

500 maisons rénovées basse consommation

*Enseignements opérationnels des programmes
« Je rénove BBC » en Alsace*



Fascicule G : les enseignements économiques



Fascicule G - juin 2017

Les objectifs fixés par les programmes JRBBC ont nécessité, pour la majorité des opérations, des travaux sur plusieurs lots, permettant de qualifier les chantiers de « rénovations énergétiques globales ». Pour encourager cette approche globale, EDF/ES, la Région Alsace et les collectivités locales ont soutenu financièrement les opérations via des aides aux travaux eux-mêmes, mais également des aides à la maîtrise d'œuvre ou encore à l'accompagnement du traitement de l'étanchéité à l'air.

Les coûts de telles rénovations peuvent se décomposer en plusieurs parties : coûts de rénovation de l'enveloppe, coûts de changement des systèmes et, enfin, coûts de maîtrise d'œuvre. L'observation de ces coûts est délicate, car il est difficile de comparer des projets qui sont, par nature, tous différents et qui possèdent des problématiques propres.

L'analyse des coûts constatés est néanmoins nécessaire pour apporter un retour sur la tendance des coûts de la rénovation énergétique, mais aussi sur la dispersion de ceux-ci. Cet affichage des coûts constatés sur les opérations doit également être complété par une évaluation de la rentabilité des opérations, au sens strictement financier, en incluant plusieurs paramètres tels que la plus-value sur la valorisation des biens.

Ainsi, le présent fascicule se décompose en deux parties. La première détaille les coûts des opérations de rénovation, alors que la seconde abordera la notion de rentabilité. Sur cette deuxième partie, une analyse statistique sur les opérations réalisées dans les programmes est associée à une étude plus détaillée, abordant notamment la valeur « verte » sur un cas.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| COÛTS DES RÉNOVATIONS ÉNERGÉTIQUES | 3 |
| Coûts des travaux sur l'enveloppe..... | 5 |
| Coûts des systèmes..... | 14 |
| Coûts de maîtrise d'œuvre..... | 19 |
| Coûts de l'accompagnement à l'étanchéité à l'air | 20 |
| LA RENTABILITÉ DES RÉNOVATIONS ÉNERGÉTIQUES | 21 |
| Méthodologie du coût global actualisé | 21 |
| Analyse statistique de la rentabilité des opérations..... | 22 |
| Analyse détaillée de la rentabilité sur une opération | 28 |
| ANNEXE : MÉTHODOLOGIE DU COÛT GLOBAL ACTUALISÉ | 34 |



COÛTS DES RÉNOVATIONS ÉNERGÉTIQUES

Tout au long de cette partie 1, les coûts présentés **sont des coûts hors taxes** et **sont issus de factures certifiées acquittées**. Sont pris en compte dans ces factures les coûts des matériaux/équipements et la main-d'œuvre.

Le coût d'investissement d'une rénovation comprend l'ensemble des postes suivants :

- les coûts de rénovation de l'enveloppe (murs verticaux, plancher bas, plancher haut, menuiseries) ;

- les coûts du changement des systèmes (chauffage, ECS, émetteur, ventilation) ;
- les coûts de la maîtrise d'œuvre (hors coût d'accompagnement à l'étanchéité à l'air).

L'ensemble des factures des travaux de rénovation a pu être récupéré et exploité sur un panel de 120 opérations.

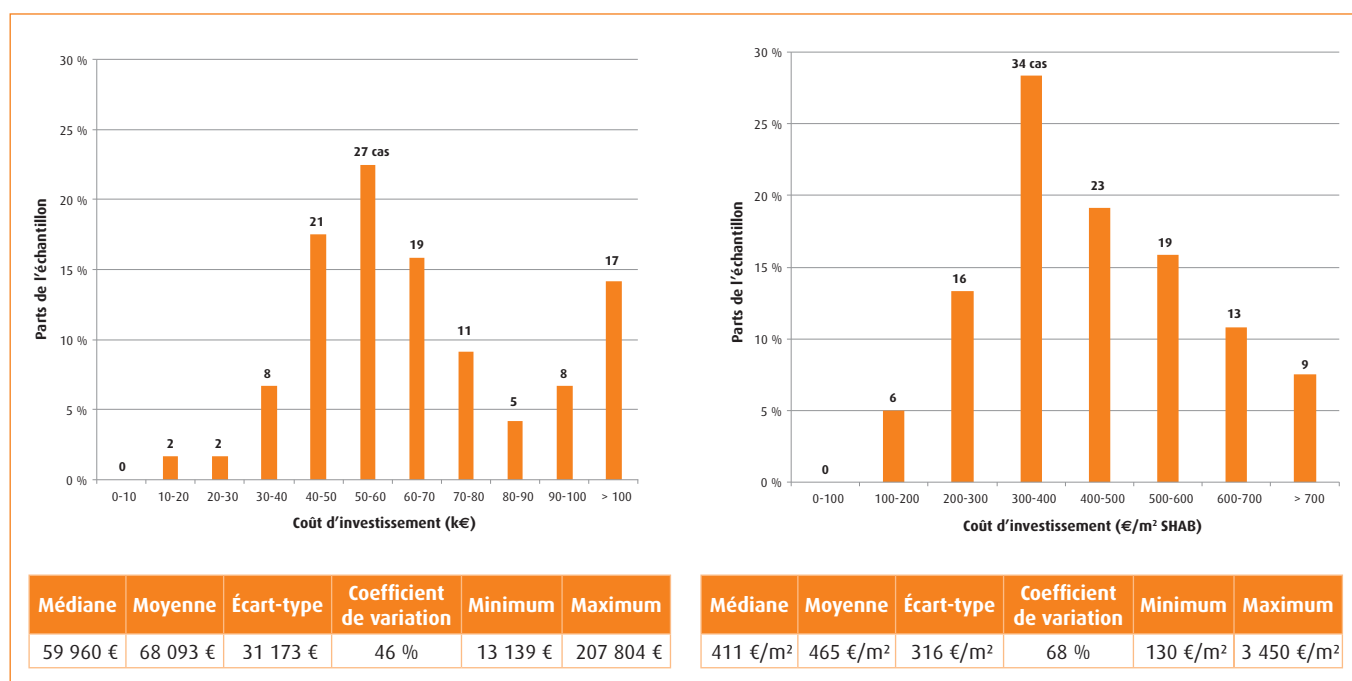


Figure 1 : Coûts d'investissement sur 120 opérations.

Le coût total d'investissement moyen est de **68 k€ HT par chantier de rénovation ou 465 € HT/m²_{SHAB}** avec un **écart-type important de 31 173 € HT ou 316 € HT/m²_{SHAB}**.

La figure ci-dessous illustre la décomposition de ce coût total pour les 3 principaux postes considérés.

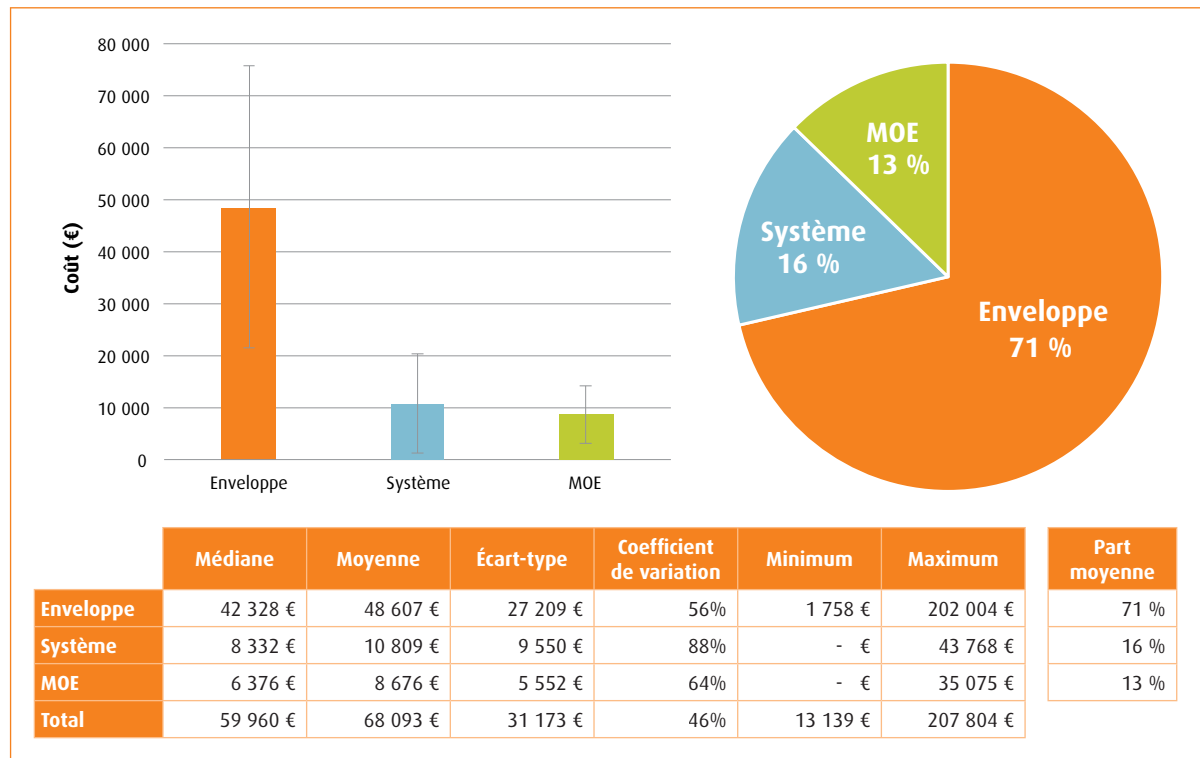


Figure 2 : Décomposition des coûts d'investissement par grands postes (120 opérations).

Les coûts se situent en moyenne autour de 48 600 € HT pour la rénovation des enveloppes, autour de 10 800 € HT pour le changement des systèmes et autour de 8 700 € HT pour la maîtrise d'œuvre.

Les programmes JRBBC encourageant les maîtres d'ouvrage à traiter en premier lieu l'enveloppe, le principal effort financier a été fait sur ce poste, comme en témoigne la part qu'il représente (71 % en moyenne) sur les coûts totaux de la rénovation. Les parts moyennes des coûts de changement des systèmes et de maîtrise d'œuvre dans les coûts totaux sont respectivement de 16 % et 13 %.

Par la suite, nous allons détailler les factures des trois grands postes (enveloppe, système et maîtrise d'œuvre) lot par lot.

L'analyse des factures n'a pas permis de dissocier les coûts directement liés à la performance énergétique (isolant, système de chauffage...) des coûts induits (parements intérieurs, extérieurs...). Ainsi il a été choisi de présenter les coûts totaux des travaux.

Pour chaque lot, une base de coûts a été constituée à partir **des cas avec factures disponibles** et **selon le filtrage des opérations suivant** :

| Filtres appliqués | Lots concernés |
|---|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Réalisation des travaux par une entreprise : sur certaines opérations, des propriétaires ont réalisé partiellement ou totalement les travaux. Ces opérations aux coûts non représentatifs ne sont pas prises en compte dans notre analyse. | Enveloppe ; Système |
| <ul style="list-style-type: none"> Homogénéité de mise en œuvre ou de type de vitrage sur l'opération : Seules les opérations ayant connu un seul type de mise en œuvre pour une action d'isolation ou un seul type de vitrage installé pour un remplacement de menuiseries sont retenues dans notre panel. | Enveloppe |
| <ul style="list-style-type: none"> Connaissance de la surface traitée pour les travaux d'isolation des parois opaques et pour les remplacements des menuiseries : Le rapport du coût total sur la surface traitée permet de comparer plus facilement les coûts d'une opération à une autre et permet de donner un indicateur général de coût. | Enveloppe |

Par ailleurs, au sein des lots, des focus sur les coûts d'association d'un type de mise en œuvre et d'un matériau ou d'un système sont indiqués pour des chiffres « consolidés » (c'est-à-dire représentant un nombre de cas supérieur ou égal à 9).

Enfin, il est à noter que les échantillons ainsi considérés dans ce fascicule sont différents de ceux donnant les répartitions des techniques et des systèmes mis en œuvre dans les programmes JRBBC, qui sont présentés dans le fascicule B « La performance de l'enveloppe » et dans le fascicule C « Les systèmes de chauffage, d'ECS et de ventilation ».

Coûts des travaux sur l'enveloppe

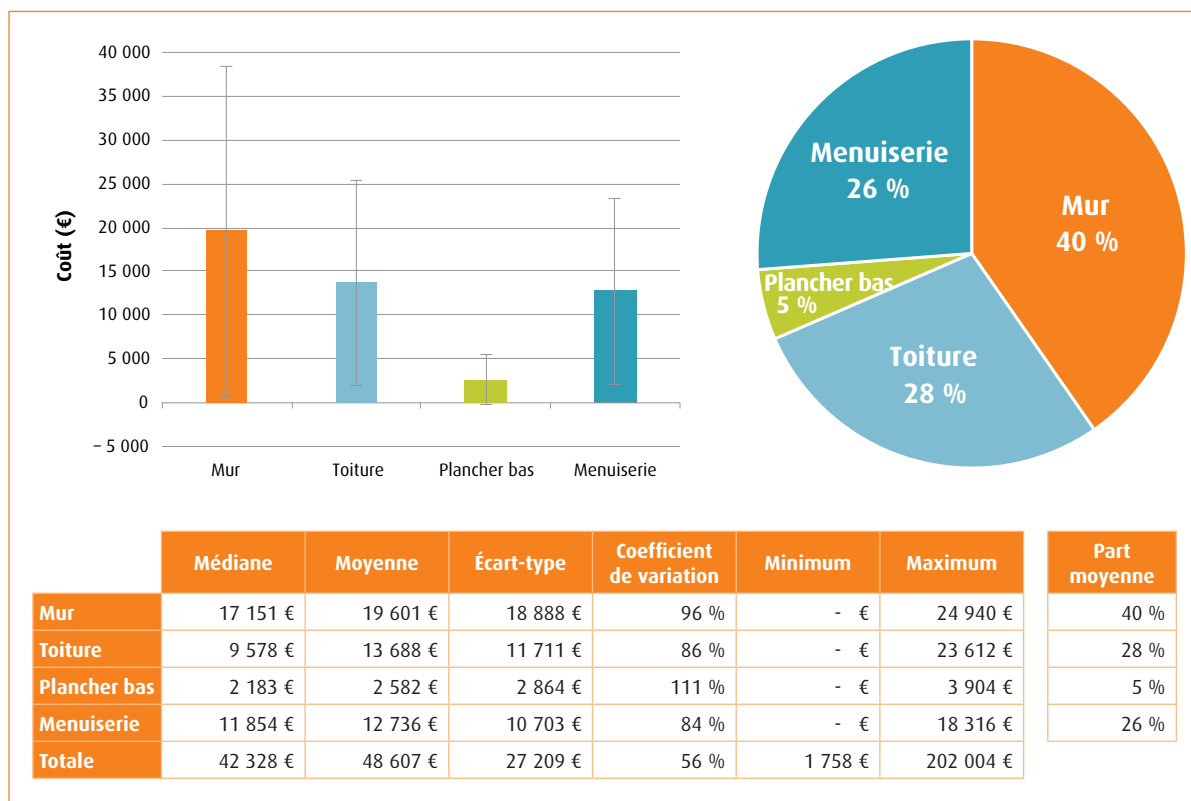


Figure 3 : Décomposition des coûts de travaux sur l'enveloppe (120 opérations).

Sur le panel considéré, les coûts des travaux sur les différents lots de l'enveloppe sont très dispersés, comme en témoignent les coefficients de variation qui dépassent tous 80 %. **Il en ressort tout de même que les coûts d'isolation des murs extérieurs sont en moyenne les plus importants.** Viennent ensuite les lots d'isolation des toitures et de changement des menuiseries,

avec des coûts moyens similaires. Enfin, les coûts d'isolation des planchers bas sont en moyenne plus faibles.

Dans les paragraphes suivants, les coûts constatés par m² posé sont présentés par type de mise en œuvre, pour chacun des lots de l'enveloppe, sur les effectifs exploitables¹.

¹ Exploitables = obtenus après application des filtres présentés précédemment.

■ Coûts d'isolation des murs extérieurs

Sur l'ensemble des opérations référencées ayant réalisé des travaux d'isolation des murs extérieurs, 203 correspondent aux critères des cas exploitables pour cette analyse économique, avec respectivement

45 mises en œuvre par isolation thermique par l'intérieur (ITI) et 158 par l'extérieur (ITE).

Les coûts (matériaux + main-d'œuvre) par type de mise en œuvre, tous matériaux confondus, sont donnés ci-dessous.

