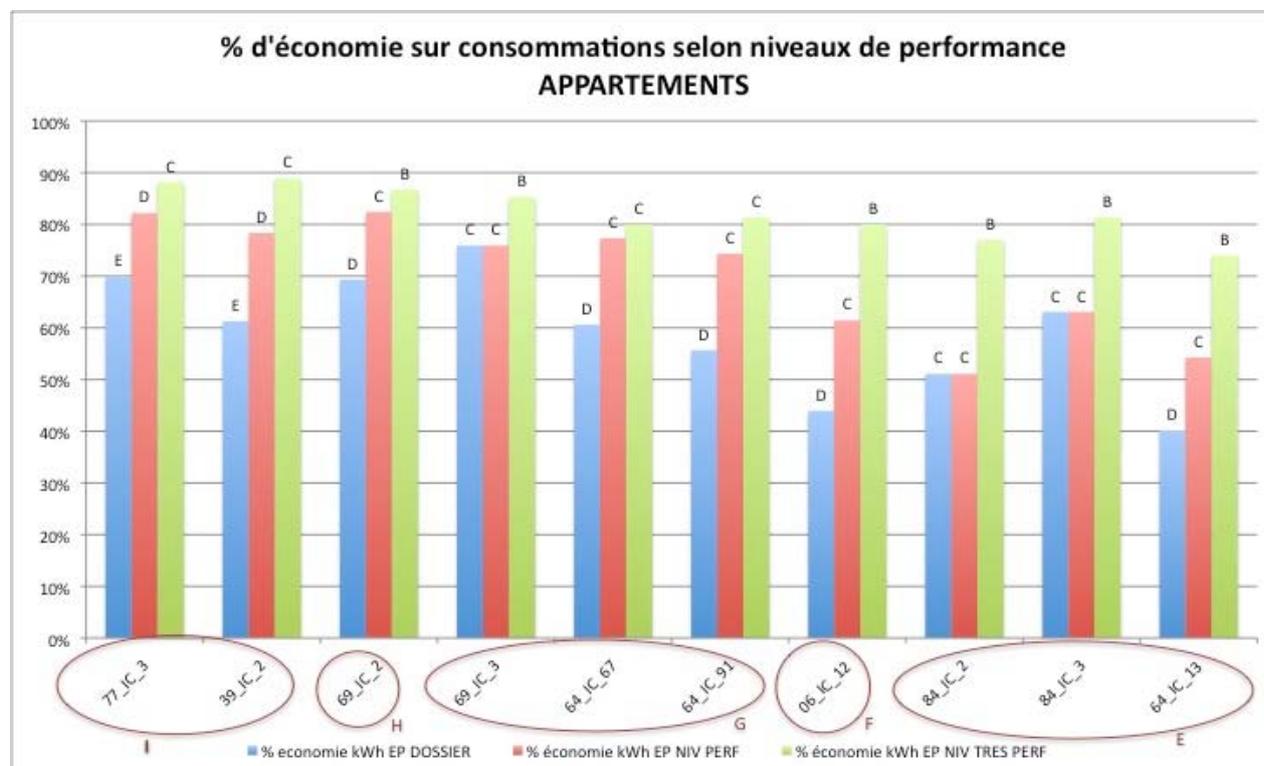
L'étude a porté sur 10 appartements étudiés dans 6 départements.

II.2.a. Les gains d'énergie, selon les niveaux de performance étudiés :

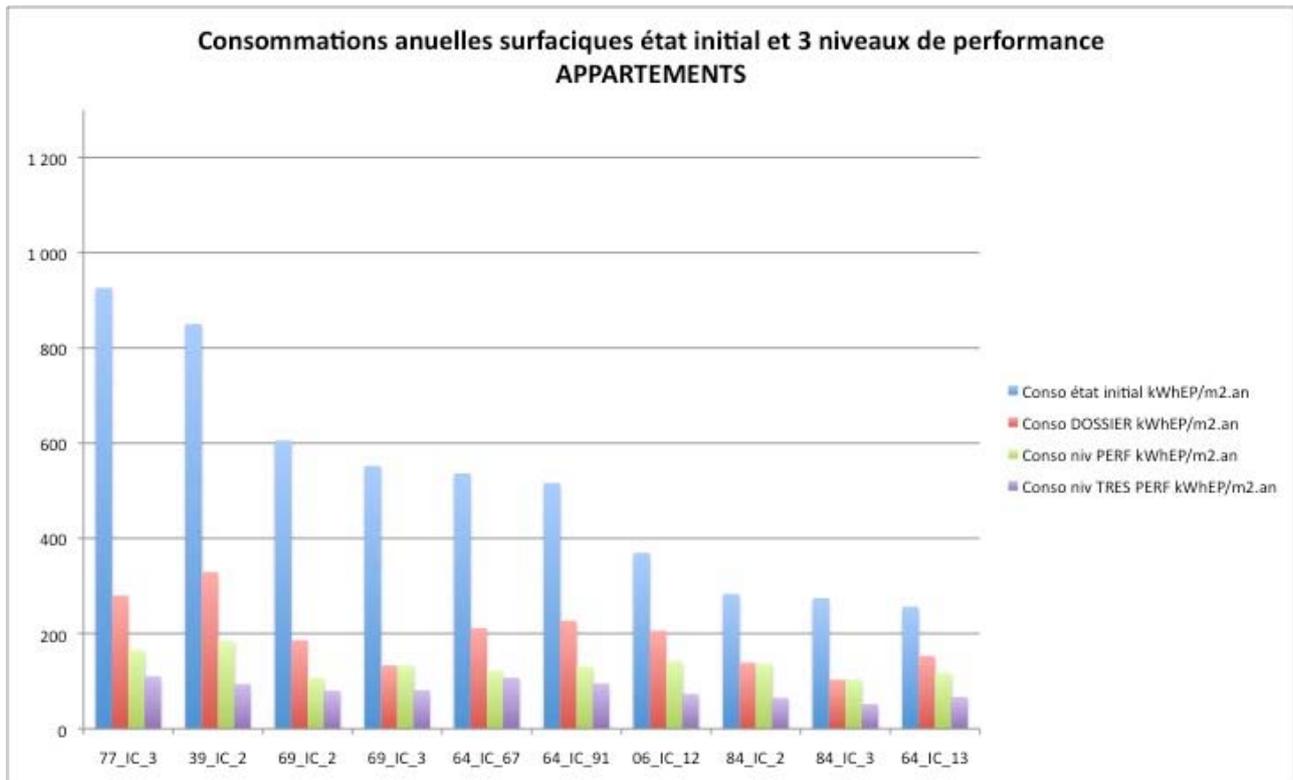
Clefs de lecture des graph :

- Les logements sont classés en abscisse selon leur niveau de consommation avant travaux (étiquettes I, H, G et F).
- Les histogrammes donnent le pourcentage d'économie réalisé (ou projeté) sur les kWh d'énergie primaire, selon les 3 niveaux de performance :
 - dossier ANAH,
 - niveau performant
 - niveau très performant
- L'étiquette énergie atteinte après travaux est mentionnée en haut de chaque barre d'histogramme.

➤ *Pourcentage d'économie de consommations, selon les niveaux de performance*



➤ *Niveau de consommations en kWh_{EP}/m²/an, selon les niveaux de performance*



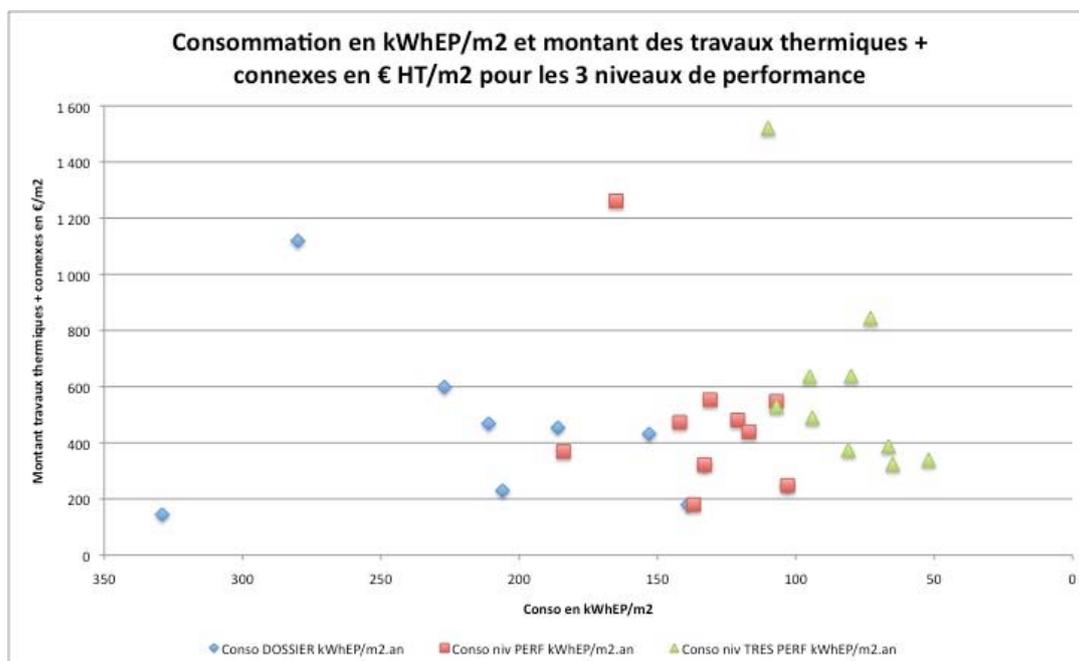
Avant travaux, les appartements considérés ici sont moins énergivores que les maisons individuelles : le plus « économe » d'entre eux atteint une consommation de 256kWh/m2.an (étiquette E) et le plus énergivore 926kWh/m2.an (étiquette I).

Au niveau des dossiers ANAH, la performance atteinte est là encore très variable. Le pourcentage d'amélioration fluctue entre 40 et 76% selon les chantiers. Les améliorations sont plus importantes que pour les maisons individuelles, tous les appartements atteignant la classe E minimum avec les travaux mis en œuvre.

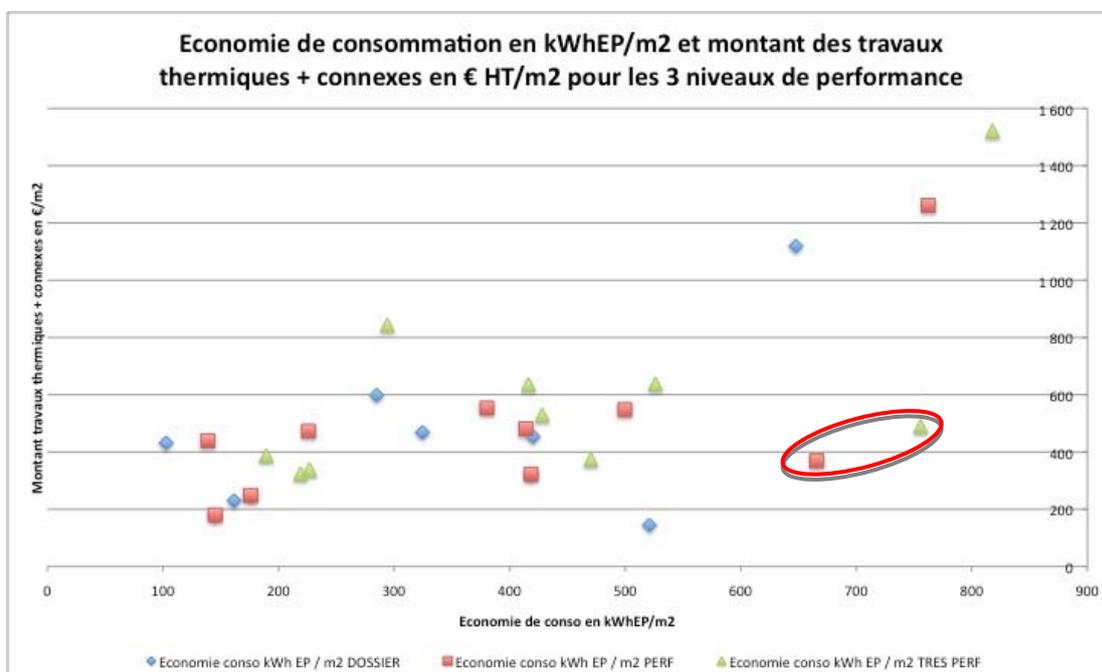
Les chantiers des niveaux « performant » et « très performant » sont analysés dans la suite de l'étude.

