



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

Opération BBC Effinergie rénovation
Le Théodore – Paris IX
Architecte : Studios Architecture – Crédit photos
MO : Bouygues Immobilier



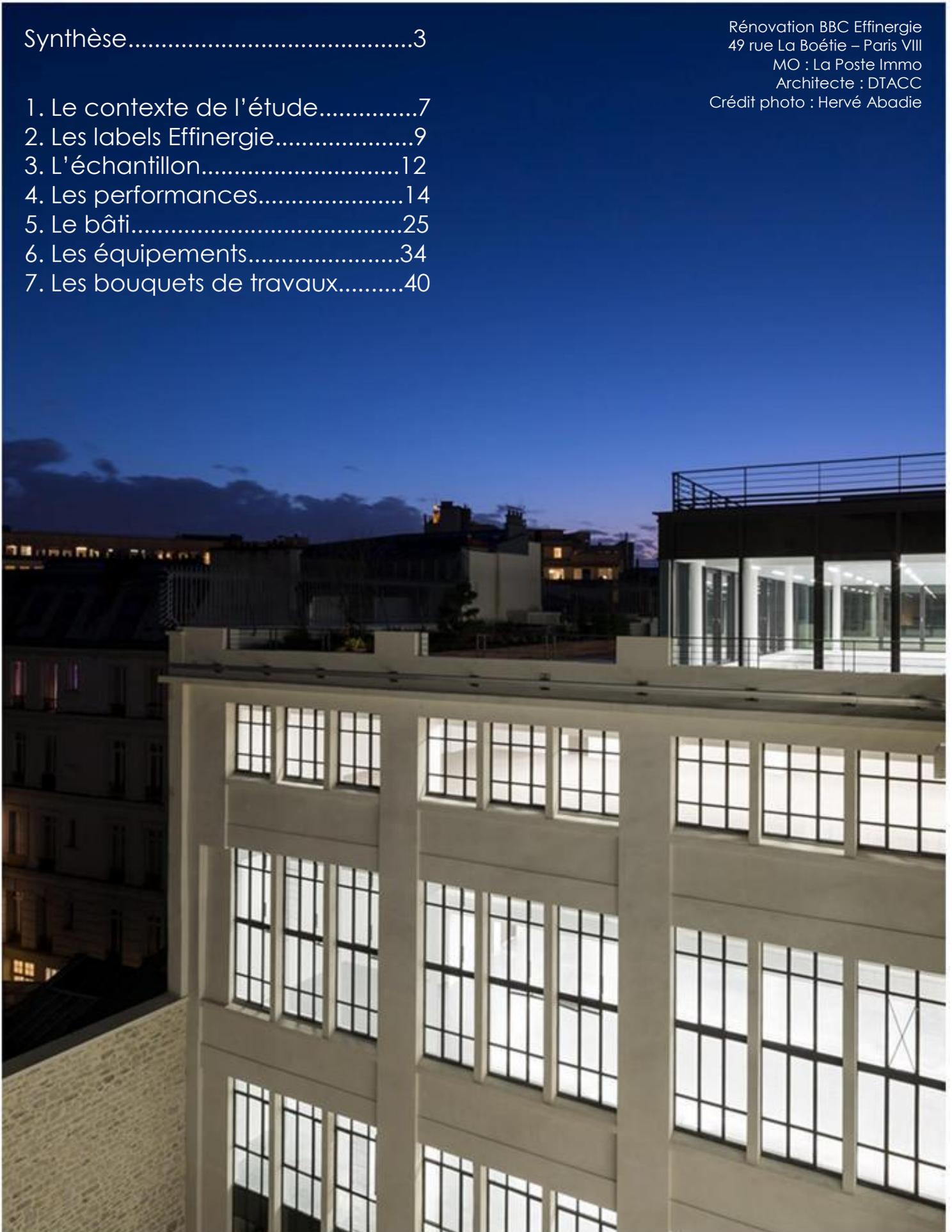
LES BATIMENTS RENOVES A BASSE CONSOMMATION

RETOUR D'EXPERIENCE

Cette étude a pour objectif de présenter un retour d'expérience sur les bâtiments rénovés à basse consommation dans le cadre des labels BBC-Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

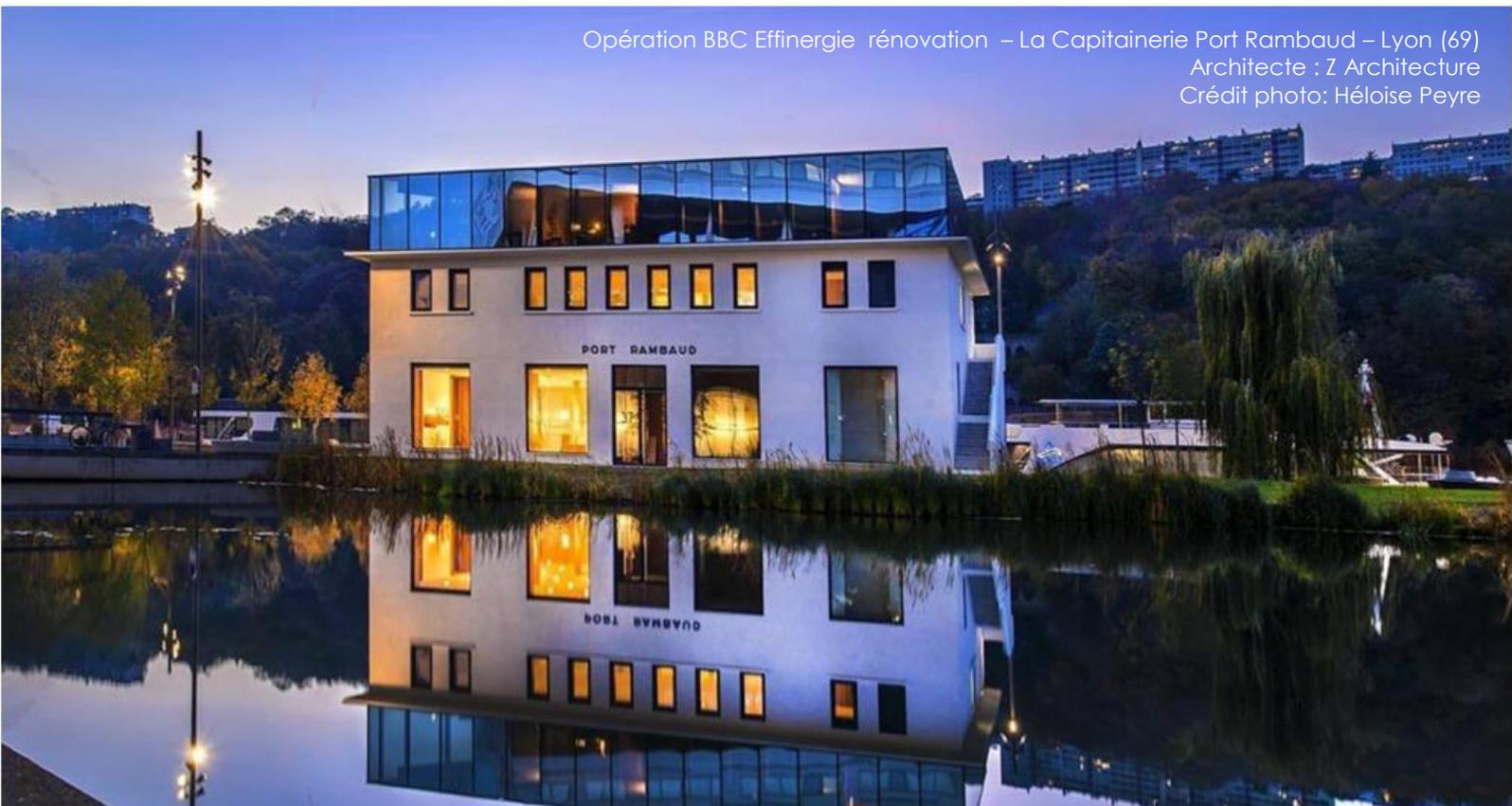
Synthèse.....	3
1. Le contexte de l'étude.....	7
2. Les labels Effinergie.....	9
3. L'échantillon.....	12
4. Les performances.....	14
5. Le bâti.....	25
6. Les équipements.....	34
7. Les bouquets de travaux.....	40

Rénovation BBC Effinergie
49 rue La Boétie – Paris VIII
MO : La Poste Immo
Architecte : DTACC
Crédit photo : Hervé Abadie



Synthèse

Opération BBC Effinergie rénovation – La Capitainerie Port Rambaud – Lyon (69)
Architecte : Z Architecture
Crédit photo: Héloïse Peyre



Définir un label préfigurateur en adéquation avec les enjeux énergétiques et environnementaux

Face à l'urgence climatique et aux défis énergétiques et environnementaux, l'association Effinergie a mobilisé l'ensemble de ses forces vives pour élaborer deux labels dédiés au secteur de la rénovation dès 2009 : les labels BBC Effinergie rénovation¹ et Effinergie rénovation. Applicables en tertiaire comme en résidentiel, ces labels fixaient des exigences reprises quelques années plus tard dans la loi de transition énergétique pour une croissance verte (LTECV) du 18 août 2015, la stratégie nationale bas carbone (SNBC)² et le plan de rénovation énergétique des bâtiments (PREB)³ en 2018.

Observer, évaluer, accompagner

Afin d'évaluer l'impact de ces labels sur la consommation énergétique et les émissions de GES⁴ du parc existant, l'association Effinergie

¹ [Arrêté du 29 septembre 2009](#)

² [Stratégie nationale bas carbone](#)

³ [Plan de rénovation énergétique des bâtiments et dossier de presse](#)

⁴ GES : Gaz à Effet de Serre

créé, en 2009, [l'Observatoire BBC](#) en partenariat avec l'ADEME et la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP).

Il a pour objectifs de valoriser des opérations rénovées, d'accompagner la massification de la rénovation basse consommation, de valoriser le savoir-faire des professionnels, de contribuer à l'élaboration des futures réglementations et de démontrer la faisabilité technico-économique des rénovations basse consommation.

Les principaux enseignements de l'étude annuelle sur la rénovation basse consommation

Chaque année, l'Observatoire BBC publie une étude sur la rénovation basse consommation. Les principaux enseignements du millésime 2019 sont résumés ci-dessous:

La dynamique des labels

Les labels Effinergie en rénovation concernent 175 000 logements (2 457 opérations) et 3,6 millions de m² en tertiaire (440 opérations). Portés essentiellement par la rénovation des logements collectifs, le marché de la rénovation basse consommation du le secteur résidentiel bénéficie

d'une forte croissance ces deux dernières années (2017 et 2018) avec plus de 33 000 logements rénovés à basse consommation par an. Le marché dans le secteur tertiaire, en décroissance depuis 2015, se concentre principalement (70%) sur la rénovation de bureaux privés situés en Région Ile de France.

En parallèle des bâtiments labélisés par les organismes certificateurs, des Régions de France ont souhaité soutenir les labels Effinergie. Elles ont lancé des appels à projets régionaux incluant des aides financières (en conception, pour l'assistance à la maîtrise d'ouvrage, aux travaux,...) conditionnées à l'atteinte du niveau BBC rénovation. Ils ciblent principalement la rénovation des maisons, des logements collectifs et des bâtiments tertiaires publics proposant une offre complémentaire à celle des labels. On estime que 150 000 logements ont été rénovés depuis 2009 dans le cadre de ces dispositifs.

Des performances énergétiques et environnementales améliorées

Les travaux de rénovation permettent d'améliorer significativement l'enveloppe thermique du bâtiment. En effet,

- les déperditions moyennes sont réduites d'un facteur 3 quel que soit l'usage du bâtiment,
- les résistances des parois sont renforcées pour atteindre, suivant l'usage du bâtiment, des valeurs de
 - o 4 à 4,7 m².K/W pour les murs,
 - o 7 à 7,3 m².K/W pour les combles/rampants, et
 - o 3,1 à 3,4 m².K/W pour les planchers bas.
- L'étanchéité à l'air des bâtiments est mesurée et améliorée.

Dans un second temps, l'installation d'équipements efficaces et dimensionnés par rapport aux besoins contribue à l'amélioration des performances énergétiques et environnementales.

Les consommations énergétiques réglementaires sont divisées par un facteur variant de 3,6 (logements individuels) à 5,5 (logements collectifs) dans le résidentiel, et par un facteur 4,2 dans le tertiaire.

En parallèle, les émissions de GES⁵ sont réduites, d'un facteur 5 (logements collectifs) à 12 (tertiaire), quels que soient les travaux réalisés incluant un éventuel changement d'énergie de chauffage.

Des solutions mises en œuvre dépendantes de critères multifactoriels

La rénovation basse consommation ne se résume pas à une offre technique unique de rénovation. Les solutions proposées prennent en compte les caractéristiques de chaque projet et dépendent de différents facteurs :

- La situation initiale du bâtiment (contraintes architecturales, matériaux de construction, orientation, travaux de rénovation antérieurs, énergie de chauffage...)
- De la localisation du bâtiment (zone climatique et altitude)
- De l'usage du bâtiment (résidentiel, bureaux, enseignements, ...)
- Du contexte du projet. Ainsi, les appels à projets régionaux peuvent conditionner l'obtention des aides financières à l'utilisation de certains matériaux, énergie de chauffage, ou énergie renouvelables (ECS solaire, photovoltaïque, chauffage biomasse, ...).

Des bouquets de travaux cohérents

Cependant, une philosophie prédomine : la rénovation basse consommation implique une approche globale de la rénovation. Ainsi, les bouquets de travaux permettant d'atteindre le niveau BBC rénovation se composent principalement d'actions agissant sur l'ensemble des parois, les baies et les équipements. Ainsi, 32% (tertiaire) à 47% (logements individuels) des projets sont rénovés avec une intervention sur l'ensemble des 7 lots (mur, toiture, plancher bas, baies, chauffage, ecs, ventilation). Plus précisément, 75% des bouquets sont composés de 7, 6 ou 5 lots de travaux.

Perspectives

Le succès des labels Effinergie en rénovation s'est construit sur une élaboration collective associant acteurs privés et publics qui faisaient sens. Par ailleurs, ils ont bénéficié d'une promotion, d'un soutien technique et financier au niveau national

⁵ Sur la base du DPE

et au niveau des territoires autour de la marque Effinergie. Enfin, la délivrance du label dans le cadre d'une certification a permis de garantir aux maîtres d'ouvrage une qualité et un contrôle des réalisations.



**Figure 1 : Rénovation BBC – Les Tchécoslovaques – MO :
Groupe Affine – Architecte : Cabinet Laurent Bansac**

Afin d'atteindre les objectifs nationaux et européens, ces rénovations basse consommation doivent être dupliquées au quotidien. Afin de lever certains freins (techniques, financiers, ...), de

nouveaux travaux sont en cours de développement au sein de l'association tels que :

- le lancement du [label Effinergie Patrimoine](#), dédié aux bâtiments rénovés avec un caractère patrimonial à préserver,
- la publication d'une étude et la réalisation d'un [état des lieux](#) des démarches nationales et régionales sur la rénovation par étape afin de garantir une rénovation globale échelonnée dans le temps,
- la participation à l'appel à projet recherche de l'ADEME B2C2 (rénovation BBC Compatibles) en partenariat avec Pouget Consultants et Eireno.

Cependant, les labels qui s'inscrivent dans une démarche volontaire, avec l'objectif d'initier une dynamique nationale, ne peuvent assurer une massification de la rénovation basse consommation sans un contexte politique garantissant un accompagnement humain, technique et financier pérenne.

L'OBSERVATOIRE BBC

Un outil pédagogique 2.0

www.observatoirebbc.org

Un périmètre

- Le territoire : La France
- Les bâtiments : Les secteurs tertiaires et résidentiels
- Le niveau énergétique :
 - Les projets labélisés Effinergie
 - Les lauréats d'appel à projets régionaux

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



Plus de 2 700 projets référencés

- 1 847 bâtiments référencés dans le neuf
 - 1 130 BBC Effinergie
 - 470 Effinergie+
 - 175 Bepos Effinergie 2013
 - 40 BBC Effinergie 2017
 - 30 Bepos Effinergie 2017
 - 2 Bepos+ Effinergie 2017
- 858 bâtiments référencés dans la rénovation
 - 858 BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

1. Le contexte de l'étude :

« Définir le contexte, le périmètre et les objectifs »



Le contexte

En avril 2018, le gouvernement a dévoilé un plan de rénovation énergétique du bâtiment. Il intervient dans un contexte énergétique spécifique puisque le secteur du bâtiment représente 45% de la consommation en énergie de la France et 27% des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)⁶. Ce plan se positionne comme une stratégie globale pour atteindre in fine la neutralité carbone et la réduction d'un facteur 4 des émissions de GES. Il se compose de 4 axes principaux :

- Faire de la rénovation énergétique des bâtiments une priorité nationale,
- Massifier la rénovation des logements et lutter contre la précarité énergétique,

- Accélérer la rénovation et les économies d'énergies des bâtiments tertiaires,
- Renforcer les compétences et l'innovation,

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

Le partenariat Etat – Effinergie

Depuis dix ans, l'association Effinergie et l'Etat développent des actions de partenariat, notamment sur la thématique de la rénovation basse consommation. Ils ont notamment créé le

⁶ Source : Ministère de la Transition Ecologique

label BBC Effinergie rénovation et l'Observatoire BBC (www.observatoirebbc.org) en partenariat avec l'ADEME et la DHUP.

Plus récemment, ce travail collaboratif se caractérise par des contributions dans le cadre de l'élaboration du futur décret tertiaire, de la redéfinition du DPE ou des futures réglementations.

Le périmètre de l'étude

L'étude se focalise sur les projets rénovés à basse consommation issus :

- des labels BBC-Effinergie rénovation et Effinergie rénovation,
- des appels à projets régionaux soutenus par les Directions Régionales de l'ADEME et les Régions.

Ces rénovations concernent des bâtiments résidentiels (collectif, individuel groupé et individuel en secteur diffus) et tertiaires.

Ils ont été rénovés sur le territoire national entre 2009 et 2018.

Les données sources

L'étude a été réalisée à partir des données de l'Observatoire BBC.

Les données techniques (étude thermique, simulation thermique dynamique, ...) 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 données économiques ont été principalement recueillies auprès de certains acteurs du projet (Maîtrise

d'ouvrage, économiste de la construction, architecte).

Les objectifs

Cette étude a pour objectifs :

- D'identifier la dynamique engendrée par les labels BBC-Effinergie rénovation et Effinergie rénovation en France,
- D'identifier les technologies utilisées dans les rénovations,
- D'analyser les solutions techniques mises en œuvre,
- De promouvoir les acteurs de la filière du bâtiment s'engageant dans des démarches exemplaires,
- D'établir des tendances technico-économiques.

Les cibles

Cette étude s'adresse à l'ensemble des acteurs de la filière de la rénovation basse consommation.

Limites de l'étude

Cette étude propose une photographie des bâtiments rénovés à basse consommation sur un périmètre défini à un instant donné. Elle apporte un éclairage sur ce marché à l'échelle nationale sans pour autant être représentative de l'ensemble des projets rénovés en France. En effet, elle ne prend pas en compte les projets en auto-rénovation ou ayant atteint un niveau BBC rénovation en dehors du cadre d'un label ou d'un appel à projet régional.

2. Les labels Effinergie en rénovation

« Caractériser la dynamique des labels Effinergie en rénovation »

Rénovation BBC-Effinergie rénovation – Rue Lacordaire – Paris XV
MO : Paris Habitat OPH – Architecte et crédit photo : Brunnuell & André Architectes



L'association Effinergie

Depuis son origine, l'association Effinergie a pour objet 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 ».

Les labels Effinergie

Moins d'un an après sa création en 2006, l'association Effinergie a su mobiliser les forces vives de sa structure pour élaborer et publier le label BBC-Effinergie, préfigurateur de la future réglementation thermique 2012 (RT2012). Véritable locomotive, ce label a permis d'expérimenter pendant plusieurs années de nouvelles notions (étanchéité à l'air, fortes exigences énergétiques, nouveaux équipements, ...) et de fédérer les acteurs autour d'un objectif énergétique commun.

En parallèle, face à l'enjeu du défi énergétique, le second chantier de l'association fut de créer un nouveau label adapté à la rénovation.

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 2009⁷ et les bâtiments construits avant 1948 peuvent prétendre au label Effinergie Rénovation, basé sur les mêmes critères, mais ne bénéficiant pas de la reconnaissance du label d'Etat. Ils ont pour objectif de labéliser des rénovations globales

⁷ [Lien pour consulter l'arrêté du 29 septembre 2009](#) relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique rénovation »

atteignant une consommation énergétique conventionnelle de 80 kWh/m².an⁸. Ces labels ciblent le marché de la rénovation dans les secteurs résidentiels (plus 35 millions de logements en France, soit 2 433 millions de m²) et tertiaires (plusieurs centaines de millions de m²).

Quelle dynamique pour les labels Effinergie en rénovation ?

Dans le secteur résidentiel, plus de 175 000 logements sont en cours de certification. Ils se répartissent sur 2 457 opérations sur l'ensemble du territoire national.

Ces labels sont délivrés exclusivement à des opérations de logements collectifs. En effet, 97% des logements rénovés, soit 85% des opérations, à basse consommation sont des logements collectifs. Ils représentent un volume de 171 446 logements en France, répartis sur plus de 2 099 opérations. Les immeubles rénovés se composent en moyenne de 83 logements.

En parallèle, le marché de la rénovation de logements individuels (3% des logements rénovés, soit 15% des opérations) se répartit entre

- 156 opérations de rénovation de logements groupés, soit 4 649 logements,
- 202 rénovations de maisons en secteur diffus.

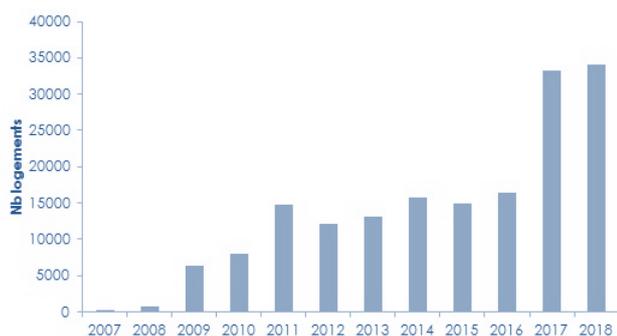


Figure 2 : Evolution du nombre de logements collectifs rénovés par année

Le nombre de logements collectifs rénovés par an a été doublé sur les deux dernières années (2017 et 2018). En effet, près de 33 700 logements ont été rénovés par an sur la période 2017-2018 alors que le rythme de rénovation était de 14 500 logements par an sur la période 2011-2016. Cette tendance s'explique par un

⁸ Pour en savoir plus sur les règles techniques du label :

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

nombre plus important d'opérations (+25% entre les deux périodes) et un volume de logements rénovés par opération en augmentation (+40% entre les deux périodes).

Dans le secteur de la rénovation des maisons groupées, près de 2 000 logements ont été rénovés en 2018 (+ 65% par rapport à 2017). Cette augmentation s'explique uniquement par un volume plus important d'opérations, le nombre de logements moyens rénovés par opérations demeurant constant entre 2017 et 2018.

Enfin, le marché de la rénovation basse consommation de la maison individuelle en secteur diffus demeure atone. Il ne concerne qu'une dizaine d'opérations par an. En parallèle de nombreuses initiatives territoriales accompagnent les particuliers pour atteindre un niveau énergétique équivalent au BBC Effinergie rénovation sans pour autant demander le label.

Ces rénovations sont concentrées autour de 5 pôles régionaux. En effet, malgré une présence sur l'ensemble du territoire national, 85% des logements rénovés à basse consommation se situent en régions

- Ile de France (43%, 73 434 logements),
- Auvergne Rhône Alpes (17%, 27 771 logements),
- Hauts de France (9%, 16 480 logements),
- Grand Est (8%, 13 405 logements),
- Normandie (6%, 10 700 logements).

En tertiaire, 440 opérations, représentant plus de 3,60 millions de m², sont concernées par un label Effinergie en rénovation.

Ce marché décroît depuis 2015. Les acteurs ont des difficultés à se mobiliser sur ce secteur. Sur le premier trimestre 2019, 7 nouvelles demandes de certification ont été déposées, soit près de 48 885 m², confirmant les chiffres des années 2018 et 2017.

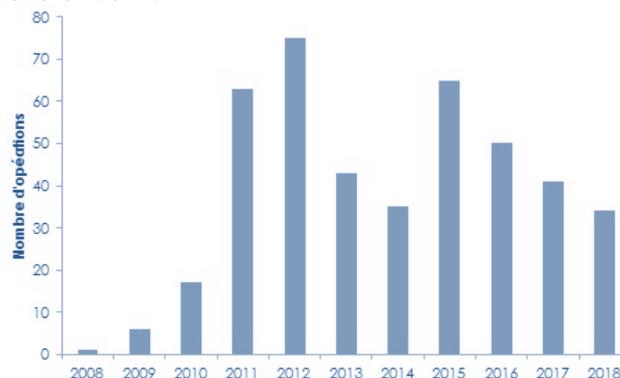


Figure 3 : Nombre de demandes annuelles de labels BBC-Effinergie rénovation en tertiaire

La rénovation basse consommation dans le secteur tertiaire est portée par la maîtrise d'ouvrage privée (n=377/434).

En effet, 94% de la surface tertiaire, soit 87% des opérations, en cours de rénovation basse consommation est sous maîtrise d'ouvrage (MO) privée. Elles concernent majoritairement des bâtiments de bureaux (n=335/377). En parallèle, les 61 opérations de rénovation sous maîtrise d'ouvrage publique se concentrent sur les bâtiments d'enseignements (n=25/61) et les bureaux (n=22/61). Quelques bâtiments de santé (n=4) de culture (n=3) et de sports (n=2) sont aussi rénovés à basse consommation.

Enfin, on constate une forte concentration des opérations en région Ile de France. En effet, dans le secteur privé, 77% des rénovations basse consommation ont lieu en région Ile de France (n=292/377). A une moindre échelle, les régions Auvergne Rhône Alpes (n=27/370), Nouvelle Aquitaine (n=11/370), Occitanie (n=11/370) et Hauts de France (n=11/370) concentrent 16% des opérations.

Dans le secteur public, les opérations (n=61) sont réparties principalement entre les régions Nouvelle Aquitaine (n=19) et Ile de France (n=17). Les autres opérations sont réparties sur huit Régions.



3. L'échantillon

« Caractériser notre échantillon et sa représentativité »



Rénovation BBC Effinergie
Lévis St Nom
Logement - Ancien Prieuré

Les maisons individuelles – 120 projets – 719 logements

L'échantillon se caractérise par une forte majorité de maisons individuelles en secteur diffus (162 logements, 82% des opérations). En parallèle, 19 maisons groupées (557 logements, 18% des opérations) ont été étudiées.

Par ailleurs, 65% des maisons individuelles étudiées ont été rénovées dans le cadre d'un label Effinergie. Les autres projets sont des lauréats d'appel à projets régionaux.

Enfin, plus de 80% des maisons étudiées sont situées dans 4 zones : H1a (39%), H1c (18%), H2a (15%), H3 (11%). Cette clé de répartition est similaire à celle de l'ensemble des projets labélisés en France.

Les logements collectifs – 328 projets – 25 589 logements

L'échantillon se compose principalement de logements sociaux (87%). Par ailleurs, 77% des projets de rénovation étudiés ont été réalisés dans le cadre d'un label Effinergie. Ils se situent principalement en zones H1a (43%), H1c (19%) et H1b (13%).

Comme pour le secteur individuel, l'échantillon de logements collectifs rénovés à basse consommation (n=328) est représentatif de l'ensemble des logements collectifs rénovés à basse consommation en France d'un point de vue géographique.

Le Tertiaire – 195 projets

L'échantillon Observatoire BBC étudié est composé de 195 opérations, soit 713 883 m². Ce sont principalement des immeubles de bureaux (65%) et des bâtiments d'enseignements (19%) rénovés.

Elles sont majoritairement issues d'appels à projets régionaux (60%).

Enfin, ces opérations sont principalement situées en zone H1a (34%), H1c (33%) et H3 (14%).

Pré-requis

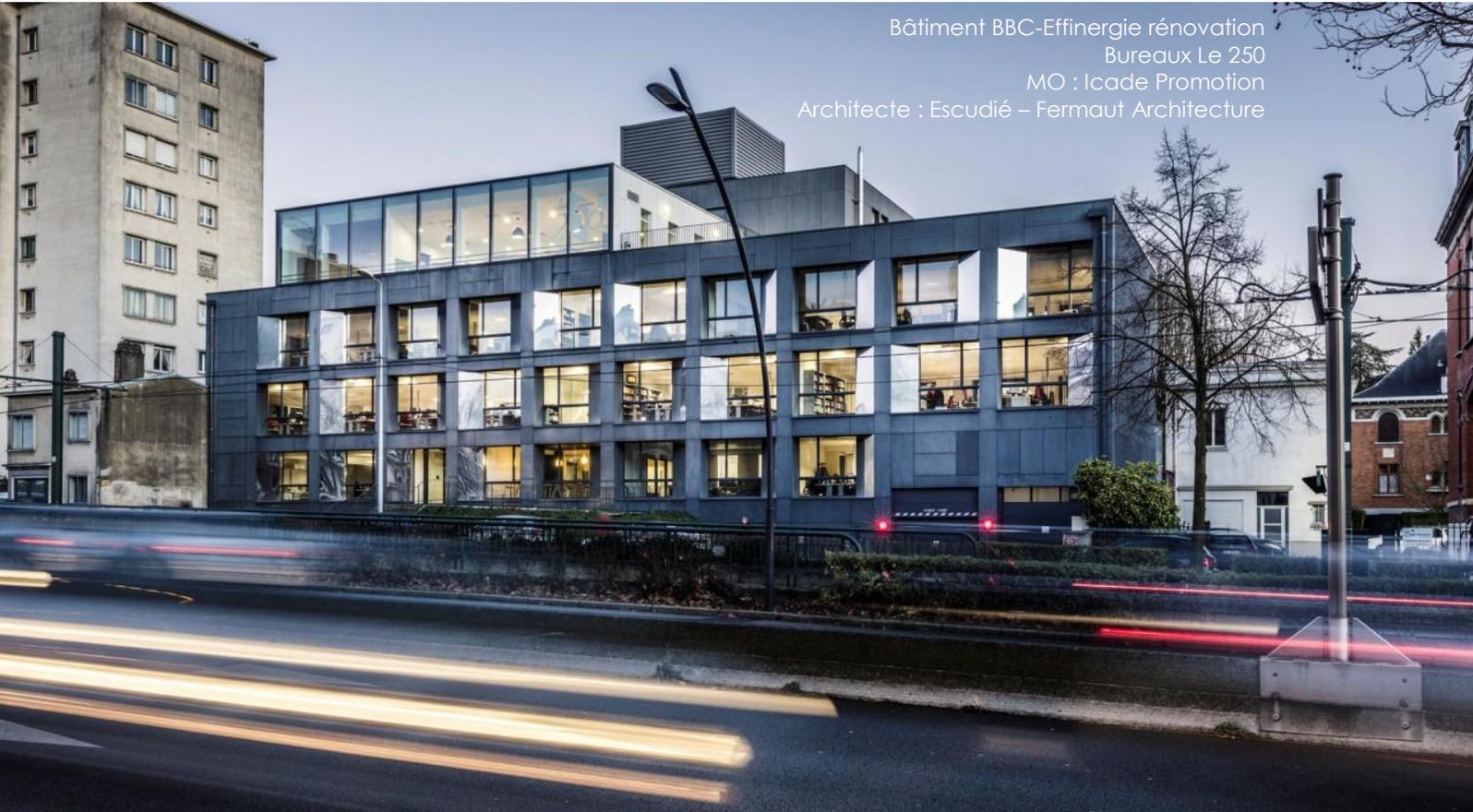
L'Observatoire BBC référence des projets qui ont bénéficié de fiches retours d'expériences en partie publique. Elles ont été conçues sur la

base 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. En parallèle, l'Observatoire BBC importe des fiches XML afin d'augmenter le nombre de projets étudiés. Ces fiches ont été communiquées et validées par les organismes certificateurs. Certains critères, tels que les matériaux ou les types d'isolants n'ont pas été pris en compte à cause de leur caractère déclaratif et leurs manques de fiabilité.

En conséquence, la taille de l'échantillon peut varier en fonction des paramètres analysés dans cette étude.

4. Les performances

« Déperditions thermiques, consommations énergétiques, ... »



Bâtiment BBC-Effnergie rénovation
Bureaux Le 250
MO : Icade Promotion
Architecte : Escudié – Fermat Architecture

Les maisons individuelles Compacité & Surface

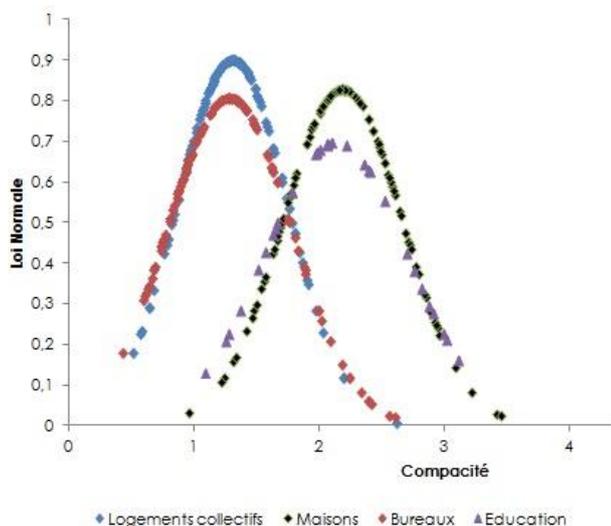


Figure 4 : Compacité des bâtiments rénovés à basse consommation

Dans cette étude, la compacité est définie par le rapport entre la surface des parois extérieures et la surface du bâtiment. Ainsi, à surface chauffée identique, plus un bâtiment est compact, plus la surface des parois déperditives est faible.

Sur notre échantillon de maisons individuelles, la compacité se situe autour de 2,2 après travaux, relativement identique à celle avant travaux (2,3). Elle est logiquement supérieure à celle des bâtiments collectifs (1,3) qui présentent une architecture plus compacte que celles des maisons individuelles.

La surface moyenne (SHON RT) après rénovation est de 160 m². Elle est très nettement supérieure à la surface moyenne des maisons individuelles en France (112,2 m² - Source Insee⁹).

⁹ Les conditions de logement en France, édition 2017 - Insee Références

On constate que 50% des projets rénovés ont une surface comprise entre 98 m² et 181 m².

22% de ces projets sont accompagnés d'un changement de surface, principalement via l'ajout d'une extension. La surface augmente alors de 12% à 150% suivant les projets.

Enfin, les maisons étudiées sont principalement construites avec un étage (64%). En parallèle, 35% des projets sont construits de plain pied (17%) ou en R+2 (19%).

La consommation énergétique

La consommation énergétique après travaux des maisons individuelles, en prenant en compte les 5 usages réglementaires et la production locale d'électricité, est de **77 kWhep/m².an**

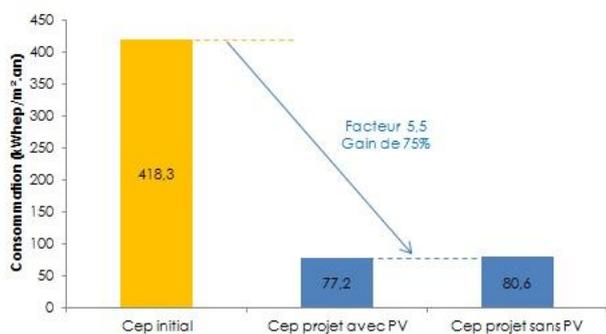


Figure 5 : Consommation énergétique avant/après travaux en maisons individuelles

La consommation énergétique réglementaire est réduite d'un facteur 5,5 grâce aux travaux de rénovation BBC, équivalent à un gain de 75% par rapport à la situation initiale.

Par ailleurs, les projets ne se contentent pas de viser l'exigence du label BBC Effinergie rénovation¹⁰. En effet, avec une consommation de 77 kWhep/m².an, les projets se situent **20% en dessous du seuil du label**, équivalent à un écart de 19,5 kWhep/m².an.

Enfin, la consommation énergétique atteint 80,6 kWhep/m².an en se focalisant uniquement sur les 5 usages réglementaires, sans prendre en compte la production locale d'électricité.

Cette consommation énergétique moyenne varie en fonction de la localisation du projet (zone climatique) et de l'énergie de chauffage.

On constate que la consommation énergétique moyenne varie de 44,6 kWhep/m².an (zone H3

– 1 projet) à 86,2 kWhep/m².an (zone H1a). Par ailleurs, quelle que soit la zone climatique, le gain entre la consommation énergétique avant et après travaux est supérieur à 70% à l'exception des projets étudiés en zone H2d (n=3) qui possédaient un niveau de consommation initiale plus faible.

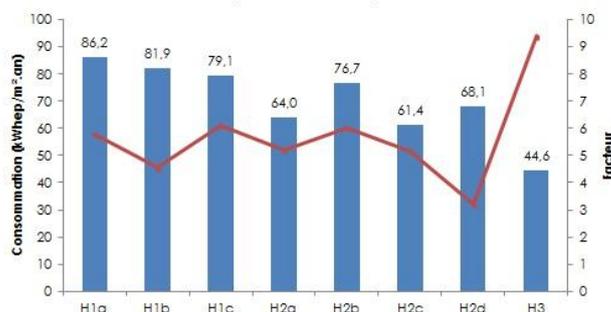


Figure 6 : Consommation énergétique et facteur entre la consommation avant/après travaux par zone climatique en logements individuels

La consommation énergétique varie aussi en fonction de l'énergie de chauffage. Ainsi, elle fluctue de 73 kWhep/m².an pour un chauffage au bois à 88 kWhep/m².an pour les logements chauffés à l'effet joule.

Energie	Nb	Cep après	Cep avant	Gain %	Facteur
Bois	17	73	466	76%	7,0
Effet Joule	9	88	486	75%	5,8
Thermo	10	75	494	79%	6,9
Fioul	6	79	255	63%	2,9
Gaz	42	77	376	74%	4,9

Figure 7 : Consommation énergétique par énergie de chauffage

Les différents niveaux de consommation énergétique en fonction de l'énergie de chauffage sont d'autant plus marqués au sein d'une même zone climatique.

¹⁰ Exigence : 80 kWhep/m².an pondéré de l'altitude et de la zone climatique.

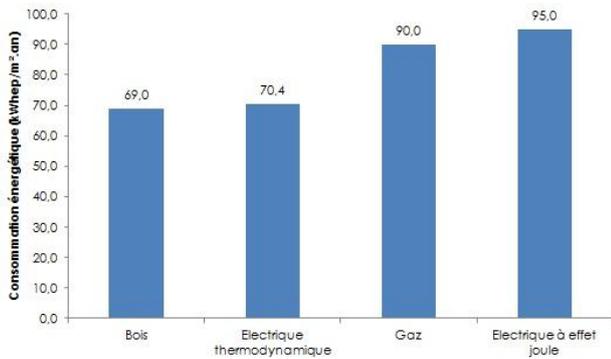


Figure 8 : Influence de l'énergie de chauffage sur la consommation énergétique au sein d'une zone climatique (exemple : H1a)

Ils s'expliquent, en partie, par les différentes valeurs du coefficient de conversion entre l'énergie primaire et finale pour le bois (0,6), le gaz (1) et l'électricité (2,58).

Les consommations relatives au chauffage (53%) et à la production d'ECS (27%) représentent 80% de la consommation énergétique réglementaire après travaux quels que soient les équipements installés. La part d'ECS peut varier de 21% à 30% en fonction de la présence d'une installation d'ECS solaire. L'éclairage est le troisième poste de consommation : il représente 10% de la consommation énergétique. La ventilation représente 6% des consommations réglementaires. Enfin, les auxiliaires représentent 4% des consommations réglementaires.

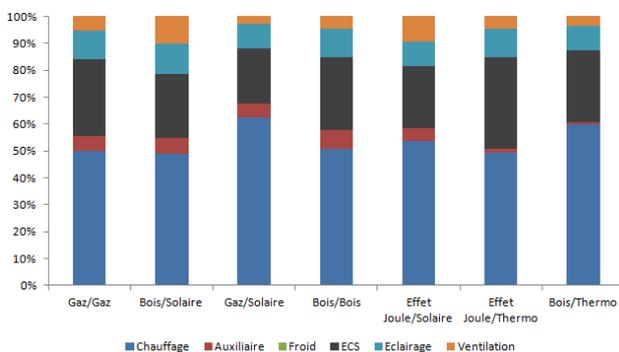


Figure 9 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant l'énergie de chauffage et d'ECS en maisons individuelles

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Les déperditions moyennes du bâtiment (Ubat) après travaux sont de l'ordre de 0,46 W/(m².K), supérieures de 24% à celles observées pour les bâtiments neufs (Ubat : de 0,35 W/(m².K)).

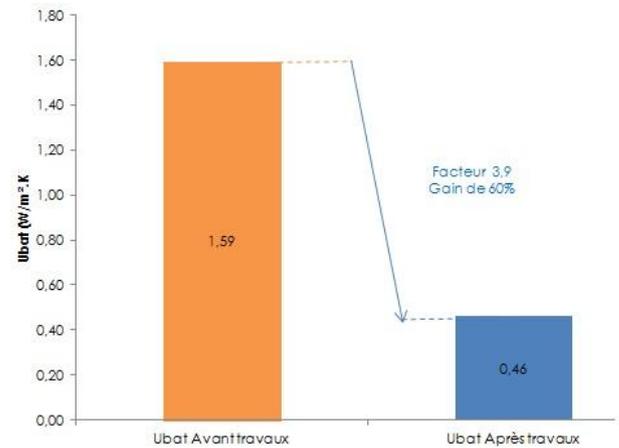


Figure 10 : Déperditions moyennes avant/après travaux en logements individuels

Elles sont réduites d'un facteur 3,9 par rapport à la situation initiale (Ubat : 1,59 W/m².K), soit un gain moyen de 60%.

Les déperditions après travaux varient en fonction de la zone climatique.

Z.C	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
H1a	47	0,48	1,59	3,8
H1b	8	0,48	1,44	3,3
H1c	21	0,41	2,11	5,5
H2a	18	0,47	1,18	2,8
H2b	5	0,37	1,76	4,7
H2c	3	0,34	1,66	4,83
H2d	5	0,43	1,00	2,3
H3	3	0,49	2,10	4,6

Figure 11 : Déperditions moyennes avant et après travaux par zones climatiques

Ainsi, les déperditions évoluent en moyenne de 0,34 W/(m².K) en zone H2c à 0,49 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. Par ailleurs, on constate qu'à niveau d'isolation équivalent (zone H3 et H1a), les niveaux de consommations énergétiques peuvent être différents (cf. figure 6).

Par ailleurs, les déperditions moyennes du bâtiment varient en fonction de l'énergie de chauffage présente après les travaux.

Elles varient de 0,37 W/(m².K) pour un chauffage électrique à 0,48 W/(m².K) pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur urbain. Ainsi, une maison chauffée à l'effet joule

sera davantage isolée qu'un logement chauffé au gaz pour atteindre le niveau BBC Effinergie.

Energie	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
Bois	26	0,43	1,53	4,0
Effet Joule	11	0,37	1,27	3,7
Thermo	12	0,46	1,29	3,1
Gaz	62	0,48	1,72	4,2

Figure 12 : Déperditions moyennes avant et après travaux par énergie de chauffage

Les pertes thermiques totales ramenées à la surface du logement (SHON RT) sont réduites d'un facteur 3,5 après travaux.

Les principales sources de pertes thermiques demeurent les murs extérieurs (25%), les baies (23%) et les ponts thermiques (20%).

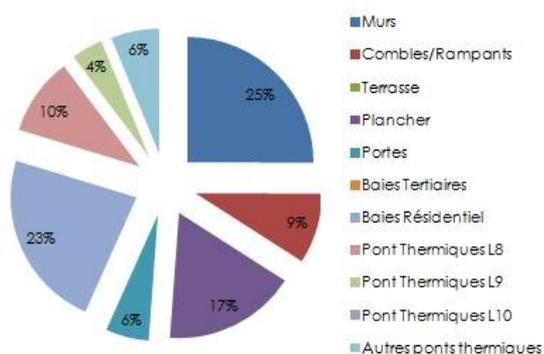


Figure 13 : Répartition des pertes thermiques par parois après travaux en logements individuels

Le poids des pertes par les ponts thermiques varie en fonction du nombre d'étage des maisons. Ainsi, il chute à 14% pour les maisons de plain pied et atteint plus de 20% pour les logements avec plus de un étage.

La perméabilité à l'air mesurée

Une isolation performante contribue à l'efficacité énergétique du bâtiment mais elle n'est pas une condition suffisante si une attention particulière n'est pas portée sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe.

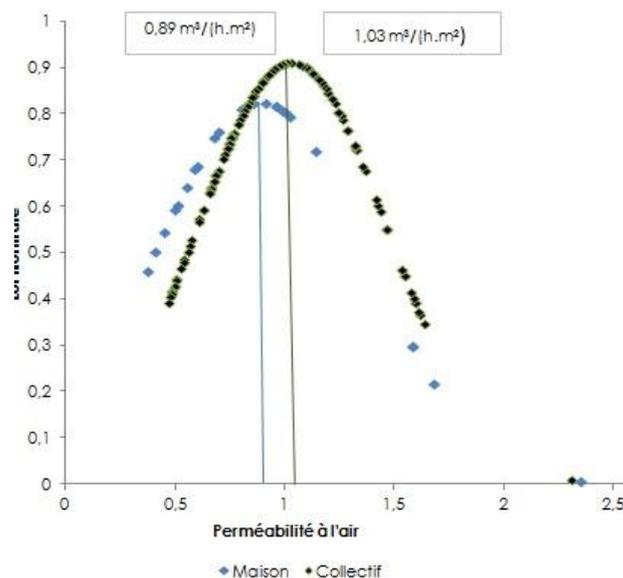


Figure 14 : Perméabilité à l'air mesurée après travaux en collectif et individuel

En parallèle, il est indispensable d'associer un système de ventilation performant et correctement entretenu afin d'éviter le développement de pathologies.

Sur notre échantillon de maisons individuelles, la perméabilité à l'air mesurée est de **0,89 m³/(h.m²) sous 4 Pa.**

Les émissions de GES

Les émissions de GES des logements rénovés ont été étudiées sur la base de l'étiquette climat du DPE. Elles sont exprimées en kg_{éq}CO₂/m²/an.

Premier constat : Tous les projets étudiés (n= 42 projets) **réduisent leurs émissions de GES** dans le cadre d'une rénovation BBC, avec ou sans changement d'énergie de chauffage.

Deuxième constat : Les émissions de GES sont réduites d'un **facteur moyen égal à 14** dans le cadre des rénovations BBC en maisons individuelles et atteignent 12 kg_{éq}CO₂/m²/an.

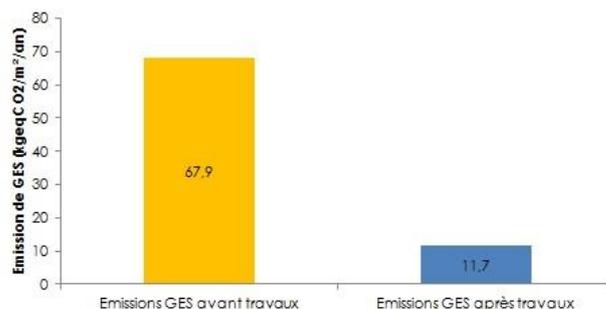


Figure 15 : Emission des GES avant/après travaux en logements individuels

Troisième constat : Ce facteur varie en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant/après travaux et du contenu CO2.

Energie chauffage avant travaux	Energie chauffage après travaux	Nb	Facteur de réduction des émissions de GES
Effet Joule	Bois	3	19
	Thermo	1	11
	Effet Joule	1	6
Fioul	Gaz	7	3
	Bois	5	43
	Effet Joule	2	35
	Gaz	3	6
Gaz	Fioul	2	2
	Bois	1	68
	Gaz	11	4
Bois	Bois	1	8

Figure 16 : Facteur de réduction des émissions de GES en logements individuels

En effet, il peut varier de :

- De 4 à 8 lors du maintien de l'énergie de chauffage durant les travaux,
- A plusieurs dizaines d'unités pour l'installation d'un chauffage au bois, ou d'une solution à effet joule en remplacement d'une chaudière au fioul.

Logements collectifs

Compacité & Surface

Les logements collectifs étudiés se caractérisent par une compacité de 1,3 similaire à celle du bâtiment avant travaux. Elle est inférieure à celle observée pour les logements individuels (2,1) et proche de la compacité observée pour les bureaux (1,24).

La surface moyenne (SHON RT) par logement est de 76 m² après rénovation.

Dans 86% des projets, la surface du bâtiment n'évolue pas. Dans les autres cas, elle :

- augmente de 27% dans 10% des projets,
- diminue de 18% dans 4% des projets.

Enfin, une majorité d'immeubles rénovés à basse consommation ont 4 (22%) ou 5 (20%) étages. Plus précisément, 82% des projets rénovés ont moins de 7 étages.

La consommation énergétique

La consommation énergétique après travaux des logements collectifs, en prenant en compte les 5 usages réglementaires et la production locale d'électricité, est de **79 kWhep/m².an**.

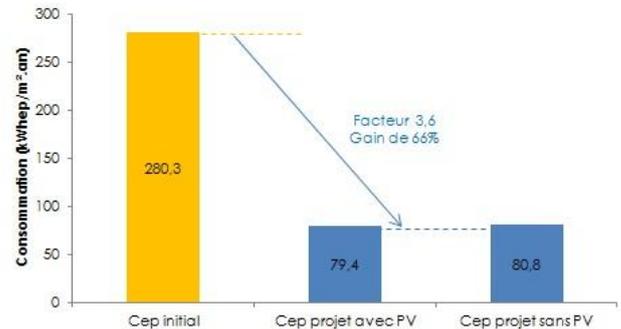


Figure 17 : Consommation énergétique avant/après travaux en logements collectifs

La consommation énergétique réglementaire est **réduite d'un facteur 3,6** grâce aux travaux de rénovation BBC, équivalent à un gain de 66% par rapport à la situation initiale.

Comme en logements individuels, les équipes projets visent un niveau de performance qui se situe au-delà de l'exigence du label BBC Effnergie rénovation¹¹. En effet, avec une consommation de 79 kWhep/m².an, les projets se situent **18% en dessous du seuil du label**, équivalent à écart de 17,6 kWhep/m².an.

Enfin, la consommation énergétique atteint 80,8 kWhep/m².an en se focalisant uniquement sur les 5 usages réglementaires, sans prendre en compte la production locale d'électricité. Le faible écart entre la consommation avec et sans production locale d'électricité met en lumière le faible taux d'installation photovoltaïque en rénovation dans le secteur résidentiel (Cf. Chapitre Equipement)

On constate que la consommation énergétique moyenne varie de 52,8 kWhep/m².an (zone H3) à 85,1 kWhep/m².an (zone H1a). Par ailleurs, quelle que soit la zone climatique, le gain entre la consommation énergétique avant et après travaux est supérieur à 61%.

¹¹ Exigence : 80 kWhep/m².an pondéré de l'altitude et de la zone climatique.

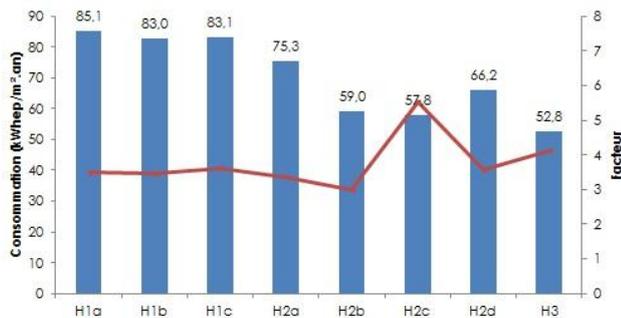


Figure 18 : Consommation énergétique et facteur entre la consommation avant/après travaux par zone climatique en logements collectifs

L'étude de la consommation énergétique en fonction de la zone climatique et de l'énergie de chauffage est limitée à la zone H1 pour les raisons suivantes :

- 87% des logements collectifs sont chauffés au gaz (65%) ou raccordés à un réseau de chaleur (22%),
- 91% des raccordés à un réseau de chaleur sont présents uniquement en zone H1.

Dans ce contexte, le niveau de consommation demeure similaire et proche de 85 kWhep/m².an.

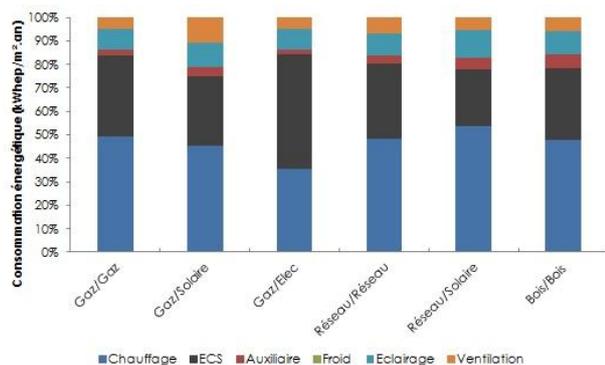


Figure 19 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant l'énergie de chauffage et d'ECS pour les logements collectifs en zone H1

Comme en logements individuels, les consommations relatives au **chauffage (47%) et à la production d'ECS (34%)** représentent **81%** de la consommation énergétique réglementaire après travaux quels que soient les équipements installés. Le chauffage était le principal poste (70%) des consommations loin devant l'ECS (15%) avant les travaux de rénovation.

Le poids des consommations d'ECS après travaux est plus important en logements collectifs (34%) qu'en maisons individuelles

(27%). Il chute à 27% lorsqu'une production d'ECS solaire a été mise en place.

L'éclairage est le troisième poste de consommation : il représente 10% de la consommation énergétique.

La ventilation représente 6% des consommations réglementaires suivant les technologies utilisées. Enfin, les auxiliaires représentent 3% des consommations réglementaires.

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Les déperditions moyennes des logements collectifs (Ubat) après travaux sont de l'ordre de 0,66 W/(m².K). Elles sont 30% plus importantes qu'en logements individuels (Ubat : 0,46 W/(m².K)).

Elles sont **réduites d'un facteur 3** par rapport à la situation initiale (Ubat : 1,91 W/m².K), soit un gain moyen de 61%.

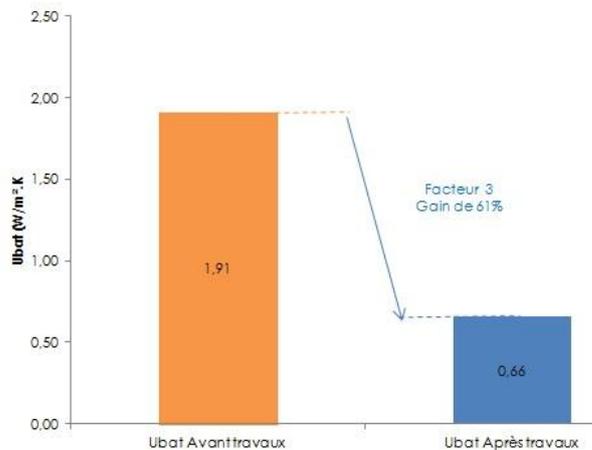


Figure 20 : Déperditions moyennes avant/après travaux en logements collectifs

Les déperditions après travaux varient en fonction de la zone climatique. Ainsi, elles évoluent en moyenne de 0,74 W/(m².K) en zone H1c à 0,56 W/(m².K) en zone H2c¹².

Z.C	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
H1a	141	0,74	2,14	3,09
H1b	43	0,58	1,73	3,04
H1c	63	0,58	1,65	2,99
H2a	22	0,71	1,53	2,33
H2b	13	0,64	1,62	2,30
H2c	18	0,56	2,00	3,69
H2d	6	0,54	1,75	3,65

¹² Compte tenu du nombre de projets par zone climatique, les projets en zone H2d n'ont pas été pris en compte

H3	22	0,66	1,99	3,11
----	----	------	------	------

Figure 21 : Déperditions moyennes avant et après travaux par zones climatiques

Par ailleurs, les déperditions moyennes du bâtiment varient en fonction de l'énergie de chauffage présente après les travaux.

Energie	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
Bois	19	0,61	1,75	2,8
Effet Joule	13	0,44	1,81	4,2
Gaz	216	0,65	1,89	3,1
Réseau	69	0,77	2,10	2,8

Figure 22 : Déperditions moyennes avant et après travaux par énergie de chauffage

Elles varient de 0,44 W/(m².K) pour un chauffage électrique à 0,77 W/(m².K) pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur urbain. Ainsi, un bâtiment chauffé à l'électricité sera davantage isolé qu'un immeuble raccordé au réseau de chaleur pour atteindre le niveau BBC Effinergie.

Ces constats sont d'autant plus vérifiés lorsque l'on étudie les déperditions moyennes par énergie de chauffage au sein d'une même zone climatique.

Les pertes thermiques totales (HT) ramenées à la surface du logement (SHON RT) sont réduites d'un facteur 2,7 après travaux.

Les principales sources de pertes thermiques demeurent les baies (35%), les murs (27%) et les ponts thermiques (21%).

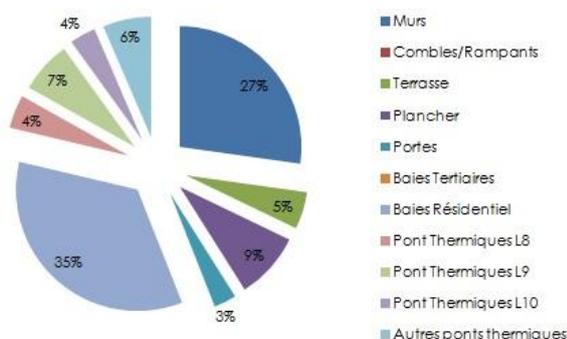


Figure 23 : Répartition des pertes thermiques par parois après travaux en logements collectifs

Le poids des pertes par les ponts thermiques varie en fonction du type d'isolation mis en œuvre.

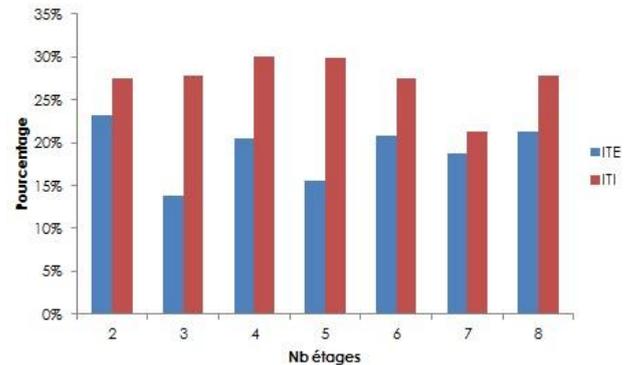


Figure 24 : Poids des pertes par ponts thermiques en fonction du type d'isolation et du nombre d'étages.

Ainsi, quel que soit le nombre d'étages, le pourcentage des pertes par ponts thermiques lors d'une ITE (19%) est systématiquement inférieur à celui constaté quand une ITI (28%) est mise en œuvre.

La perméabilité à l'air mesurée

Sur notre échantillon, la perméabilité moyenne mesurée est de 1,03 m³/(h.m²) sous 4 Pa.

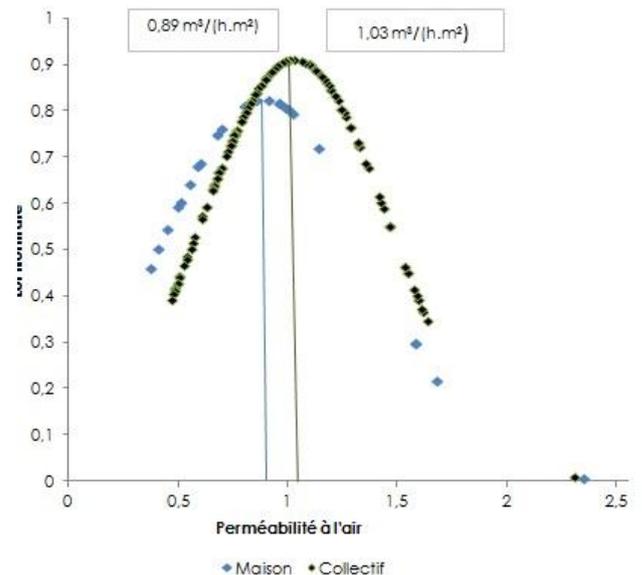


Figure 25 : Perméabilité à l'air après travaux en collectif et individuel

Les émissions de GES

Les émissions de GES des logements rénovés ont été étudiées sur la base de l'étiquette climat du DPE. Elles sont exprimées en kg_{éq}CO₂/m²/an.

Premier constat : Tous les projets étudiés (n= 148 projets) réduisent leurs émissions de GES dans le cadre d'une rénovation BBC, avec ou sans changement d'énergie de chauffage.

Deuxième constat : Les émissions de GES sont réduites en moyenne d'un **facteur 5** dans le cadre d'une rénovation BBC en logements collectifs et atteignent 16 kg_{éqCO2}/m²/an.

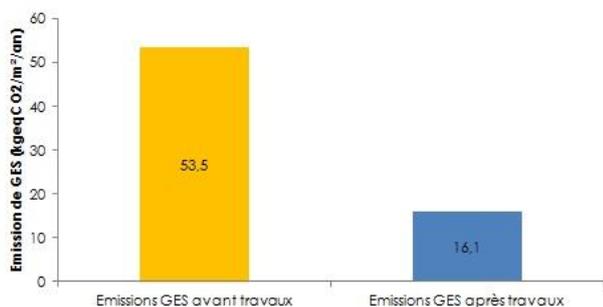


Figure 26 : Emission des GES avant/après travaux en logements collectifs

Troisième constat : Ce facteur varie en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant/après travaux et du contenu CO2.

Energie chauffage avant travaux	Energie chauffage après travaux	Nb	Facteur de réduction des émissions de GES
Effet Joule	Bois	3	18
	Thermo	1	13
	Effet Joule	1	11
	Gaz	17	2
Fioul	Bois	1	38
	Gaz	4	4
	Fioul	5	4
Gaz	Bois	3	34
	Effet Joule	1	38
	Gaz	80	3
	Réseau	2	13
Réseau	Réseau	25	3

Figure 27 : Facteur de réduction des émissions de GES en logements collectifs

En effet, il peut varier :

- De 3 à 11 lors du maintien de l'énergie de chauffage durant les travaux,
- A plusieurs dizaines d'unités pour l'installation d'un chauffage au bois.

Les bâtiments tertiaires

Compacité & Surface

Les bâtiments tertiaires étudiés se caractérisent par une compacité égale à 1,45. Cependant, elle varie suivant l'usage du bâtiment. Ainsi, les bureaux ont une compacité (1,24) 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 (2,2).

Type	Nb	Surface		
		Min	Moyenne	Max
Autre	18	109	973	4500
Bureau	123	106	4956	39809
Education	35	180	1529	8065
Santé	8	359	1987	9727

Figure 28 : Surface des bâtiments tertiaires rénovés

Notre échantillon se caractérise par une forte disparité des tailles de projets. En effet, la surface des bâtiments étudiés varie fortement d'un projet à l'autre.

Les projets de rénovation étudiés concernent aussi bien :

- des bureaux de grandes surfaces, caractéristiques des tours à la Défense que des mairies de petites collectivités,
- des bâtiments d'éducation : du petit groupe scolaire en milieu rural aux lycées.
- ...

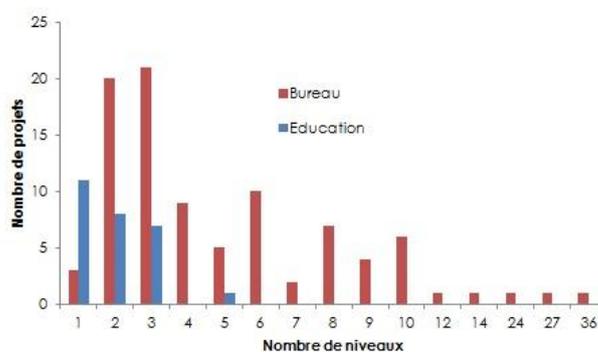


Figure 29 : Nombre d'étages des bâtiments tertiaires étudiés

Enfin, le nombre d'étages des opérations étudiées varie en fonction de l'usage du bâtiment. En effet, 78% des bureaux ont moins de 7 étages, alors que 83% des bâtiments d'éducation sont construits en R+2 au maximum.

La consommation énergétique

La consommation énergétique après travaux des bâtiments tertiaires, en prenant en compte les 5 usages réglementaires et la production locale d'électricité, est de **72 kWhep/m².an**.

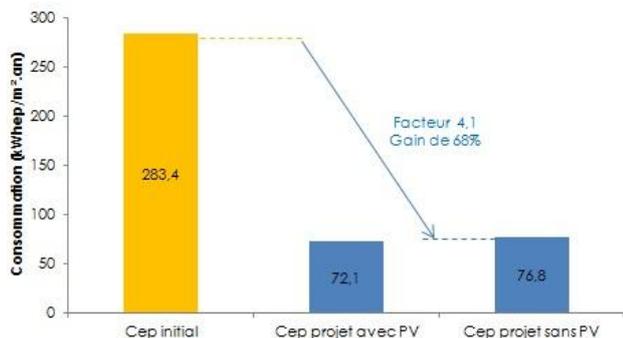


Figure 30 : Consommation énergétique avant/après travaux en tertiaire

La consommation énergétique réglementaire est **réduite d'un facteur 4,1** grâce aux travaux de rénovation BBC, équivalent à un gain de 68% par rapport à la situation initiale.

Comme dans le secteur résidentiel, les projets ont des performances énergétiques bien en deçà des exigences du label BBC rénovation.¹³ En effet, avec une consommation de 72 kWhep/m².an, les projets se **situent 19% en dessous du seuil du label**, équivalent à écart de 17 kWhep/m².an.

Enfin, la consommation énergétique atteint 76,8 kWhep/m².an en se focalisant uniquement sur les 5 usages réglementaires, sans prendre en compte la production locale d'électricité.

Notre échantillon est composé principalement de bâtiments de bureaux et d'éducation. Les consommations énergétiques sont relativement proches entre les différents usages du bâtiment.

Usage	Nb	Cep après	Cep avant	Gain %	Facteur
Bureau	126	69,5	259	73%	3,7
Education	37	58,8	301	80%	5,1

Figure 31 : Consommation énergétique par usage de bâtiment

Par ailleurs, il est important de distinguer la consommation énergétique des bâtiments tertiaires en fonction de la présence d'un système de refroidissement.

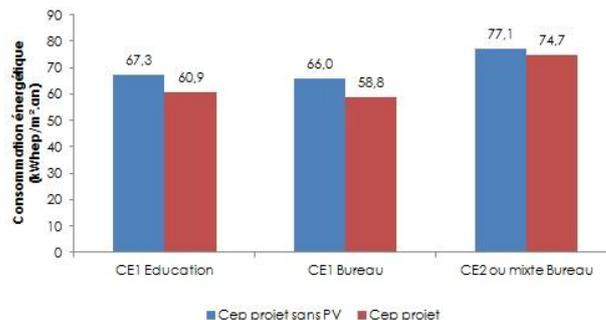


Figure 32 : Consommation énergétique sur les 5 usages (avec ou sans prise en compte du photovoltaïque) suivant l'usage et la présence de système de refroidissement

Sur 117 projets étudiés, on estime qu'un bureau climatisé consommera 10 kWhep/m² SHON de plus qu'un bâtiment sans système de refroidissement.

L'analyse par zones climatiques est pertinente si l'on considère des projets composés de bâtiments bénéficiant d'un usage (bureau ou éducation) et de catégorie de froid (avec ou sans) identiques, mais répartis sur différentes zones climatiques. Or, à ce jour, les bâtiments tertiaires sont à 68% en zone H1. Un découpage par usage et catégorie de froid ne permet pas d'avoir des tailles de lots suffisantes pour réaliser des statistiques.

Les principaux postes de consommation varient en fonction de l'usage du bâtiment, de la présence d'un système de froid et de l'énergie de chauffage.

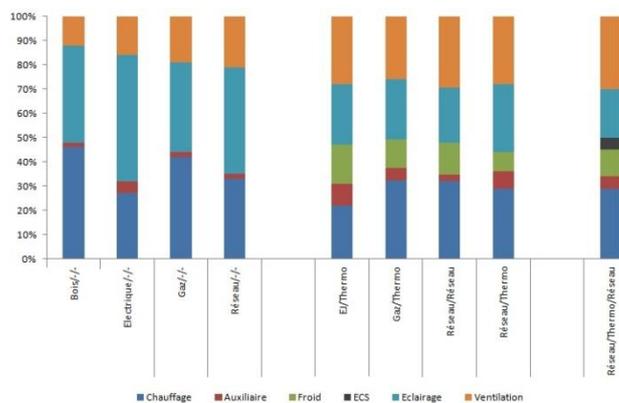


Figure 33 : Répartition des 5 usages réglementaires suivant l'énergie de chauffage, de froid et d'ECS en tertiaire

¹³ Exigence : 60% de la consommation de référence

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 (46%) et l'éclairage (31%). La ventilation représente 19% des consommations.

Dans le cadre de bâtiments de bureaux non refroidis, les 3 principaux postes de consommations demeurent le chauffage (38%), l'éclairage (41%) et la ventilation (18%).

Enfin, dans le cas de bureaux équipés de système de refroidissement, la part du froid représente 15% des consommations derrière le chauffage (26%), l'éclairage (25%) et la ventilation (27%).

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Les déperditions moyennes des bâtiments tertiaires (Ubat) après travaux sont de l'ordre de 0,59 W/(m².K).

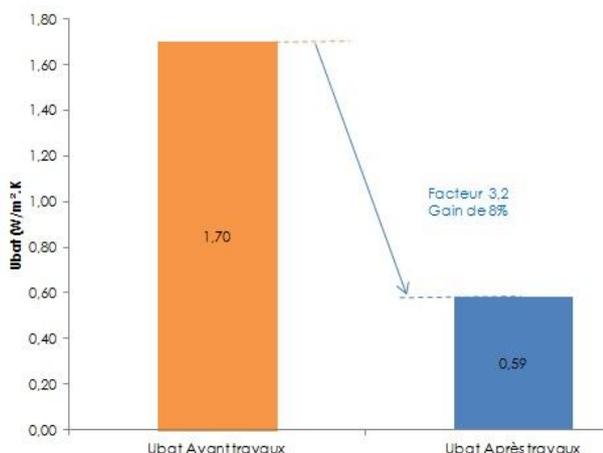


Figure 34 : Déperditions moyennes avant/après travaux en tertiaires

Elles sont réduites d'un **facteur 3,2** par rapport à la situation initiale (Ubat : 1,7 W/m².K), soit un gain moyen de 58%.

Les déperditions après travaux varient en fonction de la zone climatique. Ainsi, elles évoluent en moyenne de 0,74 W/(m².K) en zone H1a à 0,44 W/(m².K) en zone H2c.

Z.C	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
H1a	66	0,74	1,78	2,67
H1b	2	0,64	2,81	2,94
H1c	62	0,46	1,50	3,29
H2a	6	0,48	1,36	3,00
H2b	5	0,53	1,95	3,44
H2c	12	0,44	1,96	4,78

H2d	11	0,48	1,39	3,05
H3	27	0,54	2,05	4,21

Figure 35 : Déperditions moyennes avant et après travaux par zones climatiques

Par ailleurs, les déperditions moyennes du bâtiment varient en fonction de l'énergie de chauffage présente après les travaux.

Energie	Nb	Ubat après (W/m².K)	Ubat avant (W/m².K)	Facteur
Bois	36	0,47	1,71	4,2
Effet Joule	55	0,58	1,59	2,9
Thermo	15	0,57	1,43	2,6
Gaz	41	0,50	1,85	3,8
Réseau	41	0,73	1,83	2,6

Figure 36 : Déperditions moyennes avant et après travaux par énergie de chauffage

Elles varient de 0,47 W/(m².K) pour un chauffage au bois à 0,73 W/(m².K) pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur urbain.

Les pertes thermiques totales (HT) ramenées à la surface du logement (SHON RT) sont réduites d'un facteur 3,1 après travaux.

Les principales sources de pertes thermiques demeurent les baies (40%), les murs (21%) et les ponts thermiques (17%).

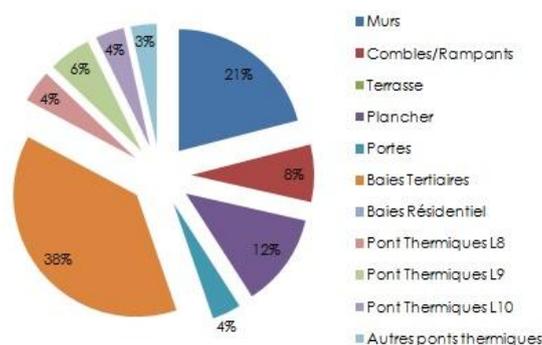


Figure 37 : Répartition des pertes thermiques par parois après travaux en tertiaire

La perméabilité à l'air mesurée

Sur notre échantillon, la perméabilité moyenne mesurée est de **1,07 m³/(h.m²) sous 4 Pa**.

Les émissions de GES

Les émissions de GES des logements rénovés ont été étudiés sur la base de l'étiquette climat du DPE. Elles sont exprimées en $\text{kg}_{\text{éqCO}_2}/\text{m}^2/\text{an}$.

Premier constat : Tous les projets étudiés (n= 65 projets) réduisent leurs émissions de GES dans le cadre d'une rénovation BBC, avec ou sans changement d'énergie de chauffage.

Deuxième constat : Les émissions de GES sont réduites d'un facteur moyen de 12 dans le cadre d'une rénovation BBC en tertiaire et atteignent $7 \text{ kg}_{\text{éqCO}_2}/\text{m}^2/\text{an}$.

Troisième constat : Comme dans le secteur résidentiel, ce facteur varie en fonction de l'énergie de chauffage utilisée avant/après travaux et du contenu CO₂.

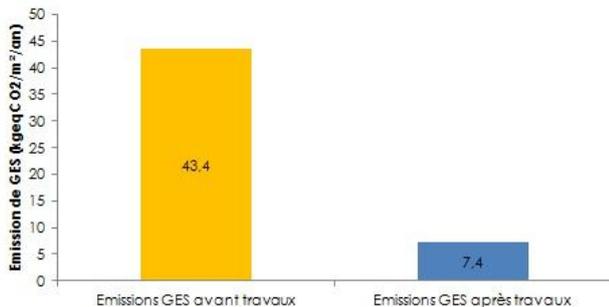


Figure 38 : Emission des GES avant/après travaux en tertiaire

SYNTHESE PERFORMANCE

- **Une qualité thermique de l'enveloppe renforcée** après les travaux de rénovation
⇒ les déperditions totales du bâtiment après travaux sont réduites, en moyenne, d'un facteur 3 quel que soit l'usage du bâtiment.
- **Des consommations énergétiques fortement réduites**
⇒ Les consommations avant travaux sont réduites d'un
 - facteur 3,6 (logements collectifs) à 5,5 (logements individuels),
 - facteur 4,2 en tertiaire.
- **Un niveau de consommation à l'objectif**
⇒ La consommation énergétique intégrant la production locale d'électricité avoisine les
 - 78 kWh_{ep}/m².an dans le résidentiel,
 - 72 kWh_{ep}/m².an en tertiaire.
- **Des émissions de GES réduites dans le cadre des rénovations BBC**
⇒ Les émissions de GES avant travaux sont réduites d'un
 - facteur 5 (logements collectifs) à 14 (logements individuels)
 - facteur 12 en tertiaire.

5. Le bâti

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



La maison individuelle

Murs verticaux

Les maisons individuelles issues de notre échantillon (n=120) sont construites principalement en parpaing (38%), en pierres (29%) et en briques (22%).

Sur cette échantillon, 80% des bâtiments ont rénové leurs parois extérieures.

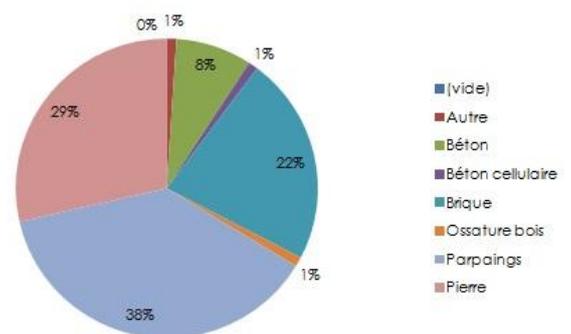


Figure 39 : Répartition des matériaux de construction des projets rénovés en maisons individuelles

L'isolation par l'intérieur¹⁴ demeure la solution la plus préconisée (ITI : 50%). En parallèle, 36% ont été isolées par l'extérieur¹⁵ et 13% ont associé une ITE à une ITI, le plus souvent présente avant les travaux.

On note que l'isolation mise en œuvre dépend du matériau de construction.

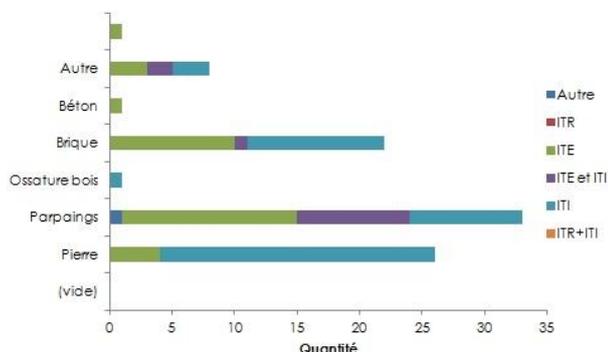


Figure 40 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des maisons individuelles

Ainsi, une ITI est mise en œuvre dans 80% des maisons construites en pierre alors que l'ITE n'est proposée que dans 16% des cas. A contrario, les maisons en parpaings et en briques bénéficient respectivement d'une l'isolation par l'extérieur dans 70% et 50% des cas.

Près de 75% des murs sont isolés avec de la laine minérale (39%) et du plastique alvéolaire (33%). Les écomatériaux, principalement la fibre de bois (11%) et la ouate de cellulose (4%), sont proposés en grande majorité dans les lauréats des appels à projets régionaux. Ainsi, près de 20% des maisons lauréates d'appel à projets régionaux ont isolé leurs murs avec des écomatériaux alors que seulement 4% des maisons rénovées et labélisées bénéficient d'une telle solution écologique.

Les maîtres d'ouvrage ont tendance à privilégier certains isolants en fonction de la solution mise en œuvre. Ainsi, les isolants de type plastique alvéolaire (polystyrène expansé, et tous autres types de polystyrènes, ..) sont principalement proposés (54%) dans le cadre d'une ITE, devant la laine minérale (15%) et les éco-matériaux (15%).

¹⁴ ITI : Isolation par l'intérieur
¹⁵ ITE : Isolation par l'extérieur

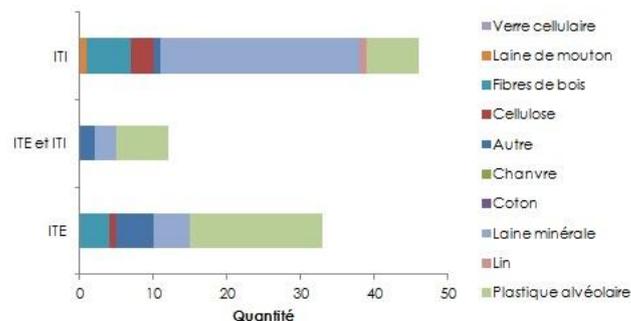


Figure 41 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en maisons individuelles

La résistance thermique moyenne des murs extérieurs est de 4,6 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 75%, soit un facteur 4, par rapport à la résistance moyenne avant travaux (1,2 m².K/W). Elle varie de 5,9 m².K/W dans le cas d'une ITI+ITE à 3,9 m².K/W lors d'une ITI.

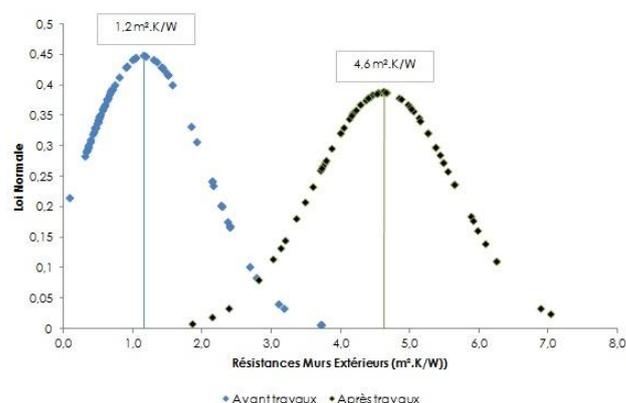


Figure 42 : Résistances des murs avant et après travaux en logements individuels

Les ITE permettent d'atteindre en moyenne une résistance thermique de l'ordre de 4,8 m².K/W.

Toitures

Sur notre échantillon, les toitures des maisons étudiées sont des combles (46%) ou des rampants (42%). Seulement 6% des projets étudiés ont une toiture terrasse.

Sur l'échantillon étudié, 84% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (60%). Une isolation à base d'éco-matériau a été mise en œuvre dans 34% des cas (22% de ouate de cellulose et 11% de fibre de bois, 1% coton). Comme pour l'isolation des murs extérieurs, ce ratio varie en fonction de l'origine du projet. Ainsi, près de 52% des lauréats d'appels à projets régionaux ont utilisé des éco-matériaux alors qu'ils ne sont que 24% dans le cadre d'une labélisation.

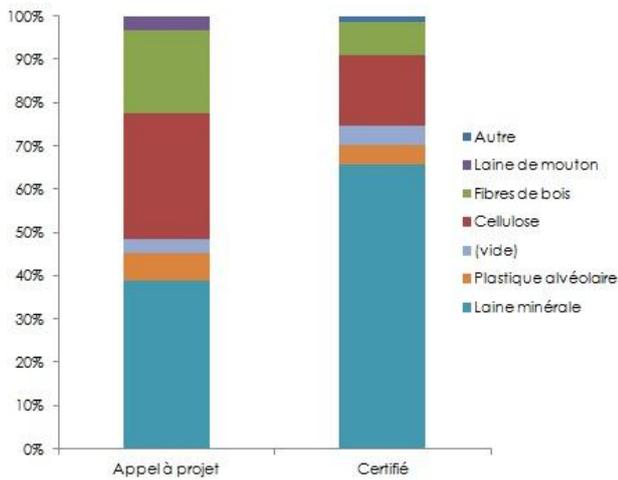


Figure 43 : Répartition de l'isolant de toiture suivant l'origine du projet en maisons individuelles

La résistance thermique moyenne des toitures est de 7 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 65%, soit un facteur 2,9 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (2,4 m².K/W). Elle varie de 6,2 m².K/W sous rampants à 8,2 sous combles.

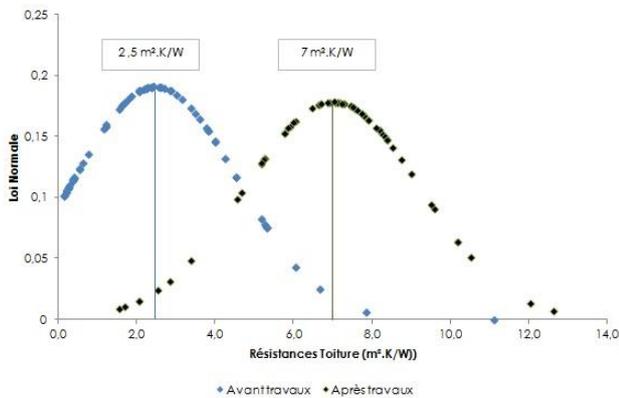


Figure 44 : Résistances des toitures avant et après travaux en logements individuels

Plancher bas

Les maisons de notre échantillon ont été principalement construites sur terre plein (58%). Les constructions sur sous-sol/parking (22%) et vide sanitaire (15%) regroupent 37% de notre échantillon.

64% des dalles des planchers bas ont bénéficié d'une rénovation énergétique.

L'isolation a été réalisée principalement avec du plastique alvéolaire (polyuréthane) sous chape.

La résistance thermique moyenne des planchers bas est de 3,4 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 71%, soit un facteur 2,4 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (14 m².K/W).

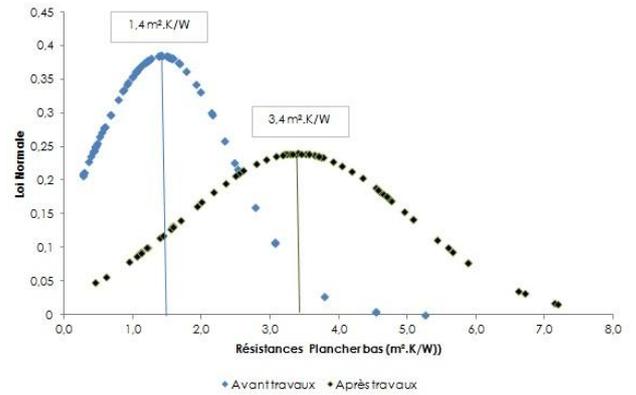


Figure 45 : Résistances des planchers bas avant et après travaux en logements individuels

Baies

Dans notre échantillon, 86% des fenêtres ont été rénovées dans le cadre des travaux.

Après rénovation, les maisons individuelles sont équipées principalement de menuiseries en PVC (47%) et bois (32%). Les menuiseries en aluminium représentent 13% des châssis installés. Par ailleurs, les menuiseries bois/aluminium sont présentes dans 6% des projets. On constate que la répartition des technologies dépend de l'origine des projets.

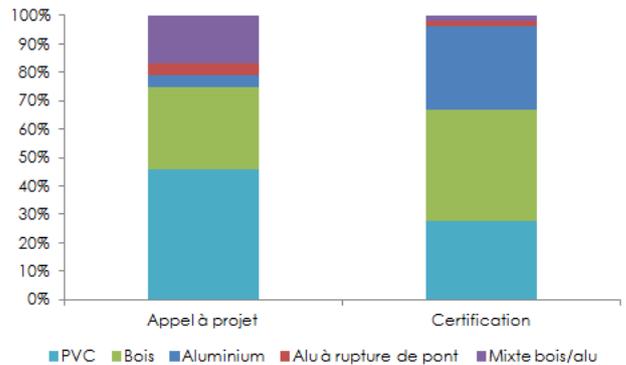


Figure 46 : Répartition des baies suivant l'origine du projet en logements individuels

Par ailleurs, 14% des baies installées dans le cadre d'une rénovation basse consommation sont des triples vitrages. Elles sont principalement installées dans des maisons situées en zone H1 (62%) et H2 (31%).

Enfin, le niveau de performance des baies après rénovation se situe autour de 1,4 W/m².K (U_{jn}), soit une amélioration de 48% des performances par rapport à l'état initial (U_{jn} : 2,9 W/m².K).

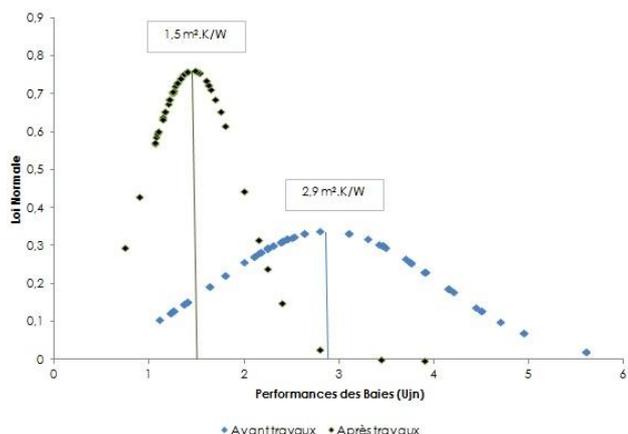


Figure 47 : Performance des vitrages avant/après travaux en logements individuels

Les logements collectifs

Murs verticaux

Les immeubles de notre échantillon (n=328) sont principalement construits en béton (56%), pierres (20%) et en briques (13%). Les constructions en parpaings ne représentent que 7% de notre échantillon et les constructions en ossature bois rénovées sont négligeables (1%).

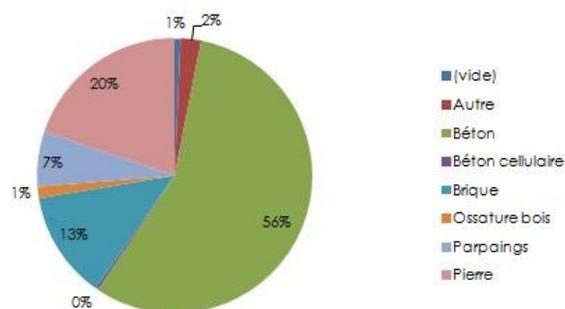


Figure 48 : Répartition des matériaux de construction des projets rénovés en logements collectifs

Sur cette échantillon, 90% des bâtiments ont isolé leurs parois extérieures.

L'ITE est mise en œuvre dans 60% des rénovations. En parallèle, 12% des projets bénéficient d'une ITE en complément d'un doublage intérieur souvent présent avant les travaux. L'ITI n'est proposée que dans 28% des rénovations.

Par ailleurs, on constate que le type d'isolation proposée dépend du matériau de construction. Ainsi, 73% des immeubles en béton ont été isolés par l'extérieur, alors que 76% des bâtiments en pierres ont bénéficié d'une ITI. Enfin, les structures en briques ou en parpaings sont relativement équitablement isolées par l'intérieur ou par l'extérieur.

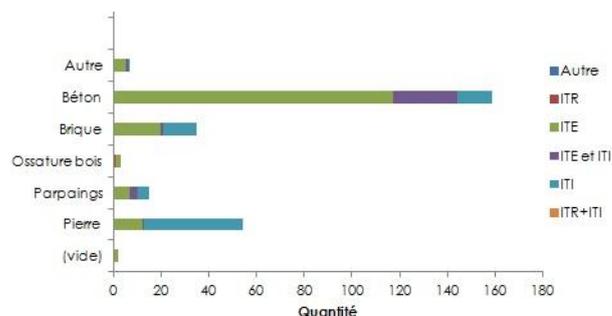


Figure 49 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des logements collectifs

Sur la base de notre échantillon, les murs des logements collectifs sont isolés à 91% avec du plastique alvéolaire (56%) ou de la laine minérale (35%). Les écomatériaux ne représentent que 3% des isolants mis en œuvre. Comme précédemment évoqué, l'isolant utilisé dépend de la solution d'isolation. Ainsi, 64% des projets bénéficiant d'une ITE ont été isolés avec du plastique alvéolaire (67%) ou de la laine minérale (26%). A contrario, la laine minérale (60%) est privilégiée dans le cadre d'une isolation par l'intérieur par rapport au plastique alvéolaire (32%).

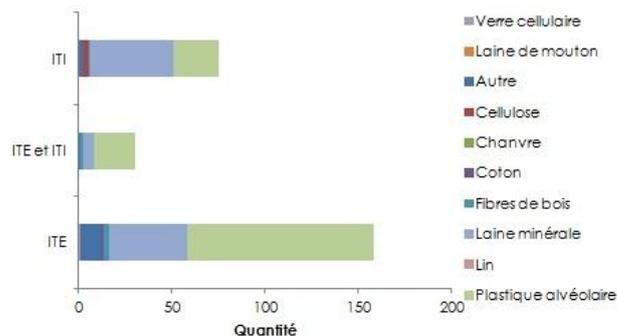


Figure 50 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en logements collectifs

La résistance thermique moyenne des murs extérieurs est de 4,1 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 76%, soit un facteur 4,2 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (1 m².K/W). Elle varie de 5,3 m².K/W dans le cas d'une ITI+ITE à 3,7 m².K/W lors d'une ITI.

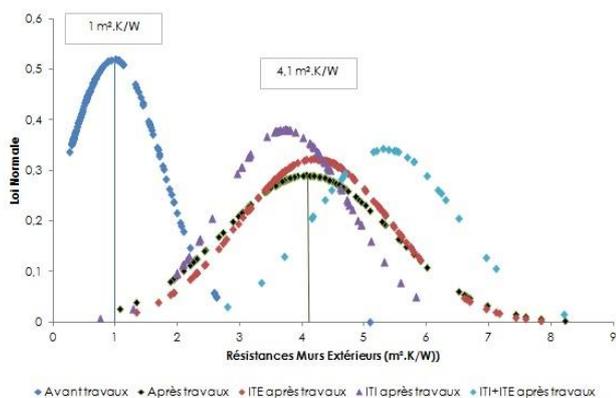


Figure 51 : Résistances des murs avant et après travaux en logements collectifs

Les ITE permettent d'atteindre en moyenne une résistance thermique de l'ordre de 4,2m².K/W.

Toitures

Plus d'un bâtiment collectif sur deux étudié dans le cadre de notre étude possède une toiture terrasse (51%). En parallèle, les autres projets ont été construits avec des rampants (14%) et les combles perdus (27%).

Sur cet échantillon, près de 85% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (48%) et du plastique alvéolaire (44%). Les éco-matériaux ne sont mis en œuvre que dans 6% des projets de notre échantillon. Ce taux chute à 3% pour les projets labélisés et situent autour de 15% pour les lauréats d'appel à projets.

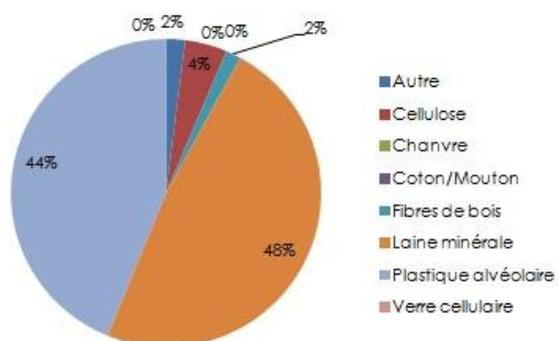


Figure 52 : Répartition des isolants de toiture en logements collectifs rénovés à basse consommation

Plus précisément, 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.

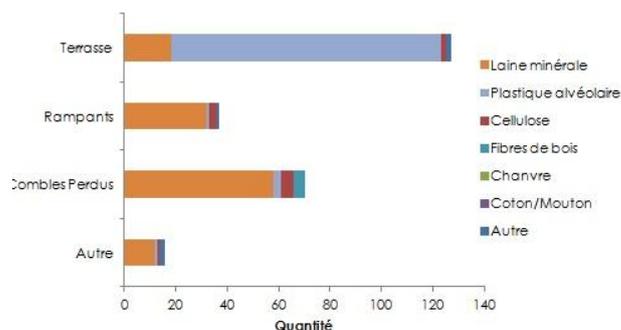


Figure 53 : Isolants mis en œuvre en fonction des types de toitures en logements collectifs

La résistance thermique moyenne des toitures terrasse est de 5,2 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 63%, soit un facteur 2,7 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (1,9 m².K/W).

En parallèle, la résistance thermique moyenne des combles et rampants est de 7,1 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 70%, soit un facteur 3,4 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (2,1 m².K/W).

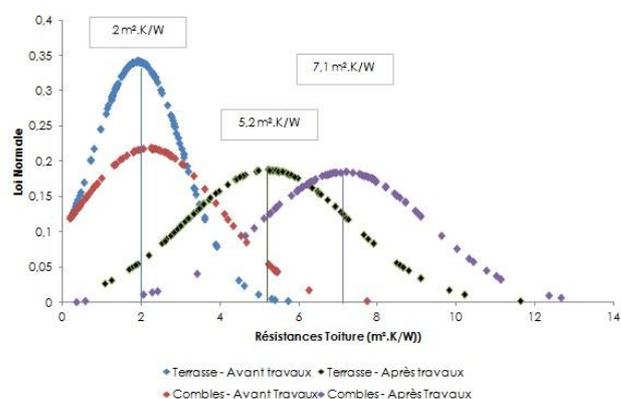


Figure 54 : Résistances des toitures avant et après travaux en logements collectifs

Plancher bas

Sur notre échantillon près de 76% des dalles des planchers bas ont été rénovées.

Les bâtiments collectifs sont construits sur une grande diversité de plancher bas. En effet, 37% des immeubles de notre échantillon sont sur terre plein, mais 23% bénéficient d'un sous-sol, 15% sont sur vide sanitaire et plus de 6% ont un parking souterrain.

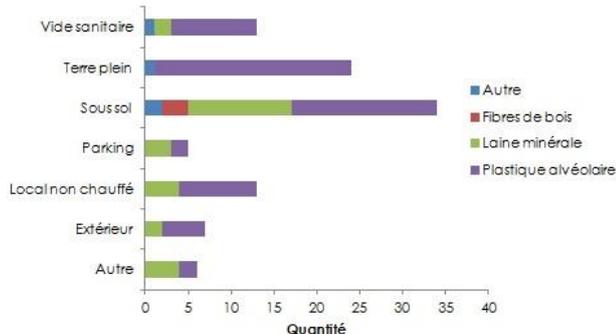


Figure 55 : Répartition des isolants en fonction du type de plancher en logements collectifs

La résistance thermique moyenne des planchers bas varie de 2,4 m².K/W (vide sanitaire et terre plein) à 3,1 m².K/W (sous-sol) après travaux. En effet, l'accessibilité des sous-sol permet de mieux isoler la dalle du plancher bas.

Elle présente un gain de 50%, soit un facteur 1,7 à 2,6 par rapport aux résistances moyennes avant travaux suivant les typologies de plancher bas.

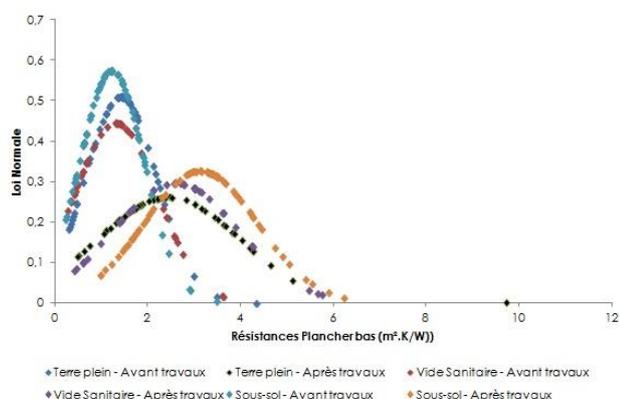


Figure 56 : Résistances des planchers bas avant et après travaux en logements collectifs

Baies

Sur notre échantillon de 328 opérations collectifs, 80% des projets ont changé leurs fenêtres.

Après travaux, 62% des menuiseries sont en PVC. En parallèle, 22% des logements collectifs sont équipés de châssis en bois. Enfin, 14% des menuiseries restantes sont en aluminium (6%) ou en aluminium à rupteurs de ponts thermiques (8%).

Dans le cadre de notre étude, on constate que les châssis existants en bois sont remplacés dans près de 63% des cas par des nouveaux châssis en PVC ou en aluminium à rupteurs de ponts thermiques. A contrario, lorsque la technologie PVC est présente avant les travaux, le

renouvellement s'effectue principalement sur la base de cette même technologie.

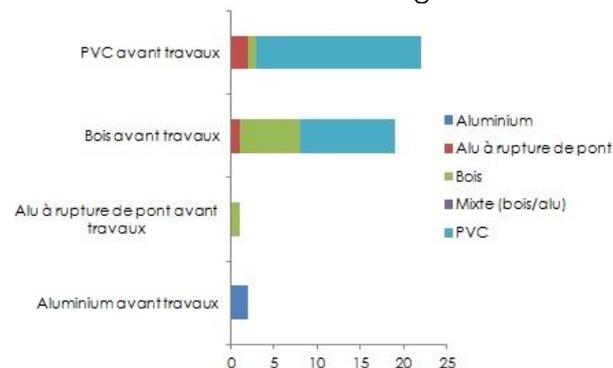


Figure 57 : Changement des menuiseries en logements collectifs rénovés

Enfin, 6,5% des baies sont des triples vitrages. Elles sont principalement situées dans les zones H1 (58%).

Le niveau de performance des baies après rénovation se situe autour de 1,5 W/m².K, soit une amélioration de 52% des performances par rapport à l'état initial (Ujn : 3,1 W/m².K).

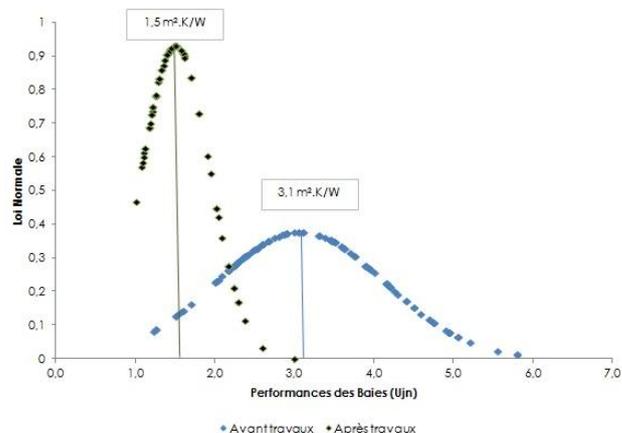


Figure 58 : Performance des vitrages avant/après travaux en logements collectifs

Les bâtiments tertiaires

Murs verticaux

Notre échantillon de bâtiments tertiaires est composé principalement de construction en béton (52%) et en pierres (32%). Les constructions en parpaings (6%) et en briques (6%) sont minoritaires. Enfin, quelques projets rénovés étaient construits initialement en bois (1%) ou en béton cellulaire (1%).

Sur cette échantillon, plus de 84% ont fait le choix d'isoler leurs murs extérieurs lors des travaux de rénovation.

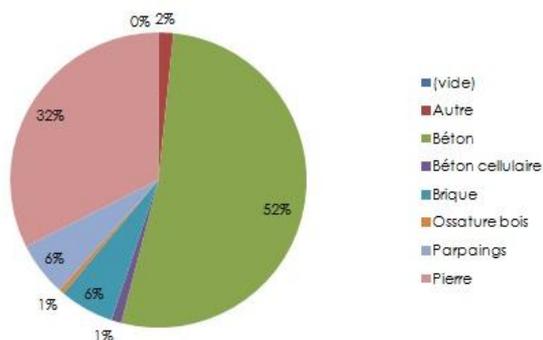


Figure 59 : Répartition des matériaux de construction des projets rénovés en tertiaire

Ces opérations ont bénéficié principalement d'une ITI (46%) ou d'une ITE (40%). Enfin, 12% ont ajouté une ITE à une ITI existante. Comme dans le secteur résidentiel, la solution proposée dépend du matériau de construction.

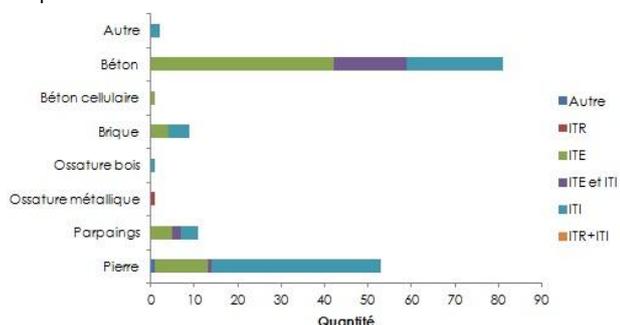


Figure 60 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des bâtiments tertiaires

Les murs extérieurs ont été isolés principalement avec de la laine minérale (50%) et du plastique alvéolaire (29%). En parallèle, 16% des projets ont bénéficié d'une isolation à base d'éco-matériaux. Cependant, ce taux varie de 25% pour les lauréats d'appel à projets à 7% pour les bâtiments labélisés. Cette différence s'explique par les incitations (écoconditionnalités) ou obligations incluses dans les dispositifs régionaux.

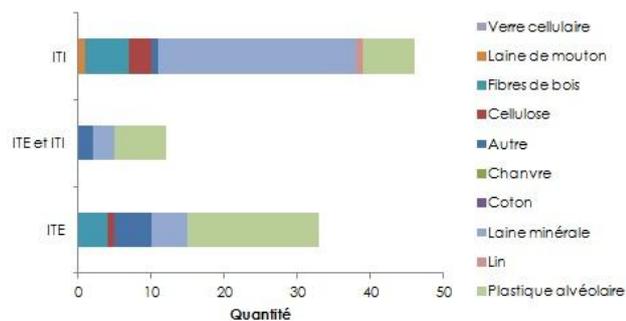


Figure 61 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en tertiaire

Comme en résidentiel, la laine minérale (57%) demeure majoritaire dans le cas d'une ITI. Sa part chute à 40% en ITE en faveur du plastique alvéolaire (17% en ITI, 40% en ITE).

La résistance thermique moyenne des murs extérieurs est de 4,3 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 70%, soit un facteur 3,3 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (1,3 m².K/W).

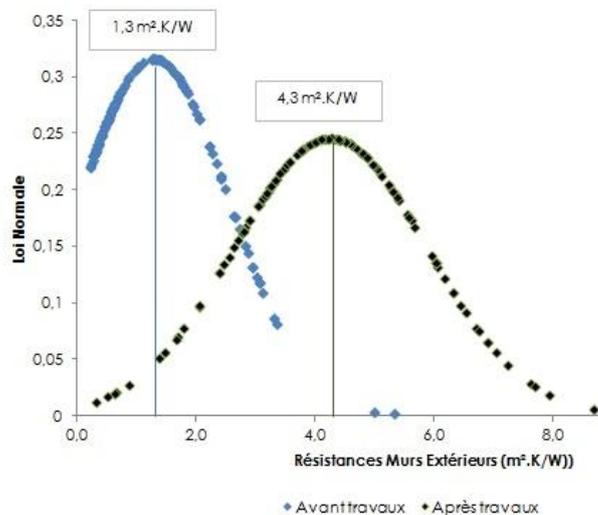


Figure 62 : Résistances des murs avant et après travaux en tertiaire

Note : Les coefficients de variation et les distributions 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».

Toitures

Notre échantillon est composé de bâtiments tertiaires conçus avec une majorité de toitures terrasses (45%). En parallèle, 39% des opérations possèdent des combles ou des rampants. Les toitures métalliques ne représente que 5% de notre échantillon.

Sur cette échantillon, 85% des bâtiments ont rénovés leurs toitures.

Il s'avère que l'usage du bâtiment (bureaux/enseignement) et les équipements associés (caisson double flux, système refroidissement, ...) impactent la conception architecturale des bâtiments. Ainsi, les toitures rampants et sous combles représentent moins de 30% des toitures de bureaux, alors qu'elles atteignent près de 60% pour les bâtiments d'enseignements.

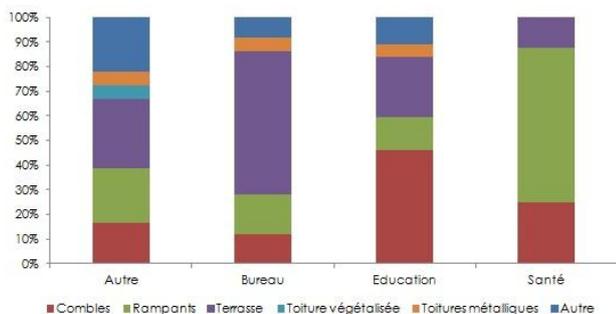


Figure 63 : Typologie de toitures par usages de bâtiments tertiaires

Lors des travaux de rénovation, les équipes projets ont isolé les toitures principalement avec de la laine minérale (48%) ou du plastique alvéolaire (38%). Les écomatériaux ne sont mis en œuvre que dans 12% des projets de notre échantillon.

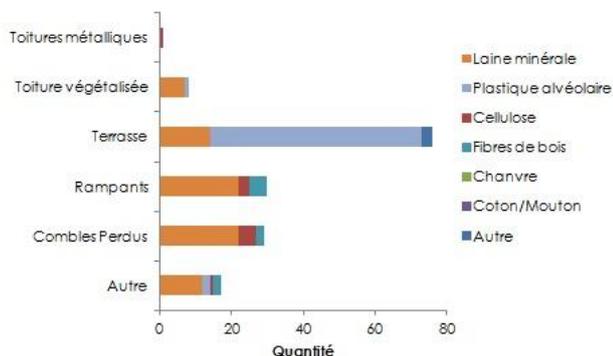


Figure 64 : Isolants mis en œuvre suivant les types de toiture en tertiaire

Cette clé de répartition varie, comme dans le secteur résidentiel, en fonction du type de toiture. Ainsi, 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,...).

La résistance thermique moyenne des toitures terrasse est de 5,7 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 73%, soit un facteur 3,7 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (1,5 m².K/W).

En parallèle, la résistance thermique moyenne des combles et rampants est de 7,3 m².K/W après travaux. Elle présente un gain de 66%, soit un facteur 3 par rapport à la résistance moyenne avant travaux (2,4 m².K/W).

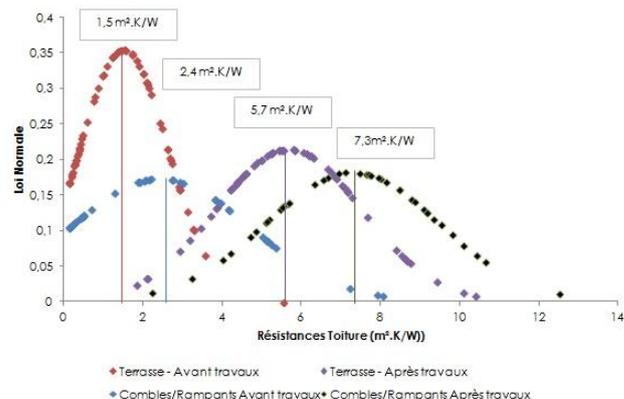


Figure 65 : Résistances des toitures avant et après travaux en tertiaire

Plancher bas

Comme en collectifs, les bâtiments tertiaires sont construits sur une grande diversité de plancher bas : terre plein (47%), parking (11%), sous-sol (16%) ou vide sanitaire (12%). Cette diversité est principalement constatée pour les bâtiments de bureaux. En effet, les bâtiments d'éducation ont principalement été construits sur terre plein ou vide sanitaire.

Par ailleurs, sur notre échantillon 62% des dalles des planchers bas ont été rénovées.

La résistance thermique moyenne des planchers bas varie de 3,4 m².K/W. Elle présente un gain de 50%, soit un facteur 2 par rapport aux résistances moyennes avant travaux suivant les typologies de plancher bas.

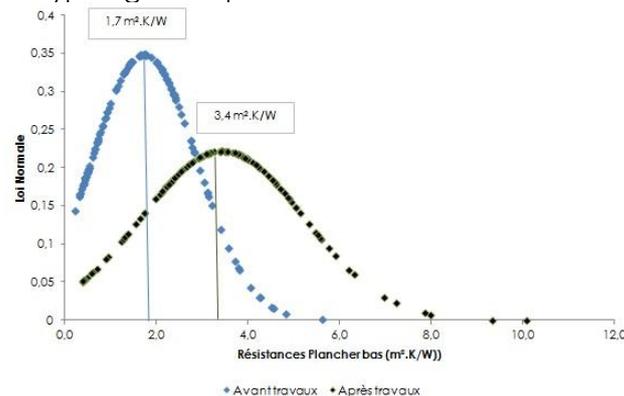


Figure 66 : Résistances des planchers bas avant et après travaux en tertiaire

Baies

Sur notre échantillon, 87% des projets tertiaires ont remplacé leurs fenêtres.

On distingue 3 grandes technologies de menuiseries utilisées à part égales : bois (33%), aluminium (35%), et aluminium à rupteurs de ponts thermiques (28%). 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%).

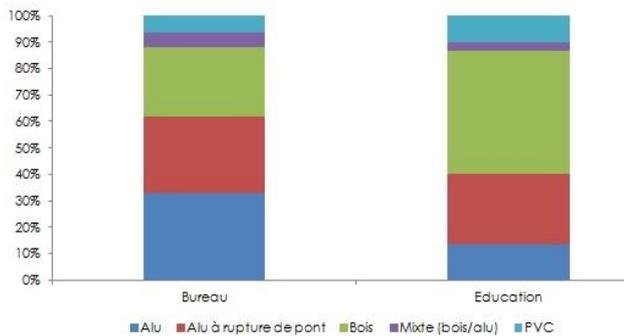


Figure 67 : Répartition des baies par usages en tertiaire

A titre d'information, 12% des baies installées sont des triples vitrages.

Le niveau de performance des baies après rénovation se situe autour de 1,6 W/m².K, soit

une amélioration de 57% des performances par rapport à l'état initial (Ujn : 3,7 W/m².K).

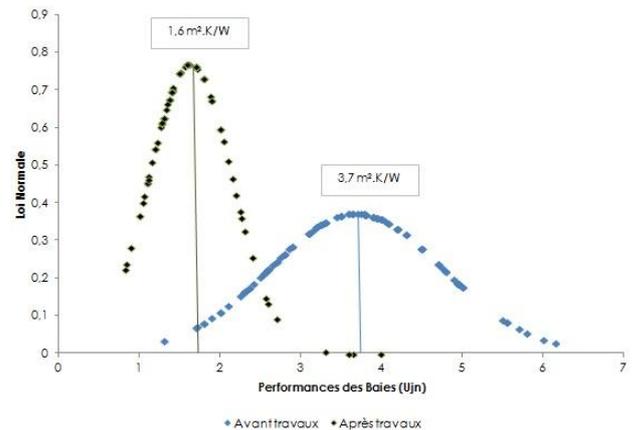


Figure 68 : Performance des vitrages avant/après travaux en tertiaire

SYNTHESE ENVELOPPE

- **Une qualité thermique de l'enveloppe renforcée** après les travaux de rénovation
 - ⇒ Les résistances des parois sont renforcées
 - Murs : de 4,1 m².K/W (logements collectifs) à 4,7 m².K/W (tertiaire)
 - Rampants/Combles : de 7 m².K/W (logements individuels) à 7,3 m².K/W (tertiaire)
 - Terrasses : de 5,2 m².K/W (logements collectifs) à 5,7 m².K/W (tertiaire)
 - Plancher bas : de 3,1 m².K/W (logements collectifs) à 3,4 m².K/W (tertiaire)
 - Baies (Ujn) : de 1,4 W/m².K (résidentiel) à 1,6 W/m².K (tertiaire)
- **Des solutions différentes suivant les matériaux de construction**
- **Un marché des écomatériaux limité et fortement dépendant des aides régionales**

6. Les équipements

« Identifier les solutions techniques mises en œuvre »



La maison individuelle

La ventilation

Notre échantillon se caractérise par une majorité de logements avant travaux dépourvue de système de ventilation (53%) ou équipée d'une ventilation obsolète (19%). En conséquence, 90% des maisons étudiées ont renové ou remplacé leur système de ventilation dans le cadre des travaux de rénovation BBC. Elles ont installé principalement une ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B (62%) ou une ventilation double flux (27%). L'efficacité théorique moyenne de l'échangeur de la ventilation double flux est de l'ordre de 90%.

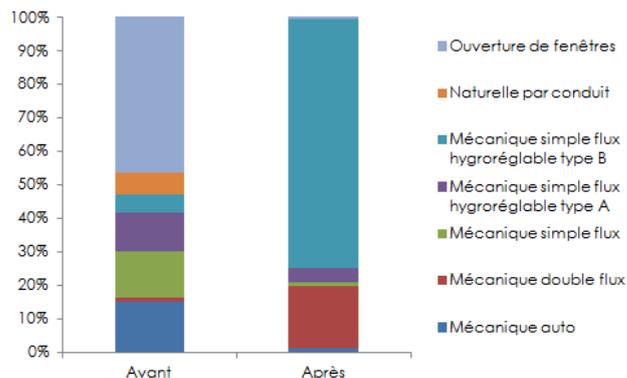


Figure 69: Type de ventilation avant/après travaux en logements individuels

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 et la production d'ECS.

Plus de la moitié (53%) des logements individuels sont chauffés au gaz sur notre échantillon. En parallèle, le chauffage au bois (22%) est mis en œuvre dans près d'un quart des projets devant la solution électrique (19%).

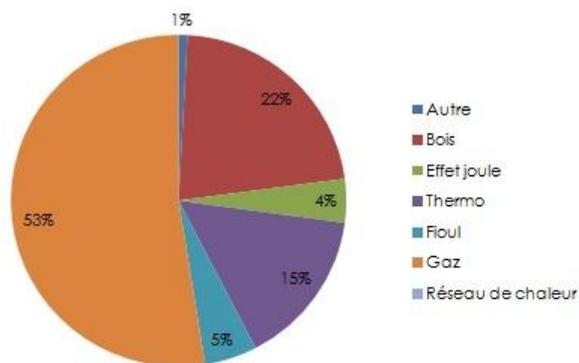


Figure 70: Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels

Les chaudières gaz installées sont exclusivement à condensation avec une puissance moyenne égale à 22 kW. Elles assurent la production principale de chauffage et d'ECS dans 83% des rénovations. En parallèle, elles réalisent l'appoint de la production d'ECS solaire dans 14% des projets. Ces installations solaires se composent en moyenne de 4,4 m² de capteurs solaires et d'un ballon de stockage. Enfin, un projet a associé une chaudière gaz à condensation à un ballon thermodynamique. Dans le cas des maisons chauffées au bois, la puissance moyenne des installations avoisine les 12 kW. Elles assurent la production principale de chauffage et d'ECS dans 27% des rénovations. En parallèle, la moitié des projets ont installé une production d'ECS solaire (50%) dont 15% avec un appoint bois et 35% avec un appoint électrique. La surface moyenne des capteurs est de 4,1 m² et le taux de recouvrement d'ECS atteint 69% en moyenne. Enfin, 15% des maisons rénovées ont associé une chaudière gaz à condensation à un ballon thermodynamique. 78% des projets chauffés à l'électricité ont installé une solution thermodynamique. Il s'agit principalement de pompes à chaleur air/eau caractérisées par une puissance moyenne égale à 7,3 kW et un COP nominal moyen de 4,1. Dans les premières années du label, la

production d'ECS, associée aux pompes à chaleur, était majoritairement solaire ou électrique. Plus récemment, des solutions à double service sont mises en œuvre dans le cadre des projets de rénovations BBC.

Différents facteurs ont tendance à modifier les choix énergétiques.

- Le type de bâtiment
En effet, les logements groupés rénovés sont très majoritairement chauffés au gaz (71%). En parallèle, les maisons en secteur diffus ont une clé de répartition plus équilibrée (Gaz : 48% - Bois : 26% - Electricité : 18% - Fioul : 6%)
- L'origine du projet :
Les projets issus des appels à projets régionaux et des certifications présentent des clés de répartition différentes pour l'énergie de chauffage. En effet, alors que le bois (42%) et le gaz (34%) sont les deux principales sources d'énergie utilisées dans les maisons lauréates, les projets certifiés sont principalement chauffés au gaz (64%) et à l'électricité (20%).

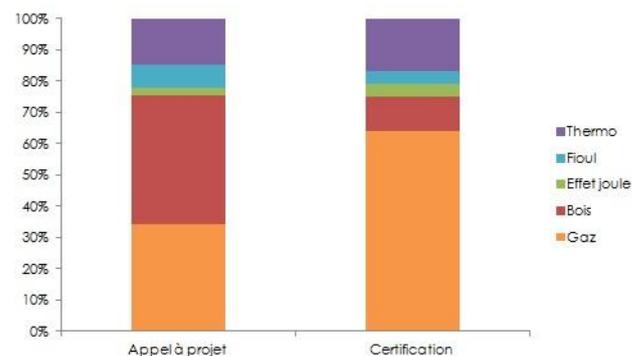


Figure 71 : Energie de chauffage après travaux dans les logements individuels diffus suivant l'origine du projet

- La localisation du bâtiment

Le changement d'énergie de chauffage

Dans certains cas, les travaux de rénovation ont été accompagnés d'une modification de l'énergie de chauffage (37%)

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

- 74% des projets initialement chauffés au fioul ont changé leur énergie de chauffage en installant principalement

un poêle à bois, une chaudière gaz à condensation ou une solution électrique,

- 40% des projets chauffés à l'électrique avant travaux ont changé leur énergie de chauffage en installant une chaudière gaz à condensation ou un poêle à bois,
- 6% des projets chauffés au gaz initialement ont changé leur énergie de chauffage, pour une solution bois.

Le photovoltaïque

Sur l'échantillon étudié seulement 8% ont bénéficié d'une pose de panneaux photovoltaïques.

Les installations se caractérisent par

- une puissance crête moyenne de 2 kWc
- une surface moyenne de 18 m²
- un rendement moyen de 11%

Les logements collectifs

La ventilation

Comme pour le logement individuel, une majorité d'opérations (46%) est dépourvue de système de ventilation avant travaux. La ventilation simple flux (27%) et mécanique auto (13%) sont les systèmes de renouvellement d'air les plus présents avant travaux.

En conséquence, 85% des logements collectifs ont rénové ou remplacé leur système de ventilation dans le cadre des travaux de rénovation BBC.

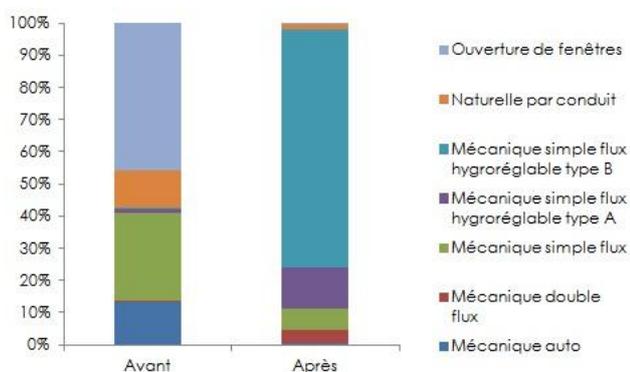


Figure 72: Type de ventilation avant/après travaux en logements collectifs

Ils ont installé principalement une ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B (74%) ou de type A (13%).

On constate que la ventilation double flux est moins présente en logements collectifs (4%) que dans les logements individuels (20%).

Le chauffage et la production d'ECS

66% des logements collectifs rénovés à basse consommation sont chauffés au gaz. En parallèle, près de 21% d'entre eux sont raccordés à un réseau de chaleur urbain. Enfin, les bâtiments collectifs rénovés et chauffés au bois (6%) ou à l'électricité (5%) demeurent marginaux.

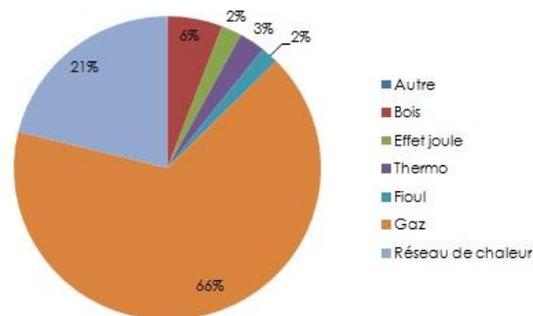


Figure 73 : Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs

Après les travaux de rénovation, les immeubles chauffés au gaz possèdent principalement une installation collective (66%). Dans le cas contraire, la chaudière individuelle installée dans chaque logement a une puissance moyenne de 22 kW.

La génération de chauffage est assurée par une ou des chaudières gaz à condensation dans 87% des projets et l'émission est réalisée par des radiateurs munis de robinets thermostatiques. Les autres projets sont chauffés par des chaudières gaz à basse température ou standards.

Par ailleurs, le générateur de chauffage assure la production de chauffage et d'ECS dans 80% des projets. En parallèle, 7% des projets ont installé une ECS solaire collective avec un appoint réalisé par la ou les chaudières gaz. La surface moyenne des capteurs solaires est de l'ordre de 1,9 m² par logement.

Les sous-stations des bâtiments raccordés à un réseau de chaleur après travaux ont des puissances variant de 80 à 3 800 kW suivant les projets. Elles assurent le chauffage et la production d'ECS dans 70% des cas. En parallèle, une installation d'ECS solaire, avec un appoint réalisé par le réseau de chaleur, a été mise en œuvre dans 11% des projets. Enfin, plus

de 10% des bâtiments produisent leur ECS via une ou des chaudières gaz à condensation. Les autres projets sont équipés de ballons électriques.

Enfin, les bâtiments chauffés au bois ont tendance à privilégier une production d'ECS à base d'énergie renouvelable (64% : bois ou ECS solaire). Les autres projets ont installé une chaudière gaz (26%) ou des ballons thermodynamiques (10%) dédiés à la production d'ECS.

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

- L'origine du projet :

Quelle que soit l'origine du projet, les bâtiments sont majoritairement chauffés au gaz. Cependant, le pourcentage de bâtiments chauffés au bois est plus important pour les lauréats régionaux (15% au lieu de 3% pour les projets certifiés).

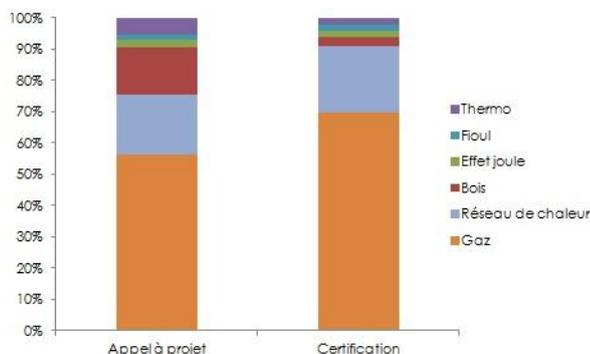


Figure 74: Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs suivant l'origine du projet

- La localisation du projet :

Le chauffage au gaz demeure majoritaire dans l'ensemble des zones climatiques à l'exception de la zone H3. Cependant, on constate que les bâtiments raccordés à des réseaux de chaleur sont principalement localisés en zone H1 et que le chauffage électrique (effet joule ou thermodynamique) est plus présent en zone H3).

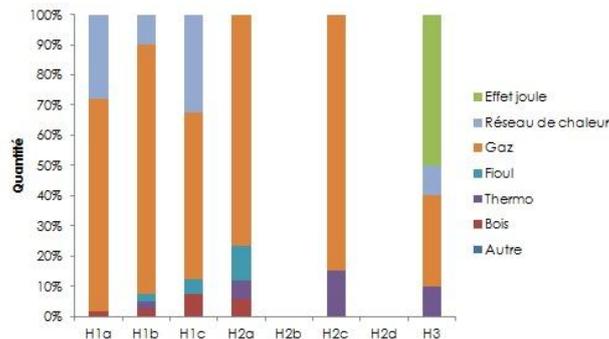


Figure 75 : Energie de chauffage après travaux dans les logements collectifs certifiés suivant leur localisation

Le changement d'énergie de chauffage

19% des bâtiments collectifs ont associé un changement d'énergie de chauffage avec leur projet de rénovation.

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

- 89% des projets chauffés avant travaux à l'électricité ont changé leur énergie de chauffage en installant principalement une chaudière gaz à condensation,
- 62% des projets chauffés au fioul initialement ont changé leur énergie de chauffage en installant une chaudière gaz à condensation,
- 8% des projets chauffés au gaz ont modifié leur énergie de chauffage. Ils ont installé un chauffage au bois, se sont raccordés à un réseau de chaleur ou ont installés une pompe à chaleur.
- 8% des projets raccordés à un réseau de chaleur initialement ont changé d'énergie en installant un chauffage au gaz.

Le photovoltaïque

Seulement 3,8% des bâtiments collectifs rénovés à basse consommation sont équipés de panneaux photovoltaïques.

Les installations se caractérisent par

- des puissances crêtes de 13 kWc
- une surface moyenne de 18 m²
- un rendement moyen de 13%

Les bâtiments tertiaires

La ventilation

Comme pour le secteur résidentiel, une majorité de projets (42%) est dépourvue de système de

ventilation ou bénéficie d'une ventilation naturelle par conduit avant travaux. Les ventilations simple flux (30%) et double flux (26%) sont les systèmes de renouvellement d'air les plus présents avant travaux.

En conséquence, 95% des logements collectifs ont rénové ou remplacé leur système de ventilation dans le cadre des travaux de rénovation BBC.

Ils ont installé principalement une ventilation double flux (79%) avec une efficacité moyenne de l'échangeur de 77%.

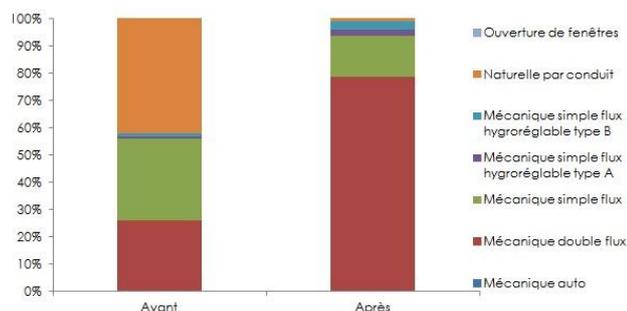


Figure 76: Type de ventilation avant/après travaux en logements collectifs

Le chauffage

37% des bâtiments tertiaires étudiés sont chauffés à l'électricité. En parallèle, les autres projets sont chauffés aussi bien au gaz (21%), qu'au bois (19%) ou via une sous-station raccordée à un réseau de chaleur.

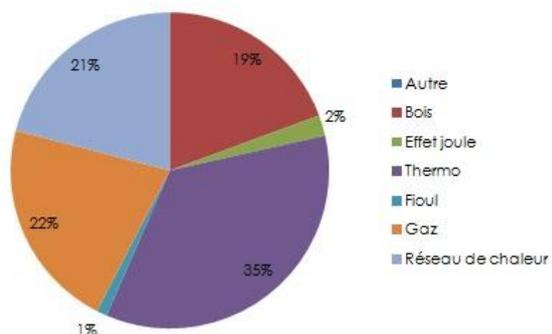


Figure 77 : Energie de chauffage après travaux dans les bâtiments tertiaires

94% des bâtiments chauffés à l'électricité (n=67 projets) ont installé des solutions thermodynamiques avec une grande diversité de pompes à chaleur.

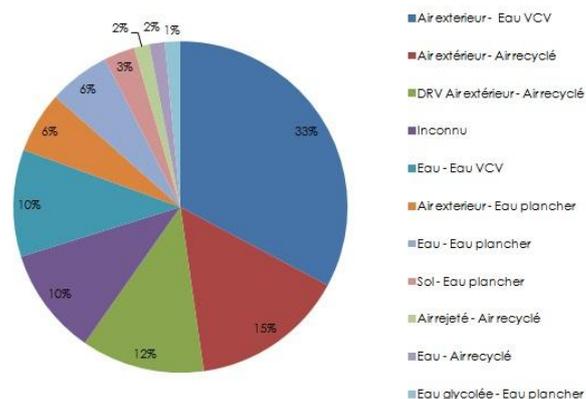


Figure 78 : Types de PAC dans les bâtiments tertiaires rénovés

Comme dans le secteur résidentiel, certains paramètres impactent la clé de répartition de l'énergie de chauffage après rénovation :

- l'usage du bâtiment :

En effet, les bâtiments de bureaux sont principalement chauffés à l'électricité ou raccordés à un réseau de chaleur, alors que les bâtiments d'éducation sont principalement chauffés au gaz ou au bois.

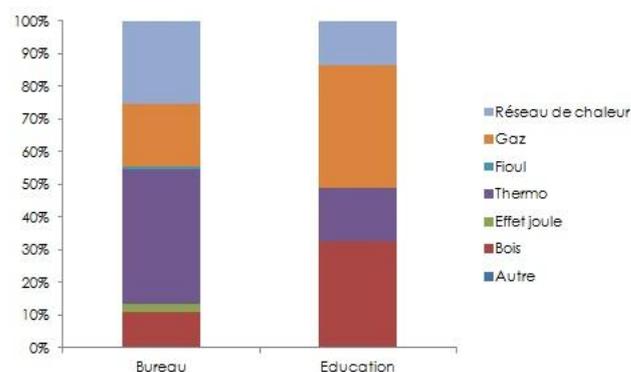


Figure 79 : Répartition de l'énergie de chauffage après travaux dans les bâtiments tertiaires suivant leurs usages

- l'origine du projet :

Les bâtiments de bureaux certifiés sont majoritairement chauffés par une solution électrique ou via un réseau de chaleur. A contrario, les lauréats des appels à projets sont chauffés avec une plus grande diversité d'énergie, notamment avec du bois au détriment du réseau de chaleur.

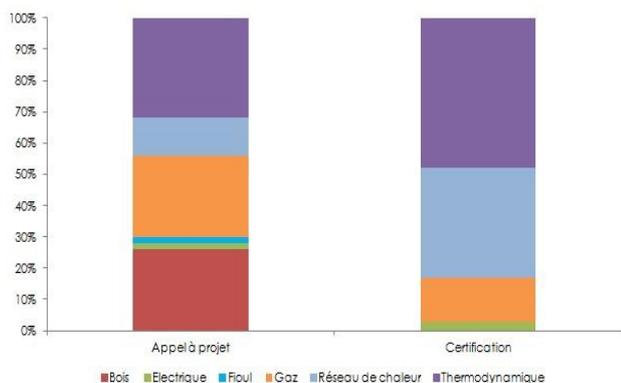


Figure 80 : Répartition de l'énergie de chauffage après travaux dans les bureaux suivant l'origine

Par ailleurs, 96% des bureaux certifiés sont situés en zone H1 et possèdent des surfaces variant de 260 m² à 39 000 m². Ils sont initialement plus nombreux à être raccordés à un réseau de chaleur. En parallèle, les bureaux lauréats d'appels à projets régionaux sont présents sur l'ensemble des zones climatiques et possèdent des surfaces plus petites (100 m² à 11 000 m²). Par ailleurs, certaines régions ayant intégré des éco-conditionnalités sur l'usage d'ENR, le recours à une énergie de chauffage au bois est favorisé dans le cadre des appels à projets régionaux.

Le changement d'énergie de chauffage

38% des bâtiments tertiaires ont associé un changement d'énergie de chauffage avec leur projet de rénovation.

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

- 90% des projets chauffés avant travaux au fioul ont changé leur énergie de chauffage en installant un chauffage au bois, une solution électrique ou une chaudière gaz à condensation,
- 44% des projets chauffés initialement au gaz ont changé leur énergie de chauffage en privilégiant une solution électrique, au bois ou en se raccordant à un réseau de chaleur,
- 20% des bâtiments initialement raccordés à un réseau de chaleur ont changé leur énergie de chauffage en installant principalement une solution électrique,
- 21% des projets chauffés initialement à l'électricité ont changé leur énergie de

chauffage en installant une solution bois ou au gaz.

Le refroidissement

Après les travaux de rénovation BBC, 46% des bâtiments tertiaires étudiés sont équipés d'un système de refroidissement. Ce taux varie de 63% pour les bureaux à 5% pour les bâtiments d'éducation.

Par ailleurs, plus d'un quart des bâtiments (27%) ont bénéficié de la pose d'un système de refroidissement - les autres projets ayant renoué leur installation – suite aux travaux de rénovation.

Le froid est généré par une solution thermodynamique dans 87% des bâtiments. Les autres bâtiments sont raccordés à un réseau de froid urbain. Il est émis par un système de soufflage d'air froid dans la moitié des projets. En parallèle, la diffusion est réalisée par des plafonds rafraichissant (20%), un réseau aéraulique (13%) ou par d'autres solutions.

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.

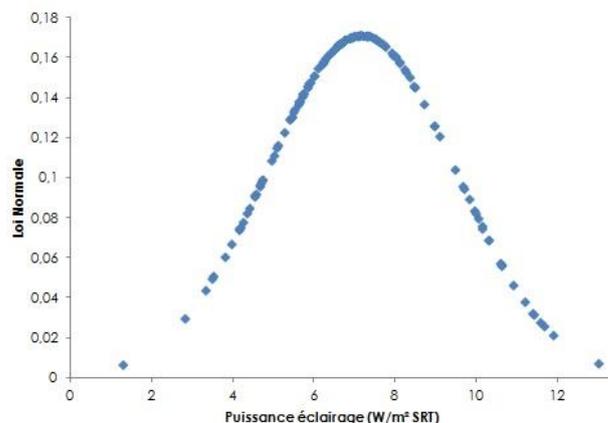


Figure 81 : Puissance d'éclairage en tertiaire après travaux

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 photovoltaïque

16% des bâtiments tertiaires rénovés à basse consommation sont équipés de panneaux photovoltaïques, soit 4 fois plus que dans le secteur résidentiel.

Le dimensionnement des installations varie en fonction de chaque projet (groupe scolaire, bureaux, bâtiment démonstrateur).

Ainsi, les installations se caractérisent par :

- une surface variant de 5 m² à 680 m² suivant les projets
- un rendement moyen des panneaux de 12%

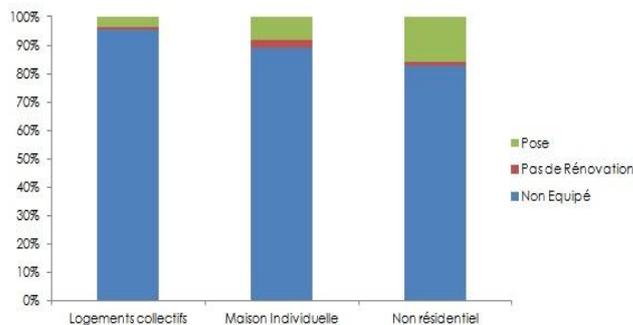


Figure 82 : Présence de panneaux photovoltaïques en rénovation BBC suivant l'usage du bâtiment

SYNTHESE EQUIPEMENTS

- **Des systèmes de ventilation différents suivant l'usage du bâtiment**
 - ⇒ La ventilation hygroréglable est largement utilisée dans le secteur résidentiel (62% à 74% en fonction du type de logements) alors que la ventilation double flux est majoritaire (79%) en tertiaire.
- **Des énergies de chauffage après travaux qui dépendent**
 - ⇒ De l'usage du bâtiment en tertiaire (bureaux ou enseignement).
 - ⇒ Du type de logement individuel (groupé ou individuel).
 - ⇒ De l'origine du projet avec l'influence sur le choix de l'énergie de chauffage
 - des écoconditionnalités intégrées aux appels à projets régionaux, et
 - du profil sociologique des maîtres d'ouvrages.
 - ⇒ Des installations présentes avant travaux avec des taux de changement d'énergie de chauffage variant de 19% en logements individuels à 38% en tertiaire.
- **Des énergies renouvelables peu présentes en rénovation :**
 - ⇒ 9% (logement individuel) à 11% (logement collectif) des projets sont équipés d'ECS solaire dans le secteur résidentiel.
 - ⇒ La production locale d'électricité dans le secteur résidentiel demeure marginale (3,8% en logement individuel et 8% en collectif). Dans le secteur tertiaire, 16% des opérations de rénovation ont installé une production locale d'électricité.
- **Une présence des systèmes de refroidissement dans 63% des bureaux rénovés**

7. Les bouquets de travaux

« Quels bouquets de travaux pour une rénovation BBC ? »



La maison individuelle

26 bouquets de travaux différents ont été mis en œuvre pour atteindre le niveau BBC rénovation dans les logements étudiés.

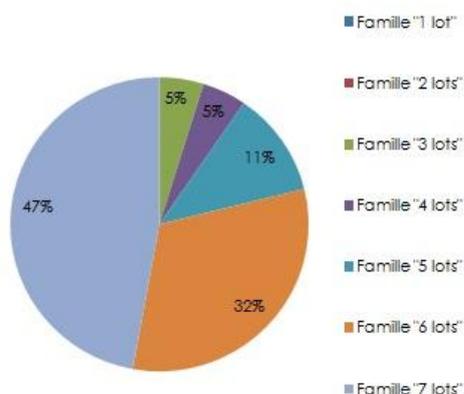


Figure 83 : Familles de bouquets de travaux en logements individuels

Ces bouquets se composent de 7 lots :

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

On constate que près de 80% des projets ont été rénovés sur la base de bouquets composés de 7 lots (47%) ou de 6 lots (32%).

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...

Le premier bouquet, qui concerne 47% des rénovations (49 projets), est composé d'actions portant sur l'ensemble :

- de l'enveloppe : murs extérieurs, toiture, plancher bas et baies, et
- des équipements : Chauffage, ventilation, ECS. Par ailleurs, 26% des projets ont installé une production d'ECS solaire dans le cadre des travaux. En parallèle, 8% des projets rénovés bénéficient d'une production locale d'électricité.

Le deuxième bouquet, utilisé dans 13% des cas (14 projets), propose des interventions sur 6 lots de travaux agissant sur :

- Les murs, la toiture et les baies. Les planchers bas sont conservés dans l'état pour des raisons d'accessibilité (vide sanitaire inaccessible, ...) ou de coûts,
- L'ensemble des équipements. 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.

Enfin, un troisième bouquet (6% des cas – 6 projets) se compose de travaux sur 5 lots. Il agit sur l'ensemble de l'enveloppe et des équipements à l'exception du système de chauffage.

Au final, cinq bouquets de travaux différents permettent de couvrir 75% des projets rénovés.

Les logements collectifs

Les équipes projets ont proposé 51 bouquets différents pour rénover à basse consommation les 305 bâtiments collectifs identifiés dans l'Observatoire BBC.

Comme pour les maisons individuelles, ces bouquets sont composés d'interventions sur différents lots (n=7 au maximum).

Il s'avère que 86% des rénovations de logements collectifs ont été réalisées sur la base de bouquets composés de 7 lots de travaux (39%), de 6 lots (32%) ou de 5 lots (15%).

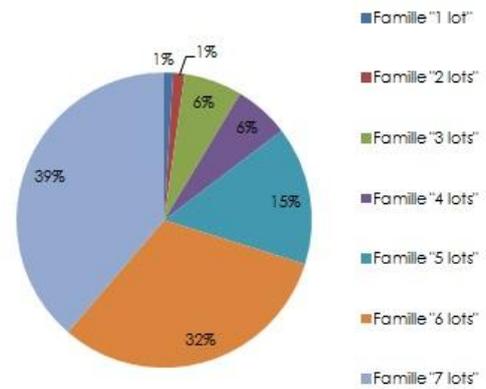


Figure 84 : Familles de bouquets de travaux en logements collectifs

Les quatre principaux bouquets mis en œuvre concernent une intervention sur :

- L'ensemble des parois et des équipements (39% - 122 bâtiments). Par ailleurs, 22% de ces projets (n=27) ont installé une ECS solaire et 3% (n=4) bénéficient d'une production locale d'électricité.
- L'ensemble des équipements (chauffage, ECS, ventilation) et de l'enveloppe à l'exception des planchers bas (8% - 24 bâtiments),
- L'ensemble des équipements (chauffage, ECS, ventilation) et de l'enveloppe à l'exception des baies (6% - 18 bâtiments)
- l'ensemble de l'enveloppe et la ventilation (4,1% - 13 projets).

Au total, 14 bouquets de travaux différents permettent de couvrir 80% des rénovations BBC en logements collectifs.

Les bâtiments tertiaires

La présence ou l'absence d'un système de refroidissement dans les bâtiments tertiaires impactant le nombre de lots maximum (7 ou 8 lots) composant le bouquet de travaux, l'analyse sera désormais réalisée en séparant les deux catégories de bâtiments. Par ailleurs, l'éclairage étant systématiquement rénové, il ne sera pas étudié dans les bouquets de travaux.

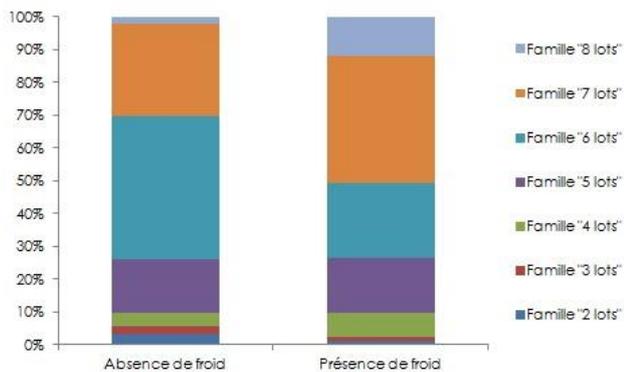


Figure 85 : Familles de bouquets de travaux en tertiaire

Sans système de refroidissement

29 bouquets différents ont été proposés pour rénover à basse consommation les projets tertiaires sans système de refroidissement.

Par ailleurs, ces bouquets sont composés à 88% de rénovation portant sur 6 lots (44%), 7 lots (28%) ou 5 lots (16%).

Les principaux bouquets mis en œuvre concernent une intervention sur :

- 6 lots composés de l'ensemble de l'enveloppe, du chauffage et du système de ventilation (32% - 29 bâtiments). La production d'ECS, quand elle est présente, est conservée. Il s'agit la plupart du temps de petits ballons électriques situés dans les sanitaires. Par ailleurs, 17% (n=5/29) bénéficient d'une production locale d'électricité.
- 7 lots composés de l'ensemble de

l'enveloppe, du chauffage, de l'ECS et du système de ventilation (20% - 18 bâtiments).

Au total, 9 bouquets de travaux différents permettent de couvrir 77% des rénovations BBC en logements collectifs.

Avec système de refroidissement

Sur les 83 projets tertiaires équipés d'un système de refroidissement, 24 bouquets différents ont été identifiés.

Ils sont composés à 91% de projets rénovés avec des bouquets composés de 7 lots (39%), 6 lots (23%), 5 lots (17%) ou 8 lots (12%).

Les principaux bouquets mis en œuvre concernent une intervention sur :

- 7 lots composés de l'ensemble de l'enveloppe et des équipements à l'exception de l'ECS (37% - 31 projets)
- 8 lots, ie sur l'ensemble de l'enveloppe et des équipements (12% - 10 projets)
- 6 lots, ie sur l'enveloppe à l'exception du plancher bas, sur le chauffage, la ventilation et le froid.

Au final, 10 bouquets de travaux permettent de répondre à 74% des projets tertiaires avec un système de refroidissement à rénover.

SYNTHESE BOUQUETS de TRAVAUX

- **Des bouquets de travaux qui agissent sur l'ensemble des parois, les baies et les équipements**
 - ⇒ 32% (tertiaire) à 47% (logements individuels) des projets sont rénovés avec une intervention sur l'ensemble des lots (7 lots)
 - ⇒ 75% à 86% des bouquets sont composés de 7, 6 ou 5 lots de travaux.

8. L'analyse économique

« Evaluer l'impact économique d'une rénovation BBC »

Rénovation BBC Effinergie – Quai Ouest

MO : SCI Vesta Quai du Point du Jour

Architecte : Atelier Brenac & Gonzalez



Avant propos

Depuis 2015, l'Observatoire BBC sollicite les acteurs de chaque opération étudiée afin de collecter les données économiques. Lors des échanges, l'ensemble des parties prenantes partage le constat suivant : tous les acteurs 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 permettent pas d'établir des conclusions définitives. Ils ont pour objectif de mettre à disposition des acteurs un premier niveau d'information.

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.

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.

La maison individuelle



Figure 86 : Rénovation BBC – Commune de Labaroche (68910)

Sur les 20 projets étudiés issus de l'Observatoire BBC, le montant moyen des travaux de rénovation énergétique est de **354 € HT/m² SRT**, soit un **investissement** moyen proche de **58 748 €**.

Ces résultats sont en adéquation avec l'analyse de 269 maisons rénovées BBC issues des dispositifs « Contrat Climat Energie » de l'ex-Région Lorraine et « Chèque Eco Energie » de la Région Normandie. En effet, sur ce second échantillon, le montant moyen des travaux de rénovation énergétiques s'élève à 56 400 €, soit 396 € HT/m².

Travaux énergétiques	Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Moyenne corrigée	Maximum
Coût	20	33 270 €	58 748 €	48 736 €	106 390 €
Coût HT/m ² SRT	20	190 €	354 €	338 €	551 €

Figure 87 : Montant des travaux énergétiques en maisons individuelles issu de l'Observatoire BBC

La forte dispersion du montant des travaux 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, réaménagement d'un sous-sol....Ainsi, en excluant de l'étude les projets intégrant une extension et la création d'une verrière, l'investissement moyen est de **48 736 € HT, soit 338 € HT/m² ou 51% du montant des travaux** (cf. Moyenne corrigée du tableau ci-dessus).

- L'enveloppe

Le montant des travaux sur **l'enveloppe** représente en moyenne **73% du montant total de rénovation énergétique**. Cependant, ces montants présentent une forte dispersion suivant les projets et les technologies mises en œuvre.

Ainsi, le montant de l'isolation par l'extérieur s'élève en moyenne à 152€/m² surface isolant alors qu'il se situe à 67 €/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 113 €/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.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Moyenne corrigée	Maximum
Murs						
ITI	€/m ² isolant	10	52	67		113
ITE	€/m ² isolant	9	70	152		203
Toiture						
	€/m ² isolant	27	23	73	56	237
Plancher bas						
	€/m ² isolant	12	30	85	54	266
Menuiseries						
	€/m ² vitre	20	100	622	519	1 390

Figure 88 : Coût des travaux pour le lot enveloppe

Les ratios issus de l'Observatoire BBC sont cohérents avec ceux identifiés dans différentes sources :

- L'étude CEREMA Je rénove BBC de la Région Grand Est
- La grille de prix de l'AJENA en Bourgogne Franche Comté
- La grille de prix utilisée dans le projet Expérience P2E pour évaluer les montants des travaux
- La grille de prix utilisée dans le programme 123 Réno de la Région PACA pour évaluer les montants des travaux
- L'Observatoire OCRE de la Région Occitanie
- Le rapport réalisé par un économiste de la construction pour Effilogis.

Lots	Unité	Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Murs								
ITI	€/m ²	52 à 113	13 à 183	45 à 100	40 à 60	65 à 75	41 à 145	30 à 73
ITE	€/m ²	70 à 203	34 à 246	90 à 240	150 à 200	210 à 250	136 à 400	90 à 200

Figure 89 : Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des murs extérieurs

Sur notre échantillon, le montant de la rénovation des toitures s'élève à 73 €/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

Lots	Unité	Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Rampants/Combles								
	€/m ²	23 à 83	8 à 123	20 à 110	25 à 50	30 à 130	7 à 122	15 à 40

Figure 90 : Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des toitures

Le montant de la rénovation des planchers bas est de l'ordre de 85 €/m² surface isolant. Deux projets ont réalisé des travaux de gros œuvre afin de réaliser des reprises complètes du plancher bas. En excluant ces deux projets, le coût de la rénovation s'établit autour de 54 €/m² surface isolant.

Lots	Unité	Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Plancher bas								
	€/m ²	30 à 119	5 à 91	40 à 100	50 à 70	55 à 70	12 à 1193	15 à 40

Figure 91 : Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des planchers bas

Enfin, le montant de la 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	Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Plancher bas								
	€/m ²	100 à 1390	257 à 988	300 à 1000	400 à 800	450 à 520	202 à 993	272 à 775

Figure 92: Tableau comparatif des ratios économiques pour le remplacement des fenêtres

- **Les équipements**

Le montant des **équipements** représente **27%** du montant des **travaux de rénovation énergétique**.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Maximum
Ventilation					
Hygro B	€	10	200	1 250	1 800
	€/m ² SRT	10	6	10	15
Double Flux	€	11	3 284	5 046	9 321
	€/m ² SRT	11	18	26	36
Chaudière Gaz	€	5	4 055	5 925	10 388
Poêle à bois	€	5	4 348	6 443	8 621
ECS solaire	€	5	2 950	5 054	7 576
	€/m ²	5	1 012	1 458	2 388

Figure 93 : Montant des travaux pour le lot équipements

Le montant moyen d'installation d'un système de ventilation s'élève à 3 467 € HT. On constate une forte variabilité des montants due à la diversité des travaux réalisés (achat et pose en auto-rénovation : 200 €) et des technologies mises en œuvre (simple flux hygro-réglable de type B ou double flux).

Le montant moyen d'une ventilation double flux (5 046 € HT, soit 26 €/m² SRT) est supérieur à celui d'une ventilation simple flux hygro-réglable de type B (1 250 € HT, soit 10 €/m² SRT).

Enfin, sur 4 projets étudiés, le montant de la pose d'une ventilation simple flux hygro-réglable de type B représente 34% du montant du lot ventilation. Ce ratio est de 22% sur un projet équipé d'une ventilation double flux,

Lots	Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Hygro B	€	890 à 1 814	400 à 1 513	800 à 1 800	1 000 à 1 300	300 à 3 271	460 à 1 636
		3 284 à 9 321	1 600 à 12 490	4 000 à 10 000	4 500 à 5 500		4 400

Figure 94 : Tableau comparatif des données économiques pour l'installation d'un système de ventilation

Le montant moyen lié à l'installation des systèmes de chauffage et de production d'ECS dépend des technologies (chaudière gaz, pompe à chaleur, poêle à bois,..) mais aussi des services proposés (chauffage, chauffage et ECS).

Lots		Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Expérience PE2	123 Réno PACA	OCRE Occitanie	Etude Effilogis
Chaud. Gaz	€	4 055	5 000	3 500	3 500		2 100	5 450
		à 10 388	à 10 550	à 5 200	à 4 500	3 800	à 10 000	à 11 000
Poêle à bois	€	4 348	2 450	3 500	3 500	6 500	2000	3 000
		à 8 621	à 6 590	à 9 000	à 5 500	à 8 000	à 7 000	à 11 675
ECS solaire	€	2 950	-	4 000	-	6 000	1 000	-
		à 7 576		à 6 000			à 2 200	

Figure 95 : Tableau comparatif des données économiques pour l'installation d'un système de chauffage ou production d'ECS

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. Enfin, les montants moyens d'ingénierie sont identifiés dans le tableau ci-dessous.

Lots		Observatoire BBC	Etude Cerema Je rénove BBC	Grille de prix Ajena	Etude Effilogis
Etude thermique	€	400 à 1100	1230	500 à 2000	300 à 1680
Test étanchéité	€	600 à 1188	600 à 1000	1100 à 1400	850 à 1890

Figure 96 : Tableau comparatif des données économiques pour les études et les tests d'étanchéité à l'air



Figure 97 : Rénovation BBC – Le Grenouillet – Auvergne Habitat

Les logements collectifs

Sur 25 projets étudiés, le montant moyen des travaux de rénovation énergétique

- est de **315 € HT/m² SRT**,
- soit un **investissement** moyen de **19 403 € par logement**,
- et représente **46% du montant des travaux de rénovation hors VRD**

Travaux énergétiques		Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Maximum
Coût	€	25	8 372	19 403	37 042
Coût HT/m ² SRT	€	25	112	315	758

Figure 98 : Montant des travaux énergétiques en logements collectifs

- L'enveloppe

Le montant des travaux sur **l'enveloppe** représente en moyenne **67% du montant total de rénovation énergétique**.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Maximum
Murs					
ITI	€/m ² isolant	6	36	75	151
ITE	€/m ² isolant	13	112	186	283
Toiture					
Rampant	€/m ² isolant	8	14	46	107
Terrasse	€/m ² isolant	4	56	153	381
Plancher bas					
	€/m ² isolant	8	10	48	160
Menuiseries					
	€/m ² vitre	18	184	448	1 143

Figure 99 : Coût des travaux pour le lot enveloppe

- Les équipements

Le montant des **équipements** représente **33%** du montant des travaux de rénovation énergétique. Les solutions principalement mises en œuvre étant une ventilation hygroréglable de type B et un chauffage au gaz, les montants des travaux ne sont spécifiés que pour ces lots.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Maximum
Ventilation					
Hygro B	€/logement	15	527	873	1 663
	€/m ² SRT	17	7	13	29
Chaudière Gaz	€/logement	13	1 185	4 603	8 940

Figure 100 : Montant des travaux pour le lot équipements

Les bâtiments tertiaires



Figure 101 : Rénovation BBC – Maisons des Associations - Roanne

Sur 62 projets étudiés, le montant moyen des travaux de rénovation énergétique

- est de **469 € HT/m² SRT**, et
- représente **43% du montant des travaux de rénovation hors VRD**

Rénovation énergétique		Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Maximum
Tous types de tertiaires	€	62	107	469	1 140
Bureaux	€	30	144	468	942
Enseignement	€	18	107	540	1 140
Salle polyvalente/Salle des fêtes	€	5	170	359	1 793
Autres	€	9	29	425	763

Figure 102 : Montant des travaux énergétiques en logements collectifs

Le montant des travaux de rénovation énergétique des bureaux s'élève à 468 € HT/m², et représente 42% du montant des travaux de rénovation hors VRD. En parallèle, la rénovation énergétique des bâtiments d'enseignements, et plus principalement des groupes scolaires primaires, semble plus coûteuse avec un ratio proche de 540 € HT/m², représentant 41% des montants des travaux de rénovation hors VRD.

- L'enveloppe

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Maximum
Murs					
ITI	€/m ² isolant	4	15	73	218
ITE	€/m ² isolant	23	76	210	848
Toiture	€/m ² isolant	14	27	88	218
Plancher bas	€/m ² isolant	16	6	47	217
Menuiseries	€/m ² vitre	31	141	567	1 176

Figure 103 : Coût des travaux pour le lot enveloppe

Le montant des travaux sur **l'enveloppe** représente en moyenne **61% du montant total de rénovation énergétique**.

La dispersion des différents ratios peut s'expliquer par

- les différentes technologies utilisées (double ou triple vitrage, mur rideau, type de menuiseries, isolation de rampants ou de toiture terrasse...),
- l'accessibilité plus ou moins contraignante (isolation des planchers bas sur vide sanitaire, terre plein ou parking),
- l'implantation géographique du projet,
- la taille du projet,
- ...

- **Les équipements**

Le montant des **équipements** représente **39%** du montant des travaux de rénovation énergétique. Les décompositions financières communiquées ne nous permettent pas d'identifier les montants des travaux par lots.

Seules, l'installation ou la rénovation d'un système de ventilation double flux a été estimé à 55 € HT/m² SRT.

Lots	Unité	Nb.	Minimum	Moyenne	Maximum
Ventilation					
Double flux	€/m ² SRT	14	12	55	151

Figure 104 : Montant des travaux pour le lot équipements

SYNTHESE

- **Un montant de la rénovation énergétique évaluer entre 315 € HT/m² à 469 € HT/m² suivant les bâtiments**
 - ⇒ 338 à 354 € HT/m² en maisons individuelles, soit un bouquet proche de 56 000 € HT
 - ⇒ 315 € HT/m² en logements collectifs, soit un investissement de 19 000 HT/logement
 - ⇒ 469 € HT/m² pour les bâtiments tertiaires
- **Le montant des travaux dédiés à l'amélioration de l'enveloppe sont majoritaires. Ils représentent**
 - ⇒ 73% du montant des travaux de rénovation énergétique en maisons
 - ⇒ 67% du montant des travaux de rénovation énergétique en logements
 - ⇒ 61% du montant des travaux de rénovation énergétique en tertiaire

Efficacité de l'investissement en rénovation BBC

L'analyse de 269 maisons, rénovées BBC dans le cadre des dispositifs « Contrat Climat Energie » de l'ex-Région Lorraine et « Chèque Eco Energie » de la Région Normandie », met en évidence qu'un investissement moyen de 56 k€ permet d'atteindre le niveau BBC en baissant sa consommation de 277 kWhep/m².an.

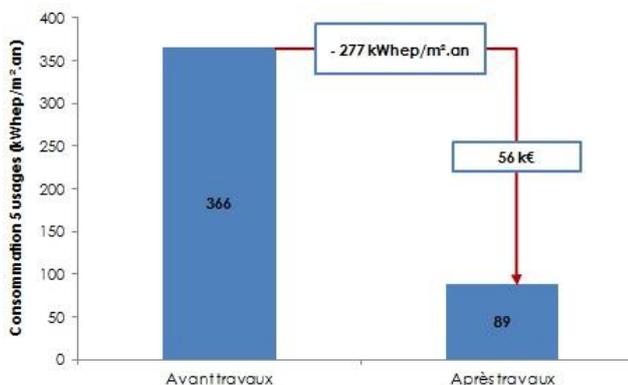


Figure 105 : Consommation avant/après travaux et investissement pour atteindre le BBC rénovation

On en déduit que 256 €¹⁶ investis dans la rénovation basse consommation permettent de baisser la consommation énergétique conventionnelle de 1 kWhep/m².an.

On constate que cet investissement dépend de la consommation initiale du bâtiment.

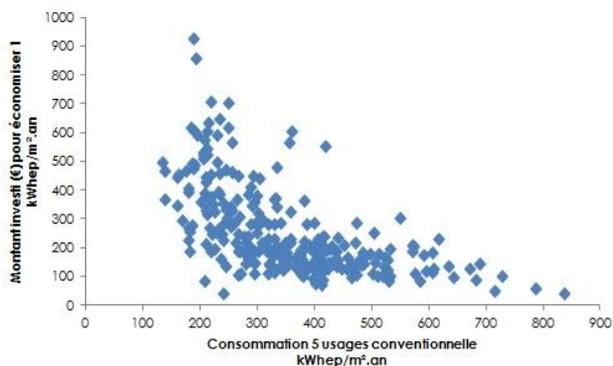


Figure 106 : Investissement pour économiser 1 kWhep/m².an en fonction de la consommation avant travaux

En effet, la figure 106 met en évidence que cet investissement s'avère plus efficace pour les bâtiments ayant une forte consommation

¹⁶ Le montant communiqué est le résultat de la moyenne des ratios de chaque projet entre le coût de la rénovation énergétique et l'écart de la consommation avant/après travaux, et non le ratio entre 277 kWhep/m².an et 53 k€.

énergétique conventionnelle initiale. Il se dégrade rapidement pour les rénovations BBC de logements ayant une consommation énergétique conventionnelle initiale proche de 200 à 250 kWhep/m².an

Cep	Nb	Montant pour économiser 1 kWhep/m ² .an	Montant des travaux énergétiques
90<Cep<150	3	447 €	36,5 k€
151<Cep<230	53	424 €	47,2 k€
231<Cep<330	77	269 €	51,8 k€
331<Cep<450	79	225 €	59,4 k€
Cep<451	56	143 €	68,1 k€
Moyenne		255 €	56,3 k€

Figure 107 : Montant moyen des travaux énergétiques et investissement pour économiser 1 kWhep/m².an en fonction de la consommation avant travaux

Cependant, les logements les plus énergivores impliquent de mobiliser un montant de travaux énergétiques plus important pour atteindre le niveau BBC (Cf. figure 107).

La question qui subsiste est la suivante : à partir d'une enveloppe budgétaire fixée quels bâtiments doit on cibler et pour quelles économies d'énergies ?

Le graphique ci-dessous illustre un cas concret où 10 000 000 € sont alloués à la rénovation des maisons individuelles.

Il démontre que plus les investissements ciblent les bâtiments énergivores, plus les économies d'énergies (courbe rouge) sont importantes malgré un nombre de logements rénovés (courbe bleue) qui a tendance à diminuer.

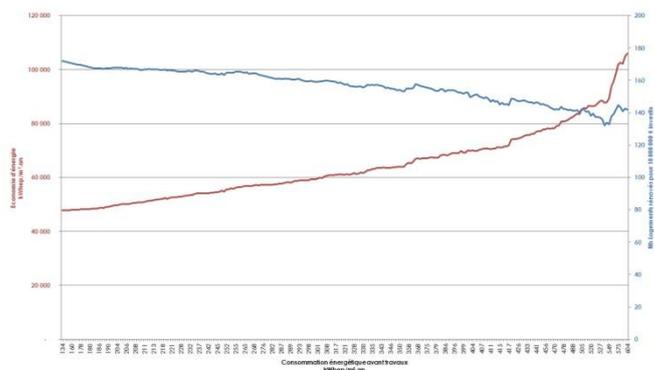
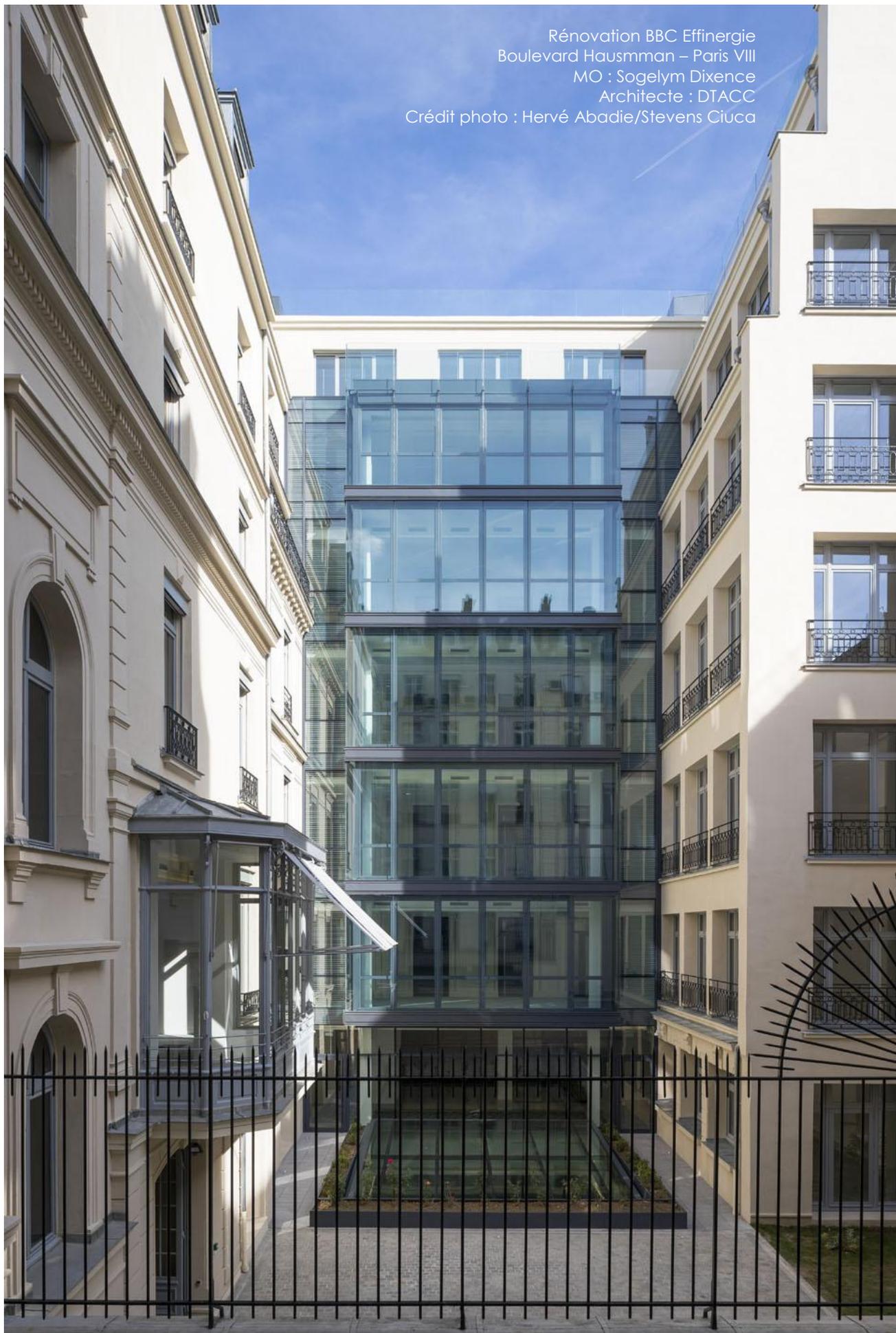


Figure 108 : Nombre de logements rénovés et économies d'énergies pour l'ensemble des bâtiments

Observatoire-BBC

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



Rénovation BBC Effinergie
Boulevard Hausmann – Paris VIII
MO : Sogelym Dixence
Architecte : DTACC
Crédit photo : Hervé Abadie/Stevens Ciuca