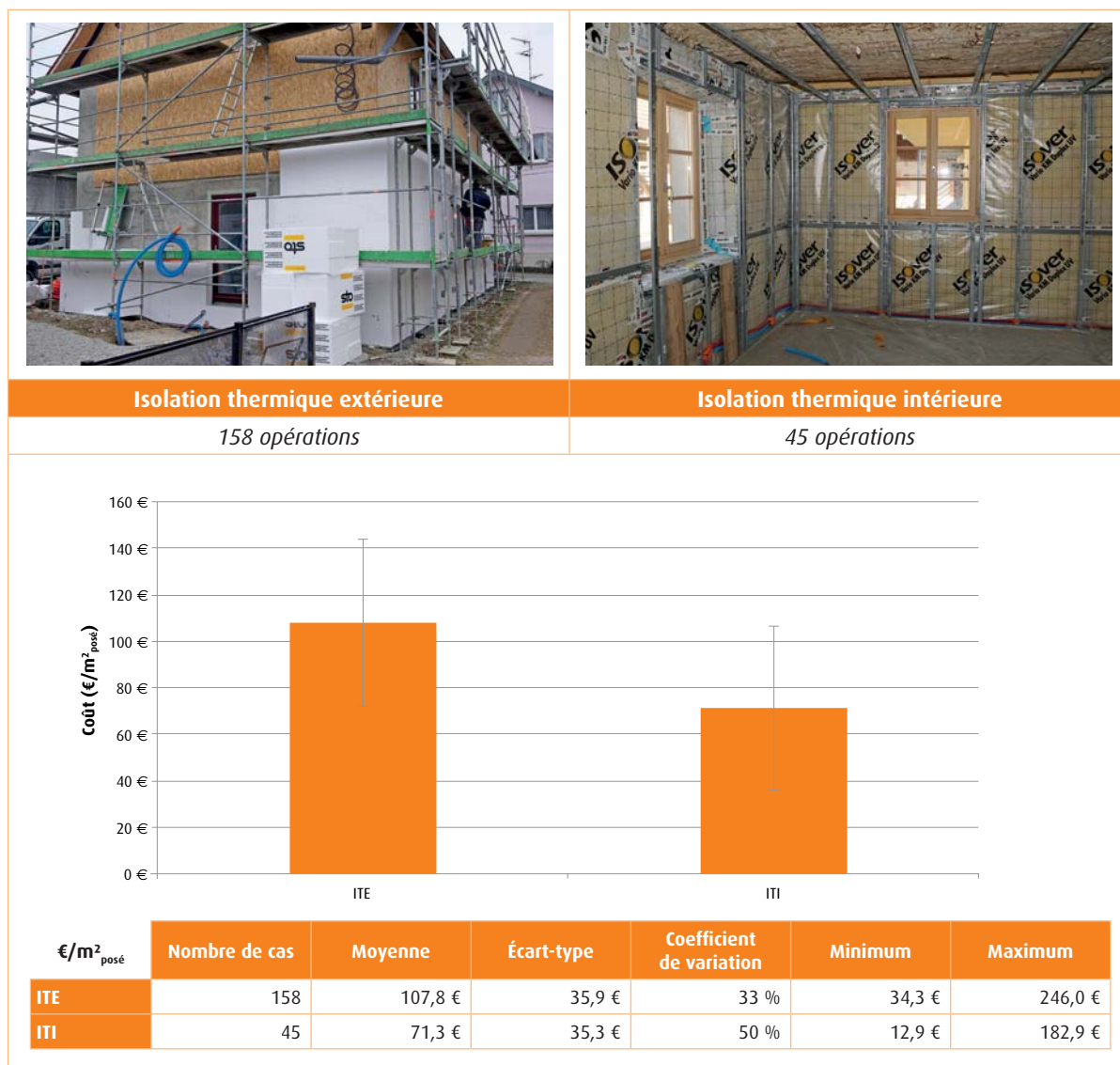


Figure 4 : Coûts d'isolation des murs extérieurs.

Avec un coût moyen constaté de 108 € HT/m²_{posé} l'ITE présente un coût plus important que l'ITI à 71 € HT/m²_{posé} en moyenne. Il convient de noter que ces coûts correspondent à un niveau de performance élevée, équivalent « basse consommation ».

Par ailleurs, la forte variabilité des coûts d'isolation des murs (coefficients de variation de 33 % pour l'ITE et de 50 % pour l'ITI) peut s'expliquer par les différents matériaux mis en œuvre, les différentes épaisseurs concernées, mais aussi par la variabilité de la difficulté de mise en œuvre.

Pour une vision plus détaillée, les coûts moyens au m²_{posé} sont présentés ci-dessous pour quelques

associations de types de mise en œuvre et de matériaux d'isolation :



Figure 5 : Coûts d'isolation des murs extérieurs selon les produits utilisés.

■ Coûts d'isolation des toitures

L'isolation des toitures est divisée en trois catégories de mise en œuvre :

- isolation des rampants par l'intérieur (entre et sous chevrons) ;
- isolation des rampants par l'extérieur (entre et sur chevrons) ;
- isolation du plancher haut (sur ou sous-face de plancher haut).

Sur l'ensemble des opérations référencées ayant réalisé des travaux d'isolation des toitures, 216 correspondent aux critères des cas exploitables pour cette analyse économique, avec respectivement 125, 53 et 38 cas de mise en œuvre d'une isolation des rampants par l'intérieur, d'une isolation des rampants par l'extérieur et d'une isolation du plancher haut.

Les coûts constatés pour ces trois mises en œuvre, tous matériaux confondus, se répartissent ainsi :

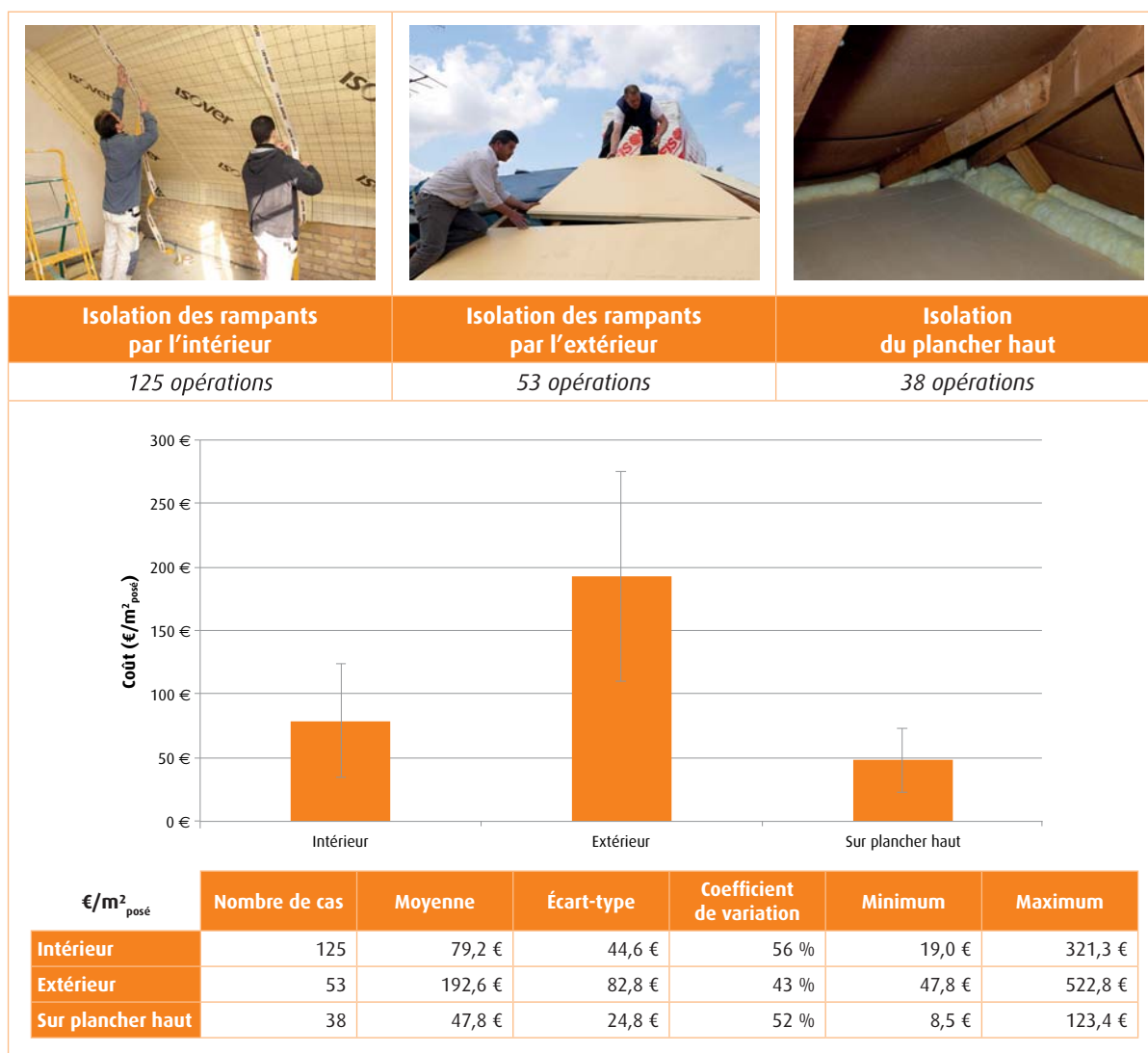


Figure 6 : Coûts d'isolation des toitures.

Avec un coût moyen constaté de 193 € HT/m²_{posé}, l'isolation des rampants par l'extérieur présente un coût plus de deux fois plus important que celui de l'isolation des rampants par l'intérieur à 79 € HT/m²_{posé} en moyenne.

Ce coût moyen est lui-même plus de 1,7 fois plus élevé que celui de l'isolation du plancher haut

(47 € HT/m²_{posé} en moyenne). Ces différences de coûts suivent les degrés de complexité de mise en œuvre. Il est à noter que si, dans l'absolu, les écarts-types se classent selon le même ordre que les moyennes, le coefficient de variation pour l'isolation des rampants par l'intérieur est un peu plus important que pour les deux autres techniques.

Nous présentons plus en détail, ci-dessous, des coûts moyens au m²_{posé} pour quelques associations

de types de mise en œuvre et de matériaux d'isolation.



Figure 7 : Coûts d'isolation des toitures selon les produits utilisés.

■ Coûts d'isolation des planchers bas

Sur l'ensemble des opérations référencées ayant réalisé des travaux d'isolation des planchers bas, 153 correspondent aux critères des cas exploitables pour cette analyse économique, avec respectivement

105 et 48 occurrences pour l'isolation du plancher bas en sous-face et l'isolation du plancher bas en sous-chape.

Les coûts constatés pour ces deux mises en œuvre, tous matériaux confondus, se répartissent ainsi :

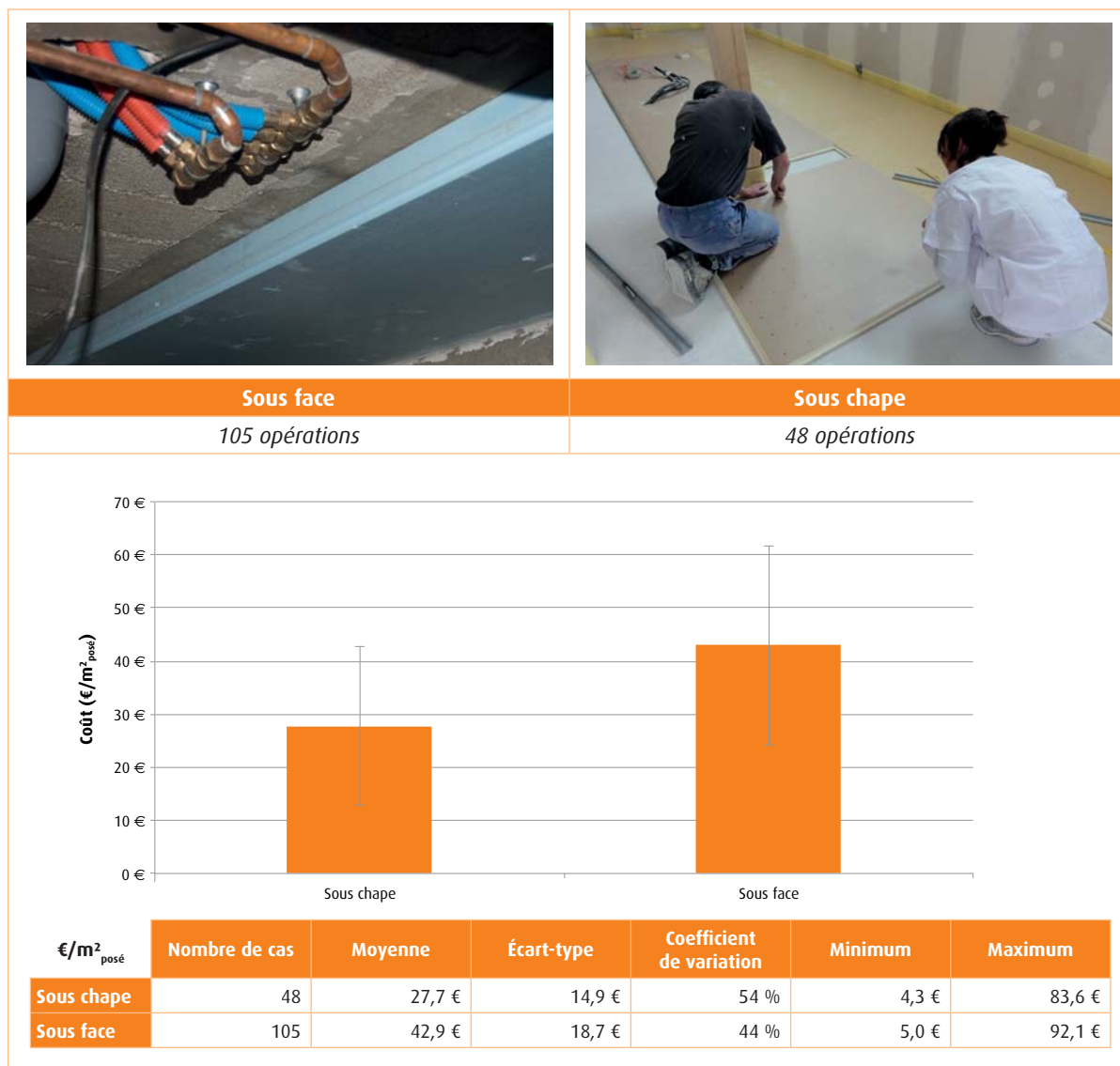


Figure 8 : Coûts d'isolation des planchers bas.

Avec un coût moyen constaté de 43 € HT/m²_{posé}, l'isolation du plancher bas en sous-face présente un coût plus important que l'isolation sous chape à 28 € HT/m²_{posé} en moyenne. Le coût de la mise en œuvre en sous-face inclut notamment des

coûts induits tels que la réalisation de caissons ou de parements de plâtre dans 14 % des cas. Selon les coefficients de variation et les écarts-types, la dispersion des coûts est légèrement plus marquée pour les isolations sous chape.

Nous présentons plus en détail, ci-dessous, des coûts moyens au m²_{posé} pour quelques associations

de types de mise en œuvre et de matériaux d'isolation.

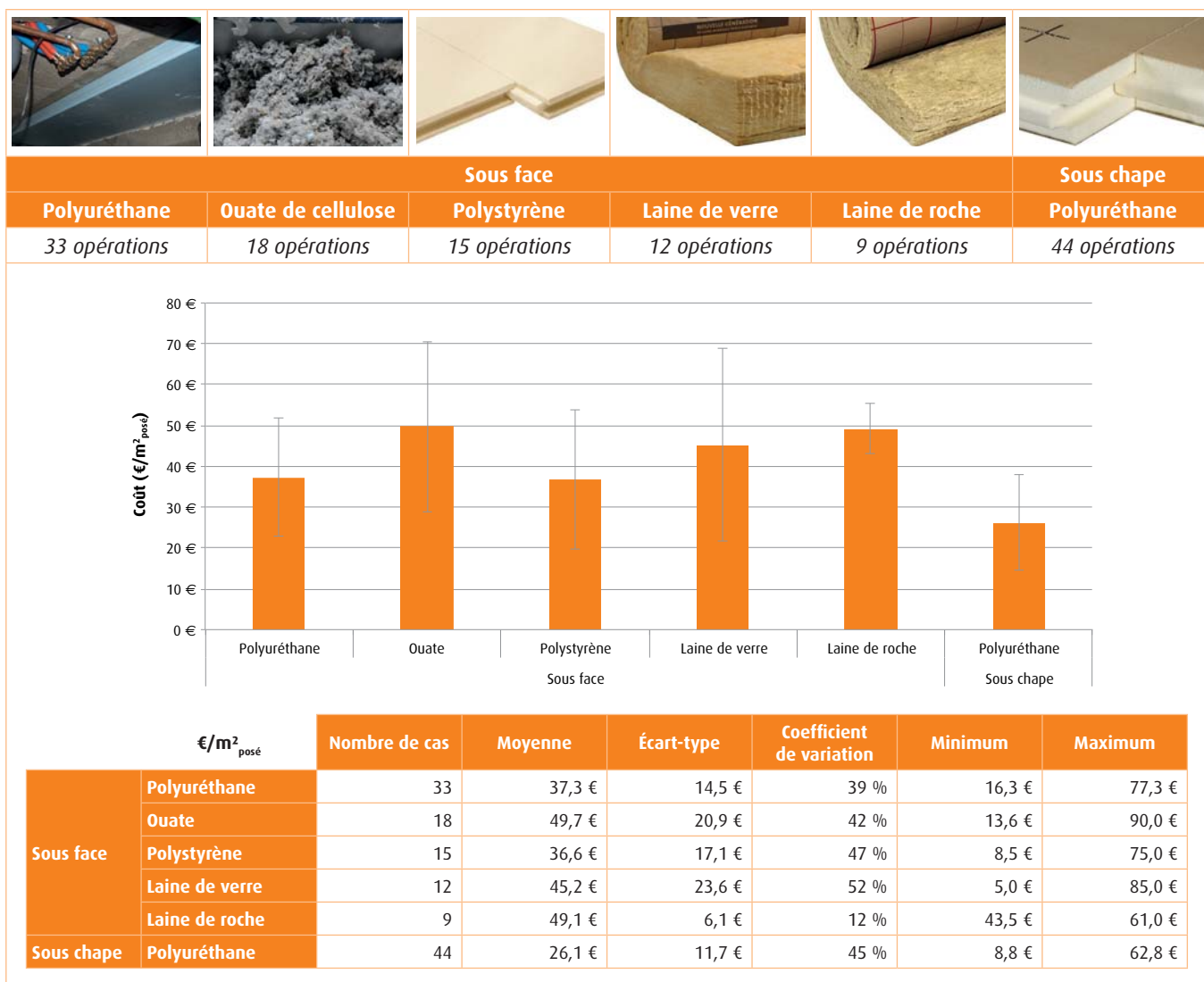


Figure 9 : Coûts d'isolation des planchers bas selon les produits utilisés.