II.2.b. Les montants de travaux considérés, selon les niveaux de performance étudiés :

➔ Coût des travaux thermique au m², selon les niveaux de performance

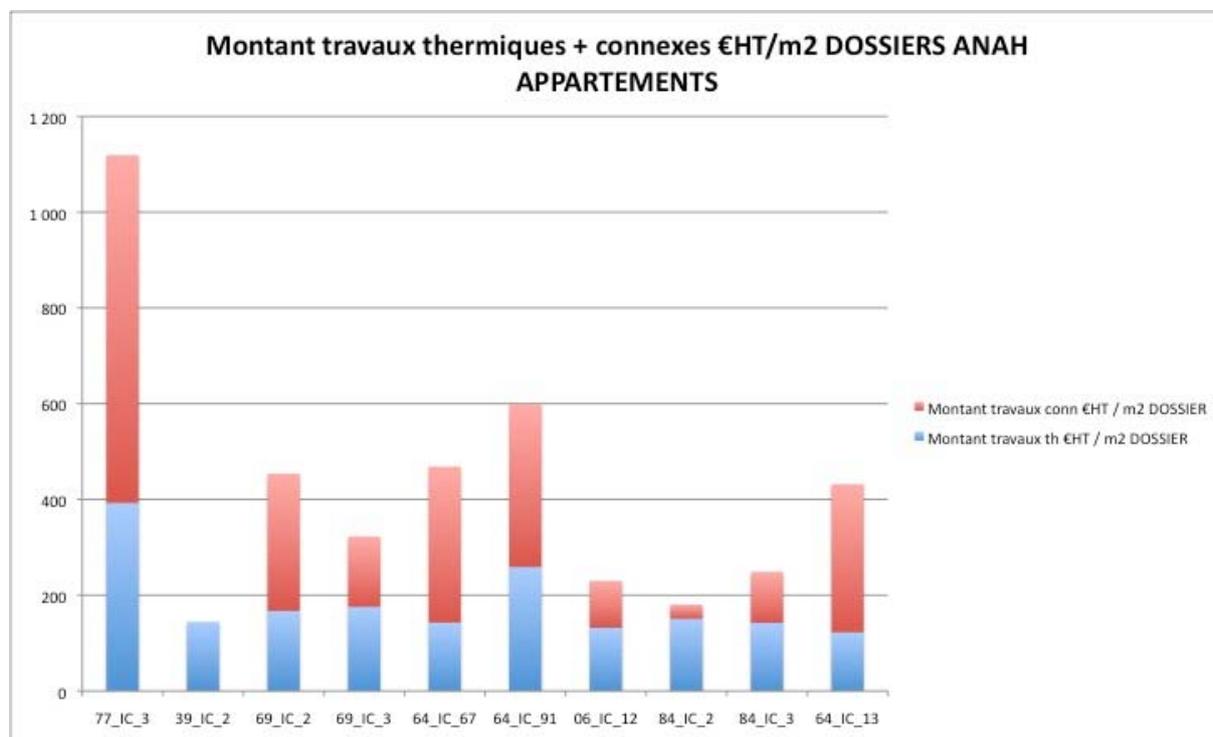


Comme pour les maisons, le graphique fait apparaître des ensembles relativement homogènes pour les trois niveaux de performance. Pour les niveaux performant et très performant, les coûts peuvent néanmoins varier selon un rapport de 1 à 3 (sont exclus les trois chantiers dont le coût approche 1 200€/m²).



Du point de vue des économies en kWh, les groupes sont dispersés : le coût et les types de travaux réalisés dépendent de l'état initial du logement. Certains chantiers apparaissent comme exemplaires (entourés en rouge) : pour un coût modéré de travaux, l'économie générée est très importante (39_IC_2 étudié plus loin).

1. NIVEAU « DOSSIER ANAH »

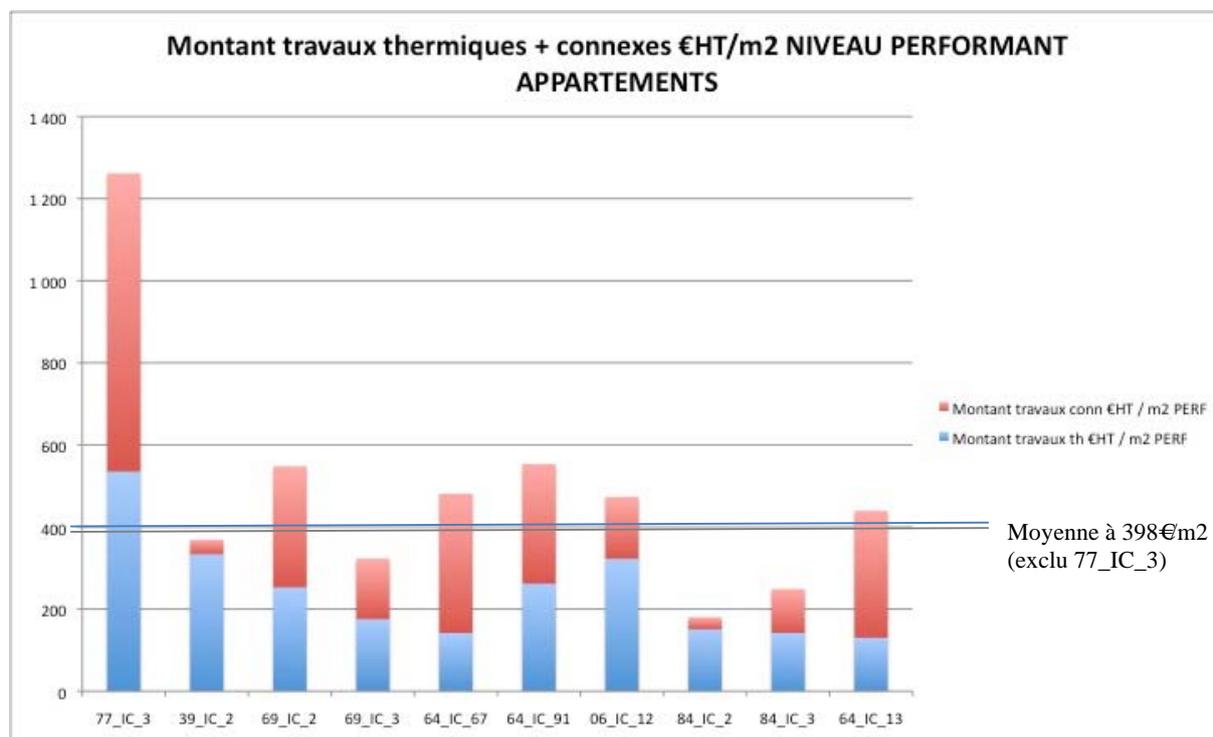


Les montants de travaux ramenés au mètre carré de surface habitable sont très disparates pour les dossiers ANAH, comme pour les maisons individuelles. Au total, travaux thermiques et induits cumulés, les montants varient de 145 à 600€/m² (nous excluons le chantier 77_IC_3 à 1 119€/m²). Pour les travaux thermiques seuls, la fourchette s'étend de 130 à 334€/m² et pour les travaux connexes seuls de 29 à 339€/m². Rappelons que les programmes de travaux ont été choisis par les propriétaires de logements et que les investissements sont par conséquent réalisés en fonction des moyens financiers des propriétaires.

Le logement 77_IC_3 (la première barre d'histogramme) en étiquette I avant travaux, passe en étiquette E après travaux avec 70% de réduction de consommation en kWhEP pour un montant de travaux très conséquent (1 120€/m² travaux thermiques et connexes confondus) au regard de l'économie réalisable et du saut de 4 classes énergétiques. A l'inverse, le 39_IC_2 (deuxième barre d'histogramme), également en étiquette I avant travaux, atteint la classe E après travaux et réalise une économie de 61% sur les consommations en kWh pour un montant de travaux presque 10 fois inférieur au chantier précédent (145€/m²) et un saut de classe identique.

Le logement 69_IC_3 réalise également un saut de 4 classes (de G avant travaux à C après travaux) avec un montant de travaux deux fois plus important (323€/m²).

2. NIVEAU « PERFORMANT »



Nous excluons de la présente analyse le logement 77_IC_3 qui présente des montants de travaux bien supérieurs aux autres chantiers. La fourchette des prix de travaux thermiques et induits cumulés est moins large que pour les maisons et moins disparate que pour les dossiers ANAH. Pour les travaux thermiques, la fourchette varie de 130 à 334€/m² ; pour les travaux connexes de 29 à 339€/m² comme pour le niveau « dossier ANAH ». Elle est comprise 180 et 553€ pour thermiques et connexes cumulés. Rappelons que le niveau de consommation à atteindre pour le niveau performant est de 160kWh/m².an modulé en fonction de la zone géographique et de l'altitude.

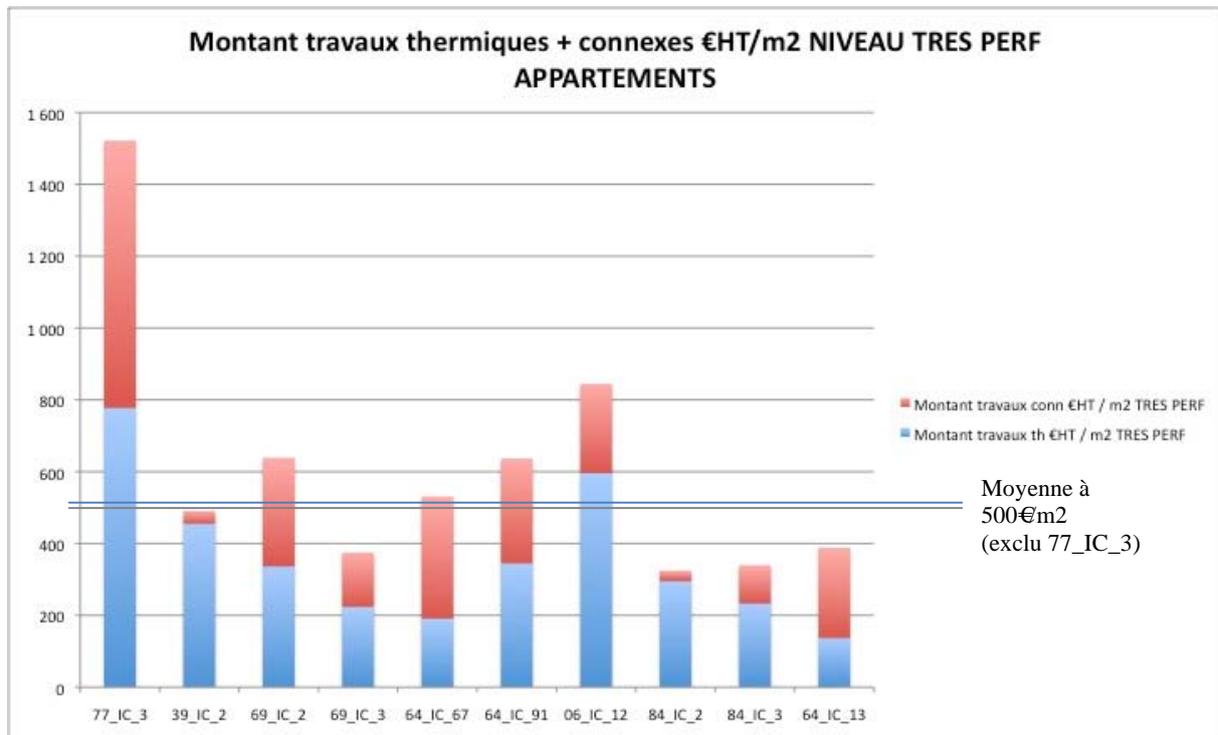
Le 84_IC_2, en classe E avant travaux, atteint l'étiquette C. Il réalise 51% d'économie sur la consommation en kWh pour un montant de travaux global de 180€/m².

