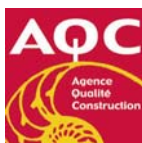


500 maisons rénovées basse consommation

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



Fascicule A : la performance énergétique globale et le confort thermique



Fascicule A - juin 2017

Les programmes « 50 chantiers pionniers » et « Je rénove BBC » (dits programmes « JRBBC ») ambitionnent de démontrer la possibilité d'atteindre une performance énergétique importante en rénovation, quels que soient l'âge et la typologie du bâti.

Plus spécifiquement, le programme « Je rénove BBC » a imposé une consommation énergétique conventionnelle inférieure à 104 kWh/(m².an), dans des conditions « spécifiques » revenant à prioriser la réduction des besoins de chauffage et d'ECS (cf. fascicule « Introduction, contexte et enjeux des programmes »). La satisfaction de cette exigence pouvant s'obtenir soit par l'utilisation d'un référentiel technique développé dans le cadre du programme, soit par la réalisation d'une étude thermique spécifique.

Dans ce contexte, le présent fascicule traite de la performance énergétique des rénovations selon deux axes. Le premier consiste à étudier la performance énergétique en soi, par le biais de l'analyse des consommations conventionnelles avant et après rénovation et de leur comparaison aux consommations réelles. Le second axe vise à analyser le confort thermique, lequel constitue l'objectif principal à l'origine de la consommation d'énergie. Plus précisément, les résultats de suivis instrumentés sont abordés ainsi que les retours des occupants eux-mêmes.

SOMMAIRE

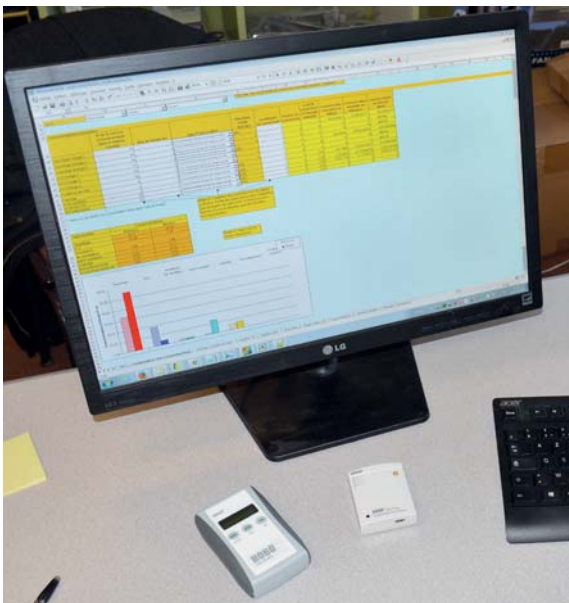
LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES AVANT ET APRÈS RÉNOVATION	3
Consommations conventionnelles avant et après travaux.....	3
Comparaison entre les consommations conventionnelles et les consommations réelles recalées.....	7
LE CONFORT THERMIQUE (ÉTÉ ET HIVER)	10
Constat du niveau de confort par suivi instrumenté	10
Constat du niveau de confort d'hiver par suivi instrumenté.....	11
Constat du niveau de confort d'été par suivi instrumenté.....	12
Constat du niveau de confort par retours clients	13



LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES AVANT ET APRÈS RÉNOVATION

Consommations conventionnelles avant et après travaux

L'évolution des **consommations conventionnelles d'énergie** est observée sur un échantillon de 164 opérations pour lesquelles une étude thermique a été réalisée (avec situations avant et après travaux). 41 et 123 opérations ont été respectivement menées dans le cadre du programme « 50 chantiers pionniers » (50 CP) et dans celui du programme « Je rénove BBC » (JRBBBC). Ces consommations sont ici **issues de la méthode de calcul réglementaire¹ Th-C-E ex** qui évalue selon des scénarios standards les consommations en énergie primaire du bâti initial et du projet, pour les cinq usages suivants : chauffage, refroidissement, production d'ECS, éclairage et auxiliaires.



Les opérations des programmes se distinguent par plusieurs typologies de chantier qui, dans le cadre de cette analyse sur les consommations, seront regroupées selon des caractéristiques différentes telles que la non-occupation du bâti avant travaux et la variation de la surface habitable au cours des travaux.

- **Lors d'une rénovation thermique sans création de surface habitable**, l'évolution de la performance énergétique pourra être évaluée au travers des consommations conventionnelles annuelles surfaciques d'énergie (en kWh_{ep}/[m²_{shonRT}·an]).
- **Dans le cas d'une création de surface lors des travaux** (extension, aménagement des combles...), nous tâcherons plutôt d'analyser l'évolution des consommations conventionnelles annuelles (en MW_{hep}/an) afin d'observer si, au-delà de l'augmentation de la surface habitable, la consommation totale a été réduite ou non.
- **Pour les cas de changement d'usage du bâtiment**, il n'est pas pertinent de tenir compte des potentielles consommations avant travaux. Il est uniquement intéressant d'observer les consommations conventionnelles annuelles surfaciques d'énergie après travaux (en kWh_{ep}/[m²_{shonRT}·an]) et de contrôler la maîtrise de ces dernières.

Par la suite, l'analyse des consommations énergétiques se décompose suivant les trois catégories d'opérations décrites ci-dessus.

¹ Les hypothèses de calcul suivantes sont considérées : systèmes réellement installés, coefficient de conversion énergie finale/énergie primaire : électricité : 2,58 ; bois : 0,6 ; gaz et fioul : 1.

■ Évolution des consommations conventionnelles des rénovations sans augmentation de surface habitable

Sur les 164 opérations référencées exploitables, 128 ont fait l'objet d'une rénovation énergétique sans augmentation de surface habitable. Cette configuration correspond au cas classique d'une opération durant laquelle la démarche consiste à réduire la consommation énergétique d'un logement sans restructuration intérieure ou extension.