■ Coûts du renouvellement des menuiseries

Sur l'ensemble des opérations référencées ayant réalisé un renouvellement de leurs menuiseries, 99 satisfont aux critères pour être exploitables dans le cadre de cette analyse économique. Pour rappel, au sein de l'échantillon n'ont été retenues que les opérations pour lesquelles toutes les baies vitrées de l'habitation ont été remplacées par un seul et même type de vitrage (uniquement double vitrage ou uniquement triple vitrage). La majorité des opérations retenues (83 %) a connu également la mise en œuvre d'une nouvelle porte d'entrée ou de service. Les coûts de ces dernières n'ayant pu être dissociés, les moyennes indiquées incluent ce poste de dépense.

Afin de pouvoir être plus facilement comparés, les coûts totaux des menuiseries sont rapportés à la

surface posée de baies. Les coûts moyens par m² de baies posées sont fournis sur le tableau de droite, par type de vitrage, toutes natures de châssis confondues.

Les menuiseries en triple vitrage, de par leur meilleure performance, présentent un coût moyen supérieur à celui des menuiseries en double vitrage (624 contre 557 € HT/m²_{de baies}). Malgré un échantillon pour le triple vitrage bien plus faible que pour le double vitrage, les écarts-types (139 et 132 €/m²_{de baies}) ainsi que les coefficients de variation (25 et 21 %) associés sont similaires, dénotant un étalement des coûts constatés du même ordre pour les deux types de vitrage. Devant le faible nombre de cas ayant installé uniquement des menuiseries en triple vitrage, les données présentées sont néanmoins à interpréter avec précaution.



Figure 10 : Coûts de renouvellement des menuiseries.

Nous indiquons ci-dessous le coût moyen de deux produits en particulier dont le nombre de cas était

suffisant sur notre panel : les menuiseries PVC double vitrage et les menuiseries bois double vitrage.



Figure 11 : Coûts de renouvellement des menuiseries selon les produits utilisés.

Coûts des systèmes

Nous présentons dans ce paragraphe les coûts des systèmes de ventilation, de chauffage et d'ECS installés dans le cadre des programmes JRBBC.

■ Coûts des systèmes de ventilation

Parmi l'ensemble des opérations ayant réalisé des travaux de ventilation, après traitement, les coûts

de 184 de ces opérations sont exploitables avec 72 et 112 occurrences associées respectivement à la ventilation double flux et à la ventilation simple flux hygro B.

En cohérence avec la complexité du système, la ventilation double flux présente un coût moyen plus important que la ventilation simple flux hygro B (respectivement 5 666 € HT contre 1 513 € HT).



Figure 12 : Coûts des systèmes de ventilation.

■ Coûts de génération de chauffage principal

Bien que le programme JRBBC incite avant tout à la réduction du besoin énergétique via des actions sur le bâti, de nombreux changements de systèmes de chauffage et d'ECS ont eu lieu.

De la même manière que précédemment, une base d'informations et de coûts a été réalisée.

Un échantillon exploitable pour l'analyse économique de 144 opérations est extrait des 204 cas ayant réalisé des travaux sur leur(s) système(s) de chauffage et/ou de production d'ECS. Celui-ci présente des coûts totaux sur des factures acquittées pour des travaux intégralement réalisés par une entreprise dans une habitation.

Parmi ces 144 opérations, celles présentant un changement du système principal de chauffage sont au nombre de 111. Les coûts présentés incluent le prix de la génération de chauffage principal ainsi que les coûts liés à la production d'ECS en cas d'installation dite « double service »,

les coûts des systèmes de régulation et les coûts induits (dépose, etc.).

Afin d'avoir une appréciation générale, les coûts des générations de chaleur sont observés dans un premier temps, selon qu'elles sont « simple service » ou « double service ».

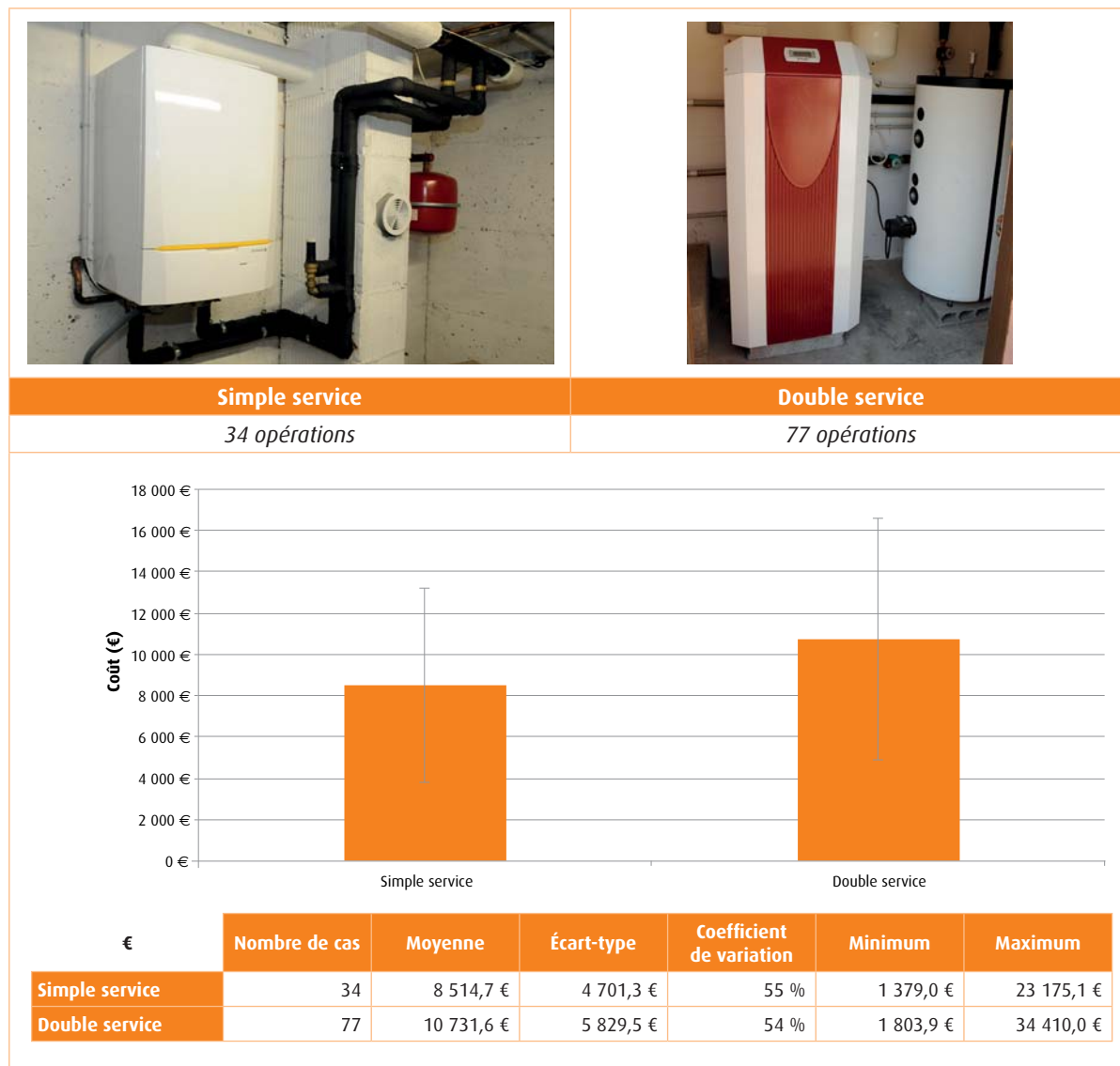


Figure 13 : Coûts des systèmes de chauffage.

En moyenne, il est constaté que les coûts d'une génération de chauffage double usage sont supérieurs à ceux d'une génération simple usage (10 732 € HT contre 8 515 € HT). Cette différence semble

s'expliquer par le fait qu'assurer un double usage entraîne d'éventuels équipements supplémentaires (ballon de stockage, préparateur d'appoint) et un dimensionnement à une puissance supplémentaire.

Les coûts pour les générations de chauffage présentent une forte variabilité : les écarts-types sont de 4 701 € HT pour la génération simple service et de 5 829 € HT pour la génération double service. Cette forte dispersion s'explique par le

fait que l'analyse effectuée confond tous les types d'équipement et toutes les situations initiales. Des coûts moyens sont fournis ci-dessous pour quelques types de systèmes de chauffage installés fréquemment dans le cadre des programmes.

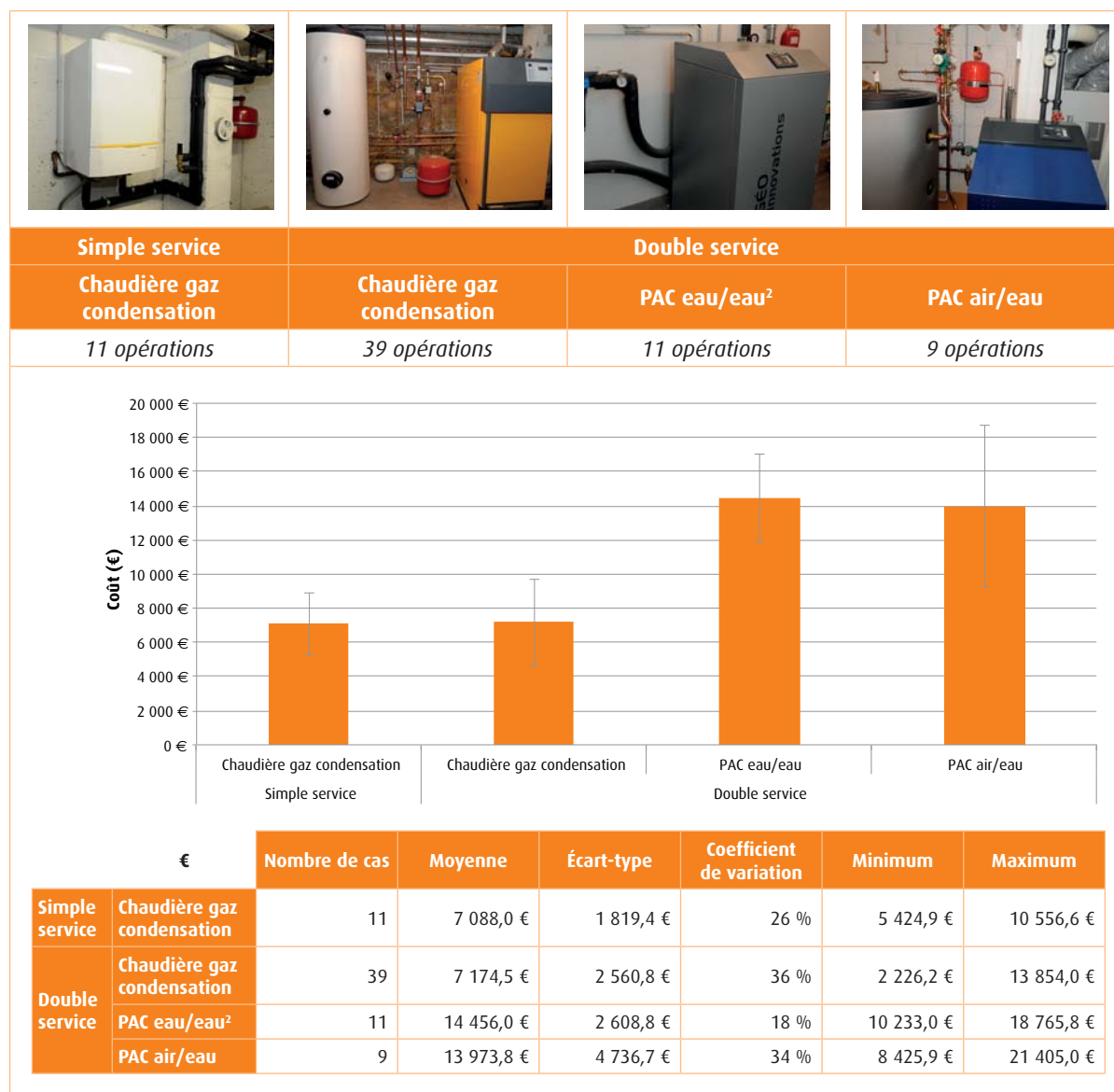


Figure 14 : Coûts des systèmes de chauffage selon les produits utilisés.

² Coût des PAC eau/eau sans le coût induit du forage.

■ Coûts de génération d'ECS

Sur la population de 144 opérations, celles présentant l'installation d'un système de production d'ECS

indépendant du système de chauffage sont au nombre de 31.

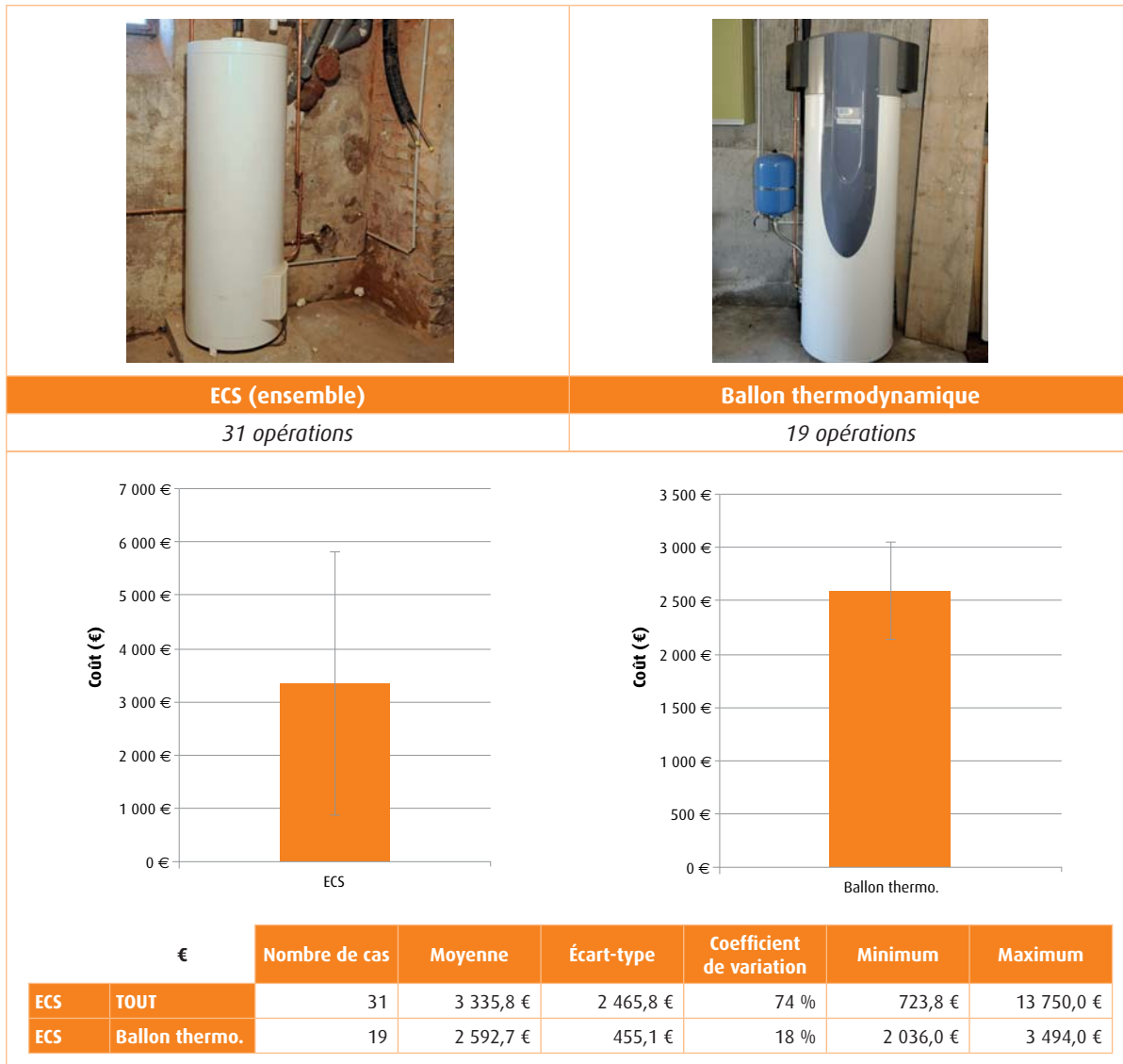


Figure 15 : Coûts des systèmes d'ECS.

Le coût moyen des générations d'ECS indépendantes est de 3 336 € HT.

Il est associé à une forte dispersion illustrant des différences de coûts conséquentes d'un système à un autre au sein de l'échantillon analysé.

À titre d'illustration, nous indiquons aussi le coût moyen des ballons thermodynamiques installés sur le panel.

