

Etude sur les bâtiments rénovés à basse consommation

Rénovation Quartier Saint Jacques – MO
Logidôme – Architectes : CRR Architectes Associés



L'Observatoire BBC - L'enjeu de la rénovation

1. En synthèse

2. Le contexte de l'étude

3. L'échantillon

4. Les performances

5. Le bâti

6. Les équipements

7. Les bouquets de travaux

8. L'analyse économique



Rénovation BBC Effinergie
MOE : Cabinet D.Tranquille

EN SYNTHÈSE

Suite au succès du label BBC Effinergie publié en 2007, le Collectif Effinergie s'est positionné comme un acteur majeur de la rénovation basse consommation dès 2009 avec ses labels BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation. En parallèle, afin d'étudier et de valoriser les opérations labélisées, l'Observatoire BBC (www.observatoirebbc.org) a été créé en partenariat avec l'Etat et l'ADEME.

Avec plus de 140 000 logements et 3,4 millions de m² de tertiaire concernés par ces labels, l'Observatoire BBC publie sa troisième étude sur les opérations rénovées à basse consommation.

Les principaux enseignements sont :

- Une dynamique croissante du nombre de projets rénovés à basse consommation, notamment sur l'année 2017,
- Les labels permettent de réduire en moyenne les consommations énergétiques réglementaires d'un facteur 3 à 4,8 suivant l'usage du bâtiment,
- Les déperditions totales après travaux sont réduites d'un facteur 3 pour l'ensemble des bâtiments.

Pour atteindre ce niveau de performance, les acteurs ont amélioré la qualité thermique de l'enveloppe (résistances et étanchéité à l'air), installé des systèmes de ventilation, et proposé des équipements correctement dimensionnés.

Les solutions mises en place dépendent de critères multifactoriels tels que la zone climatique, l'origine du projet (lauréat d'un appel à projet intégrant une éco-conditionnalité des aides, ou une

certification), les solutions présentes dans l'état initial...



Cependant, quelques tendances ont été observées pour atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation :

- 80% des projets rénovés ont mis en place un bouquet de travaux composé de 6 à 7 lots en maisons individuelles.
- Les bâtiments collectifs sont principalement isolés par l'extérieur (61%), alors que les maisons individuelles et les logements tertiaires bénéficient de solutions plus diversifiées.
- La ventilation simple flux hygroréglable est plébiscitée (>70%) dans le secteur résidentiel

- 16% (collectif) à 26% (individuel) des projets ont changé leur énergie de chauffage lors de la rénovation. Ce taux évolue fortement en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant travaux.
- 1€ investi dans la rénovation basse consommation de logements en catégorie G est 4 fois plus rentable qu' 1€ investi pour un logement en catégorie D.

BBC Effinergie rénovation – Logements sociaux Antoine Brun – Cannes La Bocca
MO : Office public de l'Habitat de Cannes et de la Rive Droite du Var
Architectes : CAB Architectes - @Aldo Amoreti



L'OBSERVATOIRE BBC

Un outil pédagogique 2.0

www.observatoirebbc.org

Un périmètre

Les projets labélisés Effinergie et lauréats d'appel à projets régionaux pour

- ✓ La construction : Bepos+ Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2017, BBC Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2013, Effinergie+ et BBC Effinergie
- ✓ La rénovation : BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Des objectifs

- ✓ Identifier et valoriser les opérations exemplaires
- ✓ Promouvoir les acteurs de la construction et de la rénovation
- ✓ Diffuser du contenu pédagogique
- ✓ Identifier des besoins de formation

Des fonctionnalités

- ✓ Moteur de recherche, géolocalisation, études et statistiques

Des partenaires

- ✓ Le Ministère du Logement
- ✓ L'ADEME et
- ✓ le Collectif Effinergie

BBC Effinergie rénovation
Transformation de l'hôtel Lombard en logements sociaux
Architectes : GO Architectes



Plus de 1 900 projets référencés

- 1 374 bâtiments référencés dans le neuf
 - 1024 BBC Effinergie
 - 192 Effinergie+
 - 139 Bepos Effinergie 2013
 - 10 BBC Effinergie 2017
 - 8 Bepos Effinergie 2017
 - 1 Bepos+ Effinergie 2017
- 535 bâtiments référencés dans la rénovation
 - 535 BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Observatoire-BBC

Secrétariat : Collectif Effinergie - 18 Boulevard Louis Blanc - 34000 MONTPELLIER

1. Le contexte de l'étude :

« Définir le contexte, le périmètre et les objectifs »



Le contexte

En 2017, dans le cadre du Plan Climat et de la Stratégie Logement, le gouvernement a lancé une concertation sur le Plan de Rénovation Énergétique des Bâtiments (PREB). Ce plan propose 4 axes, déclinés en 13 actions. Il présente une feuille de route pour la rénovation énergétique sur les 30 années à venir. Il s'inscrit dans la continuité de la loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) qui avait fixé notamment comme objectifs :

- De rénover l'ensemble des bâtiments en fonction des normes « bâtiment basse consommation » à l'horizon 2050,
- De rénover 500 000 logements par an à compter de 2017,
- De réduire de 15% la précarité énergétique d'ici 2020.

Ce plan confirme l'objectif d'un parc de bâtiments rénovés au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC rénovation) d'ici 2050.

Partenaires dès 2009 sur la thématique de la rénovation, l'Etat et Effinergie avaient conjointement :

- défini et lancé le label BBC Effinergie rénovation,
- développé et animé l'Observatoire des Bâtiments Basse Consommation (www.observatoirebbc.org) en partenariat avec l'ADEME.

Fort de 8 années d'expérience, l'Observatoire BBC référence à ce jour plus de 500 opérations de rénovation basse consommation. Cette base de données technico-économique demeure une source d'informations pertinentes et fiables qui contribue:

- à l'amélioration des connaissances (action 2 du PREB) dans le cadre de l'évolution de la future réglementation thermique dans la rénovation (action 9 du PREB),
- à l'identification de solutions industrielles de rénovation (action 3 du PREB),
- à la valorisation des rénovations exemplaires de bâtiments publics (action 10 du PREB) et privés (action 11 du PREB), ainsi que des acteurs associés,
- à l'identification des besoins de formations (action 12 du PREB).

Le périmètre de l'étude

Ce rapport a pour périmètre l'étude les bâtiments certifiés BBC-Effinergie rénovation, Effinergie rénovation et les lauréats d'appel à projets exigeant un niveau BBC-Effinergie rénovation.

Il s'intéresse aux bâtiments des secteurs résidentiels et tertiaires.

Les objectifs

Cette étude a pour objectifs de présenter

la dynamique de la rénovation globale en France et de caractériser les solutions technico-économiques mises en œuvre dans ces projets.

Elle apporte un regard objectif sur les résultats, tout en prenant en compte les paramètres pouvant impacter l'analyse : l'origine des projets (certification, lauréat d'appel à projet), les années de construction, les zones climatiques,

Les données d'entrées

Afin d'étudier les opérations, des données techniques, économiques et administratives ont été collectées.

Les données techniques et administratives ont été communiquées par les organismes certificateurs ou par les Régions et Directions Régionales de l'ADEME dans le cadre d'appels à projets régionaux. Les résultats de l'analyse des études réglementaires sont issus d'un échantillon décrit dans le chapitre suivant.

Les données économiques ont été demandées auprès de certains acteurs du projet (Maîtrise d'ouvrage, économiste de la construction, architecte).

Enfin, dans une très grande majorité des cas, chaque projet étudié a bénéficié d'une fiche retour d'expérience sur l'Observatoire BBC. Elle a été communiquée aux bureaux d'études, architectes et maîtres d'ouvrages afin de s'assurer que les données référencées soient représentatives du projet.

Cette étude propose une photographie des bâtiments rénovés à basse consommation sur un périmètre défini à un instant donné. Elle apporte un éclairage sur le marché de la rénovation globale à basse consommation.

2. Les labels Effinergie en rénovation

« Caractériser la dynamique des labels Effinergie en rénovation »

© Béguin-Macchini - Opération BBC Effinergie rénovation
Résidence J et K ZAC du clos du Bois - Ecquevilly - MO: Domaxis



Les labels Effinergie en rénovation

Créée en 2006, l'association Effinergie s'est donné comme objectif de développer sur le marché de la construction neuve et rénovée, une véritable dynamique visant à générer des bâtiments confortables et très performants d'un point de vue énergétique et environnemental.

En 2007, le label BBC-Effinergie est le premier résultat de cette initiative. La création de ce label a eu pour objectif de créer une marque permettant de valoriser les projets exemplaires qui répondent à une consommation réglementaire de

50kWh/m².an. Il préfigurait à la fois l'objectif repris dans la loi Grenelle 1 et la RT 2012.

En 2009, à l'image du label BBC-Effinergie, l'association a créé le label BBC-Effinergie Rénovation dont l'objectif est de certifier des rénovations globales à un niveau similaire de performance au neuf, soit 80 kWh/m².an¹.

¹ Pour en savoir plus sur les règles techniques du label :

<http://www.effinergie.org/web/index.php/les-labels-effinergie/effinergie-renovation>

Ce label est constitué de deux composantes puisque la RT Globale ne s'applique pas à un bâtiment construit avant 1948. Les bâtiments construits après 1948 peuvent donc obtenir un label BBC-Effinergie Rénovation, défini dans l'arrêté du 29 sept 2009² et les bâtiments construits avant 1948 peuvent prétendre au label Effinergie Rénovation, basé sur les mêmes critères, mais ne bénéficiant pas de la reconnaissance d'un label d'Etat.

Ces labels ciblent le marché de la rénovation des plus de 31 millions de logements en France et de plusieurs centaines de millions de m² de bâtiments tertiaires, dont plus des 2/3 ont été construits avant 1975, date de la première réglementation thermique en France.

La dynamique des labels Effinergie rénovation

Dans le secteur résidentiel, près de 144 000 logements sont en cours de certification. Ils se répartissent sur 2 159 opérations sur l'ensemble du territoire national.

Ils concernent majoritairement les logements collectifs. En effet, 98% des logements rénovés basse consommation sont des logements collectifs. Ils représentent un volume de 140 454 logements en France, répartis sur plus de 1 846 opérations. Les immeubles rénovés se composent en moyenne de 71 logements. Le marché de la rénovation de logements individuels, qui représente ici 2% des logements rénovés (12% des opérations), est principalement porté par la rénovation de logements individuels groupés.

En parallèle de cette démarche de certification, des programmes de soutien à la rénovation basse consommation dans le secteur résidentiel ont été mis en place depuis plusieurs années par les Régions et les Directions Régionales de l'ADEME. Ainsi,

² [Lien pour consulter l'arrêté du 29 septembre 2009](#) relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique rénovation »

plus de 1 000 maisons individuelles en secteur diffus et 60 000 logements collectifs ont été rénovés dans le cadre de ces programmes.

Après une baisse du nombre d'opérations rénovées en 2016, la tendance haussière constatée depuis 2013 a été confirmée en 2017. En effet, l'année 2017 a enregistré le nombre le plus important de rénovations à basse consommation depuis l'existence du label.

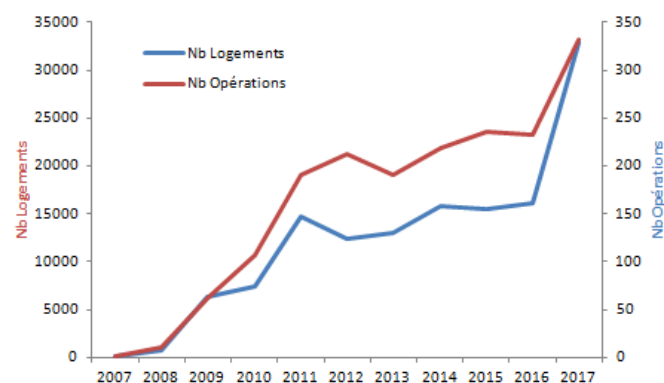


Figure 1 : Evolution des labels Effinergie en rénovation dans le secteur résidentiel

Cette croissance est due aux nombreuses demandes dans le logement collectif en 2017 et à des opérations de rénovation de plus grande envergure.

En effet, le nombre de dossiers à augmenter de 40% entre 2017 et 2016 et le nombre de logements en cours de certification est passé de 16 000 à 32 858 sur la même période.

En tertiaire, 405 opérations, représentant plus de 3,42 millions de m², sont concernées par une certification.

Le marché tertiaire est majoritairement porté par le secteur privé. En effet, 95% de la surface tertiaire, soit 87% des opérations, en cours de rénovation basse consommation est sous maîtrise d'ouvrage privée.

Elle investit majoritairement dans des bâtiments de bureaux (90% des opérations), dotés d'une surface moyenne de 9 400 m². En parallèle, la maîtrise d'ouvrage publique

(13%, n=55 opérations) se focalise sur les bâtiments d'enseignements (n=25/55) et sur les immeubles de bureaux (n=20/55) de surfaces plus petites (3 300 m² en moyenne). Enfin, ce marché est fortement concentré en région Ile de France. En effet, près de 72% des opérations rénovées en tertiaire se situe en région Ile de France. Ce taux monte à 78% pour les bâtiments de bureaux. Cette répartition géographique est différente dans le cas particulier des rénovations de bâtiments d'enseignement. En effet, près de 75% de ces opérations sont situées en région Nouvelle Aquitaine (40%) et en Ile de France (35%)



Figure 2 Bâtiment BBC-Effinergie rénovation – La Tour des Jeunes Mariés – MO : France Habitation - Crédits photos : Thomas APPERT

3. L'échantillon

« Caractériser notre échantillon et sa représentativité »



Avant propos

Lors de cette étude, deux familles de données ont été utilisées :

- « L'échantillon Observatoire BBC » : ces données, issues de l'Observatoire BBC, sont basées sur l'analyse des études thermiques et des fiches XML, dites standardisées. Ces données ont été communiquées par les organismes certificateurs, vérifiées et validées avec les bureaux d'études thermiques.
- « L'échantillon B » : ces données « brutes » sont issues des organismes certificateurs qui ont communiqué à l'Observatoire BBC des fiches XML validées par leur soin. Certains critères, tels que les matériaux ou les

types d'isolants n'ont pas été pris en compte à cause de leur manque de fiabilité.