Cette réduction des consommations conventionnelles est observée dans les graphiques suivants :

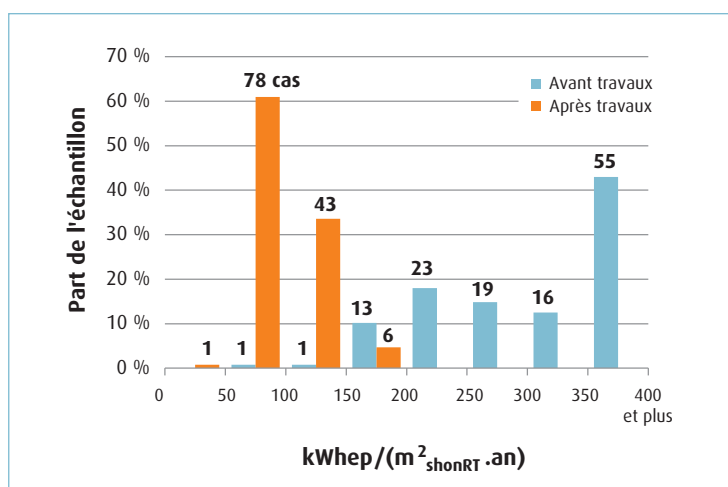


Figure 1 : Distribution des consommations conventionnelles surfaciques en énergie primaire avant et après travaux (128 occurrences).

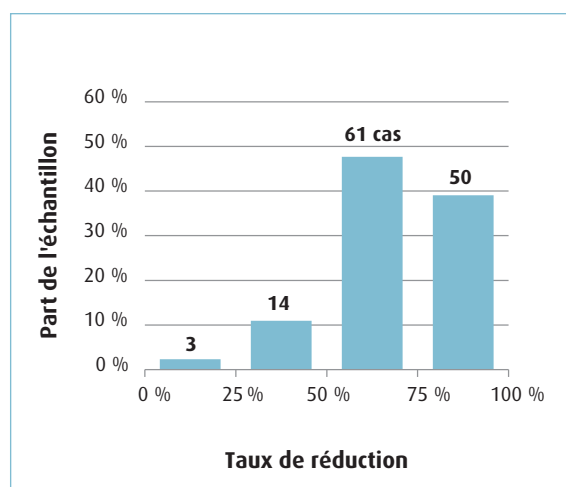


Figure 2 : Distribution des taux de réduction des consommations conventionnelles surfaciques (128 occurrences).

Consommation conventionnelle surfacique	Avant travaux			Après travaux		
	Moyenne kWh/(m²shonRT.an)	Écart-type kWh/(m²shonRT.an)	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)	Moyenne kWh/(m²shonRT.an)	Écart-type kWh/(m²shonRT.an)	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)
Énergie primaire	365	183	0,50	98	27	0,28
Taux de réduction Cep				67 %	16 %	0,24

La moyenne des consommations conventionnelles, se situant initialement à une valeur supérieure à 350 kWh/(m²shonRT.an), connaît une forte réduction après travaux pour se situer sous le seuil des 100 kWh/(m²shonRT.an).

De plus, nous constatons sur le graphique après travaux une forte réduction de l'étalement des distributions des consommations conventionnelles. Cette tendance est confirmée par les réductions, entre l'avant et l'après-travaux, des écarts-types

et des coefficients de variation. Ceci signifie que les travaux ont engendré une homogénéité plus importante des consommations conventionnelles au sein de l'échantillon.

Les taux de réduction calculés sont très importants : 86 % des opérations ont réduit leur consommation conventionnelle d'énergie de plus de 50 %, dont 39 % de plus de 75 %. La moyenne des taux de réduction est de 67 %.

■ Évolution des consommations conventionnelles des rénovations avec création de surface habitable

27 opérations sur les 164 référencées exploitables ont fait l'objet d'une rénovation énergétique avec augmentation de surface habitable par rapport à l'état initial. Avec une surface moyenne avant et après travaux de respectivement 128 et 170 m² habitables, il a été créé en moyenne 42 m² par opération. Les graphiques ci-dessous illustrent les consommations conventionnelles en énergie primaire de ces opérations, avant et après travaux, ainsi que la distribution des taux de réduction des consommations.

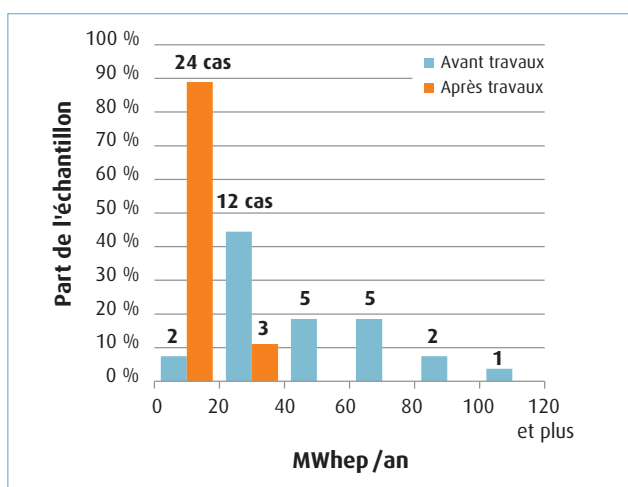


Figure 3 : Distribution des consommations conventionnelles totales en énergie primaire avant et après travaux (27 occurrences).

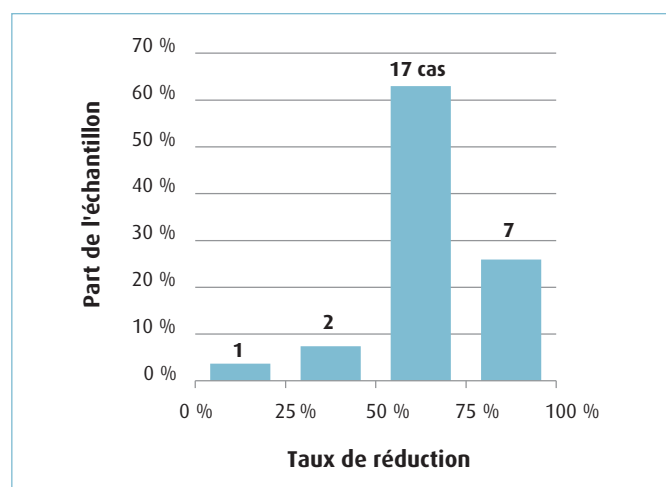


Figure 4 : Distribution des taux de réduction des consommations conventionnelles totales (27 occurrences).

Consommation conventionnelle totale	Avant travaux			Après travaux		
	Moyenne MWh/an	Écart-type MWh/an	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)	Moyenne MWh/an	Écart-type MWh/an	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)
Énergie primaire	49	26	0,52	14	5	0,32
Taux de réduction Cep				65 %	15 %	0,24

Malgré les créations de surfaces, les consommations conventionnelles apparaissent en nette diminution.