■ Coûts des émetteurs

Sur l'ensemble des 144 opérations, celles présentant une installation d'émetteurs de

chaleur forment un groupe de 56 cas, répartis de la manière suivante :

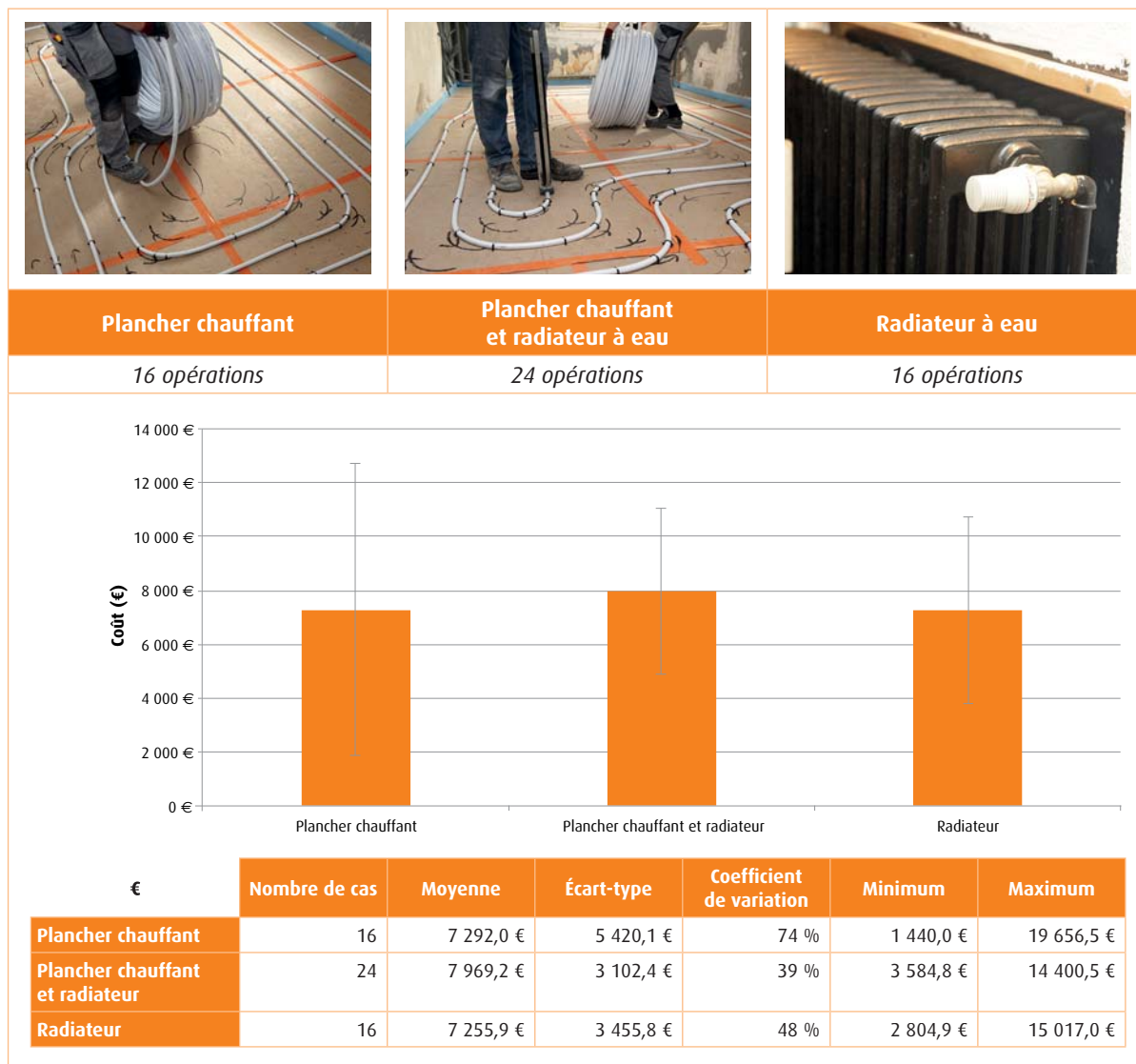


Figure 16 : Coûts des émetteurs de chaleur.

Parmi les trois types d'émetteurs installés, les coûts moyens observés sont proches les uns des autres, avec des écarts-types assez importants. Précisons toutefois que, dans le cas d'une installation de plancher chauffant, les coûts moyens

constatés ne considèrent que le coût du plancher chauffant en lui-même, les coûts d'isolation sous chape et de la chape en elle-même sont associés à la mise en œuvre de l'isolation et ne sont donc pas considérés dans ce poste « émetteurs ».

■ Coûts des systèmes de chauffage d'appoint

Sur l'ensemble des 144 opérations, celles avec installation d'un chauffage d'appoint constituent un échantillon de 22 cas. 19 de ces derniers concernant des poêles à bois, seul ce système est ici analysé.

Les coûts des poêles à bois présentent ainsi une moyenne de 6 570 € HT et une dispersion relativement importante. Cette dispersion est susceptible de s'expliquer par les écarts de coûts associés, d'une part, aux différents niveaux d'étanchéité à l'air et de performance des poêles et, d'autre part, aux différents niveaux de finition esthétique de ces derniers.

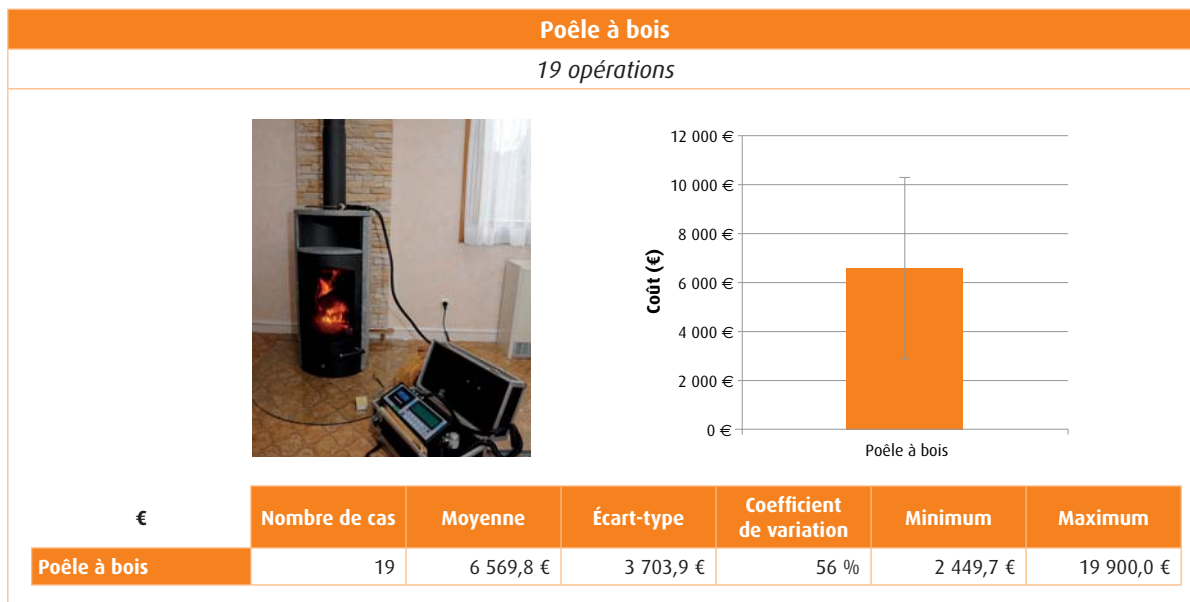


Figure 17 : Coûts des systèmes de chauffage d'appoint.

Coûts de maîtrise d'œuvre

La nécessité de programmation, de conception, d'ordonnancement et de coordination démontrée par les « 50 chantiers pionniers » (50 CP) s'est manifestée dans le programme « Je rénove BBC » (JRBBBC) par l'obligation de recourir à une maîtrise d'œuvre. Cette dernière est réalisée par l'intermédiaire d'architectes, de maîtres d'œuvre, d'entreprises générales, de bureaux d'études ou de conseils.

Afin de pouvoir estimer les coûts de ce poste au travers des différentes opérations, ils sont rapportés à la surface habitable après travaux³. Ainsi ne sont retenues que les réalisations pour lesquelles les coûts sont connus sur facture acquittée et dont la surface habitable après travaux est connue, ce qui amène à un échantillon exploitable de 195 opérations.

| | | Coût moyen constaté | Écart-type | Coefficient de variation (écart-type / moyenne) |
|------------------|-------------------------------------|---------------------|------------|---|
| Maîtrise d'œuvre | € HT/m ² _{SHAB} | 62 | 47 | 0,76 |
| | € HT | 8 707 | 5 103 | 0,59 |

Figure 18 : Coûts de maîtrise d'œuvre.

³ La surface habitable correspond à la surface de plancher après déduction des surfaces « non habitables » (mur intérieur, cage d'escalier, combles non aménagés, caves, garage...). Afin d'affiner la présentation des coûts, il serait donc intéressant de se référer à la surface plancher, plus représentative de la surface mise en travaux. Une rénovation étant susceptible d'englober également des surfaces non habitables. Cette donnée n'était néanmoins pas disponible sur les opérations suivies.

Il apparaît sur notre panel que le coût moyen du recours à une maîtrise d'œuvre est de 62 € HT/m² habitable, avec un écart-type important de 47 € HT/m² habitable. Celui-ci peut s'expliquer de deux manières.

Premièrement, les opérations présentent des degrés de complexité de travaux très variables, allant de la rénovation induisant uniquement des lots d'isolation par l'extérieur jusqu'à la rénovation plus complexe, impliquant un réaménagement intérieur et la construction d'une extension.

Deuxièmement, en dehors du cadre du programme JRBBBC, les différentes activités de maîtrise d'œuvre n'ont pas des niveaux de prestation

identiques : le type de missions pouvant varier sensiblement d'une opération à une autre (avant-projet sommaire, avant-projet détaillé, étude thermique ou recours au référentiel technique JRBBBC, dépôt de permis de construire ou simple déclaration de travaux préalable...).

En analysant plus en détail les coûts de maîtrise d'œuvre, il apparaît qu'un certain nombre d'opérations ont choisi d'atteindre l'objectif fixé de performance énergétique via la réalisation d'études thermiques. Sur l'ensemble des opérations, 55 présentent une décomposition des coûts permettant d'isoler le montant des prestations d'études thermiques.

| | Coût moyen constaté (€ HT) | Écart-type (€ HT) | Coefficient de variation (écart-type / moyenne) |
|-------------------|----------------------------|-------------------|---|
| Études thermiques | 1 230 | 343 | 0,28 |

Figure 19 : Coûts des études thermiques.

Sur ce panel, les coûts d'études thermiques sont de 1 230 € HT en moyenne par opération. Au vu de l'écart-type et du coefficient de variation, ces dernières présentent une dispersion non négligeable.

Coûts de l'accompagnement à l'étanchéité à l'air

Afin d'atteindre une performance d'étanchéité à l'air inférieure à une valeur de $Q_{4_{pa,surf}}=0,8 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$, un accompagnement des intervenants par une sensibilisation et des tests intermédiaires a été mis en place et assuré par un bureau de conseil commun à l'ensemble des programmes JRBBBC pris en charge par EDF/ES et la région Alsace.

Les tests finaux ont été réalisés par des bureaux de contrôle accrédités.

Au-delà de ces coûts, cet accompagnement a permis un taux de réussite de 84 % par rapport aux objectifs fixés (cf. fascicule B) et une certaine qualité dans la mise en œuvre de l'enveloppe (cf. fascicule F).

Le panorama effectué dans ce chapitre permet d'avoir un ordre de grandeur des coûts constatés lot par lot.

Cependant, il est important de confronter, dans une approche en coût global, l'ensemble des coûts d'une rénovation aux bénéfices que les travaux engendrent.

C'est l'objet de la partie suivante, qui aborde la problématique de la rentabilité des opérations de rénovation.

| Prestations d'accompagnement | Coûts par chantier | Plus-value des prestations |
|--|--------------------|--|
| Sensibilisation à l'étanchéité à l'air | Env. 1 000 € HT | Mettre en évidence les points sensibles du bâti considéré. Expliquer les démarches de traitement. |
| Test intermédiaire | | Vérifier la bonne mise en œuvre de l'étanchéité à l'air avant fermeture des parements. Si besoin, explication des démarches de correction. |
| Test final | Env. 600 € HT | Validation de la performance vis-à-vis de l'objectif défini. |

Figure 20 : Coûts de l'accompagnement à l'étanchéité à l'air.



LA RENTABILITÉ DES RÉNOVATIONS ÉNERGÉTIQUES

L'analyse de la rentabilité est effectuée, dans son ensemble, en coût TTC.

Méthodologie du coût global actualisé

Afin d'évaluer la rentabilité des opérations JRBBC, une méthodologie d'analyse en coût global actualisé a été mise en place. L'analyse en coût global actualisé, basée sur la norme ISO 15686-5, vise à évaluer l'efficacité économique de différents scénarios de construction ou de rénovation, en prenant en compte les coûts d'investissement ainsi que les coûts différés (coût d'entretien, coût de consommation...) associés à chacun. Dans notre cas, nous comparons le scénario sans rénovation au scénario de rénovation choisi et mis en place par le maître d'ouvrage.

Ne pouvant pas disposer de toutes les données précises et approfondies pour toutes les opérations, deux types d'analyses sont menées dans la suite de ce chapitre :

- **une analyse statistique** : un grand nombre d'opérations (90) sont évaluées, mais sans prendre en compte les détails précis associés à chaque opération. Des hypothèses sont faites et appliquées à l'ensemble des opérations ;
- **une analyse approfondie** : une opération est évaluée dans cette partie. Les renseignements précis et détaillés associés à cette opération (factures énergétiques réelles...) sont pris en compte, permettant de porter une évaluation plus fine et plus proche de la réalité.

Les deux analyses ont une base commune qui est explicitée de manière synthétique dans le paragraphe ci-après et de manière plus détaillée dans l'annexe de ce fascicule.

Le choix des paramètres et des périmètres d'une analyse en coût global actualisé dépend entre autres du point de vue adopté. L'objectif de notre étude étant de valider l'opportunité économique de la rénovation pour un particulier, nous nous placerons du point de vue du maître d'ouvrage.

Deux situations sont étudiées : une « avec aides » et une « sans aides » sur l'investissement. Suivant les cas (cf. annexe p. 34), les aides prises en compte et cumulées sont les suivantes : aide de la région Alsace, d'EDF, des collectivités locales, les réductions d'impôt CITE (précédemment CIDD) et les aides de l'Anah.

Le coût global est actualisé, c'est-à-dire que les coûts différés sont ramenés à la date de l'investissement (cf. annexe p. 38). Le taux d'actualisation choisi est de 2,5 % (taux pour un particulier d'un placement à long terme avec des fonds garantis). Sur les 30 années prises en compte dans le calcul (durée de vie des isolants), le coût global intègre les différents coûts d'investissement (coût de rénovation et/ou annuité d'emprunt), les coûts de consommation et les coûts d'entretien et de remplacement des systèmes. Le calcul de ces coûts est détaillé en annexe.

Attention :

Les résultats sont obtenus, dans la suite du fascicule, avec des paramètres qui, même s'ils sont justifiés en annexe, peuvent être remis en question. Ainsi, il n'est pas possible de connaître à l'avance l'inflation des coûts de l'énergie. Pour l'analyse, nous fixons tout de même des taux d'inflation qui constituent alors une hypothèse de calcul.

L'analyse en coût global actualisé permet d'évaluer la rentabilité d'un projet au moyen de plusieurs indicateurs. Nous en utilisons ici trois principaux :

- **la valeur actuelle nette (VAN)**, calculée sur la durée de l'étude, représente la valeur du gain ou du déficit réalisé par la rénovation. Le projet est bénéficiaire si la VAN, à la fin de la période considérée, est positive ;
- **le temps de retour actualisé (TRA)** est l'année où la rénovation est bénéficiaire. Plus le temps de retour actualisé est faible, plus le projet est rentable rapidement ;
- **le taux de rentabilité interne** peut être comparé, sur la période considérée, au taux d'un autre choix d'investissement ; par exemple, le taux de rémunération d'un placement financier. Plus le taux de rentabilité interne est élevé, plus le projet est « rentable ».

Comme cela est analysé dans le fascicule H « Les enseignements sociologiques », il convient de rappeler que les motivations des maîtres d'ouvrage pour rénover leur bien sont multiples : l'amélioration du confort, les économies d'énergie et financières sont souvent citées, mais il en existe d'autres. Par exemple : valoriser son patrimoine, réhabiliter une maison inhabitable/insalubre... Ainsi, les choix de rénovation faits par les maîtres d'ouvrage ne sont pas tous motivés par la recherche de l'optimum économique.

Analyse statistique de la rentabilité des opérations

Après avoir présenté la méthodologie du coût global actualisé, les données d'entrée utilisées dans le cadre de l'analyse statistique (coûts d'investissement et coûts de consommations) sont tout d'abord observées. Ensuite, les résultats obtenus sur les trois indicateurs retenus sont présentés et analysés.

■ Caractérisation des coûts d'investissement et des coûts de consommation

Parmi l'ensemble des opérations, 90 présentent les données nécessaires à l'analyse statistique et sont donc exploitables.

• Coûts d'investissement

Le calcul des coûts d'investissement utilisés pour l'analyse en coût global est similaire à celui présenté au chapitre 1 de ce fascicule. Toutefois, la taille de l'échantillon étudié ici (90 opérations) est plus faible que dans le chapitre 1 (120 opérations).

Sans prise en compte des aides financières, il apparaît sur notre panel que la médiane des coûts d'investissement se situe un peu au-dessus de **60 k€ TTC**. Environ 2/3 des opérations de l'échantillon présentent un investissement supérieur à 50 k€ TTC.

En intégrant les aides maximales potentielles, la médiane des coûts d'investissement est ramenée à une valeur légèrement au-dessous de **46 k€ TTC** et seulement environ 1/3 des opérations de l'échantillon présentent un investissement supérieur à 50 k€ TTC. Les aides peuvent donc avoir un impact important sur les coûts d'investissement finaux à payer par le maître d'ouvrage. Plus précisément, les aides maximales potentielles vont de 6 k€ TTC à 40 k€ TTC (médiane à 14 k€ TTC) et représentent 5 % à 72 % du budget d'investissement (médiane à 24 %).

Ramenés à la surface habitable⁴, les coûts d'investissement se situent :

- sans les aides, entre 148 € TTC/m² et 959 € TTC/m², avec une valeur médiane à 409 € TTC/m² ;
- avec les aides, entre 91 € TTC/m² et 887 € TTC/m², avec une valeur médiane à 299 € TTC/m². Les aides maximales potentielles vont de 24 € TTC/m² à 315 € TTC/m², avec une valeur médiane à 99 € TTC/m².