En conséquence, suivant les paramètres étudiés dans cette étude, le nombre de projets peut varier.

Les maisons individuelles – 215 projets – 524 logements

L'échantillon Observatoire BBC (n=150 projets) se caractérise par une forte majorité de maisons individuelles en secteur diffus (92%). Seulement 13 opérations de logements groupés rénovés ont été étudiées.

Par ailleurs, 60% des maisons individuelles étudiées sont issues d'une certification. Les

autres projets sont des lauréats d'appel à projets régionaux.

Enfin, les projets sont majoritairement situés en zone H1c (33%), H1a (26%), H2a (12%), H3 (10%) et H1b (10%).

L'échantillon B se compose de 65 opérations complémentaires. Elles concernent principalement des maisons en secteur diffus (68%) situées en zone H1a.

Au final, l'échantillon de maisons individuelles rénovées à basse consommation étudiées (n=182) est représentatif de l'ensemble maisons individuelles rénovées à basse consommation en France, notamment en secteur diffus.

Les logements collectifs – 371 projets – 29 674 logements

L'échantillon Observatoire BBC (n=264 projets) se compose principalement de logements sociaux (82%). Par ailleurs, 70% de ces opérations se sont engagées dans une démarche de certification auprès de Promotelec Services et Cerqual.

Enfin, 76% des projets étudiés sont situés en zone H1a (38%) et H1c (22%), H1b (15%) et H3 (8%).

En parallèle, l'échantillon B se compose de 107 projets, soit 9 980 supplémentaires. Ils sont pour moitié situés en zone H1c (53%), et en zones H1b (19%) et H1a (10%).

Au final, comme pour le secteur individuel, l'échantillon de logements collectifs rénovés à basse consommation étudiés (n=371) est représentatif de l'ensemble logements collectifs rénovés à basse consommation en France d'un point de vue géographique.

Le Tertiaire – 169 projets

L'échantillon Observatoire BBC étudié est composé de 169 opérations. Ce sont principalement des immeubles de bureaux (67%) et des bâtiments d'enseignements (18%) rénovés. Elles sont majoritairement issues d'appels à projets régionaux (65%).

Enfin, ces opérations étudiées sont principalement situées en zone H1a (34%), H1c (28%) et H3 (17%).

Les projets certifiés ont été validés par Certivéa.

Il n'y a pas d'échantillon B pour les projets tertiaires.

4. Les performances

« Déperditions, consommations énergétiques, gain... »

Bâtiment BBC-Effinergie rénovation - Ilot Fontenoy Ségur - MO : Sogelym Dixence



Principaux résultats

Dans le secteur résidentiel, la rénovation basse consommation d'un projet permet de réduire les consommations énergétiques réglementaires d'un facteur 3,4 (logements collectifs) à 4,8 (logements individuels) par rapport à son état initial, soit un gain de l'ordre de 65 à 70% suivant l'usage.

La consommation énergétique atteint 80 kWhep/m².an en logements collectifs et 93 kWhep/m².an en logements individuels.

En tertiaire, les consommations énergétiques sont réduites d'un facteur 4,2, soit un gain de 70%. Ainsi, après travaux la consommation énergétique est de l'ordre de 76 kWhep.m².an

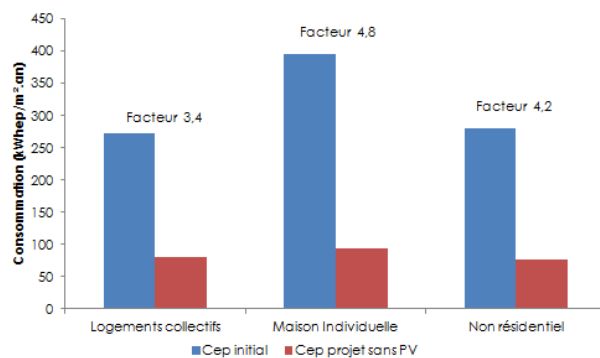


Figure 3 : Consommation énergétique avant/après travaux

Enfin, on constate que les consommations après travaux sont de 17% (logements collectifs) à 22% (logements individuels)

inférieur à l'exigence du label BBC-Effinergie rénovation. En tertiaire, ce gain est de l'ordre de 19%.

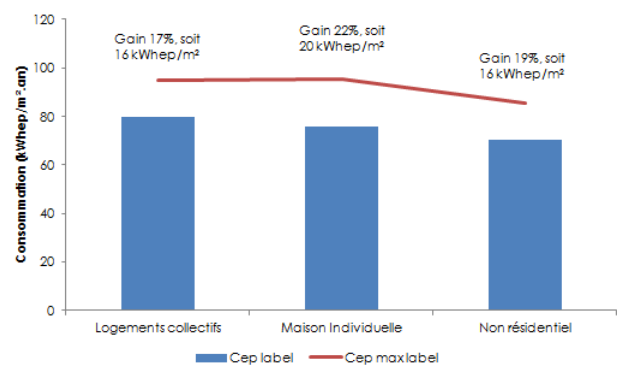


Figure 4 : Ecart entre la consommation du projet et l'exigence du label Effinergie

En amont, dans le cadre d'une rénovation basse consommation, un effort a été mis sur la qualité thermique de l'enveloppe. Ainsi, les déperditions totales du bâtiment après travaux sont réduites, en moyenne, d'un facteur 3 quel que soit l'usage du bâtiment.

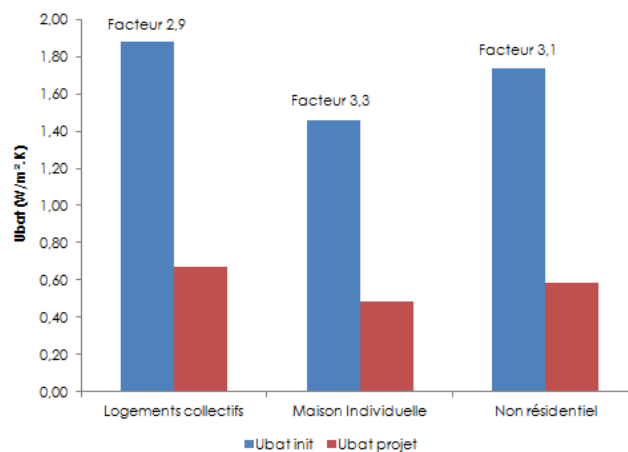


Figure 5 : Déperditions énergétiques (Ubat) avant/après travaux

Les maisons individuelles

Les maisons individuelles étudiées se caractérisent par une compacité de 2,1. Cette compacité³ est supérieure à celle observée dans les bâtiments collectifs (1,3) et tertiaires (1,6). La compacité

³ Compacité : Ratio surface parois extérieures / SRT

avant/après travaux évolue peu, si ce n'est dans les cas de création d'extensions.

Par ailleurs, la surface moyenne (SHON) après rénovation est de 167 m². Plus précisément, 50% des projets rénovés ont une surface entre 125 m² et 194 m². Cette surface est très nettement supérieure à la surface moyenne des maisons individuelles en France (Source Insee).

Il est intéressant de noter que 31% des opérations de rénovation sont accompagnées d'une extension. En moyenne, la surface augmente de 26%.

Sur 148 maisons individuelles étudiées, 76% possèdent un étage et 11% ont été construites en R+2. Seulement 13% des projets étudiés sont de plain pied.

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, les déperditions du bâtiment (Ubat) sont de l'ordre de 0,49 W/(m².K). Pour mémoire, les projets BBC-Effinergie avaient un Ubat moyen de 0,35 W/(m².K). Par ailleurs, les déperditions après travaux sont réduites d'un facteur 3,3 par rapport à la situation initiale, soit un gain moyen de 60%.

Sur les projets certifiés en secteur diffus, les déperditions sont réduites d'un facteur 4,4 et atteignent un niveau de performance supérieur (Ubat : 0,44 W/(m².K).

De manière générale, nous notons que les déperditions après travaux varient en fonction de la zone climatique.

Z.C	Nb	Ubat Projet (W/m².K)	Ubat Init (W/m².K)	Facteur
H1a	59	0,52	1,21	2,6
H1b	10	0,48	1,55	3,4
H1c	23	0,42	1,97	5,0
H2a	17	0,47	1,40	3,3
H2b	4	0,39	1,68	4,3
H2c	4	0,38	1,93	5,0
H2d	3	0,41	1,00	2,3
H3	2	0,53	1,92	3,1

Figure 6 : Déperditions totales avant et après travaux par zone climatique

Ainsi, les déperditions évoluent de 0,38 W/(m².K) en zone H2c à 0,53 W/(m².K) en zone H3. Cependant, compte tenu du

nombre de projets par zone climatique, seules les valeurs des zones climatiques H1a, H1c, H2a sont représentatives. Enfin, les pertes thermiques totales par m² de SHON sont réduites d'un facteur 4,1 après travaux.

Les ponts thermiques

Dans le cadre d'une rénovation basse consommation, il est important de prendre en compte le traitement des ponts thermiques présents avant les travaux.

Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 18,9% après travaux.

La perméabilité à l'air mesurée

Les actions menées sur l'enveloppe afin de renforcer son isolation sont nécessaires. Cependant, elles nécessitent d'assurer un renouvellement de l'air maîtrisé et de traiter correctement l'étanchéité à l'air du bâti.

Sur 77 maisons individuelles en secteur diffus étudiées, la perméabilité moyenne mesurée est de 1,08 m³/(h.m²) sous 4 Pa. Par ailleurs, 90% de ces maisons ont une perméabilité à l'air comprise entre 0,21 et 1,92 m³/(h.m²).

Dans le secteur groupé, l'étude porte sur 19 bâtiments. La perméabilité à l'air est similaire à celle constatée en secteur diffus.

La consommation énergétique

Après travaux, les consommations énergétiques en maisons individuelles sont de 79 kWh/m².SHON, soit un écart moyen au label de 20 kWh/m².SHON, équivalent à un gain de 22% par rapport aux exigences du label.

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de 396 kWh/m².SHON, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de facteur 4,8.

Le tableau ci-dessous donne le niveau de consommation, le gain en % et le facteur de réduction des consommations

énergétiques atteint après travaux, en fonction de la zone climatique.

On constate que l'objectif de réduction de facteur 4 est atteint sur l'ensemble du territoire.

Z.C	Nb	Cep initial	Cep projet	Gain %	Facteur
H1a	85	376,9	86,8	73%	5,0
H1b	11	375,0	109,5	66%	3,9
H1c	25	405,8	116,3	64%	4,2
H2a	19	439,4	71,0	76%	6,0
H2b	6	371,3	55,7	73%	5,8
H2c	4	418,4	85,5	79%	5,2
H2d	6	221,7	67,4	52%	3,2
H3	13	353,4	41,28	78%	6,2

Figure 7 : Consommation énergétique par zone climatique

Le niveau de consommation varie aussi en fonction de l'énergie de chauffage. Ainsi, on constate que la consommation fluctue de 77 kWh/m².SHON pour un chauffage thermodynamique à 121 kWh/m².SHON avec une solution au fioul.

Energie	Nb	Cep init.	Cep projet	Gain %	Facteur
Gaz	71	344	87	67%	4,3
Bois	29	440	84	69%	5,4
Elec	38	447	77	79%	5,7
E.Joule.	16	464	80	80%	5,4
Fioul	7	304	121	59%	2,7

Figure 8 : Consommation d'énergie par type d'énergie de chauffage

Enfin, en maisons individuelles, le chauffage et l'ECS représentent de 73% à 83% des consommations énergétiques

réglementaires après travaux. Le troisième poste de consommation est l'éclairage (de 9 à 11% des consommations totales).

La ventilation représente 5% à 9% des consommations réglementaires suivant les technologies utilisées. Enfin, les auxiliaires représentent entre 2% et 4% des consommations réglementaires.

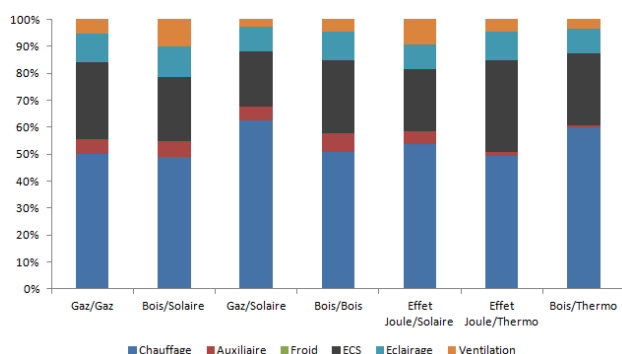


Figure 9 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant l'énergie de chauffage et d'ECS en maisons individuelles

Les logements collectifs

Les logements collectifs étudiés se caractérisent par une compacité de 1,3. Cette compacité est inférieure à celle observée pour les logements individuels (2,1). Comme en maisons individuelles, la compacité demeure identique avant et après travaux.

Il est intéressant de noter que 30% des opérations de rénovation génèrent une évolution de la surface. En moyenne, la surface augmente de 13%.

Par ailleurs, 80% des immeubles rénovés à basse consommation ont moins de 6 étages.

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, les déperditions du bâtiment (Ubat) sont de l'ordre de 0,67 W/(m².K). Pour mémoire, dans le neuf, le Ubat moyen est de 0,47 W/(m².K).

Z.C	Nb	Ubat Projet (W/m².K)	Ubat Init (W/m².K)	Facteur
H1a	137	0,76	2,00	2,7
H1b	47	0,60	1,75	2,9
H1c	57	0,59	1,71	3,0
H2a	17	0,66	1,66	2,9
H2b	7	0,62	1,50	2,3
H2c	15	0,55	2,09	3,9
H2d	3	0,54	1,75	3,6
H3	14	0,65	2,09	3,2

Figure 10 : Déperditions totales avant et après travaux par zone climatique

Par ailleurs, les déperditions après travaux sont réduites d'un facteur 2,9 par rapport à la situation initiale, soit un gain de 63% par

rapport à l'état initial. Les performances oscillent autour de cette valeur moyenne suivant les zones climatiques.

Les déperditions après travaux varient de 0,5 W/(m².K) pour un chauffage électrique à 0,78W/(m².K) pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur urbain.

Enfin, les pertes thermiques totales par m² de SHON sont réduites d'un facteur 3,2 après travaux.

On constate que les travaux de rénovation réalisés dans le cadre des projets BBC-Effinergie rénovation permettent de réduire de manière conséquente les déperditions de l'enveloppe.

Les ponts thermiques

Après travaux, le traitement des ponts thermiques, permet d'avoir un pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales de l'ordre de 21%.

La perméabilité à l'air mesurée

Sur 508 bâtiments collectifs étudiés, la perméabilité moyenne mesurée est de 0,89 m³/(h.m²) sous 4 Pa. Par ailleurs, 90% des bâtiments ont une perméabilité comprise entre 0,14 et 1,44 m³/(h.m²).

La consommation énergétique

Le niveau moyen de consommation énergétique en logements collectifs est de 80 kWh/m².SHON, soit un écart moyen au label de 16 kWh/m².SHON, équivalent à un gain de 17% par rapport aux exigences du label.

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de 271 kWh/m².SHON, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de facteur 3,4.

Comme en logements individuels, le niveau de consommation après travaux varie en fonction de la zone climatique et du couple « énergie de chauffage/énergie d'ECS.

On constate qu'en zone H3, les consommations énergétiques sont proches des 52 kWhep/m².an. Elles peuvent atteindre 88 kWhep/m².an en zone H1a. Cette variation est due à l'exigence du label BBC Effinergie rénovation qui est pondérée en fonction de la zone climatique et de l'altitude.

Z.C	Nb	Cep initial*	Cep projet*	Gain %	Facteur
H1a	132	269,7	87,7	60,3%	3,1
H1b	51	263,2	83,6	64,6%	3,3
H1c	64	280,8	81,7	65,4%	3,5
H2a	17	260,2	75,5	67,6%	3,5
H2b	14	183,5	62,1	62,3%	3,4
H2c	19	336,9	59,5	73,9%	5,9
H2d	5	290,3	64,3	69,2%	3,6
H3	21	226,0	52,5	70,7%	4,1

Figure 11 : Consommation énergétique par zone climatique

Le tableau ci-dessous présente la consommation énergétique des logements collectifs par énergie de chauffage.

Le niveau de consommation fluctue de 65 kWhep/m².SHON pour un chauffage électrique à 91 kWhep/m².SHON avec une solution au fioul.

Energie	Nb	Cep initial	Cep projet	Gain %	Facteur
Gaz	228	286	81	65,3%	3,6
Réseau	58	192	81	54,9%	2,4
Bois	17	401	75	78,7%	5,3
E.Joule	12	326	62	73,5%	4,9
Fioul	2	251	91	63,5%	2,8

Figure 12 : Consommation d'énergie par type d'énergie de chauffage

Le chauffage (49%) et l'ECS (31%) représentent plus de 80% de la consommation d'énergie d'un bâtiment collectif.

Comme en logements individuels, les consommations d'éclairage concentrent 10% des consommations énergétiques. Enfin, la ventilation (6%

de la consommation totale) et les auxiliaires (4% de la consommation totale) ne représentent que 10% à 15% des consommations énergétiques.

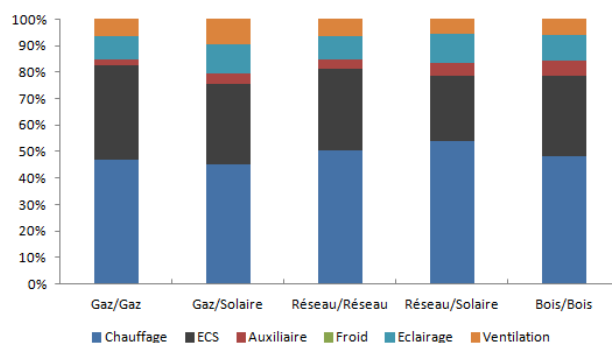


Figure 13 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant l'énergie de chauffage et d'ECS en logements collectifs

A titre d'information, le chauffage représente près de 74% des consommations avant les travaux devant l'ECS (15%).

Les bâtiments tertiaires

Les bâtiments tertiaires étudiés se caractérisent par une compacité de 1,5. Cependant, cette valeur moyenne n'est pas représentative des différentes compacités observées suivant l'usage du bâtiment. Ainsi, les bureaux ont une compacité (1,2) proche de celle observée en logements collectifs (1,3). En parallèle, les bâtiments d'éducation présentent une compacité (2,1) équivalente à celle évaluée en logements individuels.

On constate que les projets de rénovation des bâtiments tertiaires s'inscrivent dans une réflexion globale générant une variation de surface dans près de 41% des projets. Il peut s'agir d'extension (27%) de bâtiments mais aussi de destruction (14%).

Usages	Moyenne (m²)	Ecart Type (m²)
Bureaux	5 294	7 748
Education	1 166	1 442

Figure 14 : Surface moyenne par usages en tertiaire

Les opérations étudiées présentent des surfaces propres à chaque projet. En effet, la diversité des opérations, au sein d'un

même usage (bureaux, éducation, ...) génère une dispersion autour des surfaces moyennes.

Enfin, le nombre d'étages des opérations dépend aussi de l'usage du bâtiment. En effet, 82% des bureaux ont moins de 8 étages, alors que 95% des bâtiments d'éducation sont construits en R+2 au maximum.

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, les déperditions du bâtiment (Ubat) sont de l'ordre de 0,59 W/(m².K). Pour mémoire, dans le neuf, le Ubat moyen est de 0,46 W/(m².K).

Par ailleurs, les déperditions après travaux sont réduites d'un facteur 3,3 par rapport à la situation initiale, soit un gain de 63%.

On constate que l'isolation du bâti est la plus forte dans les zones climatiques H2c, H2a, H1c.

Z.C	Nb	Ubat Projet (W/m².K)	Ubat Init (W/m².K)	Facteur
H1a	53	0,76	1,78	2,7
H1b	1	0,64	2,81	2,9
H1c	35	0,48	1,69	3,4
H2a	4	0,48	1,36	3,0
H2b	2	0,53	1,31	2,0
H2c	8	0,45	2,01	4,8
H2d	9	0,49	1,36	3,0
H3	14	0,52	1,88	3,8

Figure 15 : Déperditions totales avant et après travaux par zone climatique

Le Ubat varie de 0,49 W/(m².K) pour un chauffage au bois ou à gaz à 0,74W/(m².K) pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur urbain.

Enfin, les pertes thermiques totales par m² de SHON sont réduites d'un facteur 3,15 après travaux.

Les ponts thermiques

Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 17%.

La perméabilité à l'air mesurée

Sur 26 bâtiments étudiés, la perméabilité moyenne mesurée est de 0,98 m³/(h.m²) sous 4 Pa.

La consommation énergétique

Le niveau moyen de consommation énergétique en tertiaire est de 76 kWhép/m².SHON, soit un écart moyen au label de 16 kWhép/m².SHON, équivalent à un gain de 19% par rapport aux exigences du label.

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de 279 kWhép/m².SHON, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de facteur 4,2.

On constate que le niveau de consommation après travaux dépend de la présence d'un système de refroidissement. En effet, la présence d'un système de refroidissement contribue en moyenne de 10 kWhép/m² SHON de consommation supplémentaire.

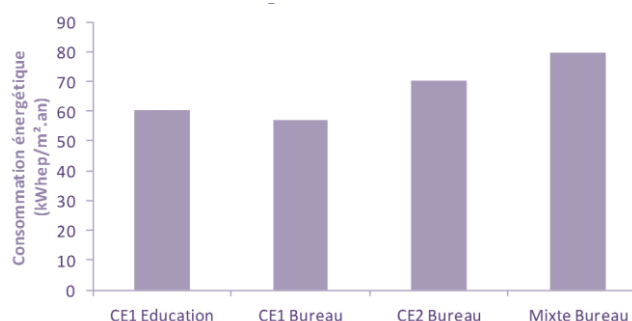


Figure 16 : Consommation réglementaire en tertiaire suivant l'usage et la présence d'un système de refroidissement

Par ailleurs, le niveau de consommation varie en fonction de la zone climatique. Le tableau ci-dessous présente les résultats et les gains par rapport au seuil réglementaire. Pour mémoire, l'exigence du label BBC-Effinergie rénovation impose un gain minimum de 40% par rapport au seuil réglementaire.

Z.C	Nb	Cep initial	Cep projet	Gain %	Facteur
H1a	56	228,7	81,7	59,0%	2,9
H1b	2	228,2	74,6	65,7%	2,9
H1c	43	330,3	70,6	74,2%	5,1
H2a	6	419,4	64,6	79,9%	5,6
H2b	4	269,5	69,8	60,5%	2,9
H2c	13	261,7	50,1	76,7%	6,0
H2d	10	290,6	55,8	68,3%	4,6
H3	27	291,3	66,6	75,2%	4,8

Figure 17 : Consommation énergétique par zone climatique

On constate que qu'elle que soit la zone climatique, le niveau de consommation après travaux est bien en deçà de l'exigence du label. Le niveau de consommation énergétique varie de 50 à 82 kWh/m².an.

Les principaux postes de consommation varient en fonction des différents

paramètres mentionnés ci-dessus, et de l'énergie de chauffage utilisée.

Ainsi, dans le cadre de bâtiments d'éducation, sans système de refroidissement et sans prise en compte de la production d'ECS, les deux postes principaux demeurent le chauffage (44% à 50% suivant l'énergie de chauffage) et l'éclairage (28% à 35%). La ventilation, principalement un système à double flux, représente alors de 15% à 23% des consommations.

Dans le cadre de bâtiments de bureaux non refroidis, les 3 principaux postes de consommations sont le chauffage, l'éclairage et la ventilation. Ils oscillent entre 25% et 30% chacun en fonction des choix énergétiques.

Enfin, dans le cas de bureaux équipés de système de refroidissement, la part du froid représente de 11% à 17% des consommations derrière le chauffage (21% à 33%), l'éclairage (18% à 35%) et la ventilation (22% à 29%).

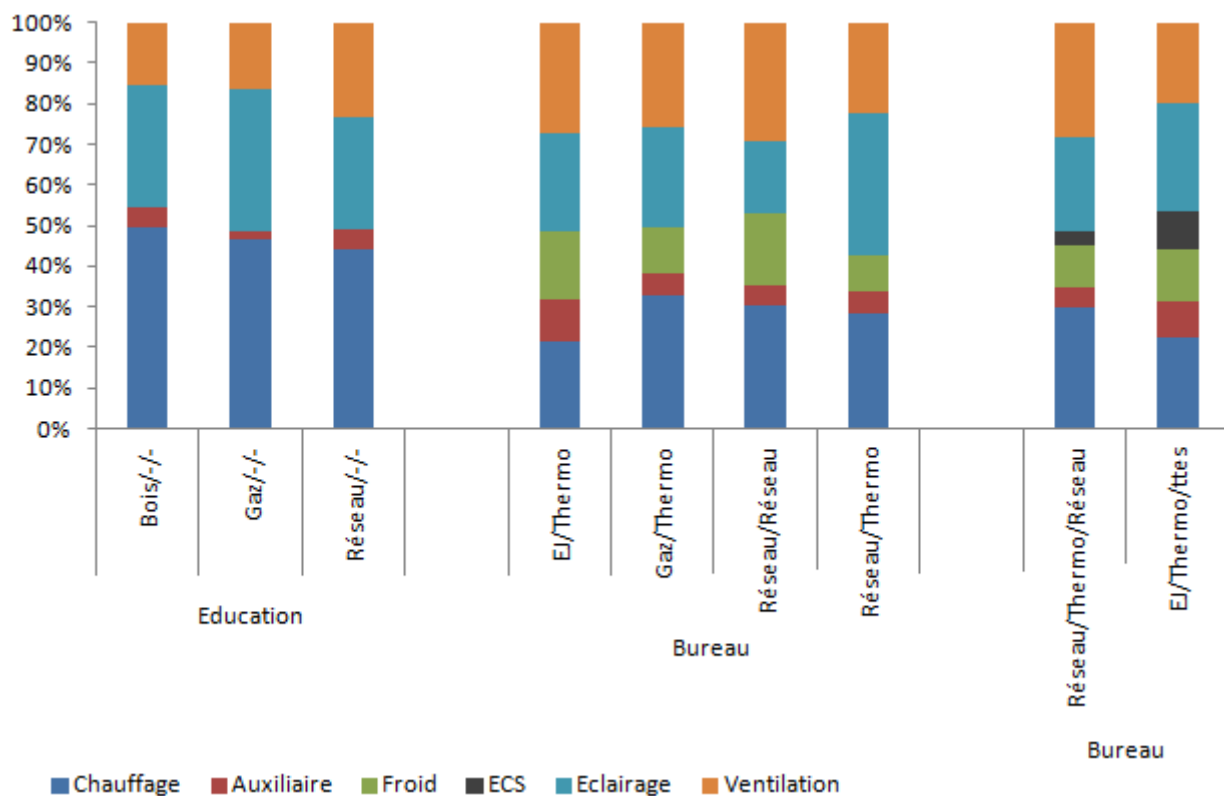


Figure 18 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant des énergies de chauffage, de refroidissement et d'ECS en tertiaire

5. Le bâti

« Quels matériaux, isolants ? Quelles résistances de parois ?... »



Bâtiment BBC-Effinergie rénovation
Résidence Le Grand Talabot – MO : SNI Nouveau Logis Provence
Architecte : Atelier Perrin François Seidel

La maison individuelle

Les maisons rénovées de notre échantillon (n=111) sont principalement construites en parpaing (40%), en pierres (22%) et en briques (15%). Cependant, on note que les matériaux utilisés dépendent de la

localisation du bâtiment. En effet, suivant la zone climatique, certains matériaux sont plus ou moins utilisés. A titre d'exemple, les bâtiments en pierres se situent principalement en zone H3, H2b et H3. Plus de 70% de ces maisons ont rénové leurs parois extérieures.

Observatoire-BBC

Secrétariat : Collectif Effinergie - 18 Boulevard Louis Blanc - 34000 MONTPELLIER

L'isolation par l'intérieur (ITI : 44%) ou par l'extérieur (ITE :42%) sont les techniques les plus souvent mises en œuvre. Seulement 10% des projets associent l'ITI et l'ITE. Les autres projets (3%) ont associé une ITI à une ossature bois.

On constate que les types d'isolations préconisés dépendent du matériau de construction.

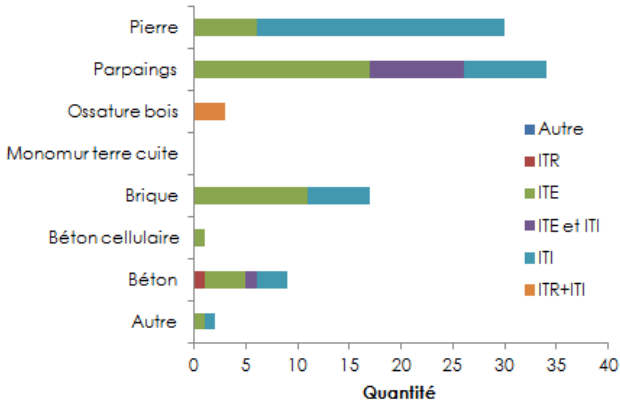


Figure 19 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des maisons individuelles

Ainsi, l'ITI est largement majoritaire sur les constructions en pierre (80%) par rapport à l'ITE (20%). Par ailleurs, les bâtiments en parpaings et en briques ont privilégié des solutions par l'extérieur (respectivement 76% et 65%).

Les murs extérieurs des maisons sont isolés principalement avec du plastique alvéolaire (38%) ou de la laine minérale (33%). Les écomatériaux (fibre de bois 14% et ouate de cellulose 5%) sont mis en œuvre principalement dans le cadre d'appel à projets régionaux.

Dans le cadre d'une ITE, une isolation à base de plastique alvéolaire (polystyrène expansé, et tous autres types de polystyrènes, ..) est prédominante (58%), devant la laine minérale (15%) et les éco-matériaux (12,5%).

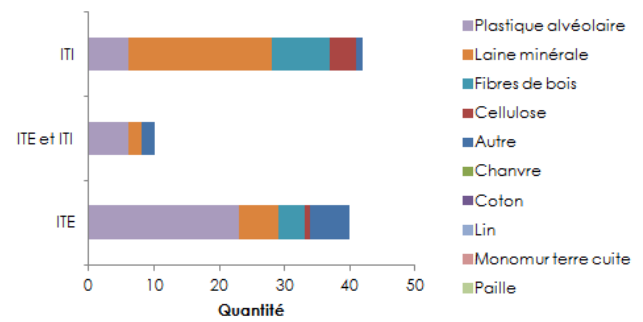


Figure 20 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en maisons individuelles

Les résistances thermiques moyennes des murs extérieurs varient de 4,2 m².K/W avec une isolation par l'intérieur ou par l'extérieur à 5,2 m².K/W pour les opérations associant les deux types d'isolation. En moyenne, elles sont améliorées d'un facteur 6,8 par rapport à l'état initial (Rinitial moyen : 0,7 m².K/W).

Type	Nb	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
ITE	26	0,218	0,040	18,7%
ITE+ITI	7	0,197	0,037	19,6%
ITI	24	0,234	0,041	17,8%

Figure 21 : Déperditions après travaux suivant le type d'isolation en logements individuels

Les toitures des maisons étudiées sont des rampants (45%) ou des combles (44%). Sur l'échantillon étudié (n=142), 79% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (57%). En parallèle, 37% ont été isolées avec des éco-matériaux (21% de ouate de cellulose et 16% de fibre de bois). L'origine des projets (certification ou appel à projet) ne semble pas avoir une forte influence sur l'utilisation d'écomatériaux dans l'isolation de la toiture. En effet, la part des éco-matériaux en toiture varie de 40 à 44% suivant l'origine du projet.

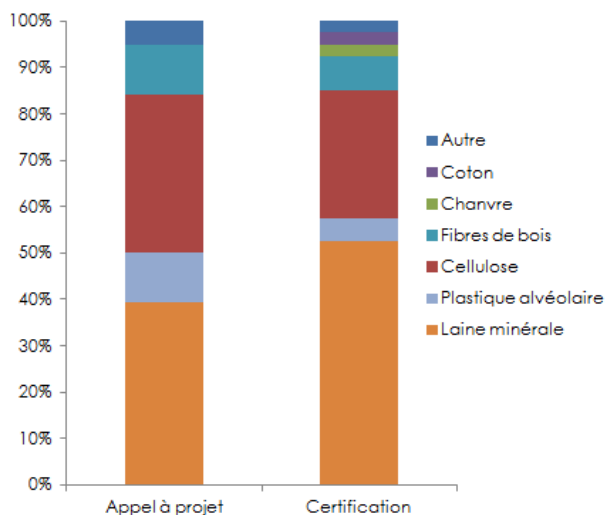


Figure 22 : Répartition de l'isolant de toiture suivant l'origine du projet en maisons individuelles

Les résistances thermiques moyennes des toitures varient de 6,2 m².K/W dans les rampants à 7,4 m².K/W dans les combles perdus. Les travaux de rénovation des toitures permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 8,4, pour atteindre une résistance moyenne de 6,8 m².K/W.

Type	N.	U moyens (W/m ² .K)	Ecart- types (W/m ² .K)	Coeff. Variation %
Combles Perdu	25	0,134	0,036	26,6%
Rampant	30	0,162	0,059	36,4%

Figure 23 : Déperditions après travaux suivant le type de toitures en logements individuels

Notre échantillon est composé de maisons construites principalement sur terre plein (52%). En parallèle, les autres bâtiments ont été conçus sur un vide sanitaire (15%) ou un sous-sol.

Près de 57% des dalles des planchers bas ont été rénovées dans le cadre des projets de rénovation.

L'isolation a été réalisée en sous face, sous chape ou en combinant les deux solutions suivant les typologies de planchers bas.

Les résistances thermiques moyennes des planchers bas se situent autour de 3,8 m².K/W. Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5.

Type	N.	U moyens (W/m ² .K)	Ecart- types (W/m ² .K)	Coeff. Variation %
Terre plein	22	0,273	0,13	2,7
Vide sanitaire	10	0,273	0,13	2,6
Sous sol	13	0,251	0,06	3,15

Figure 24 : Déperditions après travaux suivant le type de planchers bas en logements individuels

Sur les 115 projets étudiés, près de 87% des fenêtres ont été remplacées dans le cadre de travaux BBC-Effinergie rénovation. Sur ce périmètre d'étude (n=101), les maisons individuelles sont équipées principalement de menuiseries en PVC (41%) et bois (37%). Les menuiseries en aluminium représentent 17% des châssis installés. On constate que la répartition des technologies dépend de l'origine des projets.

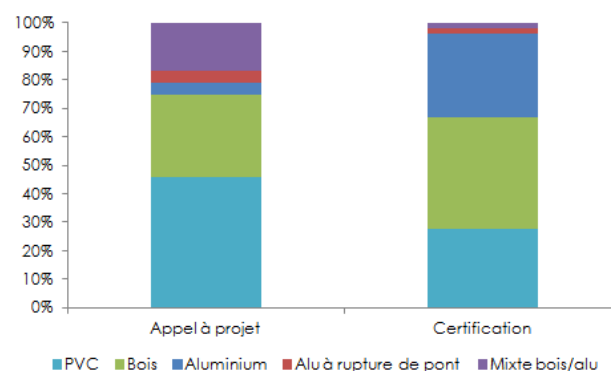


Figure 25 : Répartition des baies suivant l'origine du projet en logements individuels

Par ailleurs, 12% des baies installées dans le cadre d'une rénovation basse consommation sont des triples vitrages.

Enfin, le niveau de performance des baies installées se situe autour de 1,4 W/m².K, soit une amélioration de 50% des performances par rapport à l'état initial.

Type	N.	U moyens (W/m ² .K)	Ecart- types (W/m ² .K)	Coeff. Variation %
Avant	52	3,01	1,12	37%
Après	52	1,41	0,24	24%

Figure 26 : Performance des vitrages avant/après travaux en logements individuels

Les logements collectifs

Les immeubles de notre échantillon (n=239) sont principalement construits en béton (51%), pierres (22%) et en briques (15%). Les constructions en parpaings ne représentent que 6% de notre échantillon et les constructions en ossature bois rénovées sont négligeables (1%).

Sur cette échantillon, 76% des bâtiments ont isolé leurs parois extérieures.

L'isolation par l'extérieur demeure la solution la plus préconisée (ITE : 61%). En parallèle, 29% ont été isolées par l'intérieur et neuf d'entre elles ont associé ITE et ITI.

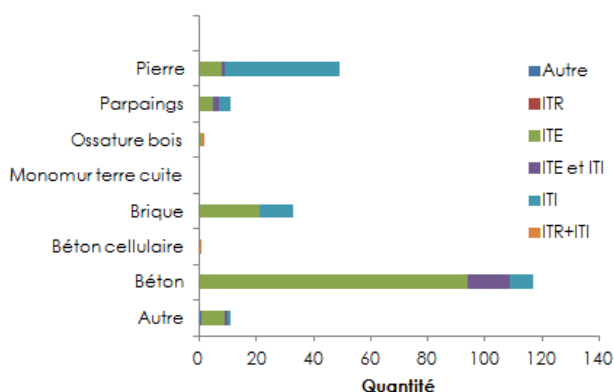


Figure 27 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des logements collectifs

Comme en maisons individuelles, le type d'isolation dépend du matériau de construction. Ainsi, les constructions en béton ont été majoritairement isolées par l'extérieur (80%), alors que les bâtiments en pierre ont été isolés par l'intérieur dans 82% des cas.

Après travaux, les murs extérieurs des bâtiments collectifs sont isolés majoritairement avec du plastique alvéolaire (58%) et de la laine minérale (32%). Les solutions composées d'écomatériaux sont marginales (3%) en logements collectifs. L'isolation par l'extérieur est mise en œuvre avec principalement du plastique alvéolaire (67%), ou de la laine minérale (23%). A contrario, la laine minérale (55%) est privilégiée dans le cadre d'une isolation

par l'intérieur par rapport au plastique alvéolaire (36%).

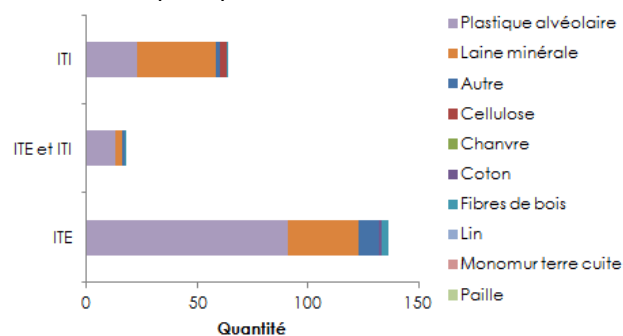


Figure 28 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en logements collectifs

Les résistances thermiques moyennes des murs extérieurs varient de 3,7 m².K/W avec une isolation par l'intérieur ou par l'extérieur à 5,4 m².K/W pour les opérations associant les deux types d'isolation. Les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 6,5, pour atteindre une résistance moyenne de 3,8 m².K/W.

Type	Nb	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
ITE	125	0,262	0,083	31,6%
ITE+ITI	15	0,186	0,036	19,3%
ITI	44	0,266	0,091	34,2%

Figure 29 : Déperditions après travaux suivant le type d'isolation en logements collectifs

Les toitures des logements collectifs étudiés sont des toitures terrasses (50%). En parallèle, les rampants (16%) et les combles perdus (25%) représentent 41% des toitures de notre échantillon.

Sur cet échantillon, près de 84% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (47%) et du plastique alvéolaire (46%). Les écomatériaux ne sont mis en œuvre que dans 6% des projets de notre échantillon.

On constate que le choix des isolants dépend du type de toiture. En effet, les combles et rampants sont principalement isolés avec de la laine minérale (80%) alors que les toitures terrasses bénéficient d'une isolation réalisée avec du plastique

alvéolaire (84% : polyuréthane, polystyrène expansés,...).

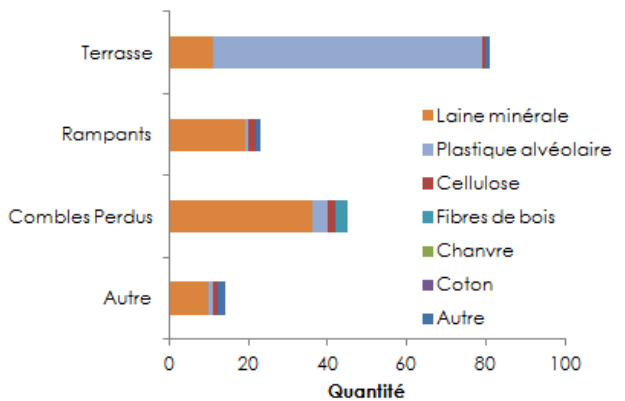


Figure 30 : Isolants mis en œuvre en fonction des types toitures en logements collectifs

Les résistances thermiques moyennes des toitures varient de 5 m².K/W pour les toitures terrasses à 7 m².K/W dans les combles perdus. Les travaux de rénovation des toitures permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 7 (combles et rampants) à 11 (toitures terrasses).

Type	N.	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
Comble Perdu	46	0,142	0,041	28,8%
Rampant	26	0,152	0,066	43,1%
Terrasse	84	0,201	0,080	39,6%

Figure 31 : Déperditions après travaux suivant le type de toitures en logements individuels

Les bâtiments collectifs sont construits sur différents types de plancher bas : sous-sol (27%), terre plein (32%) ou vide sanitaire (24%). Sur notre échantillon près de 76% des dalles des planchers bas ont été rénovées. La résistance moyenne des planchers bas est améliorée de l'ordre de 2,8 m².K/W. Elle varie suivant la typologie du plancher bas.

Sur notre échantillon de 242 opérations collectifs, près de 78% des projets ont changé leurs fenêtres. Après travaux, les menuiseries en PVC sont installées dans 59% des bâtiments. En parallèle, les menuiseries en bois

représentent une part non négligeable (24%).

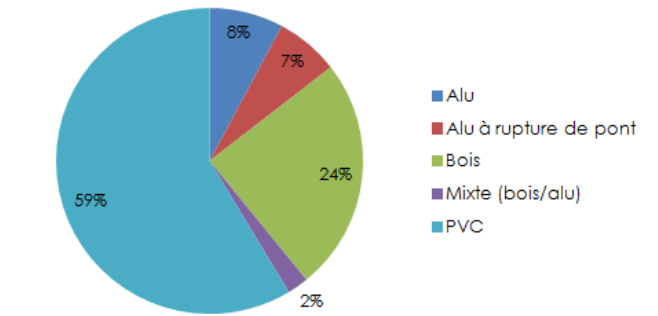


Figure 32 : Répartition des baies en logements collectifs

Enfin, des baies à triples vitrages sont installées dans 8% des opérations. Elles sont principalement situées dans les zones H1a et H1c.

Le niveau de performance des baies installées se situe autour de 1,4 W/m².K, soit une amélioration de 67% des performances par rapport à l'état initial.

Type	N.	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
Avant	149	3,8	4,1	141%
Après	149	1,41	0,27	19%

Figure 33 : Performance des vitrages avant/après travaux en logements collectifs

Les bâtiments tertiaires

Notre échantillon de bâtiments tertiaires est composé principalement de construction en béton (52%) et pierres (28%). Les constructions en parpaings (8%) et en briques (6%) sont minoritaires.

Sur cette échantillon, plus de 83% ont fait le choix d'isoler leurs murs extérieurs lors des travaux de rénovation. Ces opérations ont intégré des solutions d'isolation par l'intérieur (ITI : 44%) et par l'extérieur (ITE : 41%). Les ITI+ITE sont présentes dans 11% des projets étudiés.

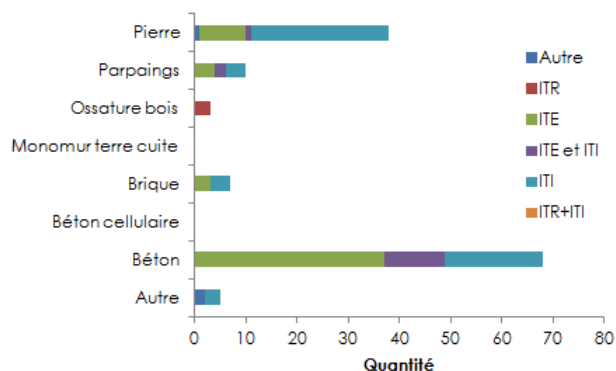


Figure 34 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des logements collectifs

Les murs extérieurs sont isolés principalement avec de la laine minérale (46%) et du plastique alvéolaire (30%). Les éco-matériaux ont été proposés dans 17% des projets, notamment lors de concours régionaux.

Comme en résidentiel, la laine minérale (50%) demeure majoritaire dans le cas d'une isolation par l'intérieur. ITI. Sa part diminue à 38% en ITE en faveur du plastique alvéolaire (19% en ITI, 38% en ITE).

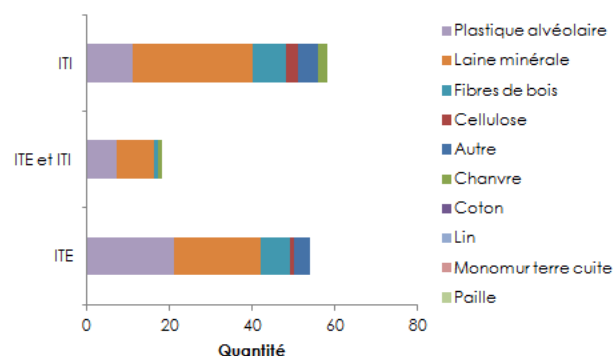


Figure 35 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en tertiaire

Les résistances thermiques moyennes des murs extérieurs varient de 3,7 m².K/W avec une isolation par l'intérieur à 4,2 m².K/W pour les opérations associant les deux types d'isolation ITI+ITE ou pour les isolations par l'extérieur. Les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5,7, pour atteindre une résistance moyenne de 3 m².K/W

Type	Nb	U moyens (W/m ² .K)	Ecart- types (W/m ² .K)	Coeff. Variation %
ITE	43	0,237	0,096	40,7%
ITE+ITI	13	0,237	0,138	58,7%
ITI	47	0,265	0,06	22,6%

Figure 37 : Déperditions après travaux suivant le type d'isolation en tertiaire

Les coefficients de variation sont plus importants en tertiaire car les murs extérieurs intègrent les parois opaques des murs rideaux qui ont des performances inférieures à celles des murs «classiques».

Comme en collectif, les toitures des bâtiments tertiaires étudiés dans notre échantillon sont principalement des toitures terrasses (47%). Les rampants (17%) et les combles (18%) représentent 35% des toitures de notre échantillon. Les toitures métalliques sont présentes à hauteur de 5%.

Les bâtiments tertiaires répondant à différentes vocations, il est intéressant d'étudier le type de toiture en fonction de son usage. Ainsi, on constate que les bureaux sont principalement construits avec des toitures terrasses (58%) alors que les bâtiments d'éducation privilégient les combles ou rampants (56%).

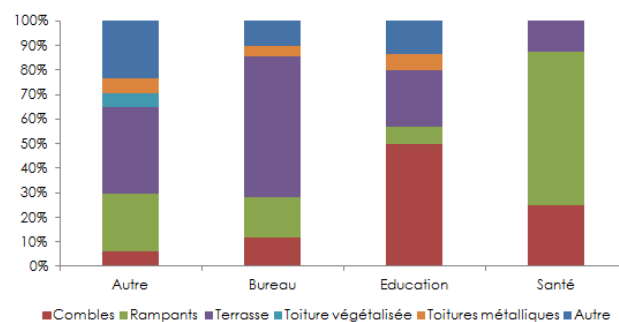


Figure 38 : Typologie de toitures par usages de bâtiments tertiaires

Sur cette échantillon, près de 82% des bâtiments ont rénovés leurs toitures. Elles ont été principalement isolées à parts égales avec de la laine minérale (44%) ou du plastique alvéolaire (44%). Les éco-matériaux ne sont mis en œuvre que dans 9% des projets de notre échantillon.

Comme en collectif, on constate que la répartition des isolants dépend du type de toiture. En effet, les combles et rampants sont principalement isolés avec de la laine minérale alors que les toitures terrasses bénéficient d'une isolation réalisée avec du plastique alvéolaire (polyuréthane, polystyrène expansé,...).

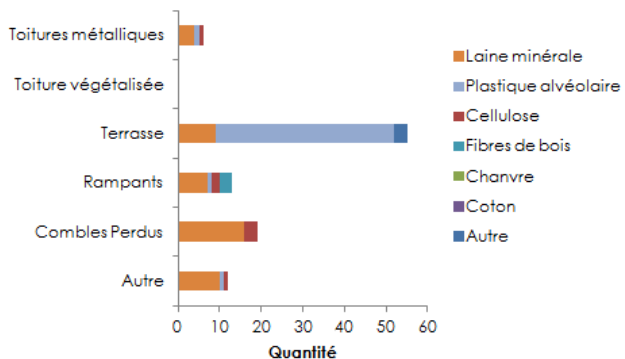


Figure 39 : Isolants mis en œuvre suivant les types de toiture en tertiaire

Les résistances thermiques moyennes des toitures varient de 5,3 m².K/W pour les toitures terrasses à 6,5 m².K/W dans les combles perdus. Les travaux de rénovation des toitures permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 11 (combles et rampants) à 8 (toitures terrasses).

Type	N.	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
Comble Perdu	19	0,153	0,061	39,7%
Rampant	12	0,186	0,089	48,0%
Terrasse	58	0,187	0,057	30,3%

Figure 40 : Déperditions après travaux suivant le type de toitures en logements individuels

Les bâtiments tertiaires sont construits sur une grande diversité de plancher bas : terre plein (51%), parking (16%), sous-sol (15%) ou vide sanitaire (15%). Par ailleurs, sur notre échantillon 62% des dalles des planchers bas ont été rénovées. La résistance moyenne des planchers bas est de l'ordre de 2,6 m².K/W. Les travaux de

rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 2,7.

Sur un échantillon de 158 bâtiments, 82% des projets tertiaires ont remplacé leurs fenêtres. On constate que 3 grandes technologies de menuiseries sont utilisées à part égales : bois (32%), aluminium (30%), et aluminium à rupteurs de ponts thermiques (25%). Cependant, une analyse par usage de bâtiments (bureaux, éducation) permet d'identifier que les projets d'éducation privilégient l'installation de menuiseries en bois (48%) alors que les bâtiments de bureaux sont principalement équipés de menuiseries en aluminium (38) et aluminium à rupteurs de ponts thermiques (26%).

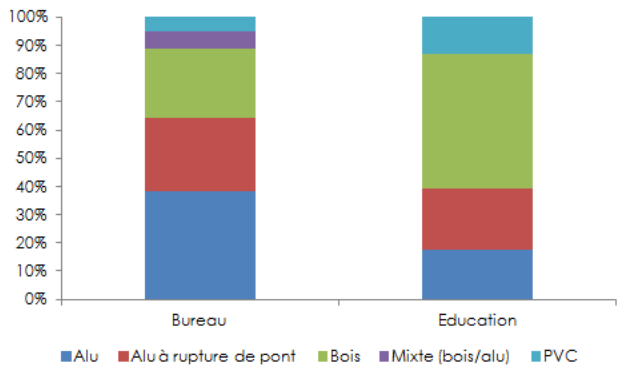


Figure 41 : Répartition des baies par usages en tertiaire

A titre d'information, 12% des baies installées sont des triples vitrages. Enfin, le niveau de performance des baies installées se situe autour de 1,57 W/m².K, soit une amélioration de 61% des performances par rapport à l'état initial.

Type	N.	U moyens (W/m².K)	Ecart- types (W/m².K)	Coeff. Variation %
Avant	92	3,8	1,03	27%
Après	92	1,57	0,4	26%

Figure 42 : Performance des vitrages avant/après travaux en tertiaire

6. Les équipements

« Identifier les solutions techniques mises en œuvre »

@Région Alsace/Philippe - Programme « Je rénove BBC »



La maison individuelle

La ventilation

Sur un échantillon de 122 maisons individuelles, où l'état initial est connu, 90% d'entre elles ont rénové ou remplacé leur système de ventilation.

En parallèle, sur 147 études thermiques étudiées, on constate que près de la moitié des maisons rénovées n'avaient pas de système de ventilation (46%) dans leur état initial. Après travaux, les logements rénovés sont équipés d'une ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B dans 72% des cas. Les autres opérations sont équipées de ventilation double flux (20%) ou d'une solution mécanique simple flux hygroréglable de type A (6%).

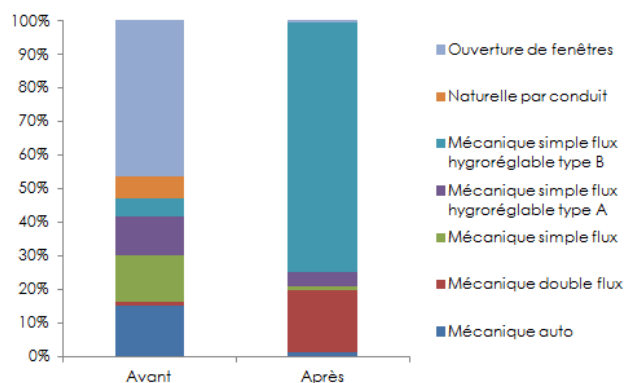


Figure 43: Type de ventilation avant et après travaux en logements individuels

L'efficacité moyenne de l'échangeur de la ventilation double flux est de l'ordre de 89%.

Par ailleurs, on constate que les lauréats d'appels à projets régionaux ont un taux d'installation de système double flux supérieur à celui constaté dans les projets certifiés.

Le chauffage

Sur notre échantillon de 189 maisons individuelles, le chauffage au gaz demeure majoritaire (46%) devant le bois (23%) et l'électricité (24%).

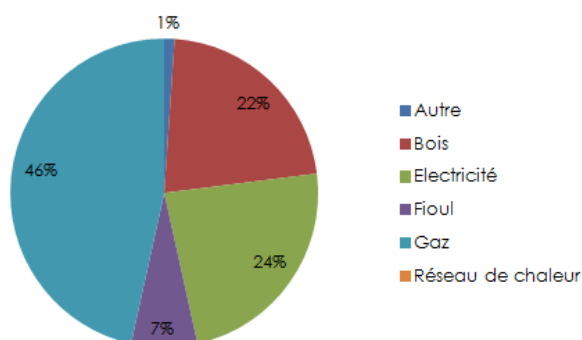


Figure 44: Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels

La génération de chaleur est principalement assurée par des chaudières gaz à condensation (puissance moyenne : 22 kW) et des poêles à bois (puissance moyenne : 11 kW). Dans le cas de projets chauffés à l'électricité (n=44 projets), 84% ont installé une solution thermodynamique (n=37 projets).

Différents facteurs ont tendance à modifier les choix énergétiques.

L'énergie de chauffage varie en fonction du type de bâtiment. Ainsi, dans le secteur diffus (n=164 projets), les parts de l'électricité (26%) et du bois (25%) ont tendance à augmenter au détriment du chauffage au gaz (39%). En parallèle, dans les logements groupés, la part du gaz (>80%) est largement majoritaire sur notre échantillon (n=25 projets).

Dans un second temps, l'origine des projets semble avoir un impact sur le type d'énergie de chauffage mis en œuvre. En effet, une étude, sur les maisons individuelles en secteur diffus (n=150 projets), met en évidence une clé de

répartition de l'énergie de chauffage différente entre les lauréats d'appels à projets régionaux (n=41 projets) et les projets certifiés (n=109 projets). Le bois (46%) et le gaz (32%) sont les deux principaux choix énergétiques pour les lauréats régionaux, alors que les projets certifiés sont principalement chauffés au gaz (56%) et à l'électricité (29%).

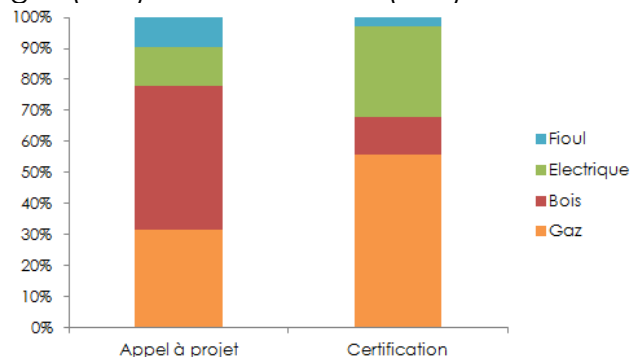


Figure 45 : Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels diffus suivant l'origine du projet

Enfin, le troisième facteur identifié est la localisation du bâtiment. En effet, suivant la zone climatique, on constate que la part du chauffage électrique peut varier de 32% (H1c) à 50% (H1a).

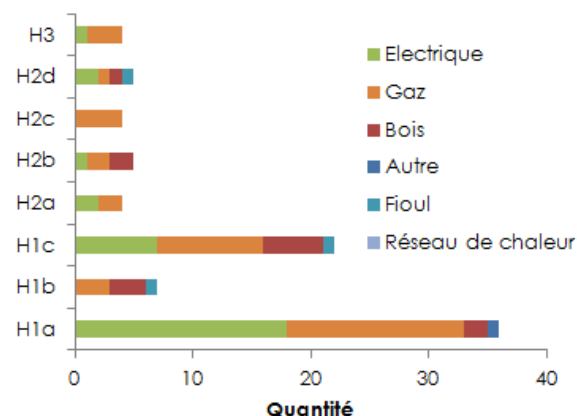


Figure 46 : Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels diffus certifiés suivant leur localisation

Les travaux de rénovation sont parfois accompagnés d'un changement d'énergie de chauffage. Sur un échantillon de 139 bâtiments, 26% des opérations ont modifié leur énergie de chauffage.

Ce taux varie en fonction de l'énergie de chauffage avant travaux :

- 61% des projets (n=19 projets) initialement chauffés au fioul (n=31 projets) initialement ont changé leur énergie de chauffage en installant principalement un poêle à bois (n=9/19), une chaudière gaz à condensation (n=5/19) ou une solution électrique (n=4/19),
- 28% des projets (n=13 projets) chauffés à l'électrique avant travaux (n=46 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant une chaudière gaz à condensation (n=9/13 projets) ou un poêle à bois (n=4/13),
- 10% des projets chauffés au bois avant travaux (n=10) ont installé une solution électrique (n=1),
- 6% des projets chauffés au gaz initialement (n=53 projets) ont changé leur énergie de chauffage, pour une solution bois (n=3).

La production d'ECS

Sur notre échantillon de 182 logements individuels, la production d'ECS est assurée principalement par une chaudière gaz à condensation (43%), une solution électrique (28% dont 10% en ballons thermodynamiques) ou une installation solaire (20%).

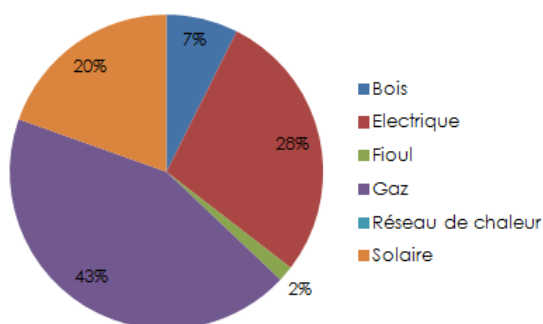


Figure 47 : Énergie de chauffage après travaux dans les logements individuels

Elle est souvent liée au système de chauffage installé.

Ainsi, pour une installation de chauffage au gaz (n=86 projets), la chaudière assure la

production de chauffage et d'ECS dans 88% des projets. En parallèle, les autres projets (12%) ont installé une production solaire avec un appoint gaz.

Dans les maisons chauffées à l'électricité (n=44), près de 57% produisent l'ECS avec un ballon électrique, 22% ont installé un ballon thermodynamique. Enfin, 21% des projets sont équipés d'une installation solaire.

Dans les logements chauffés au bois (n=40), trois grandes solutions (30% chacune) sont mises en œuvre :

- une chaudière bois qui assure la production de chauffage et d'ECS,
- une solution solaire avec un appoint bois,
- une solution électrique (ballon électrique ou thermodynamique).

L'énergie d'ECS étant liée à l'énergie de chauffage, elle-même dépendante de plusieurs facteurs (origine, type de logement, zone climatique), sa clé de répartition varie en fonction de ces paramètres. Les constats observés sur l'énergie de chauffage s'appliquent aussi sur la production d'ECS.

A titre d'information, les installations solaires se caractérisent par une surface moyenne de 4,6 m².

Le photovoltaïque

Sur 108 projets étudiés, 9% (n=10 projets) ont bénéficié d'une pose de panneaux photovoltaïques.

Les installations se caractérisent par

- une puissance crête moyenne de 3,4 kWc
- une surface moyenne de 26 m²
- un rendement moyen de 13,3%

Sur les dix bâtiments concernés par une installation de panneaux photovoltaïques, 5 sont issus de projets certifiés et 5 sont des lauréats régionaux.

Les logements collectifs

La ventilation

Les logements collectifs rénovés suivent la même tendance que les logements individuels. En effet, sur 266 études thermiques étudiées, 42% des opérations ne possédaient pas de système de ventilation. Après travaux, la ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B. Les autres projets sont équipés de ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type A (12%), simple flux auto-réglables (6%), ventilation double flux (4%), naturelle par conduit (2%),

...

On constate que la part des systèmes à double flux est moins développée en logements collectifs (4%) que dans le secteur du logement individuel (20%).

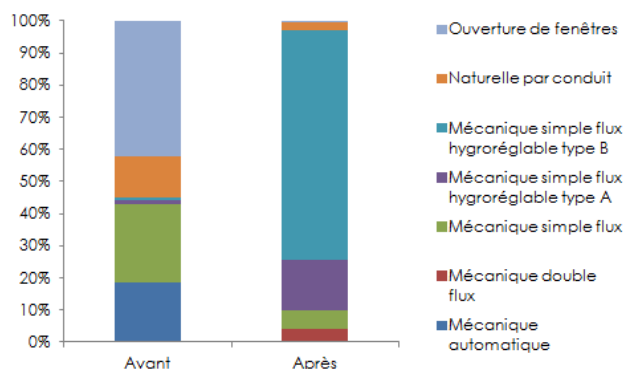


Figure 48 : Type de ventilation avant et après travaux en logements collectifs

Le chauffage

Sur 367 projets étudiés, les bâtiments collectifs sont majoritairement chauffés au gaz (67%). En parallèle, près de 21% d'entre eux sont raccordés à un réseau de chaleur urbain. La part du chauffage au bois ou à l'électricité ne représente respectivement que 5% et 6% des opérations.

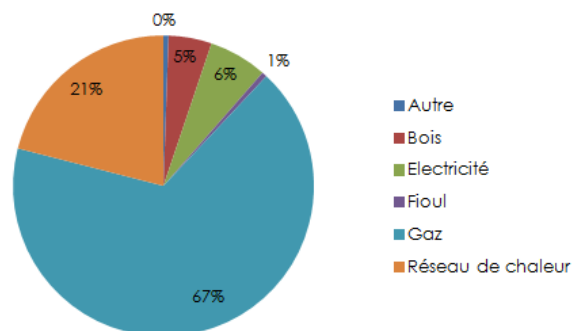


Figure 49 : Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels

Dans le cas d'un chauffage au gaz, 60% des installations sont collectives et 33% sont individuelles. Les solutions de chauffage inter-bâtiments sont mises en œuvre dans 12% des cas. Par ailleurs, le générateur de chauffage assure la production de chauffage et d'ECS dans 80% des projets. Ce générateur est majoritairement une (ou plusieurs) chaudière(s) gaz à condensation (87%). Les autres projets sont chauffés par des chaudières gaz à basse température (7%) ou standard (4%). La puissance installée dépend du projet. Cependant, dans le cas d'un chauffage individuel, la puissance moyenne de la chaudière gaz à condensation est de l'ordre de 21 kW par logement.

Comme en logement individuel, certains paramètres peuvent influencer le choix de l'énergie de chauffage.

L'origine du projet (lauréat ou certifié) a moins d'impact en logements collectifs qu'en logements individuels. En effet, le chauffage au gaz demeure majoritaire dans les deux cas, au-delà des 60%. Seul, le pourcentage des bâtiments raccordés à des réseaux de chaleurs baisse de 22% pour les projets certifiés à 17% dans les lauréats régionaux, en faveur du bois (+8 points).

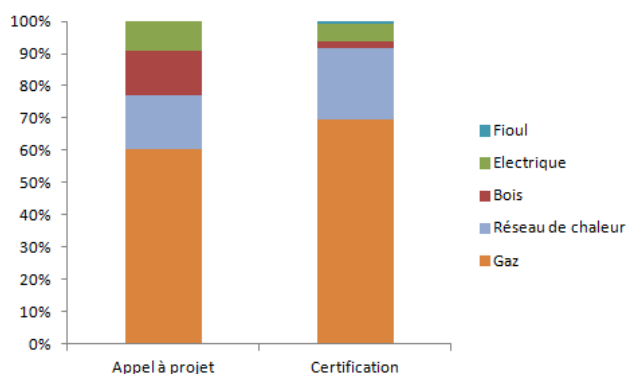


Figure 50: Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs suivant l'origine du projet

Une analyse des bâtiments collectifs certifiés (n=165 projets) met en évidence une influence de la zone climatique sur l'énergie de chauffage utilisée après travaux. En effet, on constate que même si le chauffage au gaz demeure majoritaire dans l'ensemble des zones climatiques, à l'exception de la zone H3 (faible nombre de projets étudiés), des disparités sont observées dans chaque zone climatique.

A titre d'exemple, les bâtiments situés en zone H1 ont des taux de raccordement aux réseaux de chaleur (15% à 25%) plus élevés que dans les autres régions. Par ailleurs, les quelques projets chauffés à l'électricité (n=6 projets) sont principalement en zone H3 (n=4 projets).

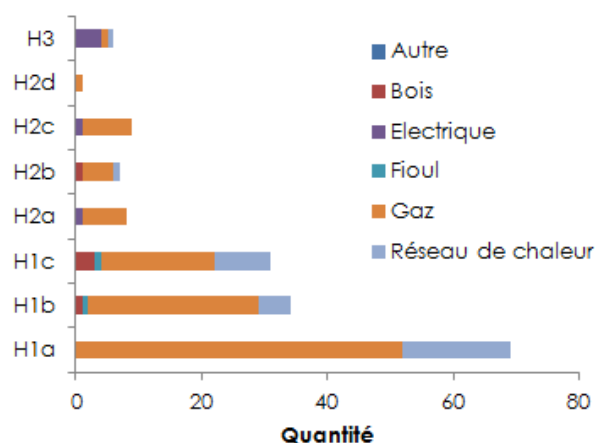


Figure 51 : Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs certifiés suivant leur localisation

Lors de ces travaux de rénovation, près de 16% des bâtiments ont modifié leur énergie de chauffage. De part la nature et la complexité des installations existantes, ce

taux est logiquement inférieur à celui constaté en logements individuels (16%).

Cependant, ce taux varie en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant travaux :

- 88% des projets (n=14 projets) chauffés avant travaux au fioul (n=16 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant principalement une chaudière gaz à condensation (n=13/14) ou un poêle à bois (1/14 projets),
- 70% des projets (n=23 projets) chauffés à l'électrique initialement (n=33 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant une chaudière gaz à condensation (n=21/23) ou un poêle à bois (n=2/23). A titre d'information, parmi les 10 projets chauffés à l'effet joule avant travaux, deux bâtiments ont été équipés de solutions thermodynamiques,
- 5% des projets (n=8 projets) chauffés au gaz (n=169 projets) ont changé leur énergie de chauffage. Ils ont installé un chauffage au bois (n=4/8), ou se sont raccordés à un réseau de chaleur (n=4/8),
- 3% des projets (n=2 projets) raccordés à un réseau de chaleur (n=68 projets) initialement ont changé d'énergie en installant un chauffage au gaz.

La production d'ECS

Sur notre échantillon de 358 opérations de logements collectifs, la production d'ECS est principalement par une solution gaz (67%). En parallèle, les autres bâtiments ont installé une solution solaire avec un appoint (16%) ou ont utilisé le réseau de chaleur (14%). Les solutions électriques avoisinent les 8%.

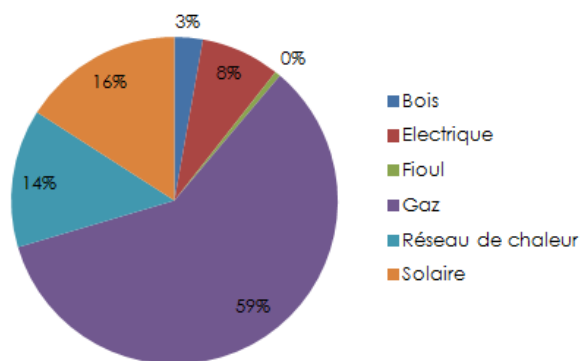


Figure 52 : Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs

Comme en logement individuel, l'énergie d'ECS est liée au système de chauffage installé.

Ainsi, avec un chauffage au gaz (n=241 projets), la chaudière assure la production de chauffage et d'ECS dans 80% des projets. En parallèle, les autres projets (15%) ont installé une production solaire avec un appoint gaz. Nous retrouvons les mêmes ordres de grandeur qu'en logement individuel.

Pour les bâtiments raccordés à un réseau de chaleur (n=76), la ou les sous-stations assurent le chauffage et l'ECS dans 63% des cas. A défaut, des chaudières gaz (18%) ou une installation solaire avec appoint par le réseau (10%) ont été mises en œuvre.

Pour les opérations chauffées à l'électricité (n=20 projets), 65% d'entre elles produisent l'ECS avec une solution électrique. Les autres opérations ont installé une production solaire (30%).

Enfin, les bâtiments chauffés au bois (n=16 projets) ont tendance à privilégier des solutions à base d'énergie renouvelable avec une chaudière bois (n=8) ou une installation solaire (n=4).

Le photovoltaïque

Dans les bâtiments collectifs, sur 242 projets étudiés, 4,5% (n=11 projets) ont installé des panneaux photovoltaïques dans le cadre de leur projet de rénovation.

Les installations se caractérisent par

- des puissances crêtes variant de 4,5 à 29 kWc
- une surface moyenne variant de 24 à 253 m²
- un rendement moyen de 13,3%

Sur les onze bâtiments concernés par une installation de panneaux photovoltaïques, 8 sont des lauréats régionaux.

Les bâtiments tertiaires

La ventilation

Dans le secteur tertiaire, sur 117 études analysées, 37% ne possédaient pas de système de ventilation avant travaux. Les différents programmes de rénovation ont permis de déployer des systèmes de ventilation double flux dans 83% des bâtiments avec une efficacité moyenne de l'échangeur de 84%. Les autres projets sont principalement équipés de ventilation simple flux.

Le chauffage

Une analyse basée sur 167 bâtiments met en évidence une répartition de l'énergie de chauffage relativement équilibrée dans le secteur tertiaire. En effet, bien que les bâtiments soient chauffés à l'électricité dans 40% des cas, les parts du bois, du gaz et du réseau avoisinent les 20% chacune.

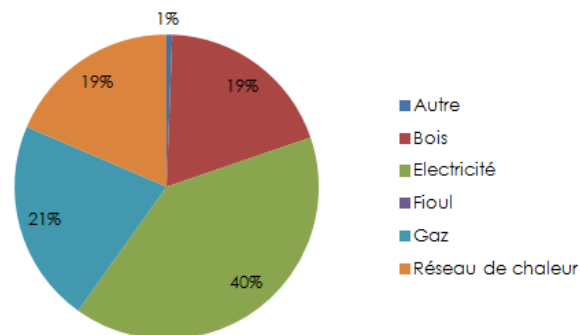


Figure 53 : Energie de chauffage après travaux dans les bâtiments tertiaires

92% (n=62 projets) des bâtiments chauffés à l'électricité (n=67 projets) ont installé des solutions thermodynamiques. On retrouve

une grande diversité de pompes à chaleur (PAC).

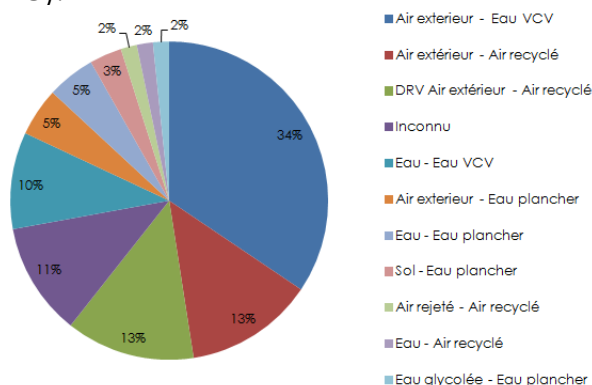


Figure 54 : Types de PAC dans les bâtiments tertiaires rénovés

Certains facteurs peuvent influencer l'énergie de chauffage installée.

Ainsi, on constate que l'énergie de chauffage dépend de l'usage du bâtiment. En effet, sur 157 opérations étudiées, les bâtiments de bureaux (n=102 projets) sont principalement chauffés à l'électricité (45%), par un réseau de chaleur (24%) ou au gaz (20%). En parallèle, les bâtiments d'éducation (n=30 projets) sont chauffés au gaz (40%) ou au bois (30%).

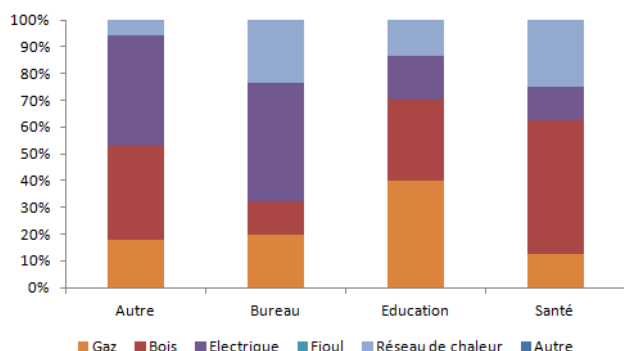


Figure 55 : Répartition de l'énergie de chauffage après travaux dans les bâtiments tertiaires suivant leurs usages

Par ailleurs, l'origine du projet impacte la clé de répartition de l'énergie de chauffage. Ainsi, sur les bâtiments de bureaux, on constate que la part de l'électricité est supérieure dans les projets certifiés (56%) que pour les lauréats régionaux (37%), en faveur du bois et du gaz.

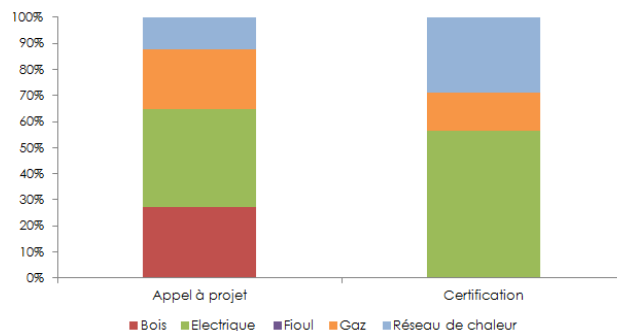


Figure 56 : Répartition de l'énergie de chauffage après travaux dans les bureaux suivant l'origine

Les projets certifiés de bureaux étant principalement situés en zone H1a (n=52 projets sur 63), une analyse par zone climatique ne serait pas significative. Par ailleurs, une analyse sur les bureaux lauréats d'appels à projets (n=49) par zone climatique ne permettrait pas d'identifier l'influence de la localisation géographique ou des critères intégrés dans les concours régionaux.

Comme dans le secteur résidentiel, le projet de rénovation est aussi l'occasion pour certains maîtres d'ouvrage de modifier leur énergie de chauffage. Sur 125 projets étudiés, 35% des bâtiments ont changé leur énergie de chauffage.

Cependant, ce taux varie en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant travaux :

- 100% des projets (n=13 projets) chauffés avant travaux au fioul ont changé leur énergie de chauffage en installant un chauffage au bois (n=6/13), une solution électrique (n=5/13) ou une chaudière gaz à condensation (n=2/13).
- 39% des projets (n=15 projets) chauffés initialement au gaz (n=38 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant une solution électrique (n=9/15), au bois (n=4/15) ou en se raccordant à un réseau de chaleur (n=2).

- 20% des bâtiments (n=6 projets) initialement raccordés à un réseau de chaleur (n=29 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant une solution électrique (n=5/6).
- 20% des projets (n=9 projets) chauffés initialement à l'électricité (n=45 projets) ont changé leur énergie de chauffage en installant une solution bois (n=6/9) ou au gaz (3/9).

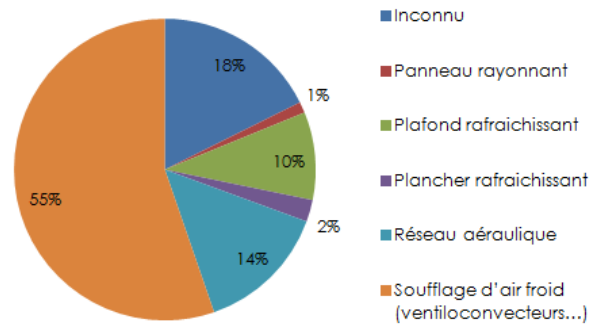


Figure 57 : Emetteur de froid dans les bâtiments tertiaires

Dans 55% des projets, l'émission de froid est assurée par un système de soufflage d'air froid. La diffusion de froid par un réseau aéraulique (15%) et par des plafonds/planchers rafraichissant (10%) représentent un quart des solutions mises en œuvre.

L'éclairage

A ce jour, l'Observatoire BBC ne collecte que la puissance installée par surface utile et les modes de gestion.

La puissance moyenne après travaux est de l'ordre de 7 à 8 W/m² dans les bureaux et les bâtiments d'éducation.

Les modes de gestion, les puissances installées, etc. étant propres à chaque opération ou famille de bâtiments, nous invitons le lecteur à se rendre sur l'Observatoire BBC pour identifier des cas concrets.

Le refroidissement

Sur notre échantillon de 172 projets tertiaires, 50% sont équipés d'un système de refroidissement (n=87 projets).

Ce taux varie en fonction de l'usage du bâtiment. Effet, 68% des bureaux (n=78) sont équipés d'un système de refroidissement alors que ce taux chute à 7% (n=2) pour les bâtiments d'éducation.

Par ailleurs, sur les 87 bâtiments tertiaires refroidis, 10 projets ont bénéficié d'une pose d'un système de refroidissement. Les autres projets ont rénové leur installation.

Dans 94% des projets, le froid est généré par une [solution thermodynamique](#). Les autres bâtiments sont raccordés à un réseau de froid urbain.

7. Les bouquets de travaux

« Quels lots bouquets de travaux pour une rénovation BBC globale ? »

Rénovation Strasbourg - Maître d'ouvrage : CUS Habitat – Photo : @Geneviève Engel



La maison individuelle

Au sein de notre échantillon de logements individuels rénovés à basse consommation (n=83), 23 bouquets de travaux différents ont été mis en œuvre pour atteindre l'exigence du label.

Ces bouquets de travaux se composent de différents lots, identifiés ci-dessous

- 4 lots sur l'enveloppe : murs extérieurs, toiture, plancher bas et fenêtres
- 3 lots sur les équipements : Chauffage, ventilation, ECS.

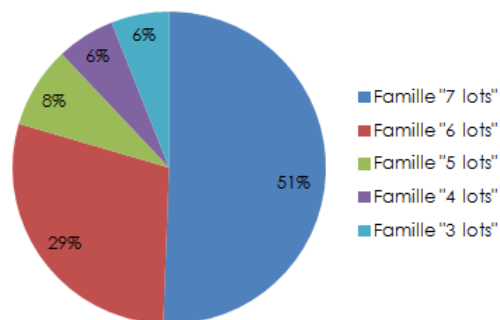


Figure 58 : Familles de bouquets de travaux en logements individuels

Afin d'atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation, 80% des projets ont mis en

œuvre des bouquets composés de 7 lots (51%) ou de 6 lots (29%) de travaux.

Cependant, une famille de « x » lots peut être composée de différents bouquets. A titre d'exemple, les familles « 6 lots » peuvent correspondre aux bouquets ci-dessous :

- Murs, Toiture, Plancher, Baies, Chauffage, ECS, ou
- Murs, Toiture, Plancher, Baies, Chauffage, Ventilation, ou
- Murs, Toiture, Plancher, Baies, Ventilation, ECS, ou
- Toiture, Plancher, Baies, Chauffage, ECS, Ventilation, ou
-

Il est alors intéressant d'identifier, les principaux bouquets de travaux les plus utilisés dans le cadre d'une rénovation basse consommation de logements individuels.

Le premier bouquet, qui concerne 51% des projets (n=42 projets), a entrepris une rénovation sur l'ensemble des lots (n=7), i.e

- Sur l'enveloppe : murs extérieurs, toiture, plancher bas et baies
- Sur les équipements : Chauffage, ventilation, ECS. On notera que sur ces 42 projets concernés par ce bouquet :
 - o 25% ont installé une production d'ECS solaire
 - o 5% ont installé une production locale d'électricité et production d'ECS solaire.

Le deuxième bouquet (12%, n=10 projets), le plus fréquemment mis en œuvre, agit sur 6 lots de travaux. Il se compose de travaux sur l'ensemble de l'enveloppe et des équipements, à l'exception des planchers bas qui sont conservés en l'état. Il s'agit principalement de maisons individuelles construites sur terre plein.

Dans ce contexte, deux projets ont installé une production d'ECS solaire et une opération possède une toiture équipée d'une production locale d'électricité.

Puis, le troisième bouquet (6%, n=5 projets) proposé en plus grand nombre concerne des travaux sur l'ensemble de l'enveloppe et les équipements, à l'exception du chauffage. Sur ces cinq projets, trois ont installé une solution d'ECS solaire.

Sur l'ensemble des projets rénovés, on constate que les installations à base d'énergies renouvelables sont principalement couplées aux rénovations les plus conséquentes, i.e avec un bouquet de travaux composés de 7 à 6 lots.

Au final, sept bouquets de travaux différents permettent de couvrir 80% des projets rénovés.

Les logements collectifs

Sur les 252 opérations de logements collectifs étudiées, 51 bouquets de travaux différents ont été mis en œuvre pour atteindre l'exigence du label BBC Effinergie rénovation.

Les sept lots utilisés en logements individuels ont été reconduits en logements collectifs. On constate qu'afin d'atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation, 82% des projets collectifs ont mis en œuvre principalement des bouquets composés de 7 lots de travaux (39%), de 6 lots (28%) ou de 5 lots (15%).

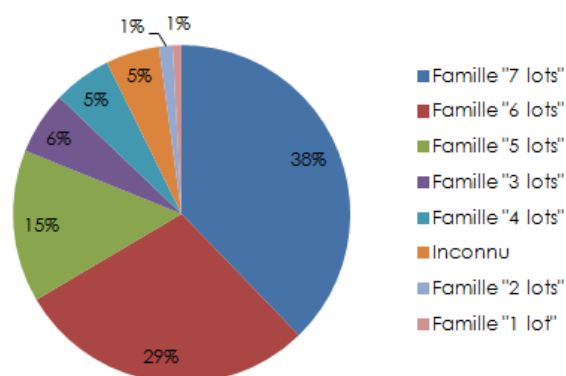


Figure 59 : Familles de bouquets de travaux en logements collectifs

Parmi, les 252 opérations de rénovation, 38% (n=88 projets) ont décidé d'appliquer le bouquet composé de 7 lots. Ainsi, l'ensemble des postes ont été rénovés.

Sur ces 88 projets,

- 26% (n=23 projets) ont profité de la rénovation pour installer une solution de production d'ECS solaire,
- 1% (n=1 projet) ont installé une production d'ECS solaire et une production locale d'électricité.

Deux bouquets (6,5%, n=15 projets chacun) sont ensuite les plus fréquemment mis en œuvre. Ils intègrent des travaux :

- sur l'ensemble des équipements (chauffage, ECS, ventilation) et de l'enveloppe à l'exception des baies, ou,
- sur l'ensemble des équipements (chauffage, ECS, ventilation) et de l'enveloppe à l'exception des planchers bas.

Enfin, le quatrième bouquet le plus proposé (4,5%, n=11 projets) agit sur l'ensemble de l'enveloppe et la ventilation.

Au final, 15 bouquets de travaux différents permettent de couvrir 80% des projets rénovés.

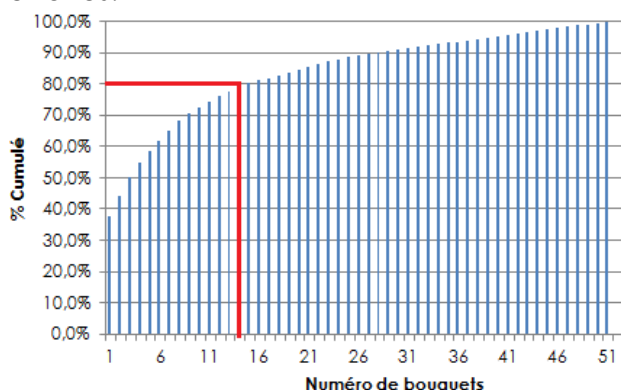


Figure 60 : Nombre de bouquets de travaux pour atteindre 80% des opérations rénovées

Les bâtiments tertiaires

En première approche, il est nécessaire de séparer l'étude en deux catégories en

fonction de la présence (8 lots à rénover au maximum) ou de l'absence (7 lots à rénover au maximum) d'un système de refroidissement. L'éclairage étant systématiquement rénové, il ne sera pas étudié dans les bouquets de travaux.

Sans système de refroidissement

Ainsi, sur les 60 projets tertiaires sans système de refroidissement, 21 bouquets différents ont été identifiés. Ils sont composés de différents lots de travaux qui peuvent être classés par famille.

Ainsi, 88% des projets rénovés ont bénéficié d'une rénovation sur 6 lots de travaux (51%), 7 lots (20%) ou 5 lots (17%).

Cependant, le bouquet le plus proposé (35%, n=21 projets) est celui composé de travaux sur l'ensemble de l'enveloppe et sur tous les équipements, à l'exception de la production d'ECS. Il concerne principalement la rénovation de bureaux.

Le second bouquet le plus fréquemment mis en œuvre (20%, n=12 projets) correspond à une rénovation de l'ensemble des 7 postes. Il concerne les bâtiments d'éducation et certains bureaux équipés de production d'ECS.

Avec système de refroidissement

Sur les 68 projets tertiaires avec système de refroidissement, 24 bouquets différents ont été identifiés.

Ainsi, 80% des projets rénovés ont bénéficié de travaux sur 7 lots (43%), 6 lots (18%), 5 lots (16%) ou 8 lots (10%).

Le bouquet le plus proposé (43%, n=21 projets) est celui composé de travaux sur une rénovation de 7 postes sur les 8 potentiellement à rénover : 4 lots sur l'enveloppe, le chauffage, la ventilation, et

le froid. Seule, la production d'ECS n'est pas renouvelée.

Le second bouquet (10%) le plus souvent mis en œuvre correspond à une intervention sur l'ensemble des équipements à l'exception de l'ECS et de l'isolation du plancher bas.

Enfin, le troisième bouquet le plus proposé (9%) est celui regroupant l'ensemble des 8 lots.

Au final, 7 bouquets de travaux permettent de répondre à 80% des projets tertiaires avec un système de refroidissement à rénover.

8. L'analyse économique

« Evaluer l'impact économique d'un chantier de rénovation BBC »



Rénovation BBC Effinergie – Commune de Chirens

Depuis 2015, l'Observatoire BBC sollicite les acteurs de chaque opération étudiée afin de collecter les données économiques. Lors de ces échanges, l'ensemble des parties prenantes partage le constat suivant : les professionnels et les particuliers manifestent un intérêt majeur pour la publication de données économiques relatives à la rénovation basse consommation. Cependant, en regard de cette forte demande, les données mises à dispositions sont limitées (confidentialité) et hétérogènes (absence de modèle de décomposition de coût des travaux).

En conséquence, la taille de l'échantillon étudié est relativement petite. En parallèle, les chiffres communiqués ont été ventilés dans une décomposition élaborée au fil de l'eau, en concertation avec les membres du comité technique de l'Observatoire.

Ainsi, les résultats présentés ci-après ne concernent que la maison individuelle. Ils ne permettent pas d'établir des conclusions définitives. Ils ont pour objectif de mettre à disposition des acteurs un premier niveau d'information.

L'analyse économique, réalisée au cas par cas, présente dans de nombreuses fiches de l'Observatoire BBC (www.observatoirebbc.org), permet de compléter les tendances publiées dans cette étude.

Les travaux pris en compte pour le calcul de la rénovation énergétique sont :

- Sur l'enveloppe : l'isolation des murs extérieurs, des planchers bas, des toitures, le remplacement des baies et volets roulants, les protections solaires
- Sur les équipements : le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'ECS, les émetteurs, l'éclairage, le photovoltaïque.

La maison individuelle

Sur les 20 projets étudiés, le coût moyen des travaux de rénovation énergétique est de **338 € HT/m² SRT**, soit un **investissement** moyen proche de **52 939 €**.

Travaux énergétiques	Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Moyenne corrigée	Maximum
Coût	19	29 421 €	52 939 €	46 331 €	106 390 €
Coût HT/m² SRT	19	152 €	338 €	294 €	551 €

Figure 61 : Coût des travaux énergétiques en maisons individuelles

On constate une forte dispersion du coût des travaux d'un projet à l'autre. Ce constat résulte de la diversité des situations constatées : rénovation d'une ancienne grange en logement, rénovation d'un pavillon des années 1960, rénovation et transformation d'un grenier en chambre, rénovation et création d'une verrière....Ainsi, en excluant de l'étude deux projets intégrant une extension et la création d'une verrière, l'investissement moyen est de **46 331 € HT, soit 294 € HT/m²**.

Les chiffres mentionnés ci-dessus sont cohérents avec les résultats de l'étude « 500 maisons rénovées basse consommation – Enseignement opérationnels des programmes « Je rénove BBC » en Alsace » du CEREMA qui fait état d'un coût d'investissement de 59 960 € à périmètre constant.

L'enveloppe

Le coût de l'enveloppe représente en moyenne 72% du coût total de rénovation énergétique. Les principaux postes de dépenses sont l'isolation des murs extérieurs (14 643 €) et des menuiseries (13 979 €). Le coût de l'isolation de la toiture est proche de 9 680 € alors que celui de l'isolation du plancher bas est aux alentours de 4 900 €.

Cependant, les coûts constatés sur l'enveloppe présentent de forte dispersion suivant les projets et les technologies mises en œuvre.

Ainsi, le coût de l'isolation par l'extérieur s'élève en moyenne à 146 €/m² surface isolant alors qu'il se situe à 57 €/m² surface isolant pour une isolation par l'intérieur. Par ailleurs, la dispersion du coût d'isolation est plus faible pour les projets isolés par l'intérieur (52 à 68 €/m² surface isolant) que pour ceux isolés par l'extérieur (70 à 203 €/m² surface isolant). Ce résultat peut s'expliquer par les différentes solutions mises en œuvre (bardage, enduit, ...) et les contraintes du projet.

Sur notre échantillon, le coût de la rénovation des toitures s'élève à 70 €/m² surface isolant. Elle concerne principalement l'isolation de toitures sous combles et rampants. Ce montant chute

à 56 €/m² surface isolant en excluant le projet à 237 €/m² surface isolant qui correspond à l'aménagement du grenier en chambre avec reprise sur pignon.

Le coût de rénovation des planchers bas étudié est de l'ordre de 86 €/m² surface isolant. Cependant, deux projets ont réalisé des travaux de gros œuvre important afin de réaliser des reprises complètes du plancher bas. En excluant ces deux projets, le coût de la rénovation s'établit autour de 50 €/m² surface isolant.

Enfin, le coût de rénovation et/ou remplacement des menuiseries s'élève en moyenne à 637 € HT/m² surface vitrée renouvelée. En retirant de l'analyse un projet spécifique avec la création d'un mur-baie vitrée sur mesure, ce coût chute à 538 € HT/m² surface vitrée renouvelée.

Sur 5 projets étudiés, le coût de la pose des menuiseries représente de 20% du lot menuiseries.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Moyenne corrigée	Maximum
Murs	€	19	4 900 €	14 643 €		28 403 €
ITI	€/m ² isolant	10	52 €	57 €		68 €
ITE	€/m ² isolant	9	70 €	146 €		203 €
Toiture	€	16	2903	13 979 €		37 918 €
	€/m ² isolant	16	23 €	70 €	56 €	237 €
Plancher bas	€	12	2 493 €	6 988 €		19 430 €
	€/m ² isolant	12	23 €	86 €	50 €	237 €
Menuiseries	€	18				
	€/m ² vitre	18	209 €	637 €	538 €	1 219 €

Figure 62 : Coût des travaux pour le lot enveloppe

Les équipements

Sur notre échantillon, le coût relatif à la rénovation des équipements (équipements et pose) représente 28% du coût de rénovation énergétique.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Moyenne corrigée	Maximum
Ventilation	€	17	200 €	3 441 €	3 644 €	9321
Hygro B	€	7	890 €	1 134 €	1 290 €	1 800 €
	€/m ² SRT	7	6 €	10 €		15 €
Double Flux	€	10	3 600 €	5 253 €		9 321 €
	€/m ² SRT	10	18 €	26 €		36 €
Chaudière Gaz (Chauffage et ECS)	€	4	4 055 €	6 368 €		10 388 €
Pompe à chaleur	€	3	8 662 €	9 675 €		9 289 €
Poêle à bois	€	5	4 348 €	6 737 €		9 453 €
ECS solaire	€	5	2 950 €	5 054 €		7 576 €
	€/m ² capteurs	5	1 012 €	1 458 €		2 388 €

Figure 63 : Coût des travaux pour le lot équipements

Le coût moyen d'installation d'un système de ventilation s'élève à 3 441 € HT. La forte variabilité de ces coûts dépend des types de travaux réalisés (achat et pose en auto-

rénovation : 200 €) et des technologies mises en œuvre. En excluant le projet en auto-rénovation, le coût moyen d'installation est de 3 644 € HT.

Par ailleurs, le coût moyen d'une ventilation double flux (5 253 € HT, soit 26 €/m² SRT) est supérieur à celui d'une ventilation simple flux hygroréglable de type B (1 290 € HT, soit 10 €/m² SRT).

Enfin, sur 5 projets étudiés, le coût de la pose d'une ventilation simple flux hygroréglable de type B représente 31% du montant du lot ventilation. Ce ratio est de 22% sur un projet équipé d'une ventilation double flux,

Le coût moyen des systèmes de chauffage dépend des technologies (chaudière gaz, pompe à chaleur, poêle à bois,...) mais aussi des services proposés (chauffage, chauffage et ECS).

A la vue de la taille de notre échantillon et la granularité de l'étude (i.e au niveau des générateurs), les valeurs moyennes sont à interpréter avec précaution. Cependant, comme pour le lot ventilation, les montants observés dans le cadre de l'Observatoire BBC sont cohérents avec l'étude du CEREMA réalisée en région Grand Est.

En parallèle, des coûts mentionnés dans le tableau ci-dessus, il est nécessaire de prendre en compte les coûts liés à la régulation et à la rénovation/installation de radiateurs ou planchers chauffants.

Un regard Energie – Euros

Une analyse sur 14 projets de maisons individuelles, ayant des informations techniques et économiques complètes, permet d'identifier l'investissement lié à la rénovation énergétique, la consommation avant et après travaux.

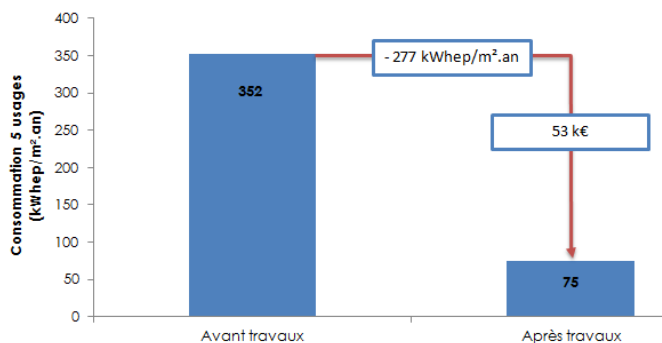


Figure 64 : Consommation avant et après travaux, investissement et écart de consommation en logements individuels

Ainsi, on constate que sur ce périmètre restreint (14 projets sur les 20 initialement identifiés), le coût de la rénovation énergétique est similaire à celui initialement identifié. Sur ces 14 projets, l'écart de consommation moyen entre la situation avant et après travaux est de 277 kWhep/m².an. On en déduit qu'un investissement moyen de 241 €⁴ permet de

baissier sa consommation énergétique de 1 kWhep/m².an.

Il est intéressant de noter que cet investissement dépend de la consommation initiale du bâtiment, et donc de sa classe DPE. Ainsi, malgré une grande disparité des ratios, plus la classe d'énergie est mauvaise (catégorie G) plus l'investissement sera efficace (115 € pour un gain de 1 kWhep/m².an) par rapport à une rénovation d'un logement d'une catégorie moins énergivore.

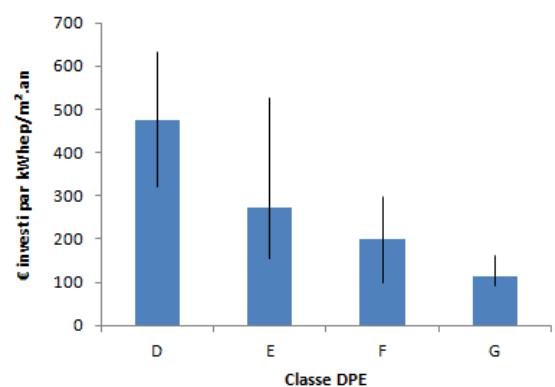


Figure 65: € investi par kWhep/m².an gagné suivant les classes DPE avant travaux

⁴ Le montant communiqué est le résultat de la moyenne des ratios de chaque et l'écart de la consommation avant/après travaux, et non le ratio entre 277 kWhep/m².an et 53 k€.