La consommation conventionnelle totale en énergie primaire, se situant avant travaux à une valeur moyenne de 49 MWhep/an, se situe après travaux à 14 MWhep/an en moyenne. Les écarts-types et les coefficients de variation associés connaissent également une forte diminution. Comme pour la typologie précédente, l'homogénéité des consommations conventionnelles du parc considéré s'améliore.

89 % des opérations considérées ont réduit leur consommation totale d'énergie de plus de 50 %, dont 26 % de plus de 75 %. **Le taux de réduction des consommations est de 65 % en moyenne.** Ces réductions de consommations conventionnelles totales interviennent malgré une augmentation de surface habitable de 33 % en moyenne, ce qui est très positif.

■ Consommations conventionnelles des chantiers ayant consisté en un changement d'usage

Sur le total de 164 occurrences exploitables, 9 ont consisté en une mise en travaux en vue de créer une habitation (aménagement d'une grange pour un usage d'habitation). Ces rénovations énergétiques sont qualifiées de « transformations ». L'échantillon étant trop faible pour tirer de réels enseignements, ce dernier est exploité simplement à titre illustratif.

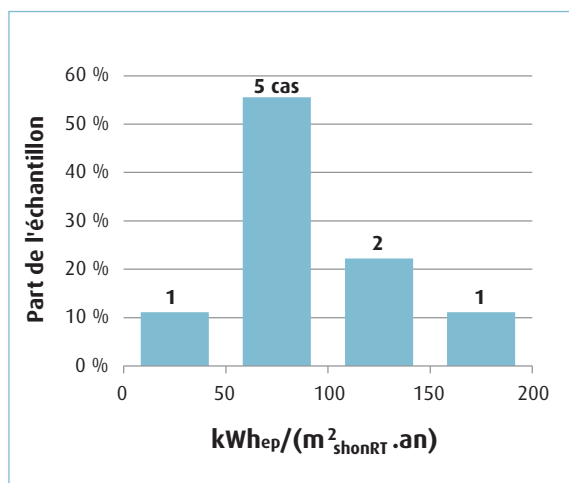


Figure 5 : Distribution des consommations conventionnelles surfaciques en énergie primaire après travaux (9 occurrences).

Consommation conventionnelle surfacique	Minimum kWh/(m ² _{shonRT} ·an)	Maximum kWh/(m ² _{shonRT} ·an)
Énergie primaire	34	168

Les rénovations énergétiques de ce type ont, pour une grande part, des consommations conventionnelles d'énergie après travaux comprises entre 50 et 100 kWh_{ep}/(m²_{shonRT}·an).

L'ensemble de l'évaluation réalisée ci-dessus permet de conclure que les consommations conventionnelles en énergie primaire ont été divisées en moyenne par 3 entre l'avant et l'après-rénovation, et ceci également pour les opérations avec création d'une nouvelle surface habitable.

Ces résultats confirment l'atteinte de l'objectif de performance fixé par les programmes. Ils s'inscrivent dans le cadre de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) à l'horizon 2050, visant la mise aux normes « basse consommation » du parc bâti existant. Ces consommations étant cependant « conventionnelles », il demeure important d'analyser par ailleurs les consommations réelles.

Comparaison entre les consommations conventionnelles et les consommations réelles recalées

De par leur nature « conventionnelle », les études thermiques réglementaires peuvent induire certains biais par rapport à la réalité des consommations (comportements différents, météo différente, etc.).

Lors d'une enquête menée auprès des propriétaires impliqués dans les programmes JRBBC, les consommations réelles de certaines opérations ont pu être récupérées sous forme de relevés clients ou de relevés de factures, à l'échelle d'une ou de deux années. Les consommations réelles correspondant

aux cinq usages réglementaires ont été extraites² de ces relevés, puis corrigées du climat réel en les recalant sur les DJU³ trentenaires des stations météo locales (celles de Strasbourg et Mulhouse ont été considérées ici en première approximation). Plus précisément, ce sont les consommations réelles de chauffage⁴ qui ont été ramenées à un climat dit « normal » (c'est-à-dire correspondant aux DJU trentenaires), en supposant une dépendance linéaire vis-à-vis des DJU.

L'échantillon avant travaux pour lequel les consommations réelles ainsi recalées et les consommations conventionnelles sont disponibles et exploitables se compose de 25 opérations. L'échantillon après travaux est plus important, avec 37 opérations (en majorité différentes des 25 premières).

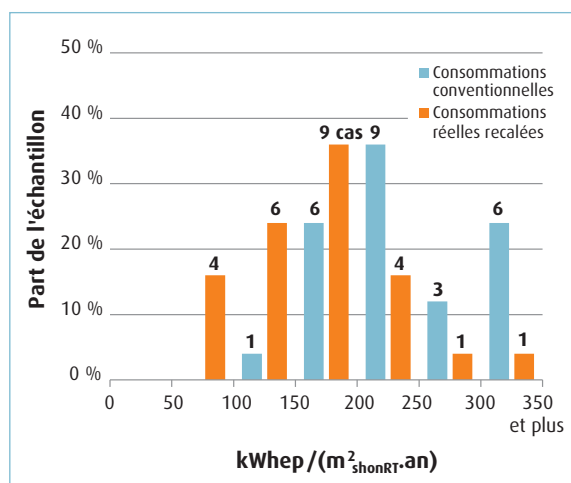


Figure 6 : Distribution des consommations conventionnelles et réelles recalées en énergie primaire avant travaux (25 occurrences).

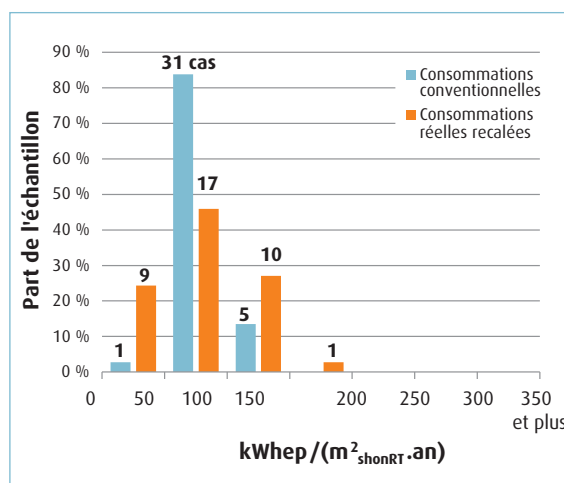


Figure 7 : Distribution des consommations conventionnelles et réelles recalées en énergie primaire après travaux (37 occurrences).