⁴ Dans le cas d'un chantier avec une extension, la surface habitable utilisée est la surface totale après travaux.

• Coûts de consommation



Figure 21 : Coûts des consommations conventionnelles d'énergie et gains associés (90 opérations).

Avant rénovation, les coûts des consommations énergétiques conventionnelles (issues des calculs réglementaires) sont variables : coefficient de variation de 55 % pour des valeurs allant de 1 229 € TTC/an à 13 735 € TTC/an, avec une moyenne à 3 680 € TTC/an.

Après rénovation, les coûts de consommation sont logiquement plus homogènes (même objectif de performance énergétique assigné à tous) : le coefficient de variation est alors de 34 % pour des valeurs allant de 408 € TTC/an à 2 024 € TTC/an, avec une moyenne de 1 023 € TTC/an.

Les gains sur les coûts des consommations conventionnelles vont de 357 € TTC/an à 12 468 € TTC/an, avec un gain médian de 2 297 € TTC/an. Ramenés à la surface habitable, les gains sur les coûts de consommation vont de 2,3 € TTC/(an.m²)

à 58,8 € TTC/(an.m²), avec un gain médian à 16,4 € TTC/(an.m²).

Le taux de réduction des coûts de consommation conventionnelle est important : plus de 3/4 des opérations diminuent ce coût de plus de 50 %.

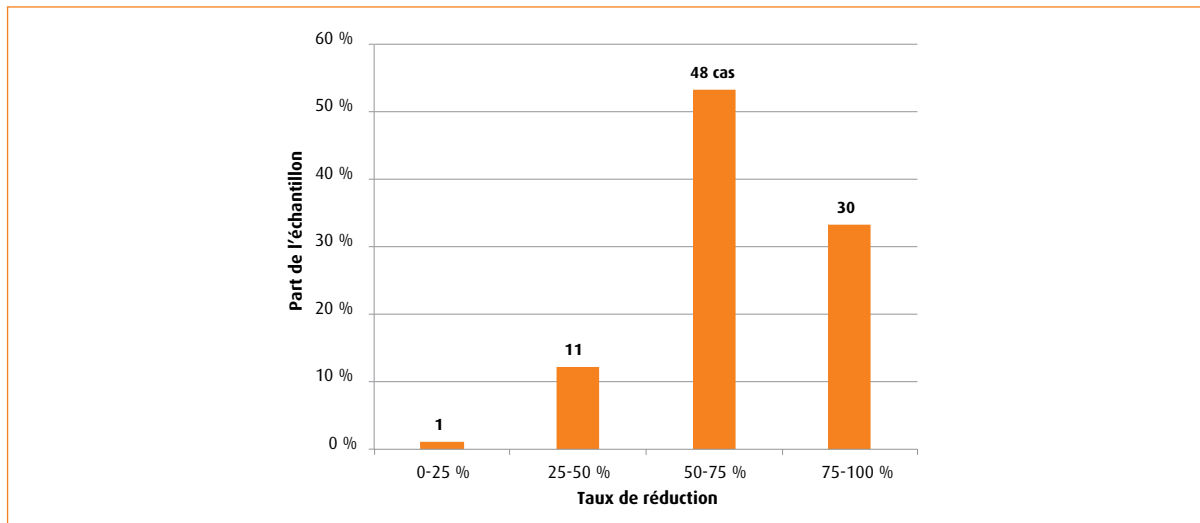


Figure 22 : Taux de réduction des coûts de consommation conventionnelle (90 opérations).

■ Résultats des calculs de rentabilité

• Valeur actuelle nette (VAN)

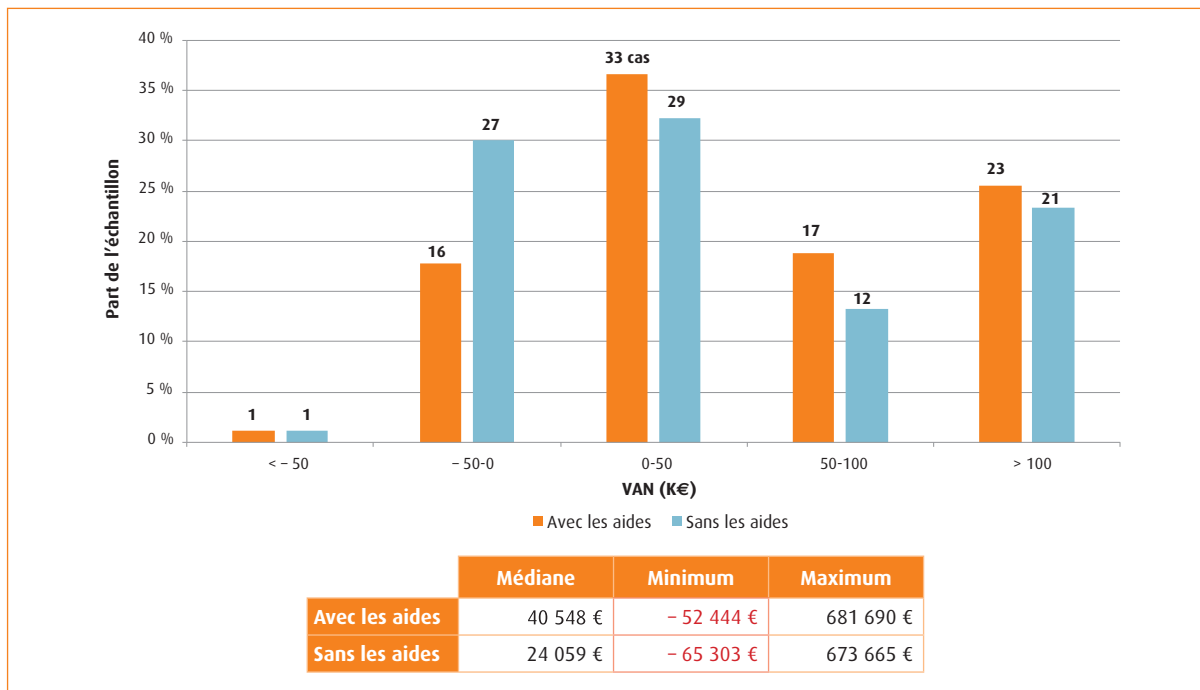


Figure 23 : Valeurs actuelles nettes à 30 ans (90 opérations).

Dans le cas « sans les aides », 69 % de l'échantillon (soit 62 opérations) présentent une valeur actuelle nette à 30 ans positive. C'est-à-dire que 69 % des opérations sont théoriquement bénéficiaires (selon les consommations conventionnelles issues d'un calcul

réglementaire), voire fortement bénéficiaires pour une partie d'entre elles, 30 ans après la rénovation. Dans le cas « avec les aides maximales potentielles », c'est même 81 % de l'échantillon (soit 73 opérations) qui présentent une valeur actuelle nette à 30 ans positive.

• Temps de retour actualisé (TRA)

Dans le cas « sans les aides », nous retrouvons que, théoriquement, 31 % de l'échantillon a un temps de retour actualisé supérieur à 30 ans. À l'opposé, 22 % de l'échantillon présente un temps de retour actualisé inférieur à 15 ans. La médiane des temps de retour est de 22 ans.

Dans le cas « avec les aides maximales potentielles », 19 % de l'échantillon présentent un

temps de retour actualisé supérieur à 30 ans. À l'opposé, 39 % ont un temps de retour actualisé inférieur à 15 ans. La médiane du temps de retour est de 17 ans.

Avec les hypothèses prises, nous constatons donc **qu'une opération de rénovation du programme est bénéficiaire à partir d'une vingtaine d'années. Les aides, quand elles sont toutes mobilisées, augmentent la rentabilité des opérations d'environ 5 ans.**

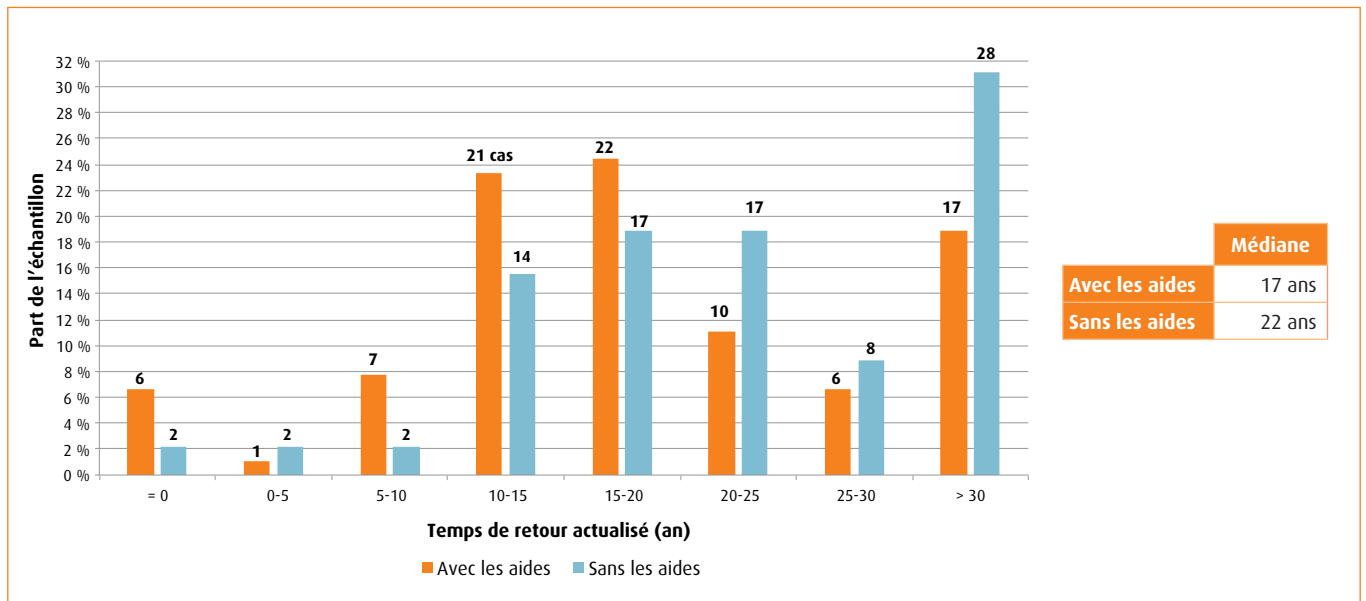


Figure 24 : Temps de retour actualisés (90 opérations).

• Taux de rentabilité interne (TRI)

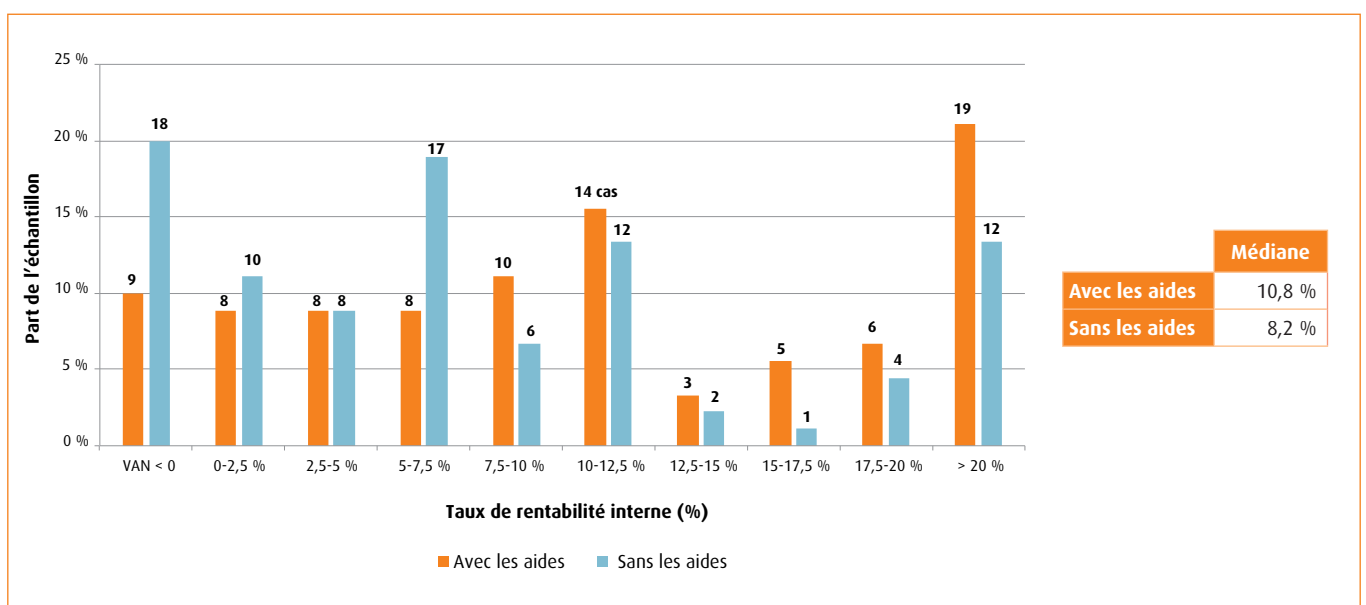


Figure 25 : Taux de rentabilité interne (90 opérations).

Malgré les aides potentielles, 9 opérations (10 % de l'échantillon) ne sont jamais bénéficiaires, quel que soit le taux d'actualisation ; c'est-à-dire que les économies d'énergie théoriques réalisées sur la période considérée (30 ans) ne suffisent pas à financer le coût d'investissement restant à payer et les surcoûts d'entretien et de remplacement. Sans les aides, ce sont 18 opérations (20 % de l'échantillon) qui ne sont jamais bénéficiaires.

Parmi les opérations bénéficiaires « sans les aides », 31 opérations ont des taux de rentabilité interne théoriques qui dépassent les 10 %. Sur l'ensemble de l'échantillon sans aide, la médiane des taux est de 8,2 %. Dans le cas « avec les aides potentielles », 47 opérations ont des taux de rentabilité interne théoriques qui dépassent les 10 %. Sur l'ensemble de l'échantillon avec aide, la médiane des taux est de 10,8 %.

En rapprochant les rénovations énergétiques réalisées et des placements financiers sur 30 ans (sur du long

terme) dont le taux est à comparer à celui du taux de rentabilité interne calculé, les opérations de rénovation sont, pour une grande partie (minimum de 69 % sans les aides), des opérations financières théoriquement très intéressantes. Notamment si nous les comparons à un taux de 2,5 % d'un contrat d'assurance vie (placement financier permettant à un particulier d'assurer un certain bénéfice à long terme sans forte prise de risque).

■ Analyse des résultats des calculs de rentabilité

• Les contributions des données d'entrée sur la VAN

Le calcul de la valeur actuelle nette prend en compte les sommes cumulées des coûts actualisés d'investissement, de consommation et d'entretien/remplacement. La figure 9 présente la part de chaque coût cumulé actualisé pour chacune des opérations, et ceci par ordre croissant de la part du coût de consommation.

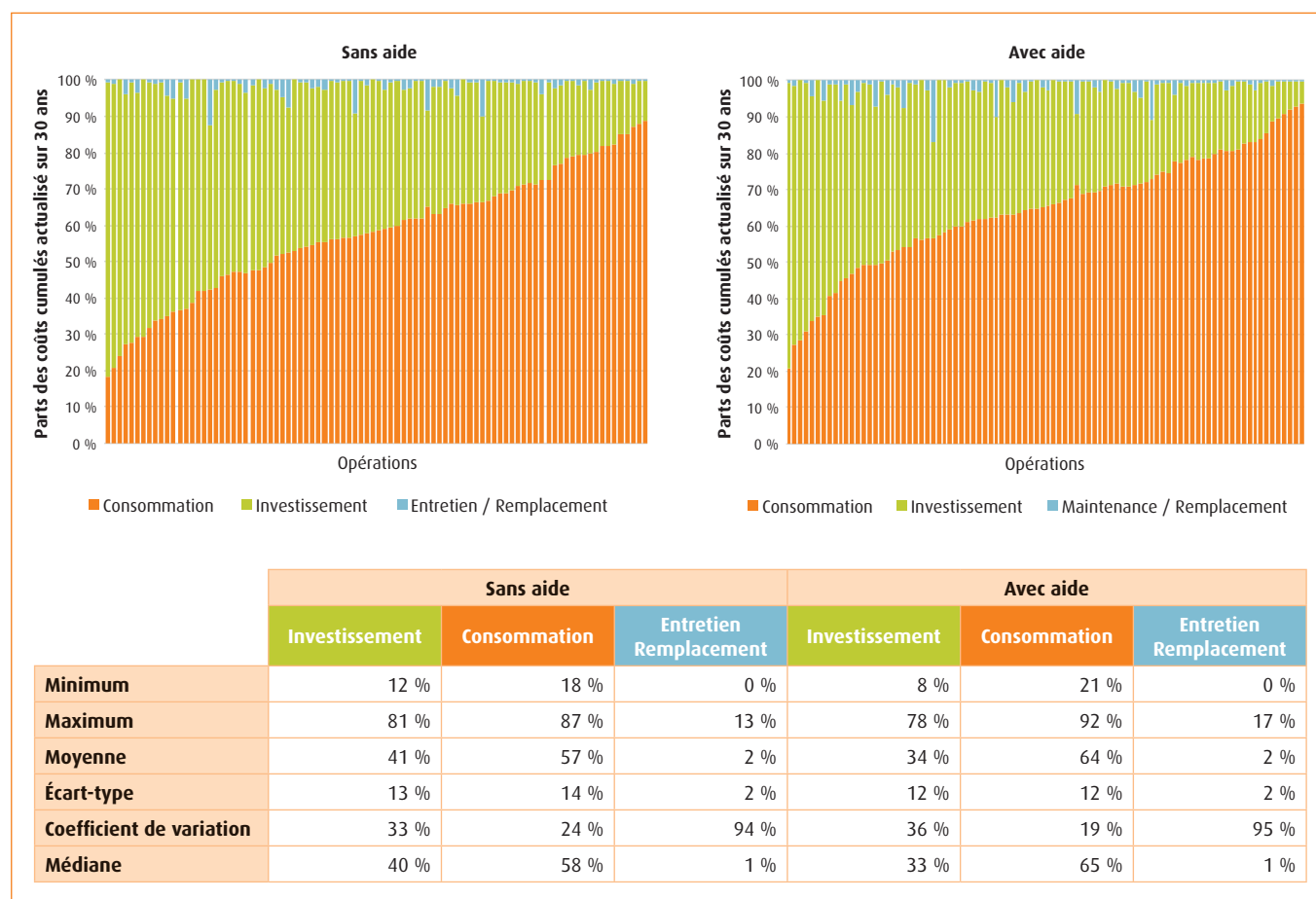


Figure 26 : Parts des coûts cumulés actualisés sur 30 ans (90 opérations).