Le logement 39_IC_2 (deuxième barre d'histogramme) en classe I avant travaux réalise une économie de 78% par rapport aux consommations initiales en kWh et atteint la classe D pour un montant de travaux moyennement important (369€ HT travaux thermiques et connexes cumulés).

Le 69_IC_3 présente un montant de travaux relativement faible de 323€/m² pour une économie très importante de 76% (passe de la classe G à C).

Le 69_IC_2 réalise 82% d'économie par rapport à l'état initial en passant de la classe H à la classe C (l'économie la plus importante de l'ensemble des logements du panel), pour un montant de 548€/m². Au vu du montant de travaux, il se situe dans la frange supérieure comparé aux autres chantiers, mais l'économie estimée est très importante.

3. NIVEAU « TRÈS PERFORMANT »



Rappelons que ce niveau de performance est de 85kWh/m².an modulé en fonction de l'altitude et de la zone climatique. Là encore, nous excluons le logement 77_IC_3 de notre analyse.

Pour les travaux thermiques, la fourchette varie de 137 à 596€/m². Elle est comprise entre 29 et 339€/m² pour les travaux connexes, comme pour les niveaux dossier ANAH et performant. Les montants de travaux thermiques et connexes cumulés s'échelonnent de 324 à 844€/m². Le montant moyen d'investissement est 25% supérieur par rapport au niveau performant (alors que pour les maisons il était supérieur au double). **Comparé au niveau performant et contrairement à ce qui apparaissait pour les maisons individuelles, les kWh à économiser pour atteindre le niveau très performant ne représentent donc pas un surcoût très important.**

Le logement 39_IC_2 en classe I avant travaux réalise une économie de 89% par rapport aux consommations initiales en kWh et atteint la classe C pour un montant de travaux moyen (490€ HT travaux thermiques et connexes cumulés).

Le 69_IC_3, en classe G avant travaux, atteint l'étiquette B. Il réalise 85% d'économie sur la consommation en kWh pour un montant de travaux global de 375€/m².

Le 84_IC_2 réalise 77% d'économie par rapport à l'état initial en passant de la classe E à la classe B, pour un montant de 324€/m².

II.2.c. Les consommations et gains d'énergie, selon les montants investis dans les travaux

Clefs de lecture des nuages de points :

Le code couleur des niveaux d'étiquettes énergie avant travaux est le suivant :

Noir = I ; Rouge = H ; Orange = G ; Bleu = F ; Vert = E

⇒ *Consommations en kWh puis économie en kWhEP et montants investis dans les travaux thermiques et connexes, selon les niveaux de performance*

Pour les analyses qui arrivent, nous proposons de suivre l'évolution de 3 chantiers en raison de leur intérêt pour l'étude.

Pour faciliter la compréhension des graphiques, le tableau ci-après résume les éléments présents à l'état initial.

DESCRIPTION DES LOGEMENTS AVANT TRAVAUX

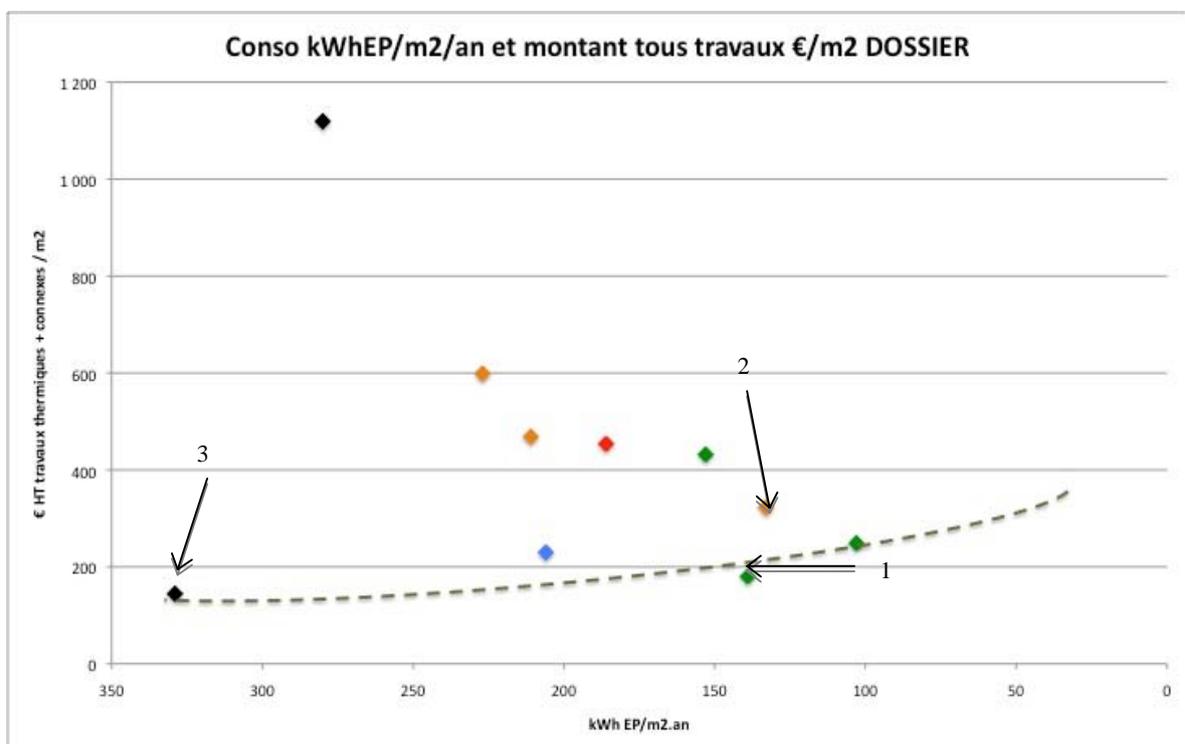
	84_IC_2	69_IC_3	39_IC_2
	1	2	3
Conso estimée (kWhEP/m2.an)			
Département			
Epoque construction			
Surface			
Situation (étage)			
Murs			
Fenêtres			
Energie chauffage			
Système chauffage			
Programmation régulation			
Energie eau chaude			
Système eau chaude			
Ventilation			

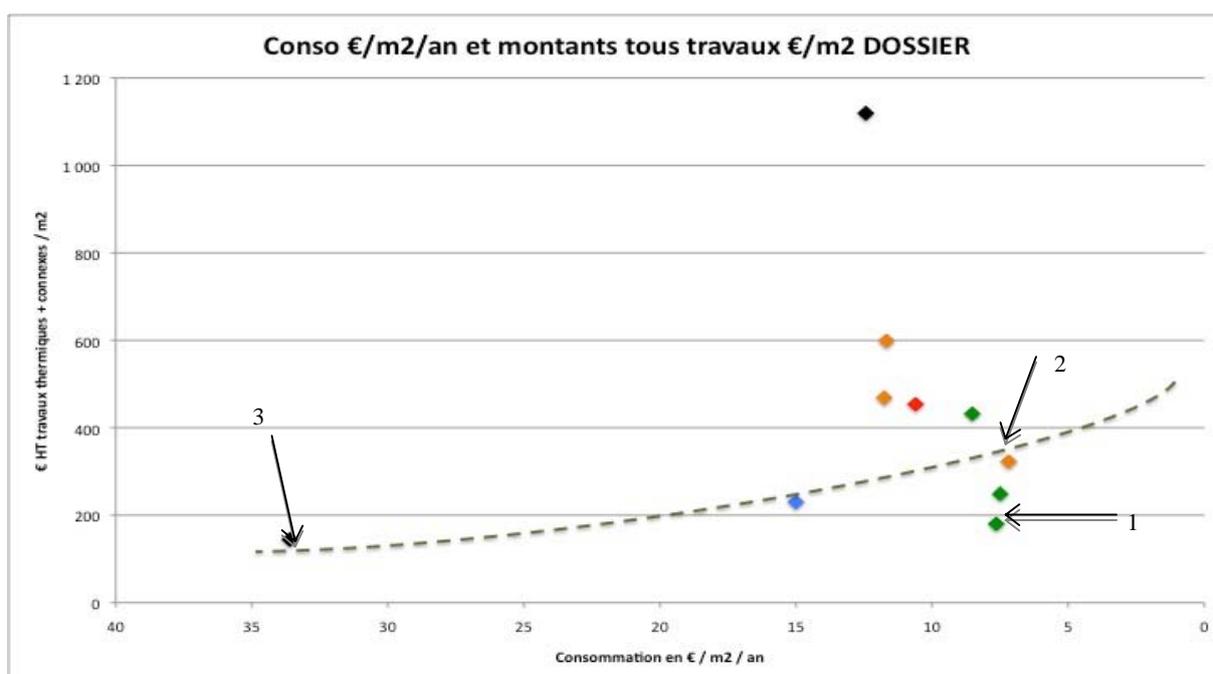
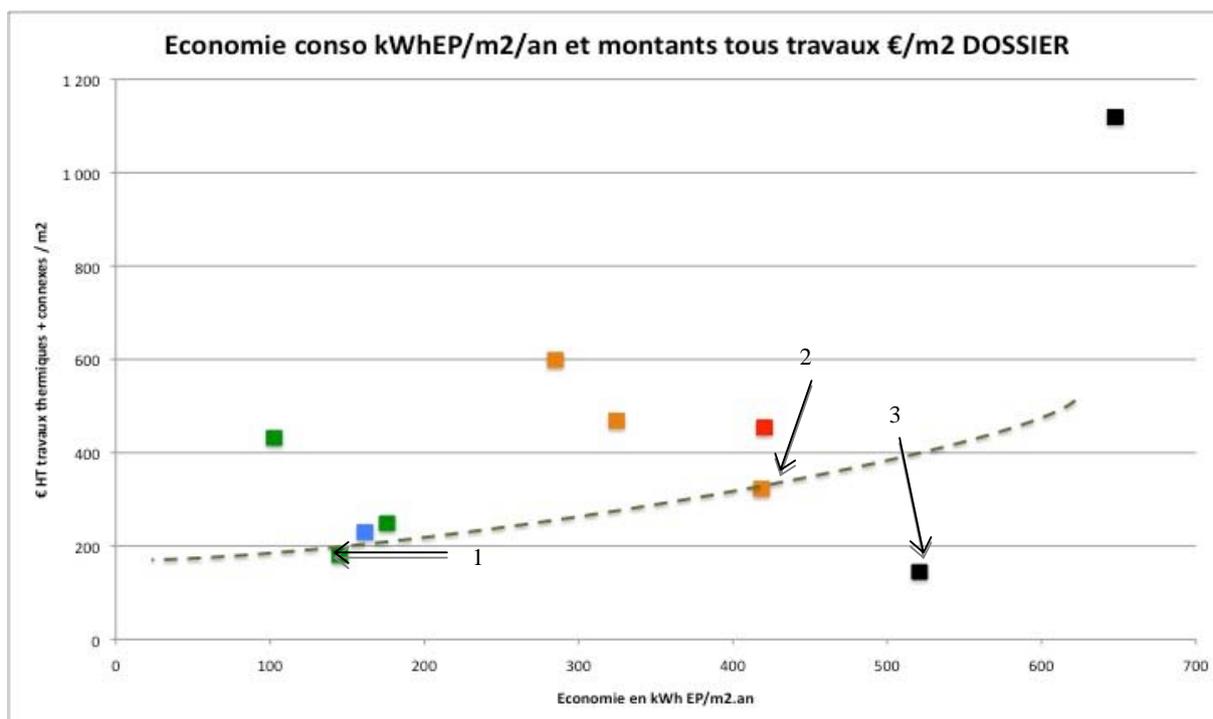
Les trois chantiers retenus appartiennent à une typologie de construction ancienne aux murs en pierre, avec ou sans remplissage. Chacun d'eux présente en outre des particularités notables :