Consommation en énergie primaire	Avant travaux (25 opérations)			Après travaux (37 opérations)		
	Moyenne des écarts relatifs ⁵ : - 31 %			Moyenne des écarts relatifs : - 5 %		
	Moyenne kWh/(m² _{shonRT} .an)	Écart-type kWh/(m² _{shonRT} .an)	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)	Moyenne kWh/(m² _{shonRT} .an)	Écart-type kWh/(m² _{shonRT} .an)	Coefficient de variation (écart-type/moyenne)
Conventionnelles	251	92	0,37	83	20	0,24
Réelles recalées	162	63	0,39	79	33	0,42

² Extraites des consommations réelles tous usages, en appliquant pour chacune des opérations les ratios de répartition théorique entre usages tirés de la somme de ses consommations conventionnelles RT ex et d'une valeur forfaitaire pour ses consommations conventionnelles hors usages RT (27 kWh/[m².an], valeur utilisée dans le référentiel BEPOS - Effinergie).

³ DJU : Degrés jours unifiés : somme sur l'année des différences de la température intérieure de référence et de la moyenne des températures extérieures minimale et maximale de la journée. Les DJU ne comptabilisent que les jours où la moyenne des températures extérieures max et min est inférieure à la température de référence prise à 18 °C (DJU=DJ base 18). Ce 18 est une température de non-chauffage correspondant à une température intérieure de 19-20 °C (delta dû aux apports internes et apports solaires).

⁴ Extraites des consommations réelles tous usages, en appliquant la même méthode que celle employée pour les consommations réelles correspondant aux 5 usages RT.

⁵ Écart relatif = (consommation réelle recalée - consommation conventionnelle) / consommation conventionnelle

Si, avant travaux, les consommations réelles recalées sont relativement éloignées (- 31 % en moyenne) des consommations conventionnelles, après travaux il est possible de constater des consommations conventionnelles et réelles recalées globalement similaires (respectivement 83 kWhep/m².an et 79 kWhep/m².an). Notons que la moyenne des

écarts relatifs est alors particulièrement faible (en moyenne seulement 5 % d'écart entre les consommations conventionnelles et réelles après travaux).

Les consommations réelles obtenues après rénovation semblent ainsi très similaires aux consommations conventionnelles annoncées.

Les comparaisons entre consommations réelles et conventionnelles sont toutefois soumises à de nombreux biais qui obligent à considérer ce résultat avec précaution :

- Tout d'abord, les ménages peuvent, dans la réalité, avoir des comportements et des choix de températures de consigne éloignés des scénarios conventionnels.
- Les biais de modélisation interviennent également via des approximations, hypothèses ou valeurs par défaut dans les saisies des données et dans la représentation du fonctionnement des systèmes ou encore des échanges thermiques. Ceci est particulièrement le cas pour les modélisations effectuées avant travaux, du fait de la méconnaissance de certaines caractéristiques du bâtiment. Ces biais peuvent expliquer les écarts plus importants constatés ci-dessus, s'agissant des consommations du bâti d'origine.
- Enfin, malgré la correction climatique appliquée aux consommations réelles, il demeure une source d'écart associée à la différence de météo entre les stations utilisées (Strasbourg et Mulhouse) pour les consommations réelles et la station de Nancy faisant référence pour les calculs réglementaires de cette région.

Nous nous intéressons à présent aux seules consommations réelles, exprimées en énergie finale et telles qu'elles sont facturées aux clients, en vue de l'évaluation économique présentée par ailleurs dans le fascicule G.

La taille de notre échantillon présentant des consommations réelles, à la fois avant et après travaux, est relativement faible : 14 opérations. Nous illustrons toutefois, sur le graphique ci-après, l'évolution des couples de consommations réelles sur ce panel.



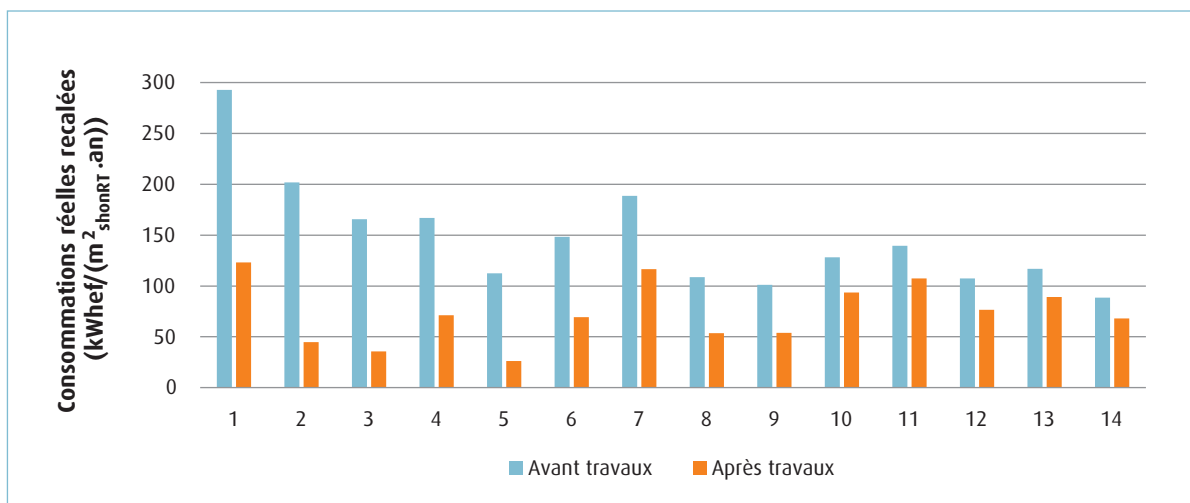


Figure 8 : Couples de consommations réelles recalées en énergie finale avant et après travaux (14 occurrences).

Il apparaît sur ce panel des consommations réelles moyennes de 148 kWh/m².an avant travaux et de 73 kWh/m².an après travaux.

Bien que ce panel soit restreint, nous pouvons calculer un taux de réduction moyen constaté sur les factures énergétiques de ces logements : **celui-ci est de 47 %, soit une division par un facteur 2.**

L'analyse des consommations permet ainsi de constater la performance énergétique réelle des opérations réalisées dans le cadre des programmes JRBBBC, que cela soit au regard des performances conventionnelles issues des études préalables ou au regard des objectifs politiques de réduction des consommations d'énergie à l'horizon 2050.

La performance énergétique des rénovations s'observe également par l'analyse du confort thermique, qui fait l'objet du paragraphe suivant.