Pour la plupart des opérations, nous constatons que la part d'entretien et de remplacement est faible : la valeur médiane est de 1 %, avec ou sans les aides. Ainsi, dans une grande partie de l'échantillon, le coût global actualisé ne dépend quasiment que des coûts d'investissement et des coûts de consommations. Entre ces deux contributions, ce sont les coûts de consommations conventionnelles (issues d'un calcul RT ex global) qui prennent souvent l'ascendant.

• **Le gain sur les coûts de consommation en fonction du coût d'investissement**

Dans la figure 10, chaque opération est positionnée par rapport à son coût surfacique d'investissement (€ TTC/m²_{SHAB}) et à son gain annuel sur les coûts surfaciques de consommations (€ TTC/an.m²_{SHAB}), avec les aides et sans les aides.

De plus, il est indiqué par un code couleur si l'opération est bénéficiaire (en vert), c'est-à-dire si la VAN à 30 ans est positive ; ou non bénéficiaire (en rouge et orange), c'est-à-dire si la VAN à 30 ans est négative.

Nous pouvons constater qu'il existe bien une tendance à l'augmentation des gains sur les coûts des consommations conventionnelles avec l'accroissement des coûts d'investissement.

Toutefois, pour un investissement donné, malgré la nature théorique des consommations prises en compte, les gains obtenus présentent une forte variabilité : il peut exister quasiment un facteur 8 entre les gains minimaux et maximaux.

Comme attendu, les opérations les plus bénéficiaires sont celles qui présentent une forte réduction des coûts de consommation pour un faible coût d'investissement.

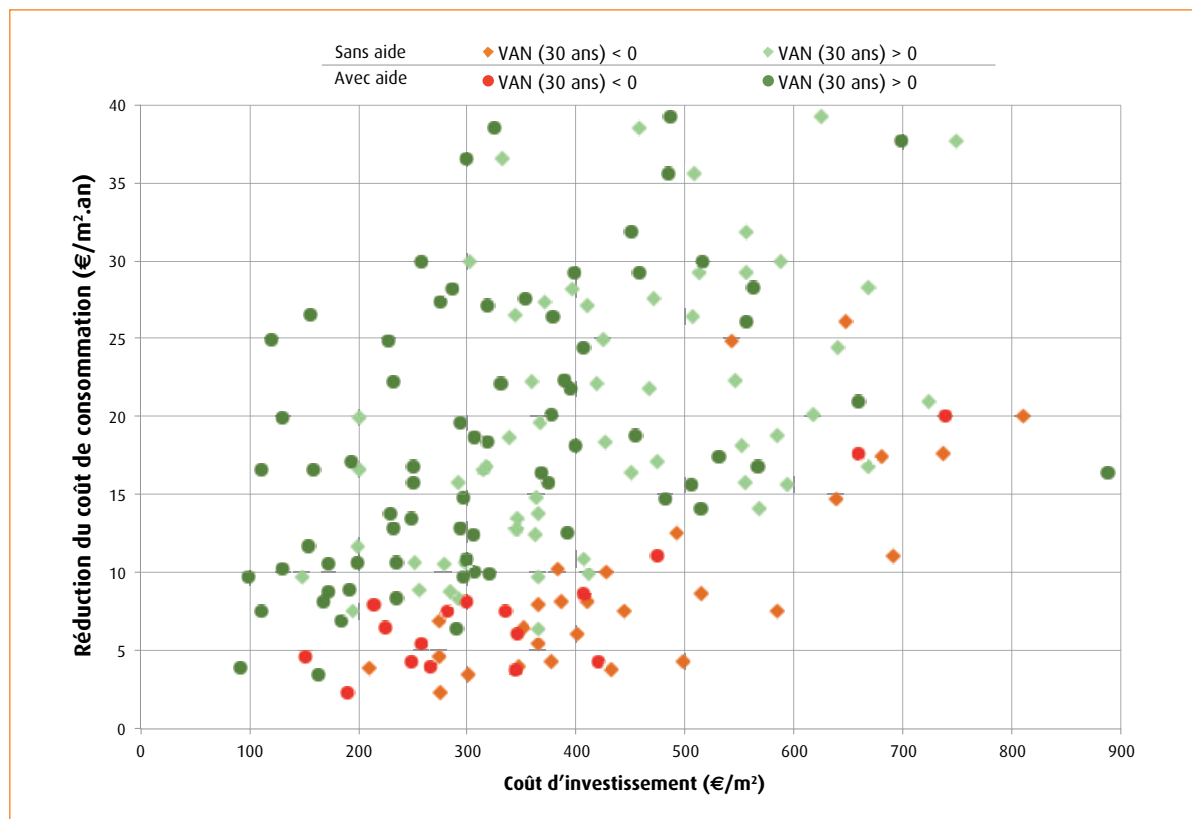


Figure 27 : Gain annuel sur les coûts de consommation en fonction du coût d'investissement (90 opérations).

• Le temps de retour en fonction du nombre de travaux réalisés

Les rénovations peuvent avoir été effectuées sur 7 postes différents : les murs, le plancher haut ou la toiture, le plancher bas, les menuiseries, le système de chauffage, le système de production d'ECS et le système de ventilation. La figure 11 présente les temps de retour actualisés de chaque opération en fonction du nombre de travaux réalisés.

La majorité des opérations de l'échantillon ont réalisé 5 ou 6 travaux sur des postes différents.

Nous pouvons constater que la médiane des temps de retour diminue légèrement lorsque le nombre de travaux réalisés augmente. Toutefois, en l'état de cette analyse (entre autres : nous ne considérons pas ici la situation initiale des opérations), il ne peut être tiré de conclusions générales quant à l'intérêt financier de réaliser plutôt un grand nombre de travaux qu'un nombre plus restreint.

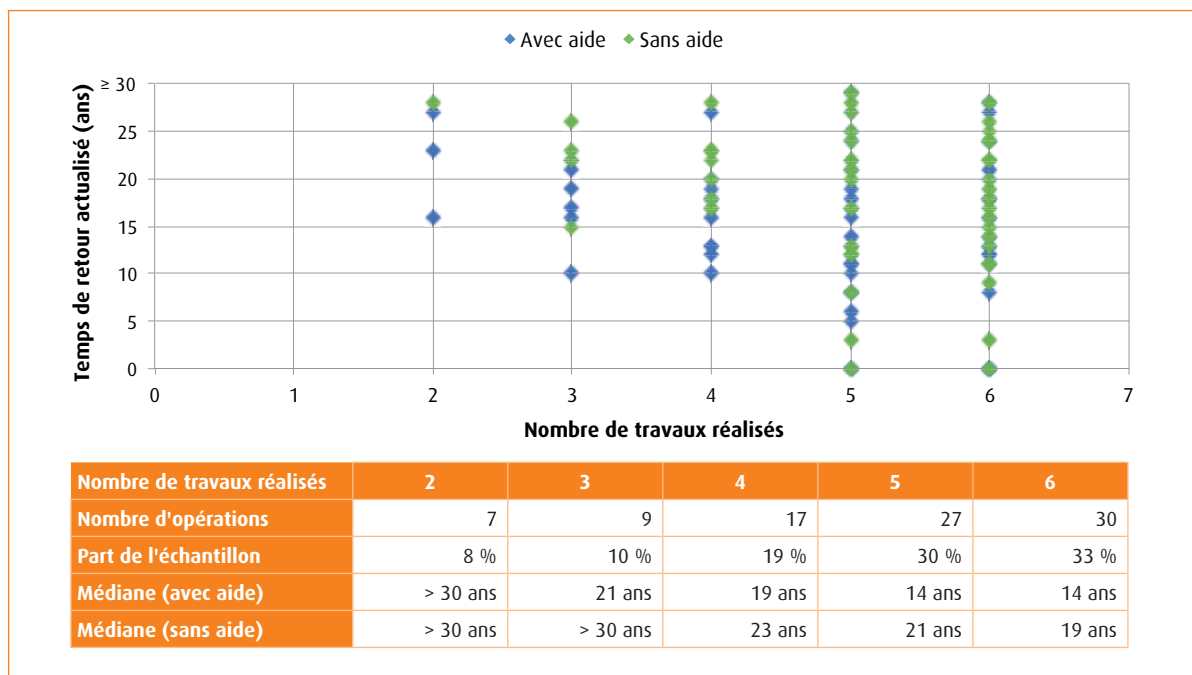


Figure 28 : Le temps de retour actualisé par rapport au nombre de travaux réalisés.

Analyse détaillée de la rentabilité sur une opération

Pour cette analyse approfondie, la rentabilité est calculée en détail sur une opération.

Les données nécessaires à l'analyse se sont en effet avérées difficiles à récupérer. Il s'agit des données suivantes :

- le coût de la rénovation ;
- les aides reçues par le maître d'ouvrage et l'emprunt réalisé ;

- les consommations réelles avant et après rénovation ;
- la valeur marchande du bien avant et après rénovation, estimée par un expert immobilier.

■ Présentation de l'opération

L'opération retenue est l'opération nommée JRBBC_0104 du programme « Je rénove BBC ». Elle a été construite dans les années 1870, en grès des Vosges, et a été rénovée entre 2013 et 2014.

| | |
|-----------------------|--|
| Nom | JRBBC_0104 |
| Programme | Je rénove BBC |
| Année de construction | 1870 |
| Année de rénovation | 2013-2014 |
| Surface habitable | 155 m ² |
| Élévation | Rez-de-chaussée (caves et garages) ; 1 ^{er} étage habité ; combles perdus |
| Mode constructif | Grès des Vosges |

• **Travaux de rénovation et coût de la rénovation**

| | Avant | Après |
|--|---|--|
| Mur | Non isolé | Isolation par l'intérieur : - Projection de 21 cm de mousse de polyuréthane |
| Plancher haut | Non isolé | Isolation du plancher haut : - Isolation du plancher du grenier par projection de ouate de cellulose (42 cm) - Étanchéité à l'air par pose de fibre de bois et membrane pare-vapeur |
| Plancher bas | Non isolé | Isolation du plancher : - 21 cm de polyuréthane |
| Menuiserie | Menuiserie simple vitrage | Changement des menuiseries : - Pose de fenêtres en bois et aluminium à triple vitrage |
| Chauffage | Chaudière fioul installée en 2001 | Aucun changement |
| ECS | Production d'eau chaude sanitaire par la chaudière au fioul | Aucun changement |
| Ventilation | Ouverture des fenêtres | Installation d'une ventilation : VMC simple flux Hygro B |
| Coûts de rénovation | 48 785 € TTC soit 315 € TTC/m²_{SHAB} | |
| Aide Région & EDF | 12 946 € TTC | |
| Autre aide | 0 € TTC | |
| Total des aides et part des aides | 12 946 € TTC, soit 26 % | |
| Montage financier | Financement sans emprunt | |

Le maître d'ouvrage a choisi de traiter l'ensemble de son enveloppe et d'installer une VMC hygro B, mais de ne pas changer sa chaudière fioul. Le maître d'ouvrage prévoit de remplacer ce système ultérieurement par une chaudière bois.

Le coût de rénovation, sans les aides, est de 48 785 € TTC, soit 315 € TTC/m²_{SHAB}.

Les aides sont de 12 946 € TTC et représentent 26 % du budget de rénovation.

• **Coûts de consommations**

Les consommations tous usages, utilisées dans cette partie, sont issues de l'analyse des factures de fioul et d'électricité.

La rénovation a permis de diviser par deux les consommations : la consommation de fioul a fortement diminué et la consommation d'électricité est légèrement réduite. La consommation tous usages, après rénovation, est faible : 91,8 kW_{hel}/m²_{SHON}.an. De même, les coûts d'exploitation sont divisés par deux, avec un coût d'exploitation après rénovation énergétique de 1 387 € TTC/an.

| | Avant rénovation | | | Après rénovation | | |
|--|---|-------|--------------|------------------|------|-------------|
| Coût de rénovation | 48 785 € TTC ; 315 € TTC/m ² _{SHAB} | | | | | |
| Consommation [kW_{hel}/m²_{SHON}.an] | Fioul | 168,8 | 184,3 | Fioul | 79,0 | 91,8 |
| | Électricité | 15,5 | | Électricité | 12,8 | |
| Gain [kWh_{ef}/m²_{SHON}.an] | 92,5 | | | | | |
| Coût d'exploitation [€ TTC/an] | 2 691 | | | 1 387 | | |
| Réduction du coût d'exploitation [€ TTC/an] | 1 304 | | | | | |

• Coûts d'entretien

Comme pour l'analyse statistique, les coûts d'entretien sont estimés (voir annexe p. 36).

| | Avant rénovation | Après rénovation |
|---|----------------------|---------------------|
| Système de chauffage | Chaudière fioul | Pas de changement |
| Système d'ECS | Liée au chauffage | Pas de changement |
| Système de ventilation | Naturelle | VMC Hygro B |
| Estimations coût d'entretien | 120 € TTC/an | 135 € TTC/an |
| Surcoût du coût d'entretien estimé | + 15 € TTC/an | |

Les coûts d'entretien sont globalement faibles, voire très faibles par rapport aux coûts énergétiques : de 120 - 135 € TTC par an pour les coûts d'entretien

contre 1 387 - 2 691 € TTC par an pour les coûts de consommation. Cette différence est encore plus importante lorsque l'on compare la réduction du coût énergétique au changement du coût d'entretien théorique : - 1 304 € TTC/an contre + 15 € TTC/an.

■ Résultats de l'analyse

Dans un premier temps, nous analysons les résultats sans prendre en compte la valeur marchande du bien immobilier avant et après rénovation. Dans un second temps, celle-ci est prise en compte dans les calculs.

• Résultats sans prise en compte de la valeur marchande du bien immobilier

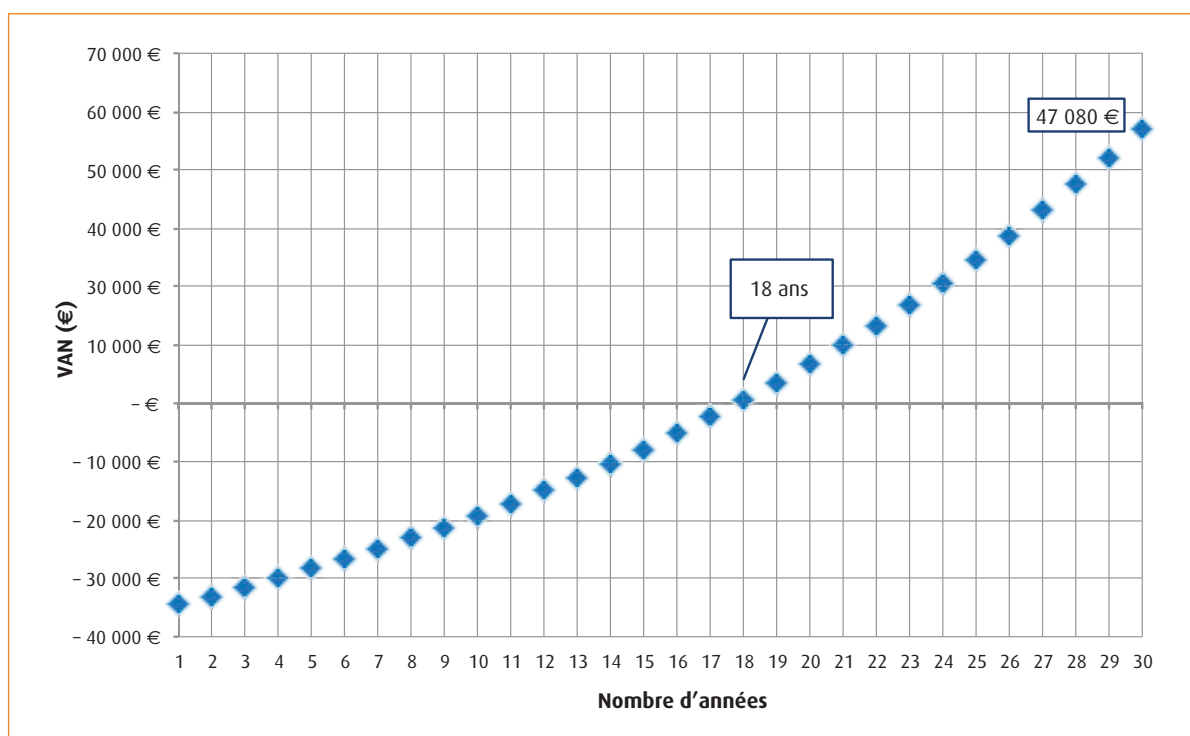


Figure 29 : Évolution de la VAN avec les années (sans la valeur du bien immobilier).

Le temps de retour de l'opération est de 18 ans.

Cette durée est similaire à la médiane des temps de retour obtenus avec les aides dans l'analyse statistique (voir TRA p. 25).