- le n°1 est en classe E avant travaux, il peut donc être considéré comme faisant partie des logements les moins énergivores du panel, ce qui s'explique par sa situation dans l'immeuble, en étage intermédiaire.
- Le n°2 est en classe G avant travaux car il est situé en dernier étage d'immeuble, sous des combles perdus non isolés. De plus, il est chauffé à l'électricité, la consommation en énergie primaire est par conséquent pénalisée (le coefficient de 2,58 s'applique pour la transformation de l'énergie finale à l'énergie primaire).
- Le n°3 est en classe I avant travaux, il est donc l'un des logements les plus consommateurs de notre panel. Il est situé en rez-de-chaussée sur des locaux non chauffés et équipé d'un système de chauffage vétuste au bois.

1. NIVEAU « DOSSIER ANAH »

⇒ Focus sur les dossiers présentant le meilleur rapport « Conso. d'énergie/coût de travaux »





Analyse :

Deux chantiers présentent un investissement inférieur à 200€/m2 pour travaux thermiques et connexes cumulés et présentent des résultats intéressants en termes de consommation et d'économies (n°1 et 3). Précisons que les chantiers n°1 et 2 atteignent déjà avec le niveau « dossier » le niveau de consommation attendu pour le niveau performant.

Le chantier n°1 est celui qui présente le meilleur rapport entre l'investissement et les consommations attendues en kWh/m2.an (139) et en €/m2.an (8). Rappelons que ce logement était en classe E avant travaux et qu'il passe en catégorie C. Il saute donc 2 classes énergétiques,

ce qui est peu comparé aux chantiers 2 et 3. Pour un montant de travaux global assez faible de 180€/m², l'isolation des murs par l'intérieur a été réalisée, le remplacement des fenêtres par du double vitrage, le remplacement des convecteurs et cumulus vétustes par des matériels neufs. Une VMC a été installée.

Le chantier n°2 présente un programme de travaux deux fois plus cher mais quasiment identique, à l'exception de panneaux rayonnants remplaçant les convecteurs et la qualité supérieure de la VMC (hygro réglable B). De plus, les plafonds du logement sous combles perdus ont été isolés. Pour ce chantier, c'est l'isolation des murs qui représente la dépense la plus importante, avoisinant la moitié du montant total : les travaux connexes sont importants et représentent les 2/3 du montant de ce poste de travaux. Les performances atteintes par le logement sont remarquables : de la classe G avant travaux, il atteint la catégorie C (saut de 4 classes) et les dépenses énergétiques pour l'occupant sont inférieures au chantier n°1 et atteignent 7€/m².an. La part des travaux induits est importante (46%) : ils concernent essentiellement la réfection des murs et des plafonds suite à l'isolation.

Le chantier n°3 réalise une économie de consommation de plus de 500kWh/m².an mais reste cependant le plus énergivore des chantiers présentés (329kWh/m².an représentant une dépense de 34€/m².an). Pour sortir de la classe énergétique I et atteindre le niveau E, la dépense est faible avec 145€/m². Le programme de travaux concerne l'isolation partielle des murs par l'intérieur, le remplacement des fenêtres par du double vitrage et le passage de convecteurs électriques vétustes à une chaudière à condensation au gaz et la régulation par radiateurs. Le poste chauffage représente la moitié de l'investissement total en raison de la nécessité d'installer le réseau de distribution et les radiateurs pour le changement d'énergie de chauffage. Notons que les travaux induits n'ont pas été nécessaires pour ce chantier.

Les montants de travaux thermiques et connexes cumulés sont disparates : ils s'échelonnent de 11 675€ à 23 581€ HT. Les travaux exclusivement thermiques présentent des écarts moins larges : de 9 775€ à 14 900€ HT. Les niveaux de performance atteints sont eux aussi hétérogènes (cf. histogramme p.4). Comme pour les maisons, il est difficile de tirer des enseignements généraux sur ces chantiers pour le niveau « dossier ANAH ».

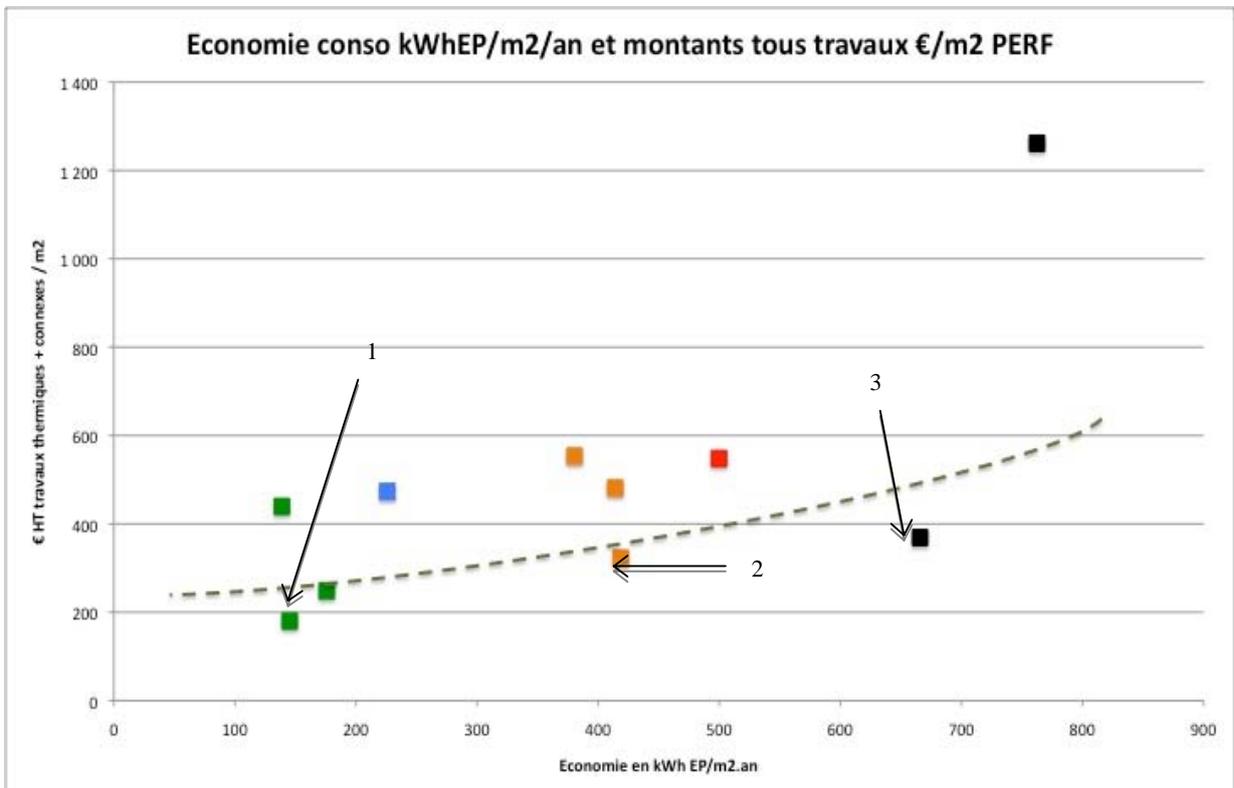
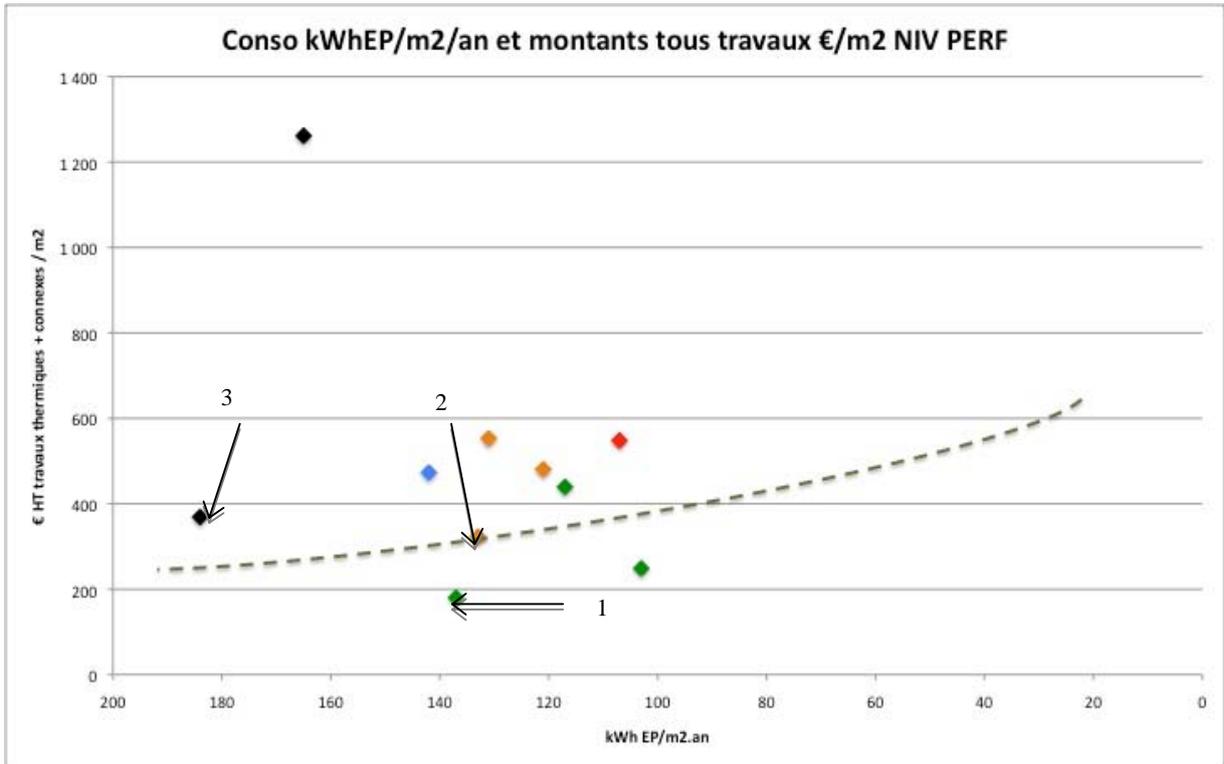
DESCRIPTION DES TRAVAUX RÉALISÉS DANS LE CADRE DE L'INTERVENTION ANAH

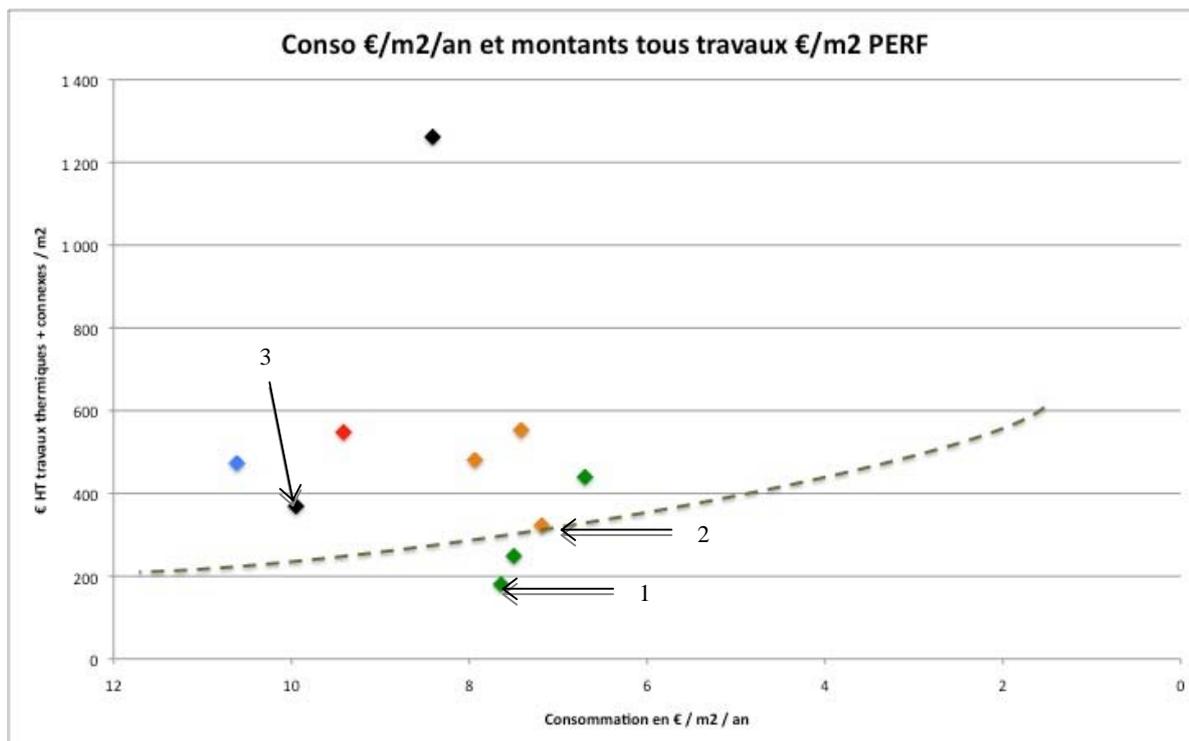
Les travaux réalisés pour chaque logement sont matérialisés en bleu (en noir : état avant travaux).

	1	2	3
Conso atteinte (kWh/m².an)	139	133	329
Plafond		Isolation R=6	
Montant HT*		4 324€	
Murs	Isolation totale par intérieur R=2,8	Isolation totale par intérieur 10cm	Isolation partielle par intérieur
Montant HT*	3 630€	11 304€	1 893€
Plancher			
Montant HT*			
Fenêtres	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4
Montant HT*	3 400€	3 241€	5 458€
Energie chauffage			Gaz
Système chauffage	Convecteurs	Rayonnants	Chaudière à condensation
Programmation régulation		Programmateur	Robinets thermostatiques
Energie eau chaude			
Système eau chaude	Cumulus - 5 ans	Cumulus - 5 ans	
Montant HT*	4 085€	4 053€	7 549€
Ventilation	VMC (simple)	VMC Hygro B	
Montant HT*	560€	659€	
Montant tous travaux (HT)	11 675€	23 581€	14 900€
Dont montant travaux thermiques (HT)	9 775€ (84%)	12 849€ (54%)	14 900€ (100%)

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

2. NIVEAU « PERFORMANT »





Analyse :

Le niveau performant visé à cette étape correspond à une consommation de 160kWh/m2.an modulée en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Les graphiques, présentant les montants de travaux ramenés au mètre carré de surface habitable, ne font pas apparaître l'hétérogénéité des montants de travaux thermiques et connexes cumulés qui s'échelonnent de 12 000 à 38 000€ pour nos 3 chantiers retenus. Cette dispersion s'explique par la différence de taille entre les 3 logements, le n°3 (à 38 000€ de travaux) étant le plus grand d'entre eux avec 103m2 de surface habitable, alors que la surface du n°1 (à 12 000€ de travaux) n'est que de 65m2.

Notons que l'ensemble des chantiers réalise une isolation complète sur tous les postes possibles.

Les chantiers n°1 et 2 sont identiques au niveau « dossier ». Le programme de travaux permettait en effet déjà d'atteindre le niveau performant. Rappelons toutefois que l'ensemble des postes d'amélioration thermique sont traités (hormis la programmation du chauffage pour le chantier n°1) : isolation des murs, pose de double vitrage et de ventilations mécaniques, remplacement des radiateurs électriques et des cumulus. Le chantier n°2, en dernier étage d'immeuble sous combles perdus, isole également les plafonds.

Le chantier n°3, comparé au niveau « dossier ANAH », a amélioré l'ensemble de l'isolation : les murs sont isolés en totalité, le plancher est isolé (22% du montant des travaux), le double vitrage a été amélioré. Le système de chauffage a été modifié pour une pompe à chaleur air-eau collective et la production d'eau chaude est assurée par un cumulus neuf. Le poste chauffage et eau chaude atteint plus de 14 000€, soit la moitié du montant total des travaux. Malgré un investissement très lourd de 38 025€ pour les travaux thermiques et connexes confondus, les consommations du logement restent élevées comparées aux autres chantiers : 10€/m2.an et 184kWh/m2.an. Pourtant, l'économie générée par le programme de travaux est remarquable avec 670kWh/m2.an (78%) de moins qu'à l'état initial. Le logement passe alors en étiquette D, alors qu'il était en classe I avant les travaux (5 classes sont sautées).

Pour ce chantier, le choix d'un système de chauffage au gaz par une chaudière à condensation produisant également l'eau chaude plutôt que la pompe à chaleur permettrait d'atteindre la performance attendue (avec 152kWh/m².an) pour un montant de travaux total de 31 124€ (soit 302€/m²).

Pour conclure sur cette première partie d'analyse, selon la classe énergétique de départ et la situation du logement dans l'immeuble, le montant à investir pour atteindre le niveau performant pourrait s'échelonner entre 200 et 300€/m² (en HT) pour des totaux allant de 12 000 à 30 000€ et une moyenne de 22 000€ HT.

Cela dit, les travaux d'isolation de combles ou de locaux non chauffés (garages, caves, etc.), respectivement en parties hautes et basses de l'immeuble, sont théoriquement à la charge de la copropriété et non du propriétaire seul. En admettant que nous excluons des montants de travaux les postes d'isolation des combles pour les chantiers n°2 et d'isolation du plancher pour le chantier n°3, nous obtenons un montant de travaux total de 19 257€ pour le chantier n°2 (279€/m²) et de 22 889€ pour le chantier n°3 (222€/m²). Le montant moyen de 20 000€ pour un chantier permettant d'atteindre le niveau performant correspond alors au montant calculé pour les maisons individuelles. Cette analyse théorique qui permet d'obtenir un montant moyen de chantier pour atteindre le niveau performant peut vraisemblablement s'appliquer a minima aux appartements en étage intermédiaire.

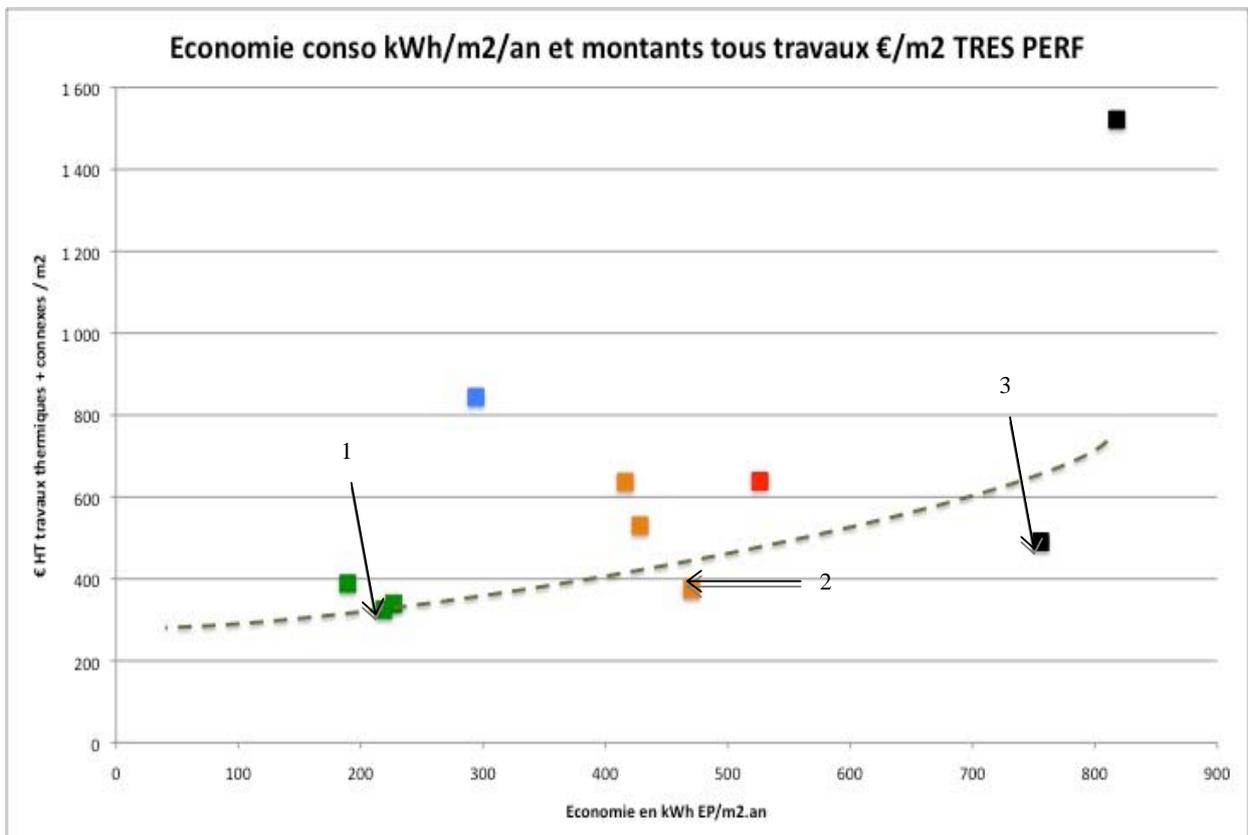
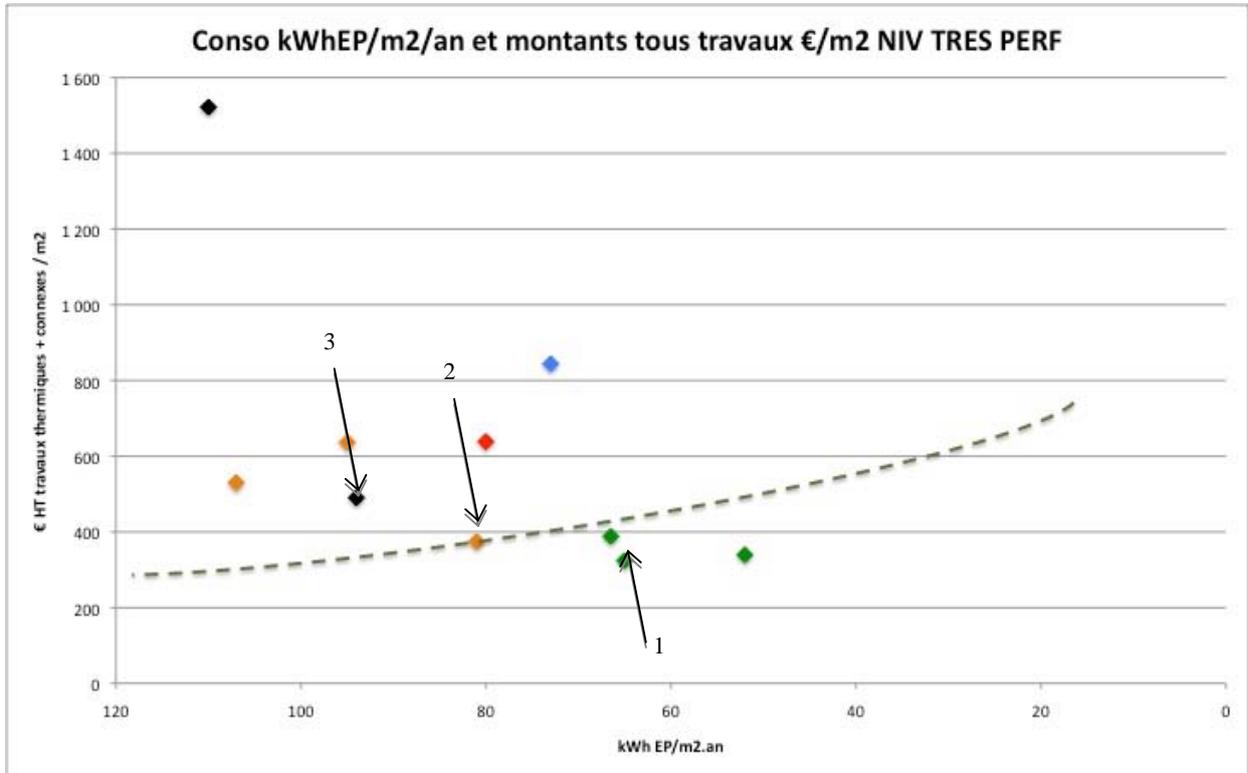
DESCRIPTION DES MODÉLISATIONS DE TRAVAUX NIVEAU PERFORMANT

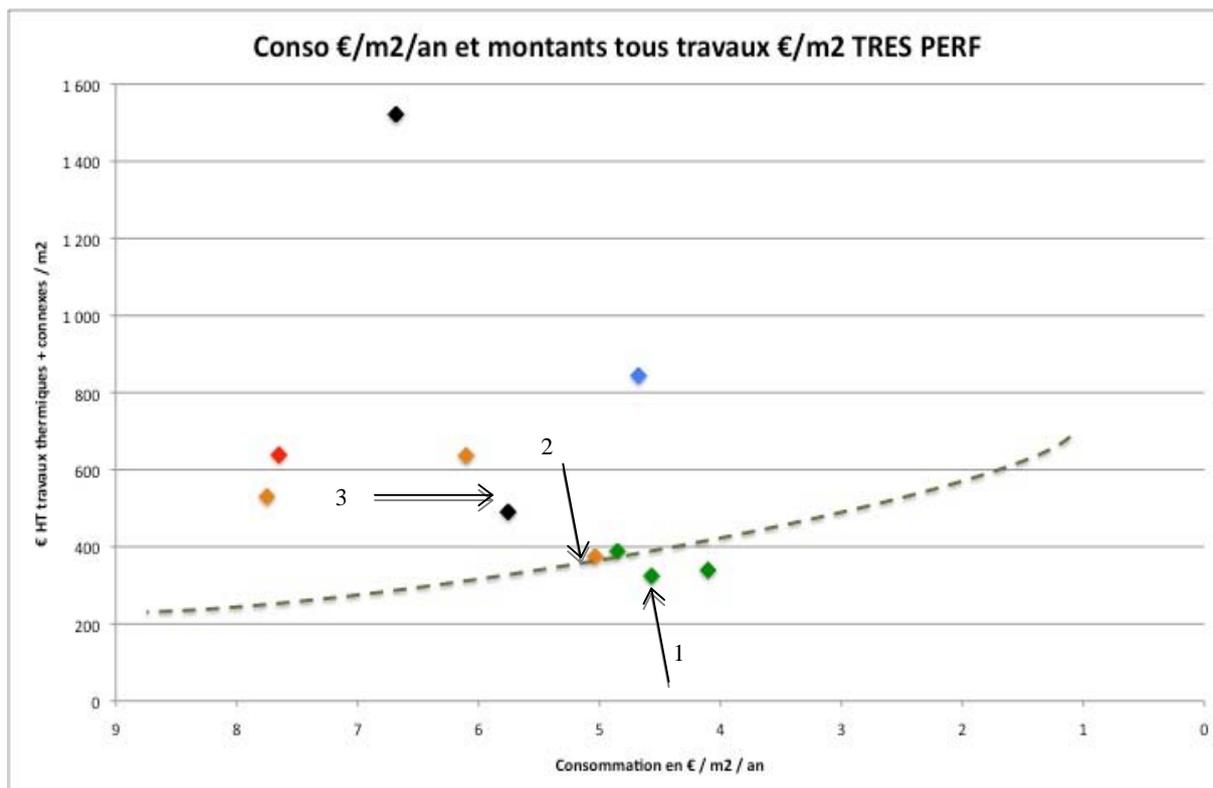
(Le bleu correspond aux travaux réalisés pour le niveau dossier Anah, le noir à l'état avant travaux, le rouge à l'état performant).

	1	2	3
Conso atteinte (kWh/m2.an)	139	133	184
Plafond		Isolation R=6	
Montant HT*		4 324€	
Murs	Isolation totale par intérieur R=2,8	Isolation totale par intérieur 10cm	Isolation totale par intérieur de 10 à 15cm
Montant HT*	3 630€	11 304€	6 090€
Plancher			Isolé 10cm
Montant HT*			8 325€
Fenêtres	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4
Montant HT*	3 400€	3 241€	7 600€
Energie chauffage			Electricité
Système chauffage	Convecteurs	Rayonnants	Pompe à chaleur air-eau
Programmation régulation		Programmateur	Programmateur
Energie eau chaude			
Système eau chaude	Cumulus – 5 ans	Cumulus – 5 ans	Cumulus – 5 ans
Montant HT*	4 085€	4 053€	14 450€
Ventilation	VMC (simple)	VMC Hygro B	VMC Hygro B
Montant HT*	560€	659€	1 650€
Montant tous travaux (HT)	11 675€	23 581€	38 025€
Surcoût travaux / dossier	0%	0%	+ 155%
Dont montant travaux thermiques (HT)	9 775€ (84%)	12 849€ (54%)	34 390€ (90%)
Surcoût thermique / dossier	0%	0%	+ 131%

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

3. NIVEAU « TRÈS PERFORMANT »





Analyse :

Le niveau très performant visé à cette étape correspond à une consommation de 85kWh/m2.an modulée en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Les montants de travaux thermiques et connexes s'échelonnent de 21 000€ à 50 500€ HT.

Pour tous les chantiers, l'isolation est identique à celle du niveau « performant ».

Le système de chauffage par panneaux rayonnants du chantier n°2 est maintenu, mais les autres chantiers passent à une pompe à chaleur air-air pour le chantier n°1 et une pompe à chaleur géothermique collective pour le chantier n°3. Tous les chantiers ont recours aux panneaux solaires pour la production d'eau chaude en vue d'atteindre la performance attendue. Ces matériels représentent un coût supplémentaire important : l'investissement pour la pompe à chaleur géothermique du chantier n°3 s'élève à 19 500€, les montants pour les chauffe-eau solaires s'échelonnent de 3 800 à 6 500€.

Nos chantiers les plus efficaces demandent un investissement de l'ordre de 400€/m2. Le chantier n°1 atteint ainsi une consommation annuelle de 5€/m2 (77% d'économie sur les kWh consommés par rapport à l'état initial) pour un montant de 324€/m2. Les travaux réalisés sont plutôt « classiques » : isolation des murs, fenêtres, installation d'une pompe à chaleur air-air ainsi que d'une ventilation mécanique. Le montant total des travaux est de 21 010€ HT. La part des travaux connexes est très faible (9%). Le surcoût comparé au niveau « performant » est assez important (+79%), ce qui s'explique par la pose d'un chauffe-eau solaire pour la production d'eau chaude et de la pompe à chaleur pour le chauffage.

Le chantier n°2 atteint également une consommation de 5€/m2 et le montant de travaux au mètre carré s'approche de celui du chantier n°1 (375€/m2). Les travaux supplémentaires par

rapport au niveau « performant » concernent la pose du chauffe-eau solaire qui représentent un surcoût de 16%.

Le chantier n°3 présente toujours un excellent rapport entre le montant de travaux et les économies générées (89%). La consommation est de 6€/m² pour 94kWh/m².an, mais le montant total du chantier est le plus élevé de notre échantillon, avec 50 525€ HT de travaux thermiques et connexes cumulés. C'est le poids de la pompe à chaleur géothermique collective (19 500€) et du chauffe-eau solaire (6 500€) qui constituent la moitié de la dépense. L'investissement est supérieur aux autres chantiers avec 490€/m².

Comme pour les maisons individuelles, le montant des travaux à mettre en œuvre pour atteindre le niveau « très performant ».

DESCRIPTION DES MODÉLISATIONS DE TRAVAUX NIVEAU TRÈS PERFORMANT

(Le bleu correspond aux travaux réalisés pour le niveau dossier Anah, le noir à l'état avant travaux, le rouge à l'état performant et le vert à l'état très performant).

	1	2	3
Conso atteinte (kWh/m2.an)	65	81	94
Plafond		Isolation R=6	
Montant HT*		4 324€	
Murs	Isolation totale par intérieur R=2,8	Isolation totale par intérieur 10cm	Isolation totale par intérieur de 10 à 15cm
Montant HT*	3 630€	11 304€	6 090€
Plancher			Isolé 10cm
Montant HT*			8 325€
Fenêtres	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4	Double vitrage 4/16/4
Montant HT*	3 400€	3 241€	7 600€
Energie chauffage			Electricité
Système chauffage	Pompe à chaleur air-air	Rayonnants	Pompe à chaleur géothermique
Programmation régulation		Programmateur	Programmateur
Energie eau chaude			Gaz
Système eau chaude	Cumulus + chauffe-eau solaire	Cumulus + chauffe-eau solaire	Chauffe bain + chauffe-eau solaire
Montant HT*	13 420€	7 853€	26 500€
Ventilation	VMC (simple)	VMC Hygro B	VMC Hygro B
Montant HT*	560€	659€	1 650€
Montant tous travaux (HT)	21 010€	27 381€	50 525€
Surcoût travaux / dossier	+ 79%	+ 16%	+ 239%
Surcoût travaux / niv. Perf	+ 79%	+ 16%	+ 33%
Dont montant travaux thermiques (HT)	19 110€ (91%)	16 349€ (60%)	46 890€ (93%)
Surcoût thermique / dossier	+ 95%	+ 27%	+ 215%
Surcoût thermique / niv. perf	+ 95%	+ 27%	+ 36%

* Montants hors taxe des travaux thermiques et connexes cumulés

III. Les principaux enseignements de la recherche

Les apports de la recherche se situent à trois niveaux :

1. La méthodologie

On peut désormais analyser les prix de la rénovation thermique sur la base de critères opérationnels : coûts totaux / coûts premiers / coûts induits, ce qui permet de raisonner de manière plus précise. Les coûts induits (ou connexes) concernent par exemple le coût de la dépose de radiateurs et de la plâtrerie lors de l'isolation des murs par l'intérieur.

On constate également que le coût des travaux induits peut représenter jusqu'à 60% du montant global.

La distinction entre travaux connexes et « purement thermiques » permet également de bien expliquer que les rénovations complètes débouchent souvent sur de très bons niveaux de performance puisque, dès lors qu'il est décidé de rénover les murs (plâtrerie, peinture) le coût additionnel de la pose d'un isolant est très facile à justifier au regard du gain de performance attendu.

2. La connaissance factuelle

La méthode a permis d'accumuler de la connaissance sur les montants de chantiers et d'obtenir une bien meilleure appréhension du prix des travaux par poste ainsi que des montants totaux des opérations, permettant des analyses coûts / bénéfiques et donc, de privilégier certains types de travaux.

Cette étude, permet de connaître et donner de manière précise des montants de travaux par types en distinguant les travaux premiers et les travaux induits :

- Isolation des combles : perdus / habités
- Isolation des murs
- Remplacement de chaudière : au gaz à basse température ou à condensation / au fioul à basse température ou à condensation

**FOURCHETTES DE PRIX DE CHANTIERS
POUR TRAVAUX THERMIQUES ET INDISSOCIABLEMENT LIES**

	Montant HT de travaux thermiques			Montant HT de travaux liés		
Isolation de combles perdus ⁴						
Isolation de combles habités						
Isolation des murs par l'intérieur						
Chaudière fioul à basse température						
Chaudière fioul à condensation						
Chaudière gaz à basse température						
Chaudière gaz à condensation						

⁴ Pour un R=5, moyenne à 35€HT/m²

3. Les orientations stratégiques

On constate que dans l'activité de l'Anah (d'il y a quelques années à aujourd'hui), il arrive déjà qu'on atteigne un niveau performant (étiquette C). On peut désormais chiffrer le coût de la performance thermique selon le niveau d'ambition que l'on souhaite se donner :

- Chantiers Anah : entre 3 500 et 20 000 €. Le montant des chantiers est lié à la qualité initiale des logements (parfois très énergivores et très anciens) et à la performance énergétique finale. On peut ainsi conclure qu'on arrive presque systématiquement à l'étiquette C avec 20 000 € de travaux.
- Chantiers performants : de l'ordre de 20 000 euros.
- Chantiers très performant : de 22 000 à 50 000 euros.

On sait donc distinguer les objectifs habituels, ambitieux et très ambitieux et analyser ce qu'ils coûtent.

Il convient également de distinguer deux contextes bien contrastés :

- **La rénovation complète** de logements indignes ou très dégradés : dans ce contexte on rénove de toutes façons l'intégralité du logement, cela implique un coût élevé mais une qualité thermique performante après travaux. Les murs peuvent notamment être isolés, ce qui réduit largement les consommations attendues.
 - En rénovation complète on justifie jusqu'à 20 000 euros de travaux et on atteint relativement facilement 150 kWh/m².an.
- **La rénovation de logements occupés** : tous les postes de travaux ne peuvent pas être réalisés (l'isolation des murs par exemple), le coût est moindre pour une performance finale moindre elle aussi.
 - En logement occupé on justifie économiquement assez facilement 10 000 euros de travaux.

En revanche, pour arriver à 80 kWh/m².an, il faut rajouter en moyenne entre 15 000 et 30 000 euros, ce qui correspond à un objectif en cohérence avec la politique climatique mais cela est difficile à justifier sur le plan économique et social : d'où une question stratégique sur la possibilité de mobiliser des financements spécifiquement « climat » (Plans Climat, politiques régionales...).

Concernant les types de travaux à favoriser dans le cadre des politiques d'intervention publique, l'isolation des parois, moins onéreuse à l'investissement et plus pérenne dans le temps, doit être une priorité d'intervention pour la réhabilitation thermique.

Cependant, certains types de travaux engendrent des coûts induits assez élevés, comme pour le plancher ou les murs par l'intérieur. Selon la surface à isoler, l'isolation des murs par l'extérieur apparaît finalement comme une solution pertinente à la fois du point de vue technique (traitement des ponts thermiques) et financière (absence de coûts induits par la dépose des éléments intérieurs et travaux de finition).

Il semblerait que pour atteindre **le niveau « performant », un investissement de 20 000€ HT soit nécessaire, quel que soit l'étiquette énergie du logement à l'état initial**, ce qui ne paraît pas être le cas pour le niveau « très performant ».

Pour les logements très énergivores, un programme d'isolation complet assorti d'un système de chauffage « classique » ne semble pas suffire à lui seul à atteindre ce dernier niveau de performance et le recours à des systèmes utilisant des énergies renouvelables est indispensable.

Il apparaît pourtant que les systèmes utilisant des énergies renouvelables représentent des investissements très importants en comparaison avec les systèmes plus classiques.

De plus, le coût de maintenance de ces appareils, qui n'est pas abordé dans la présente étude, doit néanmoins être intégré à la réflexion globale sur les programmes de réhabilitation, particulièrement au regard des publics considérés dans notre recherche.

Les propriétaires occupants soumis à condition de ressources et les locataires, futurs occupants des logements rénovés par les bailleurs, doivent pouvoir supporter les coûts de maintenance des systèmes.

Enfin, on constate au travers de cette recherche, que la dispersion des prix est fonction du conseil et des orientations apportées aux ménages par les opérateurs : une orientation stratégique pour les réseaux d'opérateurs !

Les dispersions des prix sont importantes pour une même localisation et une même prestation : des écarts de prix de 30% sont courants et peuvent même aller jusqu'à 50%.

L'opérateur, de fait, a un rôle de régulateur sur les prix des dossiers Anah.

Annexe 1 – Grille de recueil des coûts des chantiers

GRILLE DE COÛTS DE TRAVAUX

Cette grille d'analyse permettra de différencier les types de travaux projetés par les propriétaires demandant des subventions. Elle vise à comprendre la logique d'intervention des propriétaires concernant leur volonté d'améliorer les performances énergétiques des logements à réhabiliter, et à pouvoir distinguer les travaux « généraux » des travaux générant des économies d'énergie, et de connaître leurs coûts respectifs.

Définitions pour les cases à cocher :

- **Travaux indépendants** : les travaux n'ont pas de lien direct ou indirect avec les économies d'énergie.
Exemple : la réfection d'une salle de bains (baignoire, lavabo, carrelage, etc.) ne génèrent pas d'économies d'énergie.
- **Travaux premiers** : les travaux de réhabilitation nécessaires prévus par le propriétaire ont créé l'opportunité d'améliorer les performances énergétiques du logement.
Exemple : un propriétaire souhaite réhabiliter une salle de bains vétuste. Il profite des travaux pour améliorer l'isolation de la pièce (plafond, murs, sols ou fenêtres) et/ou remplacer le système de production d'eau chaude sanitaire ou de chauffage dans un logement. Dans ce cas, les travaux d'amélioration énergétique sont induits par la volonté plus large d'une réhabilitation globale.
- **Travaux induits** : les travaux d'amélioration énergétique ont généré la nécessité de réaliser d'autres types de travaux.
Exemple : un propriétaire souhaite isoler ses murs par l'intérieur pour gagner en confort et faire des économies d'énergie. Il sera obligé de faire déposer et reposer ses radiateurs, ses prises électriques, etc. Plâtrerie et peinture seront nécessaires. Dans ce cas, les travaux d'économies d'énergie sont à l'origine du projet du propriétaire mais ont générés d'autres travaux.

Questions	Réponses proposées
GENERALITES	
Quelle est l'année de construction du bâtiment ?	
De quel type de rénovation s'agit-il ?	LHI (si locatif, LL / LI / LC / LCTS) Grosse rénovation (> 15000 € ?) Rénovation moyenne (< 15 000 ∞)
S'agit-il d'une réhabilitation complète ?	Oui Non
Préciser le montant total des travaux, hors maîtrise d'œuvre (en € HT)	€ HT
Préciser le montant des travaux subventionnés par l'ANAH, hors maîtrise d'œuvre (en € HT)	€ HT
Le chantier a-t-il été suivi par un architecte ou maître d'œuvre ?	Oui Non
Si oui, préciser les honoraires (en € HT)	€ HT

ISOLATION DES COMBLES	
Type de toiture ou combles	Perdus Aménagés Terrasse
Surface d'isolant en m ²	Connue Inconnue
Résistance thermique de l'isolant	R =
Type d'isolant	Laine minérale (de verre ou de roche) Autre (préciser)
Épaisseur de l'isolant (en cm)	
Montant des matériaux et fournitures (en € HT)	€ HT
Montant de la main d'œuvre (en € HT)	€ HT

Travaux connexes :

- le montant des travaux liés à l'isolation (peinture, plâtre, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou
 les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :

Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :

Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Charpente, couverture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Aménagement des combles en pièce de vie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Remplacement de l'isolation vétuste	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Réfection électricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

				induits
Reprise maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plâtre	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Reprise plomberie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Installation / remplacement VMC	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

ISOLATION DES MURS

Type de murs	Béton plein Béton creux Brique pleine Brique creuse Pierre de taille Pierre + terre Bois Autre (préciser)			
Surface des murs isolés				
Type d'isolation	Par l'intérieur Par l'extérieur			
Épaisseur de l'isolant				
Résistance thermique de l'isolant (connue/inconnue), si connue à préciser	Connue Inconnue			
Type d'isolant utilisé	Laine minérale (de verre ou de roche) Autre (préciser)			
Montant des matériaux et fournitures isolation (petite fourniture incluse : colle, visse, plinthes...) (en € HT)				
Montant de la main d'œuvre(en € HT)				
Travaux connexes :				
<input type="checkbox"/> le montant des travaux liés à l'isolation (peinture, plâtre, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou				
<input type="checkbox"/> les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :				
Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après)				
Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Dépose / repose radiateurs	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Reprise plomberie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Reprise électricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

				induits
Menuiserie intérieure	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Ventilation	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Carrelage	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plâtre	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Echafaudage	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Ravalement de façade	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

ISOLATION DES PLANCHERS

Surface à isoler en m ²	
Résistance thermique de l'isolant, si connue, préciser	Connue Inconnue
Type d'isolant	Laine minérale (de verre ou de roche) Autre (préciser)
Épaisseur de l'isolant	
Montant de la fourniture isolation (en € HT)	
Montant de la main d'œuvre (en € HT)	

Travaux connexes :

- le montant des travaux liés à l'isolation (peinture, plâtre, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou
- les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :

Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :

Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Menuiserie intérieure	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Carrelage	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Reprise électricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Renrise	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indénendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/>

plomberie				induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

REPLACEMENT DES FENETRES

Menuiseries existantes

Indiquer la surface des fenêtres en simple et double vitrage avant travaux (m ²)	Simple vitrage : ... m ² Double vitrage : ... m ²
Type de menuiseries	Bois Alu PVC

Nouvelles menuiseries

Préciser le Uw des nouvelles fenêtres (à défaut, donner l'épaisseur des vitrages et de la lame d'air)	
Indiquer la surface des fenêtres en simple et double vitrage après travaux (m ²)	Simple vitrage : ... m ² Double vitrage : ... m ²
Type de menuiseries	Bois Alu PVC
Prix HT des fenêtres	
Prix HT de la main d'œuvre (pour l'ensemble des fenêtres remplacées)	

Travaux connexes :

- le montant des travaux liés au remplacement des fenêtres (maçonnerie, plâtre, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou
 les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :

Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :

Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Electricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plomberie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plâtre	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

REPLACEMENT DE SYSTEME DE CHAUFFAGE ET ECS

Description de l'ancien système de chauffage et ECS

Energie de chauffage	Aucune Gaz naturel Electricité Fioul Bois bûche Bois granulé ou plaquettes Gaz propane (GPL) Autre (préciser)
Type de système de chauffage	Chaudière classique Chaudière basse température Chaudière à condensation Convecteurs Rayonnants Inertie PAC air-air PAC air-eau PAC eau-eau PAC géothermique SSC Plafond chauffant Plancher chauffant Autre (préciser)
Energie d'ECS	Aucune Gaz naturel Electricité Fioul Bois Gaz propane (GPL) Autre (préciser)
Type de production d'ECS	Par chaudière mixte Par chaudière avec ballon d'accumulation Cumulus Autre (préciser)
Année d'installation du système de production d'ECS	
Description du nouveau système de chauffage et ECS	
Energie de chauffage	Gaz naturel Electricité Fioul Bois Gaz propane (GPL) Autre (préciser)
Type de système de chauffage	Chaudière classique Chaudière basse température Chaudière à condensation Convecteurs Rayonnants Inertie PAC air-air PAC air-eau PAC eau-eau PAC géothermique SSC Plafond chauffant Plancher chauffant Autre (préciser)

Existe-t-il un système de chauffage d'appoint ? Si oui, préciser	Oui (préciser) Non			
Prix de la chaudière HT (prix de la petite fourniture inclus)				
Si changement de radiateurs, préciser le prix des radiateurs				
Si installation d'une cuve de stockage pour le fioul, indiquer le prix de la cuve				
Prix HT de la main d'œuvre pour l'installation du système de chauffage				
Energie d'ECS	Gaz naturel Electricité Fioul Bois Gaz propane (GPL) Autre (préciser)			
Type de production d'ECS	Par chaudière mixte Par chaudière avec ballon d'accumulation Cumulus Autre (préciser)			
Prix du ballon HT (prix de la petite fourniture inclus)				
Prix HT de la main d'œuvre pour l'installation d'ECS le cas échéant				
Travaux connexes : <input type="checkbox"/> le montant des travaux liés au chauffage/ECS (déplacement radiateurs, réseau de distribution, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou <input type="checkbox"/> les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :				
Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :				
Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Aménagement d'un local	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Déplacement appareil	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Installation émetteurs chauffage	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plomberie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Electricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plâtre	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

Peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Réseaux extérieurs	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

PROGRAMMATION ET REGULATION	
Installation d'un programmateur	Oui Non
Installation de robinets thermostatiques	Oui Non
Si oui, combien de robinets installés ?	
Prix HT du thermostat	
Prix HT des robinets thermostatiques	

ENERGIES RENOUVELABLES				
Installation de panneaux solaires pour le chauffage et/ou l'ECS ?			Chauffage ECS Les deux	
Nombre de m ² de panneaux solaires thermiques installés				
Prix HT des panneaux solaires				
Prix HT du ballon				
Prix HT de la main d'œuvre pour installation				
Travaux connexes : <input type="checkbox"/> le montant des travaux liés à l'équipement énergies renouvelables (plomberie, électricité, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou <input type="checkbox"/> les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :				
Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :				
Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Toiture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Echafaudage	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plomberie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Electricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Installation d'un système de chauffage au bois en appoint ?			Oui Non	
Prix HT du matériel				
Prix HT de la main d'œuvre pour installation				
Travaux connexes : <input type="checkbox"/> le montant des travaux liés à l'équipement énergies renouvelables (peinture, fumisterie, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou <input type="checkbox"/> les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :				
Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :				
Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Fumisterie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits

				induits
Plâtre	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
VENTILATION (VMC, VMR)				
Quel type de VMC a été installé ?			VMC <input type="checkbox"/> Hygro-réglable A <input type="checkbox"/> Hygro-réglable b <input type="checkbox"/> Double flux	
Prix HT de la VMC et des petites fournitures				
Travaux connexes : <input type="checkbox"/> le montant des travaux liés à la ventilation (peinture, électricité, etc.) est inclus dans les montants ci-dessus car ils ne sont pas détaillés sur les devis, ou <input type="checkbox"/> les travaux connexes sont détaillés dans les devis, leur montant est indiqué ci-après :				
Description des travaux connexes (pour faciliter la compréhension de la liste ci-après) :				
Type de travaux	Montant des matériaux et fournitures	Montant main d'œuvre correspondante	OU montant total (fourniture + main d'œuvre)	Définir le lien entre travaux connexes et les travaux d'amélioration thermique
Maçonnerie	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Plâtre / peinture	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Electricité	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
Autre (préciser)	€ HT	€ HT	€ HT	<input type="checkbox"/> travaux indépendants <input type="checkbox"/> premiers <input type="checkbox"/> induits
AUTRES TYPES DE TRAVAUX, SANS LIENS AVEC LES ECONOMIES D'ENERGIE				
Précisez les types de travaux réalisés : - Xxx - Yyy - Zzz - Ect.			Montant total autres travaux, en € HT (ce montant, ajouté aux montants mentionnés dans le reste de la grille, doit pouvoir permettre de retrouver le montant total des travaux mentionné au début de la grille) : € HT	

Annexe 2 – Notice explicative pour réaliser les modélisations

NOTICE EXPLICATIVE

Les courbes de projections de travaux optimisés

L'objectif de la réalisation de ces courbes de projections est de faire apparaître le lien entre les économies d'énergie générées dans le logement en fonction du montant des travaux simulés.

En plus du niveau atteint avec les travaux réalisés par le propriétaire, deux niveaux supplémentaires de consommation sont à atteindre pour chaque logement :

- le niveau performant : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de 150 kWh/m².an, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.
- le niveau très performant : la base de consommation surfacique pour ce niveau est de 80 kWh/m².an, pondéré en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Les coefficients à appliquer pour trouver quel niveau de consommation vous devez atteindre en fonction de la localisation des logements se trouvent en annexe.

Comment procéder ?

Le classeur Excel joint (PUCA2a_vierge) est à compléter.

La finalité est de compléter les **cellules jaunes uniquement**. Les courbes seront tracées automatiquement.

Plusieurs types d'informations vous sont demandés en fonction de chaque niveau de performance (travaux réalisés, niveau performant, niveau très performant) et pour chaque type de travaux. Vous aurez à faire des simulations sous Perrenoud pour compléter l'ensemble des cellules.

1. Reprenez l'**état des lieux du logement avant travaux** sous Perrenoud et **reportez** les informations sur le classeur Excel vierge : « total des consommations estimées DPE » en énergie primaire et finale, ainsi que l'estimation des « dépenses annuelles en euros (abonnements inclus) » **sur l'onglet 1** « Travaux et coûts dossier ». Vous n'aurez pas à le faire pour les onglets suivants « niveau performant » et « niveau très performant » (copie automatisée).

2. Onglet « Travaux et coûts dossier »

Reprenez Perrenoud et créez une **1^{ère} recommandation**. Dans celle-ci, intégrez le **type de travaux 1** « isolation des combles » réalisé par le propriétaire et passez directement à la fenêtre « bilan » pour obtenir la consommation totale en kWh d'énergie primaire, en kWh d'énergie finale et en euros. **Reportez ces informations** dans l'onglet sur la ligne 8 « isolation des combles ». Si ce type de travaux n'a pas été réalisé par le propriétaire, saisissez les mêmes informations que pour l'état initial de la ligne 4.

Reprenez la **1^{ère}** recommandation dans Perrenoud et **ajoutez le 2^o type de travaux** du tableau : isolation des murs. Passez directement à la fenêtre « bilan » et reportez les information sur la consommation kWhEP, kWhEF et euros.

Et ainsi de suite, selon l'ordre de travaux donné dans le tableau Excel (lignes 8 à 16).

Vous complèterez donc les informations sur la base **d'une seule recommandation Perrenoud**, en cumulant les types de travaux **les uns à la suite des autres**. Si un type de travaux n'est pas réalisé, reprenez les informations de la ligne précédente.

Indiquez au final la **consommation surfacique annuelle** atteinte par le projet (ligne 19).

Complétez ensuite les **montants de travaux thermiques** (colonne E) et les **montants de travaux thermiques + connexes** (colonne F). Les grilles de coûts de travaux que vous avez complétées dans la première phase de cette étude PUCA 2 vous aideront à remplir les champs.

Dans le cas où un type de travaux n'est pas réalisé par le propriétaire, indiquez simplement 0 !

3. Onglet « Niveau performant »

Calculer le niveau de consommation en kWh/m².an que le logement doit atteindre en fonction de sa localisation géographique et de son altitude (cf. annexe). Entrez les consommations à atteindre sur la ligne 18.

Reprenez Perrenoud et créez une **2° recommandation**. Dans un premier temps, il vous faudra certainement tâtonner pour arriver à un programme de travaux vous permettant d'atteindre le niveau attendu. Lorsque vous avez réussi à obtenir le programme de travaux nécessaires, vous aurez à décomposer les travaux selon l'ordre du tableau (le même que pour l'onglet précédent) afin d'indiquer les **consommations en kWh EP, EF et euros**.

N'oubliez pas de renseigner la **consommation surfacique annuelle** atteinte par le projet (ligne 19).

Complétez ensuite les **montants de travaux thermiques** (colonne E) et les **montants de travaux thermiques + connexes** (colonne F) sur la base de vos estimations et en fonction des prix constatés sur votre zone géographique.

4. Onglet « Niveau très performant »

Procédez de la même façon que pour l'onglet Niveau performant.

Documents attendus :

- un **classeur Excel** complété pour chaque logement étudié. N'oubliez pas de renommer le fichier comme tel : PUCA2a5_[numéro du département]_[IC ou MI]_[numéro du dossier initial]
- un **DPE au format DPW** avec état initial, recommandation dossier, recommandation niveau performant et recommandation niveau très performant pour chaque logement. Intitulez le DPE comme tel : PUCA2a5_[numéro du département]_[IC ou MI]_[numéro du dossier initial]

Un exemple de documents complétés est joint à l'envoi.

Pour répondre aux questions :

Mélanie Lézin, Urbanis, au 05 59 27 00 27 ou melanie.lezin@urbanis.fr

ANNEXE

Niveau performant :

$$160 \times (a + b) = \text{consommation en kWh EP} / \text{m}^2 \cdot \text{an}$$

Niveau très performant :

$$85 \times (a + b) = \text{consommation en kWh EP} / \text{m}^2 \cdot \text{an}$$

La zone climatique est indiquée sur la carte jointe.

La valeur des coefficients a et b à appliquer est donnée dans les tableaux ci-après.

ZONES CLIMATIQUES	COEFFICIENT « a »
H1-a, H1-b	1,3
H1- c	1,2
H2-a	1,1
H2-b	1
H2-c, H2-d	0,9
H3	0,8

ALTITUDE	COEFFICIENT « b »
Jusqu'à 400 m	0
De 400 m à 800 m	0,1
Après 800 m	0,2

Annexe 3 – « Les coûts et les performances de la rénovation énergétique »

Note Anah (appuyée en partie sur la présente étude)