LE CONFORT THERMIQUE (ÉTÉ ET HIVER)

La rénovation énergétique d'un logement vise à améliorer son efficacité énergétique, mais également le niveau de confort atteint, en hiver comme en été. En particulier, une rénovation énergétique ne doit pas dégrader les conditions de confort hors période de chauffage, sans quoi son intérêt pourrait être remis en question.

Le confort thermique après rénovation a été évalué par un suivi instrumenté sur un petit nombre de cas d'une part et, d'autre part, à une plus grande échelle, par des enquêtes menées auprès des occupants, via des questionnaires d'étude sociologique.

Constat du niveau de confort par suivi instrumenté

Le suivi instrumenté des paramètres de confort a une double utilité. Premièrement, il permet de vérifier le confort via des données objectives, indépendantes du ressenti client et de sa physiologie. Deuxièmement, cela permet de pouvoir constater d'éventuelles anomalies pour autoriser ensuite la recherche avec le client les origines d'un inconfort et mettre en place des mesures correctives. Ainsi, il est possible de compléter les démarches de prévention par une correction de comportements non adaptés dans un bâti rénové. Le principal frein identifié aux suivis instrumentés a été la difficulté de récupération des données. Dans ce contexte, il a été convenu d'utiliser des dispositifs commercialisés aux particuliers, sans fil, avec récupération des données à distance via une interface internet, présentés ci-dessous.

Dans le cadre des programmes JRBBC, 23 opérations ont été suivies avec cet équipement, selon le protocole suivant :

- capteur intérieur placé dans une pièce de vie (préférentiellement séjour), en son centre et à mi-hauteur, éloigné de toute source de chaleur directe ;
- capteur extérieur placé dans un espace sous abri, non soumis au vent, à la pluie ou encore au rayonnement solaire direct ;
- capteurs vérifiés au préalable selon des mesures comparatives, avec une instrumentation étalonnée par des essais COFRAC ;
- données mesurées toutes les 15 minutes, mais exploitées par la suite au pas de temps horaire.

Les grandeurs observées, décrites ci-dessus, permettent d'appréhender les conditions de confort selon les trois paramètres suivants : les températures intérieure et extérieure ainsi que l'humidité relative intérieure. La durée d'instrumentation idéale est d'une année en continu. Cela n'a néanmoins pas été possible sur le programme ; la mi-saison, saison importante sur le plan du confort thermique de maisons basse consommation (difficulté de réguler par rapport aux apports solaires) n'a donc pas pu être suivie. Ainsi il a été choisi de réaliser les suivis pendant une période d'hiver (janvier, février, mars) ou d'été (juin, juillet, août), au moment où les températures extérieures sont censées atteindre leurs minimums et leurs maximums sur l'année. Certaines installations ayant



Figure 9 : Station météo NetAtmo.
Source : www.netatmo.com

Dénomination commerciale du capteur	NetAtmo Station météo	
Grandeurs observées	Capteur intérieur	- Température - Humidité relative - Niveau acoustique - Concentration en CO ₂
	Capteur extérieur	- Température - Humidité relative
Récupération des données	Transmission des données par ondes radio du module extérieur vers le module intérieur, lequel les retransmet avec ses propres mesures sur une plateforme web.	

été mises en place récemment, ou présentant un défaut de fonctionnement ou une interruption de mesures, l'échantillon analysé est de 3 et 6 opérations pour les étés 2014 et 2015 et de 1, 4 et 11 opérations pour, respectivement, les hivers 2014, 2015 et 2016. Afin d'illustrer les niveaux de confort obtenus dans les rénovations énergétiques des programmes, il est présenté pour les saisons été et hiver les températures moyennes, minimales et maximales des ambiances intérieures, en comparaison avec les températures extérieures.



En complément, sur une opération représentative de l'échantillon, les niveaux de confort intérieur sont analysés pour chacune des saisons au moyen de la norme NF 7730 qui définit plusieurs zones de confort dans le diagramme psychométrique⁶ (diagramme de l'air humide).

Constat du niveau de confort d'hiver par suivi instrumenté

L'observation des données collectées lors des hivers 2014, 2015 et 2016 permet de visualiser les intervalles de températures pour respectivement 1, 4 et 11 opérations.

Les températures intérieures moyennes sont, dans certains cas, au-dessous de 18 °C, voire de 17 °C. Un élément d'explication pouvant être avancé est que ces dernières sont réalisées 24 h sur 24 et 7 jours sur 7. Ainsi, elles intègrent de fait les périodes de réduction du chauffage via la régulation, périodes qui peuvent, suivant les occupants, être plus ou moins longues (absence le week-end, périodes de vacances) et présenter des réduits plus ou moins importants. Les températures minimales présentent également des valeurs faibles (15 °C et en dessous). Il est toutefois difficile d'en juger sans connaître les conditions dans lesquelles elles ont été mesurées (chauffage éteint ou non, absence ponctuelle ou longue, etc.).

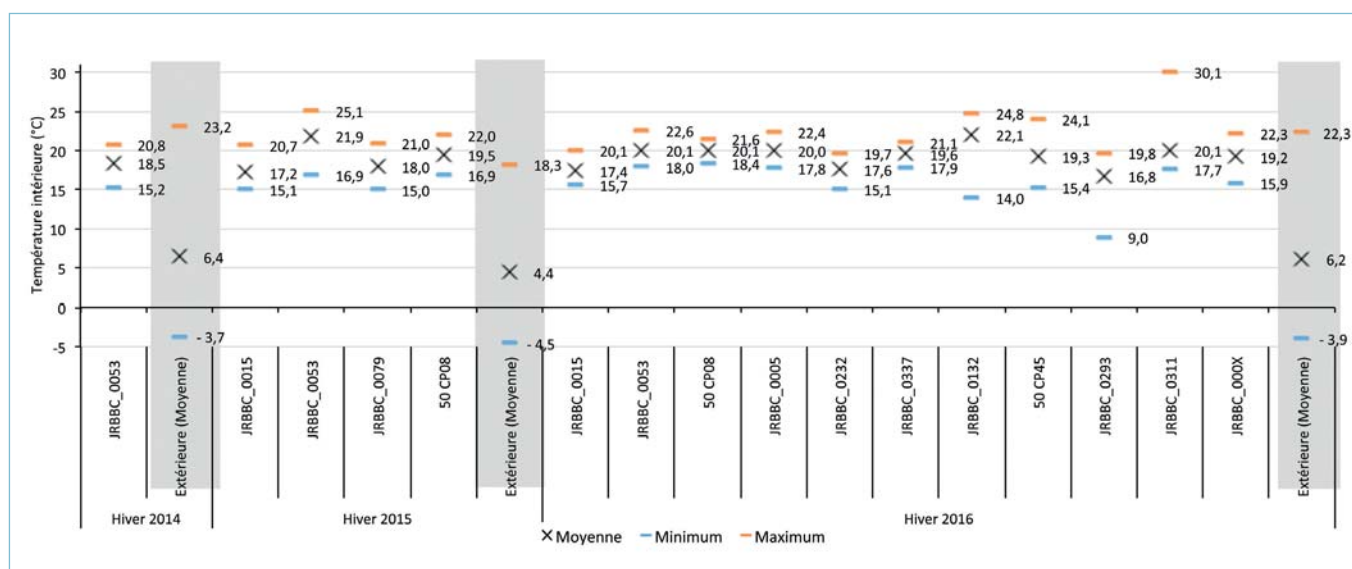


Figure 10 : Intervalles des températures intérieures constatées au regard des températures extérieures (hivers 2014, 2015 et 2016).

⁶ EDiagramme permettant d'observer les caractéristiques d'un mélange air/vapeur d'eau pour une pression atmosphérique donnée et donc d'apprécier le niveau de confort hygrothermique d'une ambiance.

Par la suite et à titre illustratif, les températures intérieures sur la saison considérée sont mises en regard des niveaux d'humidité observés sur une opération (n°0337), via l'utilisation d'un diagramme de l'air humide (voir figure ci-dessous) selon les critères de confort de la norme NF 7730. D'après cette dernière, la zone verte est qualifiée de confort satisfaisant, les deux zones bleues encadrant la verte sont qualifiées de confort moyennement satisfaisant, les deux zones rouges encadrant les bleues sont qualifiées de confort non satisfaisant.

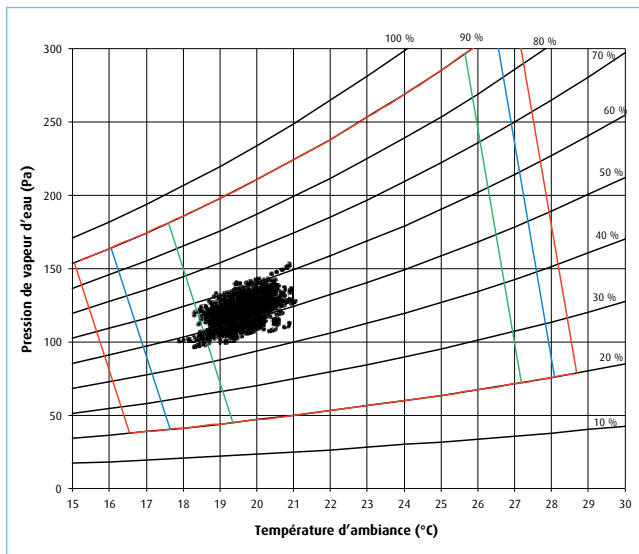


Figure 11 : Diagramme psychrométrique de l'ambiance intérieure JRBBC_0337 (hiver 2016).

Globalement, le confort apparaît satisfaisant puisque la très grande majorité des points sont dans la zone verte. Les taux d'humidité sont en majorité dans les environs de l'axe médian de la zone de confort

(entre 60 % et 45 %). Ces derniers présentent donc des niveaux tout à fait confortables.

Si les températures sont quant à elles plutôt dans la partie basse de la zone satisfaisante de confort, voire au-dessous, cela reste tout à fait acceptable pour des températures intérieures d'hiver mesurées 24 h sur 24 et 7 jours sur 7 (elles sont en très grande majorité comprises entre 18 °C et 21 °C).

Sur cette illustration, et en ce qui concerne le confort d'hiver, les retours par suivi instrumenté peuvent être jugés satisfaisants. Si certaines des températures moyennes observées sont légèrement inférieures à 19 °C, il demeure difficile de conclure, car les moyennes observées incluent des périodes d'absence comme d'occupation. Par ailleurs, l'illustration des couples de température moyenne et d'humidité relative sur diagramme de l'air psychrométrique permet de conclure à une ambiance satisfaisante.

Constat du niveau de confort d'été par suivi instrumenté

Le confort d'été est représentatif de la capacité de l'habitation à conserver, sans système de climatisation active, une ambiance intérieure agréable, c'est-à-dire présentant des conditions d'humidité et de températures maîtrisées par rapport aux conditions extérieures. Dans le cadre de la période estivale, sans installation de système de climatisation, la température extérieure influence directement la température intérieure. Le graphique ci-dessous illustre sur plusieurs cas, après rénovation, les conditions intérieures obtenues lors des étés 2014 et 2015.

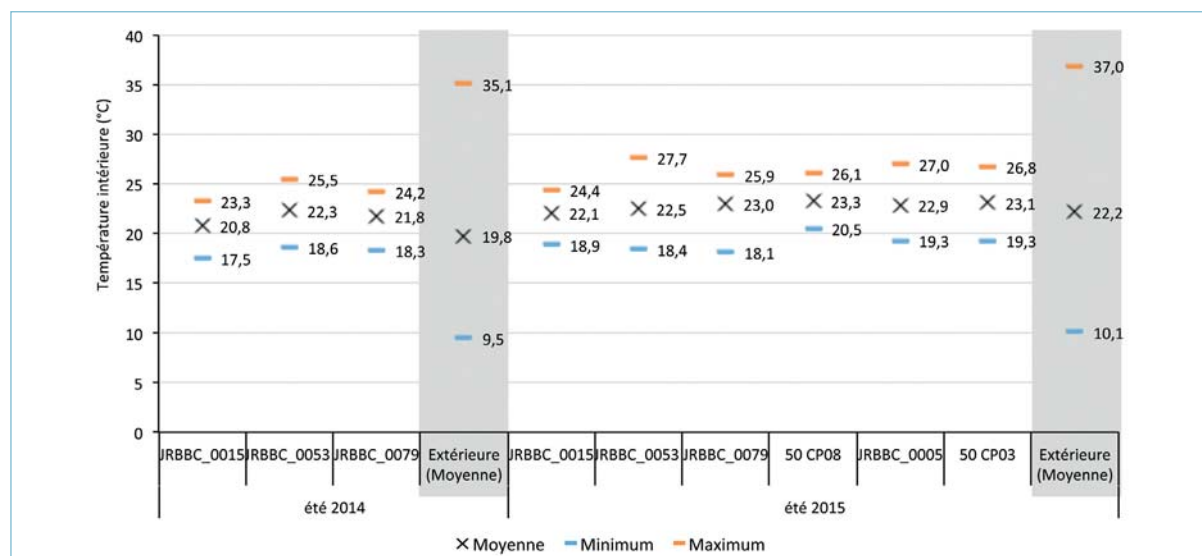


Figure 12 : Intervalles des températures intérieures constatées au regard des températures extérieures (étés 2014 et 2015).

Le premier constat est que **les températures intérieures maximales observées demeurent faibles par rapport aux températures extérieures maximales** (environ 10 °C au-dessous). De même, les intervalles des températures intérieures sont bien plus réduits que ceux des températures extérieures (intervalles de moins de 10 °C pour les températures intérieures vs intervalles de plus 25 °C pour les températures extérieures). **Par ailleurs, aucune des valeurs maximales de température intérieure ne dépasse 28 °C, seuil au-delà duquel une sensation d'inconfort est généralement admise.** À partir de ces observations, le confort d'été obtenu après rénovation semble satisfaisant dans le cadre des opérations suivies. Pour avoir une évaluation complète du confort, ces premières observations sur les températures intérieures doivent être complétées par l'observation des niveaux associés d'humidité. Pour ce faire, les mesures de température et d'humidité relative intérieures réalisées sur une opération sont analysées, à titre illustratif, dans un diagramme de l'air humide, selon la norme NF 7730.

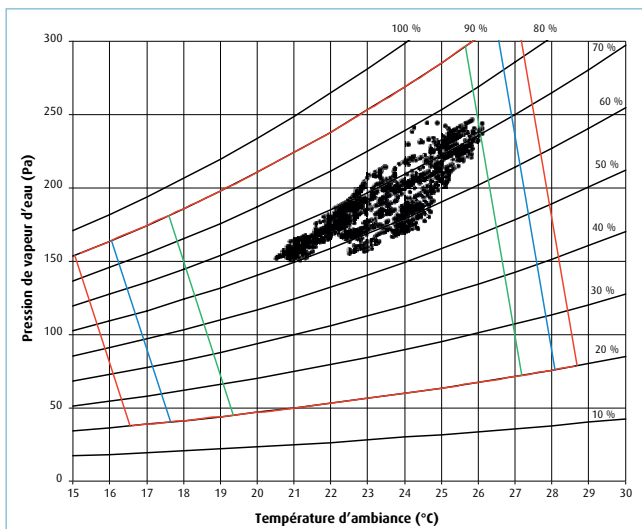


Figure 13 : Diagramme psychrométrique de l'ambiance intérieure sur le cas JRBBBC_0015 (été 2015).

D'une manière générale, l'ambiance dans la maison en question est satisfaisante, la quasi-totalité des points se trouvant dans la zone de confort. Les points sont principalement situés en haut à droite du polygone vert, traduisant des taux d'humidité relative et des températures intérieures dans la fourchette haute des conditions d'un confort satisfaisant. Cependant, **nous pouvons noter de nouveau l'absence de « surchauffes » engendrées par les travaux de rénovation énergétique.**

En conclusion, les retours par suivi instrumenté concernant le confort semblent être satisfaisants (intervalles des températures intérieures maîtrisés, couples température/humidité sur les diagrammes de l'air humide des illustrations en zone satisfaisante). Un point particulièrement important à souligner est la non-présence, parmi nos mesures, d'inconforts liés à des « surchauffes » estivales.

Les performances énergétiques atteintes sont donc associées à un retour positif concernant le confort thermique d'été et d'hiver mesuré par suivi instrumenté. Cependant, la notion de confort thermique étant subjective et propre à la physiologie de chaque individu, il nous semble intéressant d'observer également le ressenti des occupants. Cette problématique fait l'objet du développement suivant.

Constat du niveau de confort par retours clients

En parallèle des instrumentations, les programmes JRBBBC ont fait l'objet d'une campagne de retours sous forme de deux enquêtes sociologiques différentes. De ces campagnes, il a été possible de recueillir les ressentis déclarés sur le confort avant et après rénovation par les occupants. Nous commencerons par l'exploitation de l'enquête menée au sein du programme « 50 chantiers pionniers ».

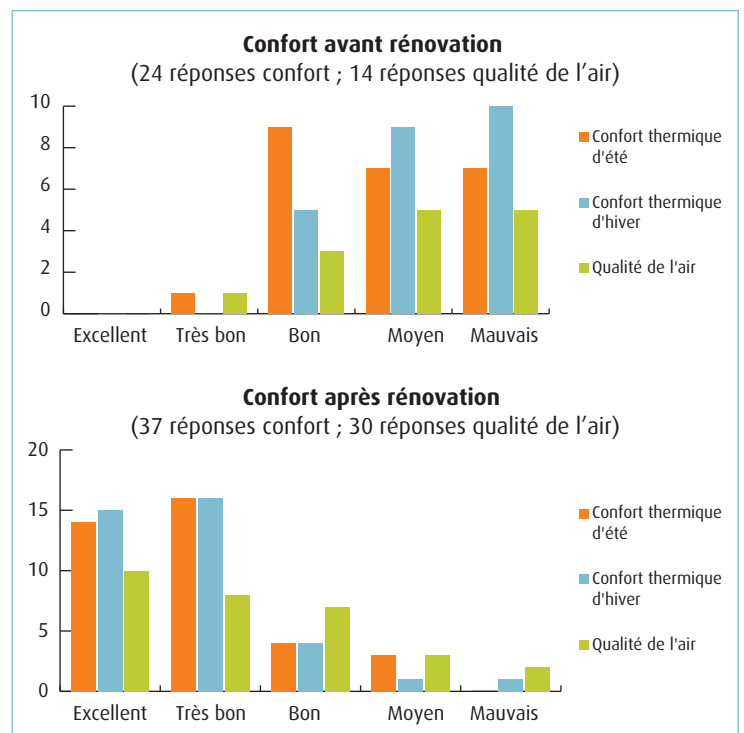


Figure 14 : Retours clients sur le confort avant et après rénovation du programme « 50 chantiers pionniers ».

L'échantillon sur le confort après travaux regroupe 24 répondants également pour l'avant-travaux, huit cas avec un logement inhabité avant travaux et cinq répondants uniquement pour l'après-travaux. Bien que les ressentis relatifs au confort thermique aient tous été complétés pour la partie après travaux par les répondants, cela n'a pas forcément été le cas pour les ressentis sur la qualité de l'air.

Le confort thermique d'hiver ressenti est le critère qui connaît la plus importante amélioration : 79 % des répondants déclarent qu'ils ressentent avant travaux un confort moyen ou mauvais. Ils ne sont plus que 5 % à le déclarer après travaux. De la même façon, aucun occupant ne déclare un excellent confort avant travaux, tandis qu'ils sont 40 % à le déclarer après travaux.

Les ressentis de confort thermique d'été sont aussi significativement en amélioration après travaux, bien qu'un peu moins que les ressentis de confort thermique d'hiver. À noter parmi les déclarations des occupants la disparition complète après travaux d'un confort d'été « mauvais ». Enfin, la qualité de l'air ressentie connaît également une nette amélioration après travaux : 60 % de déclarations de ressenti « excellent » ou « très bon ».

Sur l'échantillon considéré du programme « 50 chantiers pionniers », **le niveau de confort ressenti après travaux par les occupants peut donc être jugé très satisfaisant.**

Les enquêtes sociologiques pour les deux programmes n'ayant pas été réalisées à la même période et pas avec les mêmes questionnaires, les éléments permettant de juger de la satisfaction des occupants ne sont pas les mêmes. Afin d'observer les retours clients sur le confort thermique pour le programme « Je rénove BBC », il est proposé de se référer aux inconforts ressentis par les occupants avant et après travaux.

Les ressentis d'inconfort de type thermique (en incluant les sensations de parois froides et de courants d'air) connaissent une nette diminution, avec un passage d'une déclaration d'inconfort à 60 % et plus avant travaux à moins de 17 % après travaux. L'amélioration du confort thermique d'hiver est cependant plus marquée parmi les ressentis déclarés que pour le confort thermique d'été.

En ce qui concerne les inconforts liés à la qualité de l'air (présence de poussière dans l'air et manque de renouvellement d'air), les pourcentages de déclaration d'un inconfort connaissent également une baisse significative entre avant et après la rénovation.

Tendanciellement, ces constats sont en cohérence avec ceux relevés pour les « 50 chantiers pionniers », **ce qui nous permet de conclure à la pertinence des opérations réalisées par les deux programmes relativement au confort des occupants et notamment de la disparition des situations d'inconfort.**

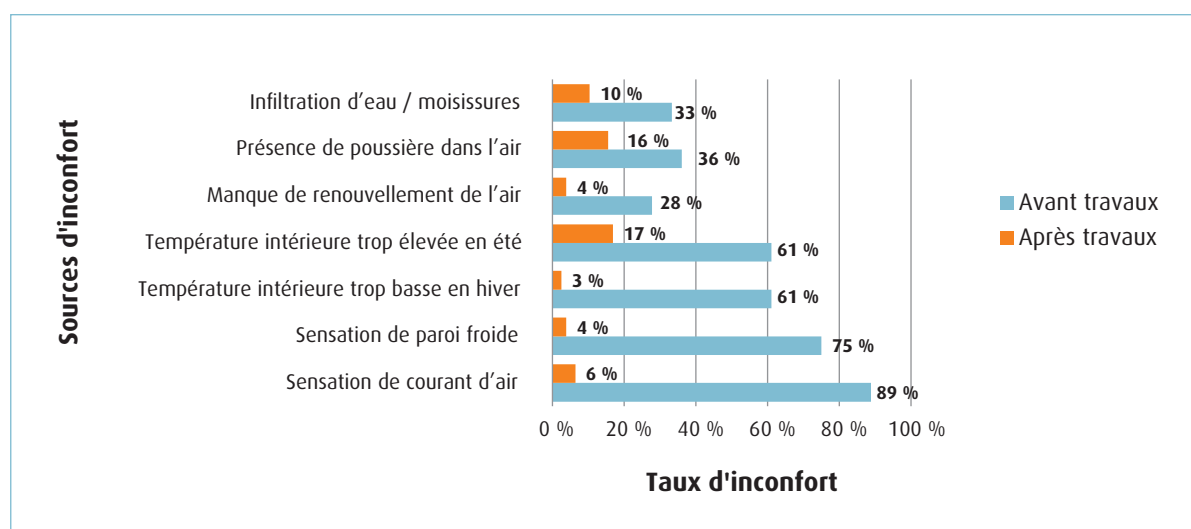


Figure 15 : Retours clients sur les inconforts ressentis avant et après rénovation du programme « Je rénove BBC » (80 répondants).



À retenir du fascicule

- Les programmes « Je rénove BBC » affichaient des objectifs de réduction des consommations énergétiques particulièrement ambitieux : il s'agissait de prioriser la réduction des besoins de chauffage et d'atteindre un niveau « basse consommation » en rénovation.
- Les études thermiques qui ont été menées lors des rénovations confirment l'atteinte de cette performance conventionnelle (analyse réalisée sur 128 opérations). Ces résultats s'inscrivent dans la visée de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) à l'horizon 2050 concernant le parc bâti existant.
- Ces mêmes études thermiques font apparaître une division par 3 en moyenne des consommations conventionnelles.
- Les consommations réelles ont pu être relevées sur un panel très restreint de 14 cas. Elles font apparaître une division moyenne par 2 entre l'avant et l'après-travaux. Les différences entre estimations conventionnelles et réelles sont complexes à analyser (températures de consigne différentes, scénarios d'occupations différents, effet rebond, approximation des modèles, etc.).
- Par ailleurs, les mesures du confort d'été et d'hiver mettent en évidence une ambiance globalement satisfaisante dans les maisons rénovées. Il est à noter, sur les cas d'illustrations du fascicule A, des niveaux mesurés de température et d'humidité confortables. Les suivis effectués ne révèlent pas de « surchauffes » estivales particulières. Ces conclusions sont corroborées par les déclarations des occupants sur les confort thermiques d'hiver et d'été ressentis.

A - La performance
énergétique globale
et le confort thermique

B - La performance
de l'enveloppe

C - Les systèmes
de chauffage, d'ÉCS
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
Larroustourou

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)

Contributeurs

Anthony Bruniquet, Maxime Raynaud (EDF)

Ludovic Parisot (BET HD2E)

Pierrick Nussbaumer (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

Photos

Cerema, EDF, Arnaud Bouissou/MEDDE-MLETR

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