De même, le taux de rentabilité interne sur 30 ans de l'opération JRBB0_0104 est proche de ceux calculés dans l'analyse statistique.

| | |
|--|--|
| Coût de rénovation | 48 785 € TTC |
| <i>Total des aides et part des aides</i> | 315 € TTC/m ² _{SHAB} |
| <i>Montage financier</i> | 12 946 € TTC soit 26 % Rien |
| Réduction du coût d'exploitation | 1 307 € TTC/an |
| Surcoût de maintenance | + 15 € TTC/an |
| VAN (30 ans) | 47 355 € TTC |
| Temps de retour actualisé | 18 ans |
| Taux de rentabilité interne | 7,69 % |

- **Résultats avec prise en compte de la valeur marchande du bien immobilier**

Valeur marchande du bien immobilier

La valeur du bien immobilier avant et après travaux a été évaluée par un expert à la suite d'une visite

sur site et de l'analyse du marché immobilier. La valeur après rénovation correspond à la valeur marchande du bien immobilier, en intégrant les travaux d'économie d'énergie, mais sans tenir compte des gains liés aux travaux d'embellissement (exemple : changement de cuisine, de salle de bains, etc.).

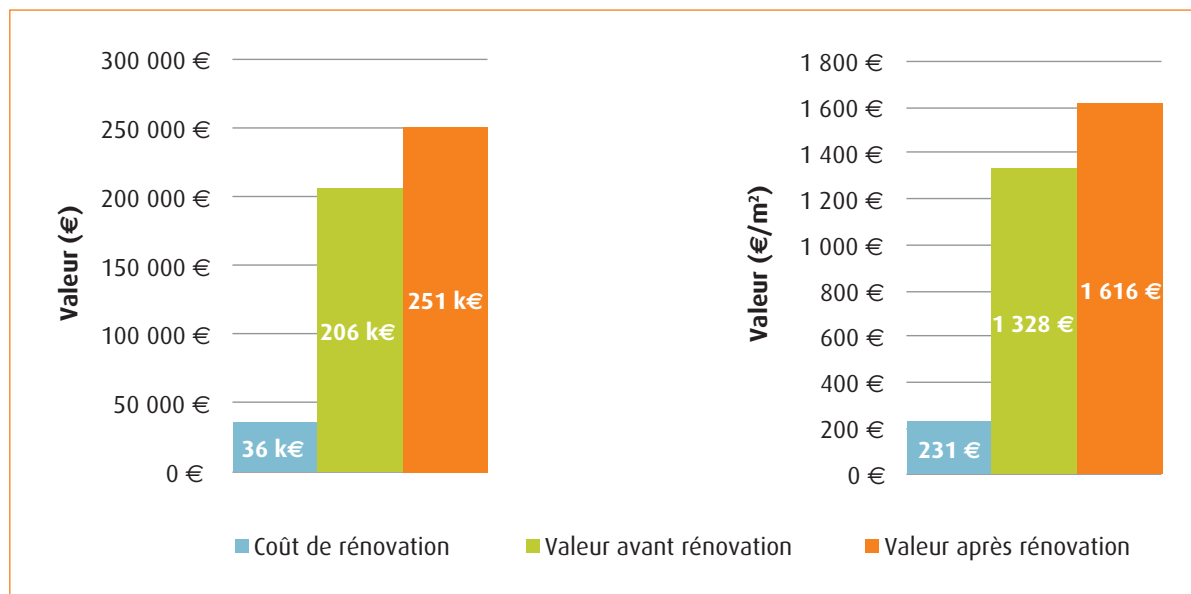


Figure 30 : Valeurs de l'opération avant et après rénovation et coût de rénovation.

Avant travaux, la valeur du logement est de 206 k€ TTC soit 1 328 € TTC/m²_{SHAB}. Après travaux, la valeur du logement est de 251 k€ TTC ou 1 616 € TTC/m²_{SHAB}. L'augmentation de valeur liée aux travaux est ainsi de 45 k€ TTC, soit un accroissement de 22 %.

Cette plus-value liée aux travaux est de l'ordre de grandeur du coût de ces derniers (36 k€ TTC). Dans le détail, le gain en valeur est légèrement supérieur au coût de rénovation.

Ainsi, en cas de vente immédiate après la rénovation, les travaux seraient directement rentables.

Résultat du calcul en coût global

Dans ce paragraphe, nous comparons au moyen de la VAN à différentes années :

- le scénario « sans rénovation » avec le cumul actualisé des coûts d'exploitation jusqu'à l'année où le bien est vendu (à sa valeur actualisée) ;
- le scénario de rénovation avec le cumul actualisé des coûts d'exploitation jusqu'à l'année où le bien est vendu (à sa valeur actualisée).

Plus précisément, les VAN calculées pour chacune des années le sont en supposant que le bien est vendu dans l'année en question.

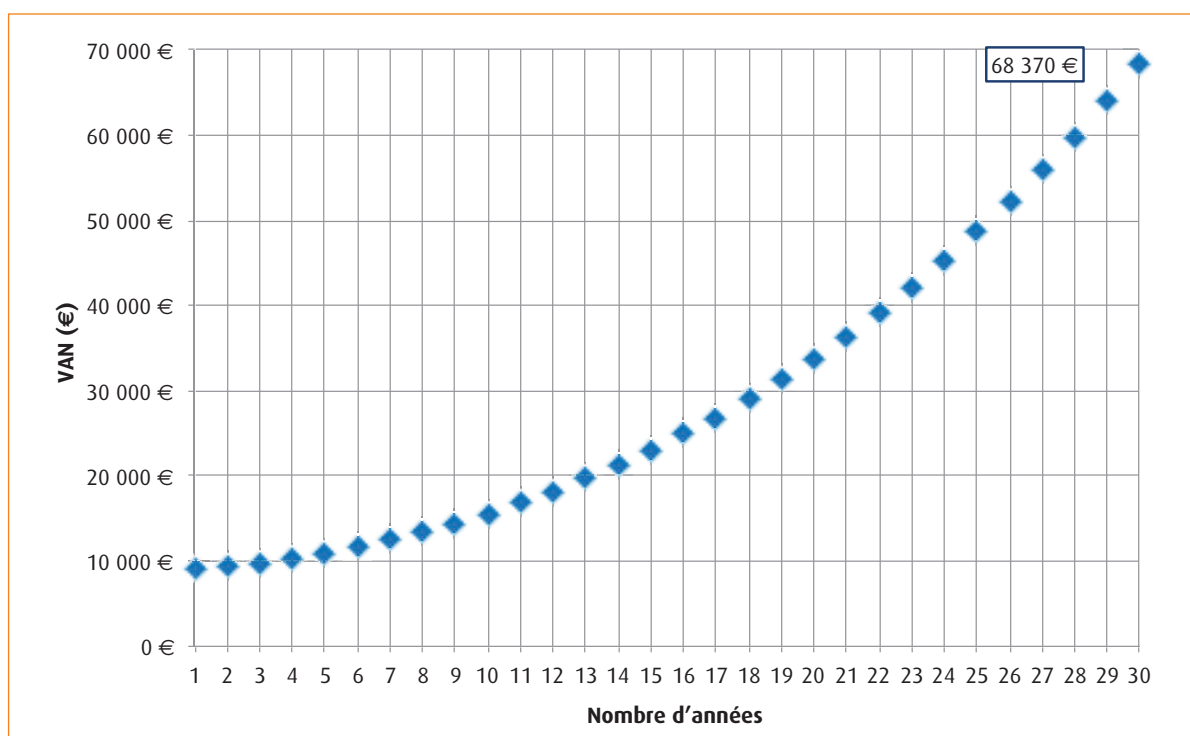


Figure 14 : Évolution de la VAN avec les années (avec la valeur de l'opération).

Avec la prise en compte de la valeur marchande de l'opération, **la rénovation s'avère bénéficiaire dès la première année et jusqu'à l'année 30.**

Le déficit observé durant les premières années du calcul précédent de la VAN (sans prise en compte de la valeur des biens) est rattrapé par la valeur « verte » (c'est-à-dire le gain de valeur marchande imputable aux travaux de rénovation énergétique).

Lorsque les valeurs marchandes sont prises en compte, le taux de rentabilité interne à 30 ans est également plus important : 8,51 %.

| Nom | JRBBC_0104 |
|---|--|
| Gain | 45 k€ TTC |
| Valeur avant rénovation | 206 k€ TTC |
| Valeur après rénovation | 251 k€ TTC |
| Coût de rénovation | 48 785 € TTC |
| Total des aides | 315 € TTC/m ² _{SHAB} |
| et part des aides | 12 946 € TTC soit 26 % |
| Montage financier | Rien |
| Réduction du coût d'exploitation | 1 307 € TTC/an |
| Surcoût de maintenance | + 15 € TTC/an |
| VAN (30 ans) | 68 370 € TTC |
| Taux de rentabilité interne | 8,51 % |



À retenir du fascicule

- Le coût total d'une opération est de 68,1 k€ HT en moyenne (soit 465 € HT/m²_{SHAB}), présentant par ailleurs un écart-type relativement important de 31 k€ HT (ou 316 € HT/m²_{SHAB}).
- Les coûts de travaux sur l'enveloppe, priorité des programmes JRBBC, représentent le poste de dépenses le plus important (en moyenne 48,6 k€ HT, soit 71 % du coût total) devant les coûts de changement des systèmes (en moyenne 10,8 k€ HT, soit 16 % du total) et de maîtrise d'œuvre (en moyenne 8,7 k€ HT, soit 13 % du total). Ces coûts sont néanmoins très variables selon les opérations.
- Dans le détail :
 - l'isolation par l'extérieur est, en moyenne, plus chère que l'isolation par l'intérieur : 108 €/m² posé contre 71 €/m² posé ;
 - en moyenne, l'isolation de la toiture est plus chère par l'extérieur que par l'intérieur ou par le plancher haut ; respectivement 193 €/m² posé, 79 €/m² posé et 48 €/m² posé ;
 - le coût de l'isolation des planchers en sous-face est, en moyenne, plus élevé que sous chape : 43 €/m² posé contre 28 €/m² posé ;
 - les menuiseries triple vitrage sont, en moyenne, légèrement plus chères que les menuiseries double vitrage : 624 €/m² de baie contre 557 €/m² de baie ;
 - le coût d'installation d'une VMC simple flux est, en moyenne, de 1 500 € et de 5 700 € pour une VMC double flux ;
 - le coût d'installation d'un système de chauffage principal est en moyenne de 8 500 € pour un système simple usage et de 10 700 € pour un système double usage ;
 - le coût moyen d'installation d'émetteurs, quel que soit leur type, est compris entre 7 300 € et 8 000 € ;
 - le coût moyen d'installation d'un système de production d'ECS indépendant est de 3 300 €.
- Selon une estimation des montants des différentes aides perçues par les maîtres d'ouvrage, celles-ci représentent 24 % (valeur médiane) du coût de la rénovation.
- Selon les calculs réglementaires, les gains sur les factures énergétiques sont variables mais importants : médiane à 2 300 €/an, soit 190 €/mois, soit une division par 3. En pratique, la réduction de la facture énergétique constatée est plus faible, de l'ordre d'un facteur 2.
- Pour la plupart des opérations, les coûts d'entretien et de remplacement influent très peu sur le calcul en coût global.
- Selon les gains théoriques, les opérations de rénovation sont globalement rentables sur le long terme, avec et sans les aides :
 - les 3/4 environ des opérations sont bénéficiaires avant 30 ans ;
 - la médiane des temps de retour actualisés se situe autour des 20 ans ;
 - le taux de rentabilité interne est élevé : environ 8-10% (valeur médiane).
- La prise en compte de la valeur marchande des logements, avant et après travaux, engendre, sur l'exemple étudié, une rentabilité des travaux dès la première année.



ANNEXE : MÉTHODOLOGIE DU COÛT GLOBAL ACTUALISÉ

L'analyse financière en coût global actualisé vise à évaluer la rentabilité des opérations des programmes JRBBBC. Elle se base principalement sur une approche comparative entre la situation sans rénovation et la situation avec la rénovation choisie par le maître d'ouvrage. L'approche en coût global actualisé, basée sur la norme ISO 15686-5, permet la prise en compte des coûts du bâtiment dans le temps.

Ne pouvant pas avoir toutes les données précises et approfondies pour toutes les opérations, deux types d'analyses en coût global actualisé sont menées : une analyse statistique, pour un grand nombre d'opérations (90), une analyse approfondie pour une opération. L'analyse approfondie utilise les données « réelles » : facture pour les consommations et valeur marchande des biens immobiliers... ; alors que l'analyse statistique utilise plus de données « théoriques » : les consommations de l'étude réglementaire, les coûts de maintenance issus de la littérature...

Le choix des paramètres et des périmètres d'une analyse en coût global actualisé dépend entre autres du point de vue adopté. L'objectif de notre étude étant de valider l'opportunité économique de la rénovation de son logement pour le particulier, nous nous placerons de son point de vue de maître d'ouvrage.

Données d'entrée

En se plaçant du point de vue du maître d'ouvrage, les trois données d'entrée suivantes ont été choisies pour l'analyse statistique et une dernière est ajoutée pour l'analyse approfondie :

■ Coûts d'investissement (I)

Dans le scénario de rénovation, le coût d'investissement correspond aux coûts de maîtrise d'œuvre, aux coûts des travaux de rénovation énergétique et à leurs coûts induits, mais pas les coûts d'embellissement.

Pour l'analyse statistique, le coût de rénovation correspond aux factures remontées par le maître d'ouvrage à EDF (factures des entreprises et facture du maître d'œuvre). Pour l'analyse approfondie, le coût de rénovation correspond au total des factures utilisées par l'expert judiciaire, afin de garder la cohérence avec l'évaluation du bien. Dans le scénario sans rénovation, il n'y a pas de coût d'investissement proprement dit.

Dans le cas où les aides sont prises en compte, elles sont déduites au coût d'investissement. Les aides utilisées dans l'analyse approfondie sont celles que le maître d'ouvrage a réellement reçues. Dans le cadre de l'analyse statistique, les aides prises en compte, selon l'éligibilité du ménage, sont les suivantes :

- **les aides de la Région Alsace et d'EDF (pour les opérations 50 chantiers pionniers)** : les aides réellement versées pour chaque opération sont récupérées ;
- **l'aide à la maîtrise d'œuvre (pour les opérations JRBBBC)** : 50 % des frais de l'accompagnement thermique plafonnés à 3 000 € TTC (1 500 € TTC par le groupe EDF et 1 500 € TTC par la Région) ;
- **les aides de la Région Alsace (pour les opérations JRBBBC)** :
 - une aide forfaitaire de 5 000 € TTC est versée lorsque le projet s'inscrit dans les critères du programme « Je rénove BBC ». Cette aide est de 8 500 € TTC si le projet comporte 2 logements de plus de 50 m² de surface habitable chacun, et de 10 500 € TTC s'il comporte 3 logements de plus de 50 m² de surface habitable chacun ;
 - une aide complémentaire de 35 €/m² TTC de surface habitable est versée si plus de 50 % du montant des travaux d'isolation concernent des matériaux à base de fibres végétales ou animales. La surface considérée sera la surface habitable du logement existante avant travaux ;
 - les plafonds pour les aides aux projets ayant recours à des matériaux d'isolation à base de fibres végétales ou animales sont détaillés dans le tableau ci-après.

| Nombre de logements | Aide matériaux d'isolation traditionnels | Aide « éco-matériaux » |
|---------------------|--|--|
| 1 | 5 000 € TTC* | 5 000 € TTC + 35 € TTC/m ² plafond = max (10 000 € TTC ; 70 % des travaux*) |
| 2 | 8 500 €* TTC | 8 500 € TTC + 35 € TTC/m ² plafond = max (17 000 € TTC ; 70 % des travaux*) |
| 3 | 10 500 €* TTC | 10 500 € TTC + 35 € TTC/m ² plafond = max (21 000 € TTC ; 70 % des travaux*) |

Figure 15 : Plafonds des aides de la Région Alsace aux maîtres d'ouvrage. * 70 % du montant des travaux d'isolation éligibles

• **Les aides des collectivités locales :**

– pour les opérations de Mulhouse Alsace Agglomération (M2A), une aide forfaitaire de 4 000 € est attribuée ;

– pour les opérations de la communauté d'agglomération de Colmar (CAC), la communauté d'agglomération et Vialis (fournisseur d'énergie) attribuent les aides selon les règles suivantes :

| | Ville de Colmar | VIALIS |
|------------------------------------|--|--|
| Isolation des murs | 18 % de l'assiette plafonnée à 1 800 € | 12 % de l'assiette plafonnée à 1 200 € |
| Isolation du toit | 18 % de l'assiette plafonnée à 1 800 € | 12 % de l'assiette plafonnée à 1 200 € |
| Remplacement des fenêtres | 15 % de l'assiette plafonnée à 900 € | 10 % de l'assiette plafonnée à 600 € |
| Renouvellement de la chaudière gaz | 15 % de l'assiette plafonnée à 450 € | 10 % de l'assiette plafonnée à 300 € |
| Plafond global | 3 600 € | 2 400 € |

Figure 16 : Tableau des aides pour la communauté d'agglomération de Colmar et Vialis.

• **Les aides du programme « habiter mieux » :** les aides sont attribuées en fonction de la catégorie « modeste » ou « très modeste » du ménage qui est définie dans le tableau ci-dessous. Selon la catégorie du ménage, le programme définit le gain sur la consommation totale d'énergie primaire de l'étude réglementaire (-25 % pour un ménage « très modeste » et -35 % pour un ménage « modeste ») et la part de subventions attribuées pour la rénovation (50 % pour un ménage « très modeste » et 35 % pour un ménage « modeste »). Pour les deux catégories, le plafond de l'aide est de 20 000 €. Dans l'analyse statistique, l'aide du programme « habiter mieux » est prise en compte si le maître d'ouvrage a dit avoir reçu cette aide.

| Plafond des revenus annuels du ménage | | |
|---------------------------------------|----------|--------------|
| Nb de personnes | Modeste | Très modeste |
| 1 | 18 342 € | 14 308 € |
| 2 | 26 826 € | 20 925 € |
| 3 | 32 260 € | 25 166 € |
| 4 | 37 690 € | 29 400 € |
| 5 | 43 141 € | 33 652 € |
| 6 | 48 575 € | 37 893 € |

Figure 17 : Définition des catégories « modeste » et « très modeste » du programme « habiter mieux »

• **Crédit d'impôt développement durable (CIDD) ou Crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) :** le CIDD ou CITE se calcule sur les coûts des travaux de rénovation hors coût du maître d'œuvre, de main-d'œuvre et en déduisant les subventions et aides. Chaque année, le pourcentage de crédit d'impôt par type de travaux (2009-2013) ou pour l'ensemble des travaux (2014-2015) a évolué. Par contre, le plafond des dépenses éligibles, défini dans le tableau ci-après, n'a pas évolué. N'ayant pas les informations pour les 90 opérations analysées, nous avons fixé que le coût de la main-d'œuvre représentait 50 % des factures. Pour les rénovations de 2009 à 2013, un pourcentage moyen est choisi sur la base des taux par lot de chaque année (cf. tableau ci-après). Pour le CIDD, un plafond sur le revenu des ménages était présent dans le cas d'une seule action de rénovation. Or les rénovations JRRBC étant toujours sur des bouquets de travaux, ce plafond sur le revenu des ménages n'est pas pris en compte dans les calculs. Dans l'analyse statistique, le crédit d'impôt est pris en compte si le maître d'ouvrage a dit avoir reçu cette aide.

| CIDD /CITE | Taux | Taux choisi | Plafonds des dépenses éligibles |
|------------|---------------------------------|-------------|--|
| CIDD 2009 | Taux variable entre (18 %-40 %) | 23 % | <ul style="list-style-type: none"> • 8 000 € pour une personne célibataire, veuve ou divorcée ; • 16 000 € pour un couple, soumis à une imposition commune. + 400 € pour chaque personne à charge (comptez 200 € par enfant en garde alternée). |
| CIDD 2010 | Taux variable entre (18 %-40 %) | 23 % | |
| CIDD 2011 | Taux variable entre (18 %-40 %) | 22 % | |
| CIDD 2012 | Taux variable entre (18 %-40 %) | 23 % | |
| CIDD 2013 | Taux variable entre (18 %-40 %) | 18 % | |
| CIDD 2014 | Taux fixe | 25 % | |
| CITE 2015 | Taux fixe | 30 % | |

Figure 18 : Tableau pour le calcul des CIDD ou CITE.

■ Coûts de consommation (C)

Les consommations avant travaux sont utilisées pour le scénario sans rénovation et les consommations après travaux pour le scénario de rénovation.

Dans l'analyse statistique, les consommations sont issues des calculs réglementaires réalisés pour chaque opération (calculs RT ex globale).

Dans l'analyse approfondie, les consommations avant et après travaux sont issues des déclarations faites par le maître d'ouvrage, sur la base de leur facture.

Dans les deux cas, les coûts de consommations sont calculés en utilisant le coût unitaire des énergies et leur inflation définis dans le tableau ci-dessous :

| Type d'énergie | € TTC/kWhef | Taux réel moyen |
|--|----------------|-----------------|
| Électricité : prix complet (abonnement + consommation) puissance 12 kVA tarif bleu option heures creuses | 0,1230 €/kWhef | 1,28 % |
| Gaz : prix complet (abonnement + consommation) tarif B1 | 0,0608 €/kWhef | 3,55 % |
| Fioul domestique : tarif C1, pour une livraison de 2 000 à 5 000 L | 0,0739 €/kWhef | 7,29 % |
| Granulés vrac (livraison comprise) | 0,0474 €/kWhef | 5,70 % |
| Bois bûches (livraison comprise) | 0,0365 €/kWhef | 2,45 % |

Le coût des énergies et leur inflation sont les moyennes sur 10 ans (2004-2014) observées à partir des valeurs annuelles, corrigés de l'inflation générale des prix, de la base de données Pegase⁵.

■ Coûts d'entretiens et remplacement

Les coûts d'entretien et de remplacement sont calculés pour les systèmes de chauffage, d'ECS et de ventilation en place avant travaux pour le scénario sans rénovation et en place après travaux pour le scénario de rénovation. Les coûts d'entretien sont calculés annuellement pour chaque système. Le remplacement des systèmes est considéré à l'identique lorsque leur durée de vie maximale est atteinte, le coût du remplacement est pris égal au coût d'investissement « initial » du système actualisé par rapport à l'année à laquelle il intervient. Pour l'analyse statistique et approfondie, les coûts et durées de vie pris pour chaque système (avec ou sans rénovation), présentés ci-dessous sont issus de la synthèse de différentes sources, dont principalement l'annexe de la norme NF EN 15 459.

⁵ La base Pégase (acronyme de pétrole, électricité, gaz et autres statistiques de l'énergie) enregistre et diffuse les statistiques de l'énergie rassemblées par le Service de l'observation et des statistiques (SOeS).

| | Système | Énergie | Prix du système [€ TTC] | Durée de vie [an] | Coût de maintenance [% du prix du système] | Coût de maintenance [€/an] |
|--------------------------------------|---|------------|-------------------------|-------------------|--|----------------------------|
| Chauffage seul (non lié à ECS) | Chaudière bois | Bois | 5 000 € | 15 ans | 3 % | 150,0 € |
| | Chaudière granulés bois | Bois | 12 000 € | 15 ans | 3 % | 360,0 € |
| | Poêle bois | Bois | 4 500 € | 15 ans | 3 % | 135,0 € |
| | Radiateurs électriques [€/m ² _{shab}] | Électrique | 40 € | 25 ans | 1 % | 0,4 € |
| | Radiateurs à accumulation [€/m ² _{shab}] | Électrique | 40 € | 25 ans | 1 % | 0,4 € |
| | Plancher électrique [€/m ² _{shab}] | Électrique | 40 € | 30 ans | 2 % | 0,8 € |
| | Chaudière électrique | Électrique | 2 500 € | 15 ans | 3 % | 75,0 € |
| | PAC air/air | Électrique | 6 000 € | 17 ans | 3 % | 180,0 € |
| | PAC eau/eau | Électrique | 9 500 € | 17 ans | 2 % | 190,0 € |
| | PAC air/eau | Électrique | 6 000 € | 17 ans | 3 % | 180,0 € |
| | PAC air/eau + solaire | Électrique | 8 000 € | 17 ans | 3 % | 240,0 € |
| | Chaudière fioul | Fioul | 4 000 € | 20 ans | 3 % | 120,0 € |
| | Chaudière fioul basse température | Fioul | 4 000 € | 20 ans | 3 % | 120,0 € |
| | Chaudière fioul condensation | Fioul | 4 000 € | 20 ans | 3 % | 120,0 € |
| | Chaudière gaz | Gaz | 2 500 € | 20 ans | 5 % | 125,0 € |
| | Chaudière gaz basse température | Gaz | 2 500 € | 20 ans | 5 % | 125,0 € |
| | Chaudière gaz condensation | Gaz | 2 500 € | 20 ans | 5 % | 125,0 € |
| Chaudière gaz condensation + Solaire | Gaz + Solaire | 4 500 € | 20 ans | 4 % | 185,0 € | |
| ECS | Ballon électrique | Électrique | 600 € | 15 ans | 4 % | 24,0 € |
| | Ballon thermodynamique | Électrique | 2 500 € | 15 ans | 2 % | 50,0 € |
| | CESI + appoint électrique | Électrique | 4 500 € | 20 ans | 3 % | 135,0 € |
| | CESI + appoint gaz | Gaz | 4 500 € | 20 ans | 4 % | 185,0 € |
| | PAC air/eau | Électrique | 6 000 € | 15 ans | 3 % | 180,0 € |
| | Chaudière gaz | Gaz | 2 500 € | 20 ans | 5 % | 125,0 € |
| Ventilation | Naturelle ; ouverture des fenêtres | | | | | - € |
| | VMC Auto-réglable | Électrique | 500 € | 20 ans | 3 % | 15,0 € |
| | VMC Hygro-variable A | Électrique | 500 € | 20 ans | 3 % | 15,0 € |
| | VMC Hygro-variable B | Électrique | 500 € | 20 ans | 3 % | 15,0 € |
| | VMC Double-Flux | Électrique | 2 500 € | 20 ans | 3 % | 75,0 € |

Figure 20 : Coût d'investissement, durée de vie et coût annuel d'entretien par an des différents systèmes.

■ Valeur du bien immobilier (analyse approfondie seule)

La valeur du bien immobilier n'est pas identique avant et après rénovation. Un expert immobilier a évalué la valeur de l'opération avant et après rénovation.

Paramètres

■ Taux d'actualisation

Du point de vue d'un investisseur, il n'est pas équivalent de dépenser/recevoir un euro aujourd'hui ou dans 10 ans : cette « valeur accordée au temps » est prise en compte par l'actualisation des coûts et recettes différées par rapport au moment de l'investissement. Plus le taux d'actualisation est fort, plus l'importance est accordée au présent (ce que je débourse effectivement au moment de l'investissement) par rapport aux flux financiers futurs (ce que je vais hypothétiquement gagner/dépenser dans les années à venir).

En prenant le point de vue du maître d'ouvrage, le taux d'actualisation est fixé à **2,5 %**. En effet, l'ordre de grandeur du taux réel d'actualisation utilisé est cohérent lorsqu'on compare l'investissement pour les travaux de rénovation énergétique à un placement à long terme avec fonds garantis (taux réel entre 1,69 % et 2,24 %⁶). La rémunération d'un placement bancaire est réputée prendre en compte la préférence des individus pour le présent et l'aversion au risque : Quelle rémunération du capital justifie que je ne puisse pas disposer de mon argent immédiatement ? Quelle rémunération justifie que je prenne le risque de ne pas pouvoir dépenser mon argent aujourd'hui, sans garantie d'avoir à disposition demain au moins la même somme ?

■ Durée de l'étude

La durée de l'étude en coût global est fixée à **30 ans**, car la durée de vie des isolants est de 30 ans et que, passé cette date, il serait nécessaire de faire des travaux de rénovation qui nécessiteraient un investissement bouleversant le bilan financier précédent.

■ Emprunt

Ne sachant pas quel montage financier chaque maître d'ouvrage a réalisé, nous fixons pour l'analyse statistique une règle basée sur l'avis d'un expert.

Les maîtres d'ouvrage n'empruntent que si le montant des travaux dépasse les 25 000 €. Dans ce cas, ils empruntent la totalité des coûts de rénovation sur 10 ans et à un taux de 1,80 %.

Pour l'analyse approfondie, le montage financier fait par le maître d'ouvrage est pris en compte.

■ Coefficient d'évolution de la valeur marchande des biens immobiliers

Dans l'analyse approfondie, la valeur des biens immobiliers a été évaluée par un expert immobilier. Or la valeur d'un bien immobilier peut varier dans le temps. La valeur « technique et qualitative » du bâti va diminuer avec l'usure des composants. Par contre, la valeur marchande d'un bien immobilier est également liée au prix du foncier qui dépend du marché immobilier du secteur. Ne disposant pas d'études approfondies du marché du village considéré, nous fixons un coefficient d'évolution de la valeur marchande des biens immobilier neutre à 0 %.

Indicateur de sortie

L'analyse en coût global définit plusieurs indicateurs permettant d'évaluer la rentabilité d'un projet, notre analyse en a retenu trois :

■ Valeur actuelle nette (VAN)

La valeur actuelle nette est, au sens propre, la somme cumulée des dépenses et des recettes d'un projet. Dans le cas de nos opérations, il n'y a pas de recette : aucun logement ne produit et ne revend de l'énergie. En toute rigueur, deux VAN sont calculées : une pour le scénario sans rénovation et une pour le scénario de rénovation. Par abus de langage, nous appellerons VAN la différence des VAN du scénario sans rénovation et du scénario avec rénovation. Ainsi, la VAN représente l'enrichissement additionnel d'un investissement par rapport à un investissement de référence. La VAN est calculée sur *N* années, avec la formule qui suit.

⁶ PEL : taux net 2015 de 1,69 % / inflation moyenne : 0 %. Contrat d'assurance vie fonds en euros : taux net moyen 2014 2,5 % / inflation moyenne 0,5 %.

$$VAN(N) = + \left(V_N^{avr.} - \sum_{n=1}^N I_n^{avr.} + C_n^{avr.} + (E + R)_n^{avr.} \right) - \left(V_N^{ssr.} - \sum_{n=1}^N I_n^{ssr.} + C_n^{ssr.} + (E + R)_n^{ssr.} \right)$$

Avec :

- $X^{ssr.}$: la valeur dans le scénario sans rénovation
- $X^{avr.}$: la valeur dans le scénario avec rénovation
- X_n : la valeur à l'année n
- α : le taux d'actualisation
- I : le coût d'investissement qui se calcule suivant cette expression :

- Dans le scénario sans rénovation :

$$I_n^{ssr.} = 0 ; \text{ pour toutes les années}$$

- Dans le scénario avec rénovation :

- dans le cas sans emprunt :

$$I_0^{avr.} = \text{coût d'investissement}$$

et $I_{n>0}^{avr.} = 0$ pour toutes les autres années ;

- dans le cas avec emprunt :

$$I_n^{avr.} = \frac{\text{annuité}}{(1+\alpha)^n} ; \text{ pour } n \text{ allant de } 1 \text{ à la fin de}$$

l'emprunt ($n = 10$) puis $I_{n>10}^{avr.} = 0$;

L'annuité se calcule au moyen de la formule suivante : $\frac{M \times \tau}{1 - (1 + \tau)^{-10}}$; avec M le montant de

l'emprunt et τ le taux d'emprunt.

- C : le coût de consommation qui se calcule suivant cette expression :

$$C_n = \frac{1}{(1 + \alpha)^n} \sum_{j=\text{énergie}} (c_j \times CU_j) \times (1 + \tau_j)^n$$

Avec c_j : la consommation annuelle de l'énergie j ;
 CU_j le coût unitaire de l'énergie j et τ_j le taux d'inflation réel de l'énergie j .

- $(E + R)$: le coût d'entretien et de remplacement se calcule de manière identique pour les trois systèmes : chauffage, ECS ; ventilation. Le calcul se décompose en :

- Coût d'entretiens :

$$E_n = \frac{1}{(1 + \alpha)^n} \times (\text{coût d'investissement} \times \text{taux d'entretien}) ;$$

- Coût de remplacement :

$$R_n = \frac{1}{(1 + \alpha)^n} \times \text{coût d'investissement} ; \text{ pour les années } n$$

où le système arrive à sa fin de vie.

- V : la valeur marchande du bien immobilier. Dans l'analyse statistique, cette valeur n'est pas prise en compte, donc est nulle. Dans l'analyse approfondie, le calcul de la valeur marchande actualisée à N ans pour le scénario avec et sans rénovation :

$$V_N = V_0 \times \frac{(1 + \alpha)^N}{(1 + a)^N}$$

Avec V_0 ; la valeur marchande évaluée par l'expert immobilier et α le coefficient d'évolution de la valeur marchande du bien immobilier.

La valeur actuelle nette est calculée sur la durée de l'étude, soit 30 ans. Le projet est bénéficiaire lorsque la VAN est positive à cette échéance.

■ Temps de retour actualisé (TRA)

Le temps de retour actualisé est l'année où la VAN devient positive :

$$n \text{ tel que } VAN(n) > 0 \text{ et } VAN(n-1) < 0$$

Plus le temps de retour actualisé est faible, plus le projet est rentable rapidement.

■ Taux de rentabilité interne (TRI)

Le taux de rentabilité interne est le taux d'actualisation tel que la $VAN(30 \text{ ans})$ soit égale à 0.

$$\alpha \text{ tel que } VAN(30 \text{ ans}) = 0$$

La rentabilité du projet sur la période considérée peut être évaluée par comparaison du TRI avec le taux d'un autre choix d'investissement, comme le taux de rémunération d'un placement financier. Plus le taux de rentabilité interne est élevé, plus le projet est rentable.

A - La performance énergétique globale et le confort thermique

B - La performance de l'enveloppe

C - Les systèmes de chauffage, d'ECS et de ventilation

D - Le bilan carbone des rénovations énergétiques

E - La qualité de l'air intérieur

F - La mise en œuvre

G - Les enseignements économiques

H - Les enseignements sociologiques

Directeur de publication
Bernard Larrousturou

Directeur délégué de publication
Christian Curé

Maquettage
PAO Concept

Impression
JOUVE 53100 Mayenne

© 2017 - Cerema
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

Collection
Connaissances
ISSN 2417-9701
Dépôt légal : juin 2017



Fascicule réalisé sous la coordination de
Sabine Mirtain-Roth (EDF) et Julien Burgholzer (Cerema)

Rédacteurs

Vianney Leroy (EDF)
Pierrick Nussbaumer (Cerema)

Contributeurs

Maxime Raynaud (EDF)
Ludovic Parisot (BET HD2E)
Anne-Laure Tayeb (Cerema)

Relecteurs

Matthieu Flahaut (Région Grand Est)
Éric Gaspard (Ademe)
Bertrand Chauvet (AQC)
Marina Gaspard (Energivie.pro)
Olivier Eber (ES)
Fabien Auriat (DGALN)
Philippe Jary, Cyril Pouvesle, Pascal Cheippe (Cerema)
Laurent Grignon-Massé, Nadège Chatagnon (EDF)

Contacts

sabine.mirtain@edf.fr
julien.burgholzer@cerema.fr

Photo

EDF

Boutique en ligne: catalogue.territoires-ville.cerema.fr

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées..

Aménagement et développement des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment