

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



L'OBSERVATOIRE DES BATIMENTS BEPOS & RENOVATION BASSE CONSOMMATION EN AUVERGNE RHONE ALPES

Retours d'Expériences 2007- 2016

Cette étude a pour objectif de présenter un retour d'expérience sur les bâtiments rénovés à basse consommation et lauréats des appels à projets de 2007 à 2016 sur le périmètre Auvergne Rhône Alpes.

Sommaire

1. Contexte
2. Périmètre
3. Le confort d'été
4. Performance
5. Enveloppe
6. Equipements

L'Observatoire BBC

Auvergne Rhône Alpes

Un outil pédagogique 2.0

<https://www.observatoirebbc.org/auvergnhonealpes>

Un périmètre

Les bâtiments certifiés ou lauréats d'appel à projets régionaux avec un niveau à basse consommation (BBC-Effinergie, BBC-Effinergie Rénovation), Effinergie+, Bepos-Effinergie 2013 et Effinergie 2017 (BBC, Bepos, Bepos+)

Des objectifs

Identifier et promouvoir les bâtiments exemplaires
Promouvoir le savoir-faire des professionnels
Valoriser le tissu économique régional
Identifier les besoins en formation

Des outils

Retours d'expérience, moteur de recherche, géolocalisation, études et statistiques régionales

457 projets

Etudiés et présentés au travers de fiches opérations

615 acteurs

Référencés et valorisés

Des partenaires

La Direction Régionale de l'ADEME
La Région Auvergne Rhône Alpes

1. Le Contexte :



Figure 1 : Rénovation basse consommation Mairie de Vers – Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : DMA Architecture

Le périmètre de l'étude

Ce rapport propose un retour d'expérience sur les bâtiments lauréats des appels à projets en Région Auvergne-Rhône-Alpes sur la période 2007 - 2016. Il se focalise sur les projets ayant pour objectifs d'atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation. Il ne prend pas en compte les projets réalisés dans le neuf car :

- seulement une dizaine d'opérations Bepos ont été lauréates d'un appel à projet en 2016¹.
- les lauréats de l'appel à projet OBEC ne sont pas pris en compte dans le cadre de cette convention.

Il s'intéresse aux bâtiments résidentiels et tertiaires.

Les données sources

L'étude a été réalisée à partir des données de l'Observatoire BBC² en Région Auvergne-Rhône-Alpes.

Cet Observatoire créé en 2015 par l'Association Effinergie, en partenariat avec la Direction Régionale de l'ADEME et la Région Auvergne-Rhône-Alpes a pour objectifs :

- D'identifier la dynamique engendrée par les labels de l'association Effinergie en Région Rhône-Alpes,
- D'identifier les technologies utilisées dans les projets lauréats,
- D'analyser les solutions techniques mises en œuvre,

¹ Ces opérations sont décrites dans un rapport spécifique et elles sont consultables sur le site internet de l'Observatoire régional

² Observatoire Bepos et Basse Consommation

- De promouvoir les acteurs de la filière du bâtiment s'engageant dans des démarches exemplaires,
- D'établir des tendances technico-économiques.

Les données techniques, économiques et administratives ont été collectées auprès de différents acteurs.

Ainsi, les données techniques et administratives ont été communiquées par les organismes certificateurs ou par la Région et les Directions Régionales de l'ADEME.

Les données économiques ont été demandées auprès de certains acteurs du projet (maîtrise d'ouvrage, économiste de la construction, architecte) et des partenaires de l'Observatoire régional.

Une fiche « retour d'expérience »

Sauf exceptions³, chaque projet étudié a bénéficié d'une fiche retour d'expérience sur le site de l'Observatoire BBC régional. Elle a été

communiquée aux bureaux d'études, architectes et maîtres d'ouvrages afin de bénéficier de leurs expertises.

Les cibles

Cette étude s'adresse à l'ensemble des acteurs de la filière de la rénovation et de la construction exemplaire.

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 le marché de la rénovation globale à basse consommation à l'échelle régionale sans pour autant être représentative de l'ensemble des projets rénovés en France et en Région Auvergne-Rhône-Alpes

³ Refus d'un des acteurs, données obsolètes, ...

2. Le périmètre de l'étude :



Figure 2 : Rénovation basse consommation Ecole de Pomeys - Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : Barrios Architecture

L'Observatoire BBC régional référence 155 bâtiments avec un niveau BBC Effinergie rénovation, dont 92 sont lauréats d'un appel à projet régional et 63 ont obtenu un label dans le cadre d'une certification. Cependant, nous avons eu des données techniques fiables sur 83 lauréats et 54 projets labélisés.

Quelle typologie de bâtiments ?

L'étude se focalise sur les projets rénovés à basse consommation lauréats des différents appels à projets soutenus par la Région Auvergne-Rhône-Alpes et la Direction régionale de l'ADEME sur la période 2007 – 2016.

L'échantillon de l'étude se compose de 83 lauréats, répartis entre :

- 20 projets collectifs, et
- 63 projets tertiaires regroupant plus de 93 000 m² rénovés à basse consommation.

En parallèle, 54 bâtiments ont obtenu un label BBC-Effinergie rénovation dans le cadre d'une certification.

En **logements collectifs**, les 20 projets lauréats regroupent 1 418 logements, soit 186 230 m². Ces opérations sont présentes sur l'ensemble du territoire régional. Par ailleurs, près de 80% de

ces rénovations concernent des logements sociaux.

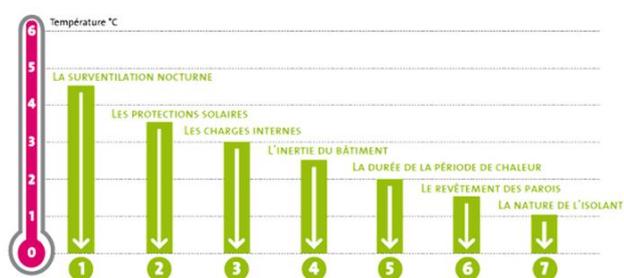
Dans le secteur **tertiaire** (n=63 opérations), notre échantillon se caractérise par un nombre important de rénovations basse consommation de bureaux (n=29/63 – 50 477 m²) et d'établissements scolaires (22/63 – 25 030 m²). En parallèle un hôtel, un gymnase, un EHPAD, un centre médico-psychologique, un lieu d'hébergement, des salles polyvalentes et de spectacles ont été financés dans le cadre de ces appels à projets. Enfin, 65% des opérations lauréates sont situées dans les départements :

- du Rhône (n=14/63),
- de l'Isère (n=13/63),
- de la Loire (n=8 /63),
- de la Haute Savoie (n=6/53).

3. Le confort d'été



Figure 3 : Rénovation et extension de l'école de Geyssans – Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : Patrice Reverdi



Avant propos

Afin de maintenir un niveau de confort thermique performant, il est nécessaire, en phase conception de s'appuyer sur des dispositifs dits passifs : optimisation de l'orientation du bâtiment, limitation des apports, inertie thermique du bâtiment, ...Cependant, certains facteurs, précisés ci-dessous, contribuent au confort d'été.

Agir sur la ventilation

Impact sur la température : 1 à 4,5°C

L'objectif de la surventilation nocturne est d'utiliser la fraîcheur de la nuit pour évacuer les calories accumulées dans la journée. Elle peut être réalisée en ouvrant les fenêtres de deux faces opposées afin de créer un courant d'air, ou en augmentant les débits de ventilation de la ventilation double afin de renouveler plus rapidement l'air intérieur.

Dans le projet de rénovation de l'école de la commune de Pomeys, la surventilation nocturne a permis de réduire le nombre d'heures au-dessus de 27°C de 70%, pour atteindre moins de 36h d'inconfort par an.

Dans certains projets, le rafraîchissement est réalisé par une ventilation nocturne, sans pour autant parler de surventilation associée à un surdimensionnement de la ventilation. Le système fonctionne alors à son débit maximal durant la nuit (exemple : rénovation des bureaux de la CCVL à Vaugneray). D'autres opérations, comme l'école maternelle de Bogève, ont fait le choix d'équiper d'ouvrants à

soufflet les menuiseries extérieures et intérieures afin de faciliter la ventilation naturelle.



Figure 4 : Ventilation naturelle – Groupe Scolaire de Bogève

Par ailleurs, le système de ventilation du projet de rénovation du bâtiment de Loire Habitat a été adapté afin de favoriser la décharge thermique des locaux en dehors des heures d'occupation.

Certains projets bénéficient d'une architecture existante favorisant la ventilation naturelle. C'est le cas des locaux de l'école de Geysans qui possèdent à minima d'une double orientation par local pour une meilleure ventilation naturelle.

Enfin, l'ajout d'ouvrants en toiture et d'une ventilation mécanique permettent de rafraîchir certains locaux. C'est le choix fait par l'équipe projet dans le cadre de la rénovation des bureaux de la société Inddigo, afin de rafraîchir les espaces communs, y compris la nuit, tout en assurant la sécurité des locaux.

Les protections solaires

Impact sur la température : 1 à 3,5°C

Les facteurs qui influencent la température intérieure sont la surface totale des vitrages, leurs orientations et leur occultation. Certaines orientations favorisent les apports solaires en hiver mais nécessitent une gestion des rayonnements solaires en période estivale.

Les protections solaires peuvent être aussi intégrées au bâti. Cependant en rénovation, les contraintes architecturales (surface et orientation des surfaces vitrées) sont plus importantes que dans le neuf. Par ailleurs, dans le cadre de bâtiments classés, notamment pour la qualité architecturale de leurs façades, l'ajout de protections solaires est souvent

proscrit (exemple : Rénovation Le Splendid – Villard de Lans).

Dans bien d'autres cas, l'installation de protections solaires contribue à l'amélioration du confort d'été.

Ainsi, des brise-soleil et des stores extérieurs ont été installés sur les façades ouest, sud-ouest, sud est et sud-est du bâtiment de Loire Habitat. Par ailleurs, sur ce même projet un vitrage à contrôle solaire associé à des stores intérieurs permet d'améliorer la qualité du confort d'été.



Figure 5 : Débord de toiture – Ecole de Pomeys

Dans le cadre du projet de la rénovation l'école primaire de Pomeys, un débord de toiture a été prévu sur l'extension du préau. En parallèle, des brise-soleil orientables ont été intégrés aux fenêtres de la façade Ouest.

A titre d'exemple, les fenêtres exposées au Sud de la mairie de Vers ont bénéficié de protections solaires.

De même, les baies exposées côtés Sud et Ouest de l'école de Geysans ont été équipées de protections solaires extérieures.



Figure 6 : Protection solaires – Mairie de Vers

La présence d'un parc arboré, conservé dans le cadre des travaux de rénovation, tel que ce fut le cas pour la maison de retraite Caritas,

permet de bénéficier de protections solaires naturelles. De même, dans le cadre de la rénovation de l'Ecole des Vennes ou de l'Isalle de fêtes de la commune de Pinay, les plantations de feuillus existants ont été prises en compte dans l'analyse de l'ensoleillement du site.

Enfin, il demeure indispensable d'accompagner les futurs usagers en les impliquant en amont de la réception du bâtiment et de leurs communiquer des carnets de recommandations ou guides spécifiant la gestion des ouvrants et des occultations.

Les charges internes

Impact sur la température : 1 à 3°C

Les apports de chaleurs induits par les équipements et/ou le nombre de personnes influencent la perception du confort d'été. Dans le cadre du projet de rénovation « du Quai des Etroits » les différents apports internes ont été estimés pour l'éclairage (6 W/m²), la bureautique (140 W/poste de travail), la cafétéria (1,5 kW) et les personnes (70 W/personne en hiver, 50 W/personne en été). Dans le cadre de construction d'école, il est intéressant d'interroger en amont les futurs usagers sur les équipements qui seront utilisés (tableaux numériques, vidéoprojecteurs, ordinateurs,...).

L'accompagnement et la sensibilisation des usagers à la bonne utilisation des équipements en période chaude demeurent indispensables pour limiter les apports internes.

Dans le cadre de la rénovation des bureaux Inddigo, le déplacement du local serveur en sous-sol a été étudié afin de limiter les apports internes.

Au mois de juin, la présence de 25 élèves dans les salles de classe orientés Sud Est de l'école de Vals les Bains fait monter la température à près de 31°C sans système de ventilation. L'ajout d'un débit de ventilation de 15 m³/h par personne permet de réduire cette température de 3°C. En associant cette ventilation avec un écran solaire, le gain total peut atteindre 5°C. Par ailleurs, une densité maximale d'élèves par classe (>0,4 élève/m²) permettrait de limiter les apports internes. Ce gain est en partie compensé par l'utilisation des ordinateurs et l'éclairage de la salle de classe. Une optimisation des plages horaires d'utilisation des ordinateurs (ie le matin au lieu de l'après midi) permet de minimiser cette compensation.

L'inertie du bâtiment

Impact sur la température : 1 à 2,5°C

Un bâtiment avec une masse élevée (murs, dalles béton, plancher, cloisons,...) induit des transferts de température entre l'extérieur et l'intérieur décalés dans le temps. C'est le cas de bâtiments conçus avec des matériaux lourds de type béton, briques pleins, terre crue. Cependant, le transfert de chaleur n'est pas supprimé mais décalé.

Ainsi, l'inertie lourde des bâtiments de la mairie de Vers, de la maison de retraite Caritas, des bureaux Tchecoslovaques ou des bureaux Inddigo construits en béton, permet d'emmagasiner les apports en journée pour les restituer la nuit. Autre exemple, l'aile ancienne de l'école de Vals les Bains, construite avant 1948, en pierre/béton de 60 cm d'épaisseur, bénéficie d'une forte inertie thermique.

La durée de la période de chaleur

Impact sur la température : 1 à 2°C

Le revêtement des parois Impact sur la température : 1 à 1,5°C

La couleur et l'état de surface d'une façade extérieure ou du sol influencent l'absorption des rayonnements solaires. En effet, plus la surface est rugueuse, plus sa capacité d'absorption sera importante (enduit strié par exemple).

Ainsi, à titre d'exemple, des aménagements extérieurs ont été prévus dans le cadre du projet Inddigo afin de réduire la surface asphaltée et de créer un espace vert. Une petite retenue d'eau a été envisagée afin de rafraîchir l'air en façade du bâtiment par évaporation.

De même, lors de la rénovation de l'école de Vals les Bains, l'équipe projet a fait le choix de couleurs claires pour les parois afin d'améliorer le confort visuel et le rayonnement indirect.

La nature de l'isolant

Impact sur la température : jusqu'à 1°C

Le choix de l'isolant peut influencer le confort de l'usage. En effet, si en hiver, l'isolant doit avoir une conductivité thermique faible et une épaisseur suffisante, il devra, en été, grâce à sa capacité thermique élevée, lui permettre de stocker des calories sans s'échauffer. Par ailleurs, la densité de l'isolant n'aura qu'un impact marginal sur le confort d'été.

4. Les performances :



Figure 7 : Rénovation basse consommation du siège social de Loire Habitat - Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : Atelier des Vergers

Les logements collectifs

Les logements collectifs étudiés (n=20) ont une compacité⁴ moyenne de 1,4, similaire aux bâtiments issus des projets certifiés ou lauréats d'appel à projets nationaux. Cette compacité est logiquement inférieure à celle observée pour les logements individuels (2,1). Elle demeure identique avant et après travaux.

Sur la base de notre échantillon composé de 20 logements collectifs, les déperditions moyennes du bâtiment (Ubat) sont réduites d'un facteur 2,6 pour atteindre un Ubat proche de 0,57 W/m².K après travaux.

⁴ La compacité est définie comme le ratio entre la surface extérieure et la SHON RT

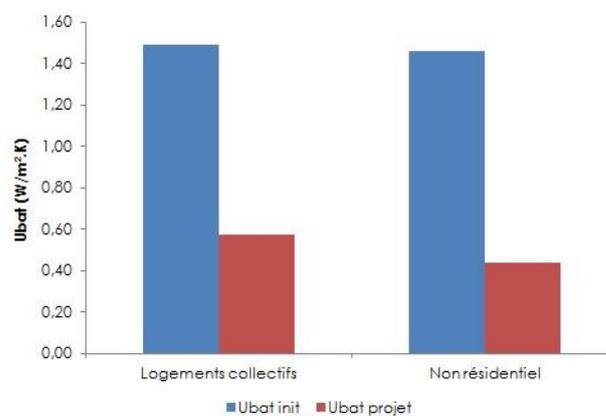


Figure 8 : Déperditions moyennes du bâtiment avant/après travaux suivant le type de bâtiment

Les fenêtres (41%) et les murs extérieurs (26%) demeurent les deux postes les plus déperditifs. Le poids des pertes par ponts thermiques représente 22% des pertes totales. La mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur permet de réduire ce ratio à 18% alors qu'il s'élève à 28% lorsque le bâtiment a été isolé par l'intérieur.

La consommation moyenne des 20 opérations lauréates des appels à projets en Région Auvergne-Rhône-Alpes est de l'ordre de 79 kWhep/m².Shon.an sans prendre en compte la production locale d'électricité.

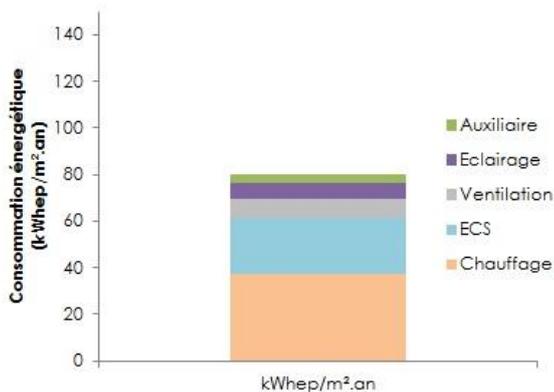


Figure 9 : Niveau et répartition de la consommation d'énergie en logements collectifs neufs

En tertiaire

Les bâtiments tertiaires étudiés (n=63) ont une compacité moyenne de 1,8. Elle varie de 1,5 pour les bureaux à 2,1 pour les bâtiments d'éducation dotés d'une architecture moins compacte.

Sur la base de notre échantillon (n=63), les déperditions moyennes du bâtiment (Ubat) sont réduites d'un facteur 3,3 en tertiaire, pour atteindre un Ubat proche 0,44 W/m².K.

En parallèle, les pertes par ponts thermiques représentent près de 17% des pertes totales. Comme en collectif, ce ratio augmente lors de la mise en œuvre d'une isolation par l'intérieur (20%) et diminue avec une isolation par l'extérieur (16%).

Le niveau de consommation sans prendre en compte la production locale d'électricité se situe autour de 75 kWhep/m².Shon.an. Si la

Ce niveau se situe 20% en dessous de l'exigence du label BBC-Effinergie et 32% en dessous de l'exigence réglementaire.

La production d'ECS (30%) et le chauffage (47%) sont les deux principaux postes de consommation d'énergie dans les logements collectifs rénovés. La ventilation (10%) et l'éclairage couvrent 20% de la consommation totale.

La consommation des logements collectifs rénovés est réduite par un facteur 3,8 après travaux.

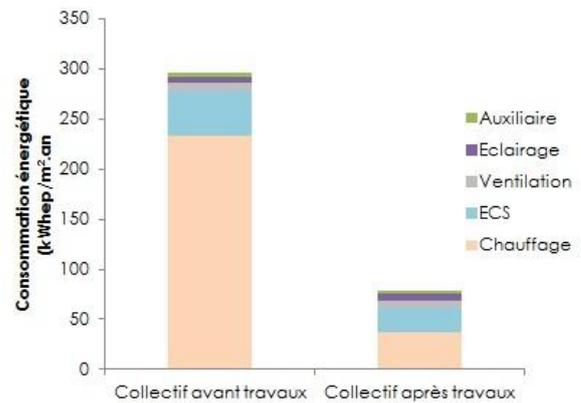


Figure 10: Consommation avant et après travaux en collectifs rénovés

production locale est prise en compte le niveau de consommation se situe 21% en dessous de l'exigence du label pour atteindre 68 kWhep/m².Shon.an.

La répartition des postes de consommations varie en fonction de la présence de systèmes de refroidissement et d'ECS. Cependant, en l'absence de système de refroidissement les principaux postes de consommations, suivant la présence d'ECS et l'énergie de chauffage, sont :

- le chauffage (40% à 44%)
- l'éclairage (26% à 42%)
- la ventilation (12% à 20%)

Après rénovation, les consommations des bâtiments tertiaires sont réduites d'un facteur 4,8 par rapport à l'état initial (consommation de 327 kWhep/m².an).

5. L'enveloppe :



Figure 11 : Rénovation de l'ancienne usine Tase en bureaux - Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : Christian Devillers Architecte

Les logements collectifs

Murs verticaux

Les logements collectifs issus de notre échantillon (n=20) sont construits principalement en béton (n=12/20) et en pierres (n=7/20). Un seul bâtiment a été construit en briques.

Sur cette échantillon, 85% des bâtiments ont rénové leurs parois extérieures.

L'isolation par l'extérieur⁵ demeure la solution la plus préconisée (ITE : 58%). En parallèle, 32% ont été isolées par l'intérieur⁶ et 10% ont associé ITE et ITI.

On constate que le type d'isolation dépend du matériau de construction. Ainsi, les

⁵ ITE : Isolation par l'extérieur

⁶ ITI : Isolation par l'intérieur

constructions en béton ont été majoritairement isolées par l'extérieur (n=8/12), alors que les bâtiments en pierre ont été isolés principalement par l'intérieur (n=5/7).

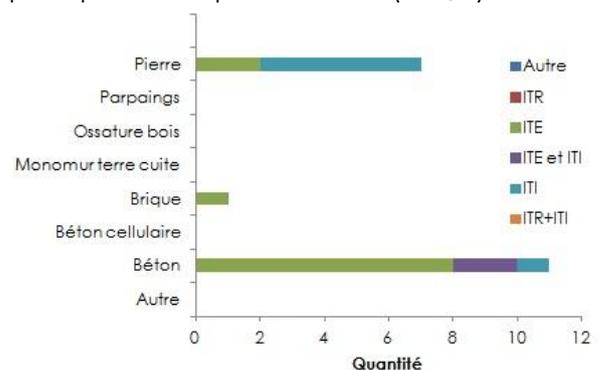


Figure 12 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des logements collectifs

Après travaux, les murs extérieurs des bâtiments collectifs issus de notre échantillon sont isolés majoritairement avec de la laine minérale (53%) et du plastique alvéolaire (42%).

Les solutions composées d'écomatériaux sont marginales (5%) en logements collectifs. L'isolation par l'extérieur est associée principalement avec du plastique alvéolaire (n=7/11). A contrario, la laine minérale est privilégiée dans le cadre d'une isolation par l'intérieur.

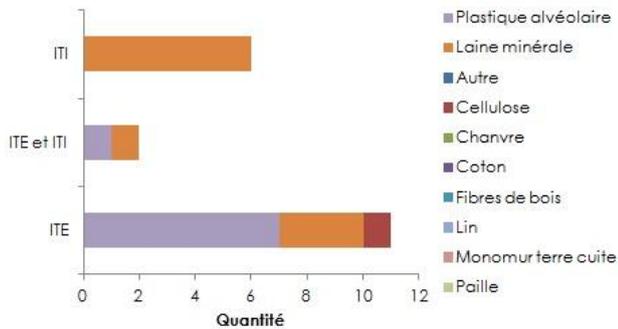


Figure 13 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en logements collectifs

Les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5,5 pour atteindre une résistance moyenne de 4,4 m².K/W.

Toitures

Les toitures des logements collectifs étudiés (n=20) sont équitablement répartis entre des combles (n=6/20), des rampants (n=7/20) et des toitures terrasses (n=7/20).

Sur cet échantillon, 70% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (53%) et du plastique alvéolaire (31%). Les écomatériaux sont mis en œuvre dans 16% des projets de notre échantillon.

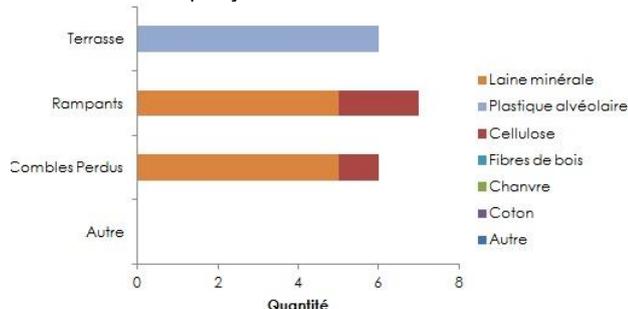


Figure 14 : Isolants mis en œuvre en fonction des types toitures en logements collectifs

A titre de comparaison, seulement 3% des projets certifiés ont des toitures isolées avec des écomatériaux.

On constate que le choix des isolants dépend du type de toiture. En effet, les combles et rampants sont principalement isolés avec de la laine minérale (n=10/13) alors que les toitures terrasses bénéficient d'une isolation réalisée avec du plastique alvéolaire.

Les résistances thermiques moyennes des toitures varient de 5 m².K/W pour les toitures terrasses à 4 m².K/W dans les combles perdus.

Type	N.	R moyen (m ² .K/W)	R min (m ² .K/W)	R max (m ² .K/W)
Comble & Rampant	13	5,3	2,4	10
Terrasse	7	4	3,1	5,9

Figure 15 : Résistances des toitures après travaux suivant le type de toitures en logements collectifs

Planchers bas

Les bâtiments collectifs étudiés ont été construits principalement sur des sous-sols (n=8/20), sur terre plein (n=5/20) ou sur vide sanitaire (n=3/20)..

Par ailleurs, sur notre échantillon 74% projets ont intégré la rénovation des dalles des planchers bas dans leur bouquet de travaux.

La résistance moyenne des planchers bas est de l'ordre de 2,6 m².K/W. Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5,9.

Baies

Sur notre échantillon (n=20), près de 75% des opérations ont rénové ou remplacé leurs fenêtres.

Après travaux, les logements sont équipés principalement de menuiseries en bois (n=11/20) ou en PVC (n=9). Les baies sont principalement des doubles vitrages 4/16 ou 15/4 avec une lame d'argon. Le remplacement des baies permet d'améliorer les performances des fenêtres de 3,9 W/m².K à 1,3 W/m².K (Ujn).

Par ailleurs, 2 opérations sont équipées de triples vitrages. La surface vitrée représente près de 18% de la surface habitable.

Les bâtiments tertiaires

Murs verticaux

Notre échantillon de bâtiments tertiaires (n=61) est composé principalement de construction en béton (59%) et pierres (29%). Les constructions en parpaings (2%), briques (2%), béton cellulaire (2%) et en ossature bois (2%) sont minoritaires.

Sur cette échantillon, 97% ont fait le choix de rénover leurs murs extérieurs lors des travaux.

Près d'une opération sur deux a mis en œuvre une isolation par l'extérieur (ITE : 47%). En parallèle, une ITI a été proposée dans 31% des cas. Enfin, 20% des projets ont associé une ITE à une ITI déjà présente avant les travaux.

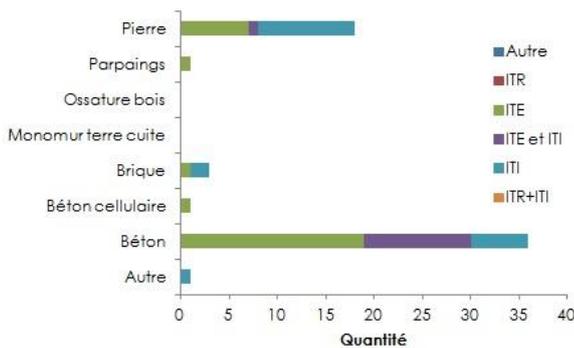


Figure 16 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des bâtiments tertiaires

Comme en résidentiel, l'ITE est majoritairement associée à des constructions en béton alors que les murs en pierre bénéficient davantage d'une ITI.

Les murs extérieurs sont isolés principalement avec de la laine minérale (48%) et du plastique alvéolaire (25%). Les éco-matériaux ont été proposés dans 27% des projets.

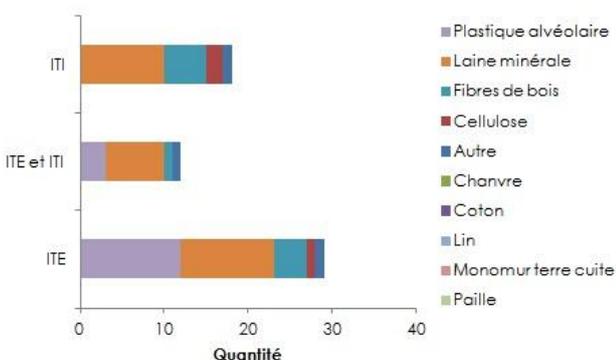


Figure 17 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en tertiaire

Comme en résidentiel, la laine minérale (55%) demeure majoritaire dans le cas d'une ITI. Sa

part diminue à 38% en ITE en faveur du plastique alvéolaire.

Les résistances thermiques moyennes des murs extérieurs varient de 4,4 m².K/W avec une ITI ou une ITE à 5,4 m².K/W pour les opérations associant les deux types d'isolation ITI+ITE. Les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 8,2, pour atteindre une résistance moyenne de 4,5 m².K/W.

Type	Nb	R moyen (m ² .K/W)	R min (m ² .K/W)	R max (m ² .K/W)
ITE	26	4,3	1,25	7,6
ITE+ITI	11	5,4	3,4	11,1
ITI	19	4,4	2,6	7,2

Figure 18 : Résistances des murs après travaux suivant le type d'isolation en tertiaire

Toitures

Comme en collectif, les toitures des bâtiments tertiaires étudiés sont équitablement répartis entre des toitures terrasses (33%), des rampants (24%) ou des combles (25%). Les toitures métalliques représentent 6% des toitures étudiées.

On constate que les bâtiments d'éducation sont majoritairement construits avec des toitures sous combles ou rampants, alors que les bureaux privilégient des toitures terrasses.

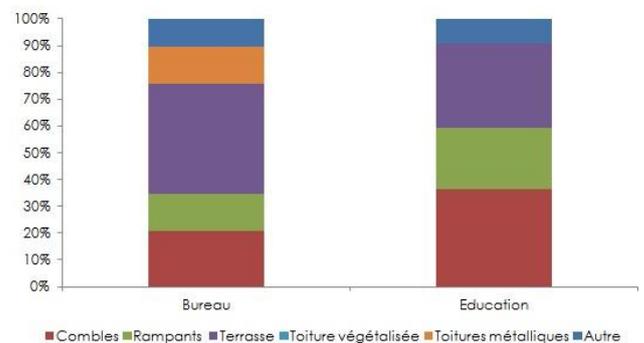


Figure 19 : Typologie de toitures par usages de bâtiments tertiaires

Sur cette échantillon (n=63), 87% des bâtiments ont rénovés leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (58%) ou du plastique alvéolaire (30%). Les éco-matériaux sont mis en œuvre dans 10% des projets de notre échantillon.

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

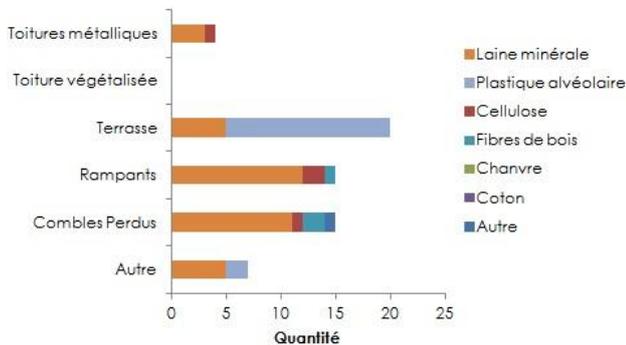


Figure 20 : Isolants mis en œuvre suivant les types de toiture en tertiaire

Les résistances thermiques moyennes des toitures oscillent autour de 7 m².K/W suivant les typologies de toiture. Les travaux de rénovation des toitures permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 9.

Type	N b	R moyen (m ² .K/W)	R min (m ² .K/W)	R max (m ² .K/W)
Combles	16	6,6	2,7	12,5
Rampant	14	7,3	5,1	9,2
Terrasse	20	6,8	4,6	10,4

Figure 21 : Résistances des toitures après travaux suivant le type de toitures en tertiaire

Planchers bas

Les bâtiments tertiaires sont construits sur une grande diversité de plancher bas : terre plein (43%), sous-sol (24%) ou vide sanitaire (17%). Par ailleurs, sur notre échantillon 76% des dalles des planchers bas ont été rénovées.

La résistance moyenne des planchers bas est de l'ordre de 3 m².K/W. Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 4.

Baies

En Auvergne-Rhône-Alpes, les menuiseries installées sur les bâtiments lauréats des appels à projets sont majoritairement en bois (48%). Les menuiseries en aluminium (avec ou sans rupteurs de ponts thermiques) ont été installées dans 29% des opérations. Enfin, 10% des projets sont équipés de fenêtre en PVC et 6% ont des châssis en bois/aluminium

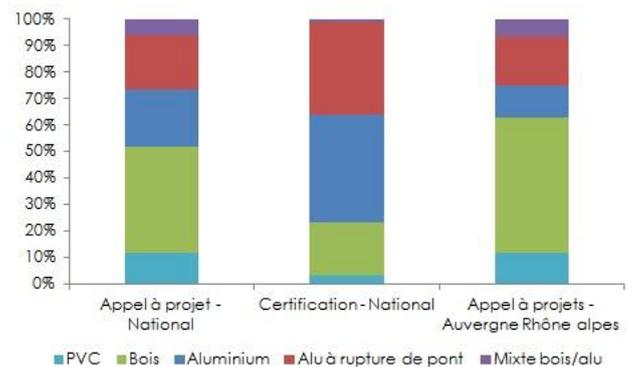


Figure 22 : Répartition des types de menuiseries en fonction de l'origine et de la localisation

Cette clé de répartition est différente de celle constatée sur les projets certifiés. En effet, les menuiseries en aluminium sont majoritaires (68%) au détriment des châssis en bois (18%) dans les projets certifiés à l'échelle nationale. En parallèle, 16% des baies sont des triple-vitrages.

La surface vitrée représente de 17% de la surface utile. Elle varie de 19% pour les bâtiments d'éducation à 16% pour les bureaux. Enfin, le remplacement des baies permet d'améliorer les performances des fenêtres de 3,6 W/m².K à 1,48 W/m².K (Ujn).

6. Les équipements :



Figure 23 : Rénovation basse consommation Résidence le Fond Bernard - Source : Observatoire BBC Auvergne Rhône-Alpes
Architecte : Atelier Ma-Architecte

Le chauffage

La rénovation ou le remplacement du système de chauffage a été intégré dans 85% des bouquets de travaux.

Logements collectifs

65% des logements étudiés (n=13/20) sont chauffés au gaz, dont une grande majorité (n=10/13) via des chaudières gaz à condensation). En parallèle, 6 programmes bénéficient d'un chauffage au bois (n=2/20), à l'électricité (n=2/20 : effet joule et thermodynamique) ou sont raccordés à un réseau de chaleur (n=2/20). Enfin, un seul programme a remplacé sa chaudière au fioul existante par une solution à condensation. L'émission est assurée par des radiateurs dans 70% des projets.

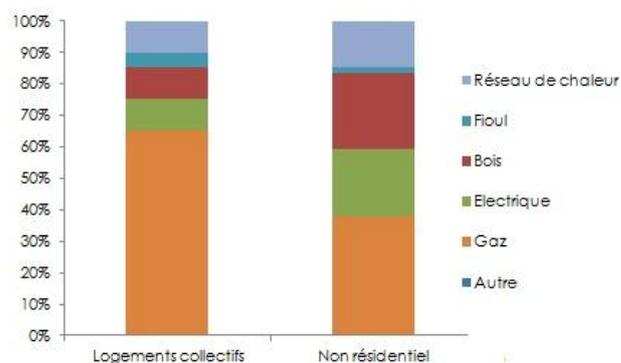


Figure 24 : Répartition de l'énergie de chauffage pour les logements collectifs lauréats et rénovés en Auvergne-Rhône-Alpes

Enfin, sur 14 projets avec une énergie de chauffage avant travaux connue, on constate que :

- les 6 opérations chauffées au gaz ont conservé leur énergie initiale,
- 4 des 8 autres bâtiments ont changé d'énergie de chauffage dans le cadre des travaux de rénovation. Ces changements d'énergie ont eu lieu sur des projets initialement chauffés à l'effet joule (n=3/4) ou au fioul (n=1/4).

Au niveau national, les lauréats des appels à projets régionaux sont aussi principalement chauffés au gaz (58%). En parallèle, 34% sont soit raccordés à un réseau de chaleur (19%), soit chauffés au bois (15%).



Figure 25 : Maison de l'Environnement – Chamrousse

Enfin, on constate que le taux de logements chauffés au bois est sensiblement supérieur pour les lauréats des appels à projets (15%) au regard des projets certifiés (3%). Cette différence s'explique par les éco-conditionnalités sur le chauffage biomasse intégrées dans certains appels à projets régionaux.

L'eau chaude sanitaire

La rénovation ou le remplacement du système de production d'ECS a été intégré dans 85% des bouquets de travaux.

Logements collectifs

En collectif, la moitié (n=10/20) des projets lauréats en Région Auvergne-Rhône-Alpes sont équipés d'une installation solaire pour la production d'ECS. Elle est associée majoritairement à des chaudières gaz à

Tertiaire

En tertiaire, sur les 63 opérations lauréates et rénovées à basse consommation, plus d'un tiers sont chauffés par une chaudière gaz, dont 78% sont à condensation. En parallèle, 24% des projets sont chauffés au bois et 21% par une solution électrique (50% effet joule - 50% thermodynamique). Par ailleurs, 14% des bâtiments sont raccordés à un réseau de chaleur urbain. Enfin, deux projets présentent des solutions atypiques :

- Une solution solaire pour la [maison de l'environnement](#), ancien refuge du club alpin français situé à Chamrousse.
- Une solution gaz à absorption air/eau pour la [Maison de l'Habitat à Aurillac](#).

On constate aussi, que la répartition de l'énergie de chauffage dépend de l'origine (certifié/appe à projet) et de la localisation des projets. A titre d'exemple, à l'échelle nationale, les projets certifiés sont davantage chauffés par des solutions électriques (47%) ou raccordés à un réseau de chaleur (34%) alors que le chauffage au gaz, au bois sont plus présents pour les lauréats des appels à projets. En parallèle, la clé de répartition de chauffage est aussi différente entre les lauréats situés en Région Auvergne Rhône Alpes et ceux étudiés à l'échelle nationale.

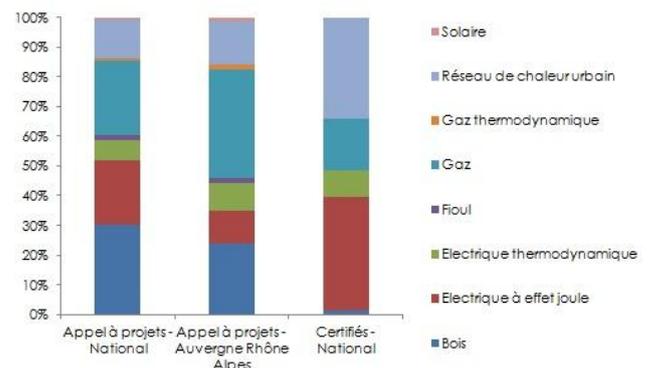


Figure 26 : Répartition de l'énergie de chauffage suivant l'origine et la localisation des projets

condensation (n=7/10), mais aussi à des chaudières bois (n=1/20) et des logements chauffés à l'effet joule (n=2/20). La surface moyenne des installations solaires est de 24 m², soit 1,8 m² de capteurs par logement.

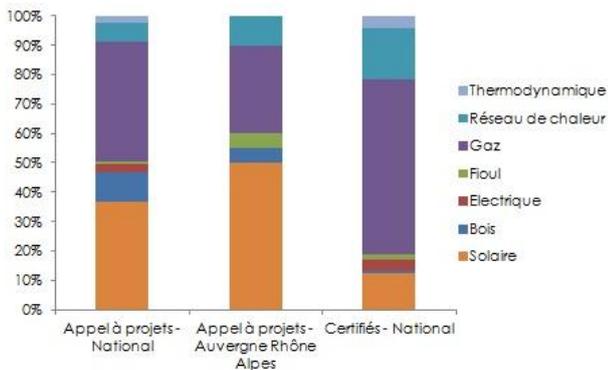


Figure 27 : Répartition de l'énergie d'ECS pour les logements collectifs suivant l'origine et la localisation

On constate que le taux d'installation d'ECS solaire varie en fonction de l'origine du projet (appel à projet/certification) et des éco-conditionnalités intégrées aux différents dispositifs régionaux. En effet, 12% des projets certifiés possèdent une installation solaire alors que ce taux varie de 38% (au niveau national)

Les systèmes de ventilation

La rénovation ou le remplacement du système de ventilation a été intégré dans 95% des bouquets de travaux.

Logements collectifs

Dans le secteur résidentiel, 70% (n=14/20) des logements rénovés à basse consommation et issus des lauréats des appels à projet sont équipés de ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B. Ils étaient initialement dépourvus de système de ventilation (70%) ou équipés d'une ventilation simple flux (25%).

Systèmes de Ventilation Construction	Appel à Projet BBC-Effinergie Rénovation Collectifs	Certifié BBC-Effinergie Rénovation Collectifs
Auvergne-Rhône-Alpes	Hygro B: 70% Hygro A: 0% D.Flux: 20% Autres: 10%	Hygro B: 63% Hygro A: 17% D.Flux: 10% Autres: 10%
National	Hygro B: 66% Hygro A: 10% D.Flux: 10% Autres: 14%	Hygro B: 73% Hygro A: 15% D.Flux: 2% Autres: 10%

Par ailleurs, on constate que l'installation d'une ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B demeure la solution la plus déployée qu'elle que soit l'origine (certifiée ou appel à projet) et l'échelle territoriale (nationale ou régionale).

à 50% (en Auvergne-Rhône-Alpes) pour les lauréats des appels à projets régionaux.

En parallèle, 50% des logements collectifs (n=10/20) ont un système commun de chauffage et de production d'ECS. Ces bâtiments sont équipés principalement de chaudières gaz à condensation (n=6/20), de chaudière bois (n=1/20) ou fioul (n=1/20), ou raccordés à un réseau de chaleur (n=2/20).

Tertiaire

Dans le tertiaire, 55% des études thermiques étudiées (n=35/63) n'ont pas pris en compte la production d'ECS dans le calcul réglementaire. En parallèle, 16% (n=10/63) ont installé des ballons électriques de faibles capacités au plus près des points de puisage. Enfin, 13% (n=8/63) ont installé des panneaux solaires dans le cadre de rénovation de gymnase, mairie, site isolé, centre médical...

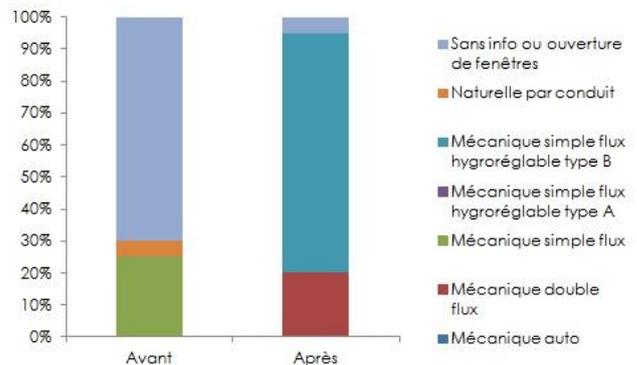


Figure 28: Système de ventilation avant/après pour les logements collectifs lauréats et rénovés en Auvergne-Rhône-Alpes

En parallèle, on constate que la part de la ventilation double flux varie en fonction de l'origine du projet et de l'échelle territoriale. En effet, le pourcentage d'opérations collectives équipées de ventilation double flux est 2 à 5 fois plus important

- dans le cadre des appels à projets que lors d'une rénovation certifiée.
- en Région Auvergne-Rhône-Alpes par rapport au reste de la France.

Tertiaire

Dans le **secteur tertiaire**, 79% des projets rénovés (n=50/63) sont équipés d'une ventilation double flux dans le cadre des appels à projets en Région Rhône-Alpes. A l'échelle nationale, 68% des lauréats des appels à projets et 92% des projets certifiés sont équipés de ventilation

double flux.

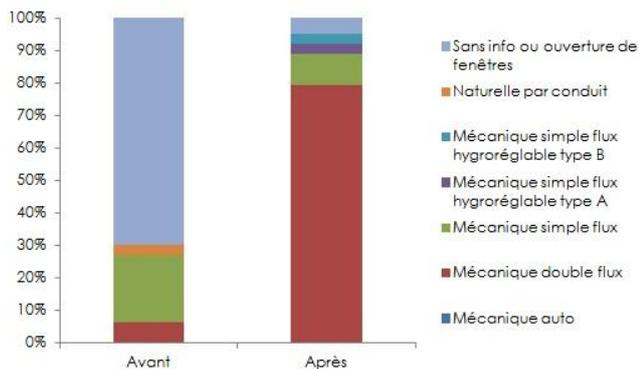


Figure 29 : Système de ventilation avant/après pour les bâtiments tertiaires lauréats et rénovés en Auvergne-Rhône-Alpes

Enfin, quelque soit l'usage du bâtiment, l'efficacité moyenne de l'échangeur des systèmes double flux, mentionnée en phase conception, est supérieure à 77%.

Le refroidissement

Tertiaire

81% (n=51/63) des projets lauréats dans le secteur tertiaire en région Auvergne Rhône ne sont pas équipés de solution de refroidissement. Plus spécifiquement, deux projets ont supprimé leur système de refroidissement dans le cadre des travaux de rénovation.

Dans les autres cas, un système de refroidissement a été installé (n=2/63), rénové ou remplacé (n=9/63). Enfin, un projet n'a pas rénové son système de refroidissement.

L'émission de froid est assurée principalement par le soufflage d'air froid via des ventilconvecteurs (n=6/11) ou par des planchers/plafonds rafraichissant (n=4/11). Un seul projet utilise un système de rafraichissement par forage sur nappe d'eau via la ventilation double-flux.

On notera que le taux d'installation de système de refroidissement dépend de l'origine du projet.

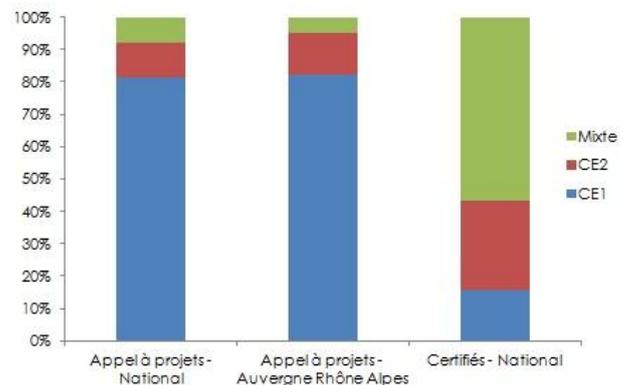


Figure 30 : Taux d'installations de système de refroidissement suivant l'origine et la localisation des projets

Ainsi, les lauréats d'appels à projets régionaux, au sein de la région Auvergne-Rhône-Alpes ou au niveau national, ont un taux d'installation bien inférieur aux projets certifiés, notamment pour les bâtiments de bureaux.

Le photovoltaïque

Logements collectifs

Sur l'ensemble des projets de **logements collectifs** étudiés (n=20), seuls 2 projets ont mis en œuvre une production locale d'électricité.

Tertiaire

En tertiaire, 19% des opérations lauréates (n=12/63) en Région Rhône-Alpes ont installé des panneaux photovoltaïques. Sur 8

opérations renseignées, les installations se caractérisent par :

- des rendements de l'ordre de 13,3% et une puissance crête moyenne de 11 kWc pour des panneaux en silicium multi ou mono-cristallins (n=6/8)
- des rendements de l'ordre de 5,1% pour des panneaux en silicium amorphe (n=2/8)

7. Les données économiques :

Avant propos :

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

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

Ainsi, les résultats présentés ci-après ne concernent que les projets tertiaires lauréats des appels à projets en Région Auvergne-

Rhône-alpes. Ils ne permettent pas d'établir des conclusions définitives. Ils ont pour objectif de mettre à disposition des acteurs un premier niveau d'information.

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

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

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

Les travaux de rénovation énergétique en tertiaire

Le tableau ci-dessous présente les montants des travaux de rénovation énergétiques par m² de surface pour les bâtiments de bureaux et d'éducation.

Travaux énergétiques (€/m ² ShonRT)	Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Maximum
Bureaux	18	205 €	531 €	914 €
Ecole primaire	15	269 €	500 €	684 €

Figure 31 : Coût des travaux de rénovations énergétiques en tertiaire

En parallèle, différents projets de rénovations ont été réalisés avec des montants de rénovation énergétique de l'ordre de :

- 516 € HT/m² pour une [salle des fêtes](#)
- 490€ HT/m² pour la [transformation d'un presbytère](#) en un établissement d'accueil touristique et deux logements
- 423 € HT/m² pour un [EHPAD](#)
- 329 € HT/m² pour [un gymnase](#)
- 317 € HT/m² pour une [maison des associations](#)
- 249 € HT/m² pour [un hôtel](#), avec un surcoût évalué à 49 € HT/m² pour atteindre le niveau BBC-effinergie rénovation
- 242 € HT/m² pour une [salle polyvalente](#)

On constate, sur l'ensemble de ces 40 projets, que le montant des travaux dédiés à l'amélioration thermique de l'enveloppe représente 59% du montant des travaux de rénovation énergétique - les montants des travaux sur les équipements représentant 41%.

Sur 17 projets de bureaux étudiés, le montant du bouquet de travaux de rénovation énergétique représente 48% du montant des travaux hors VRD. Ce ratio peut varier de :

- 36% pour le projet de la [Mairie de Vers](#). Ce taux est sous-estimé dans ce projet car le lot « gros œuvre » inclut une partie des frais dédiés à l'aménagement extérieur et au terrassement, non pris en compte habituellement dans l'enveloppe des montants des travaux hors VRD.
- 79% pour la rénovation du [siège social de Loire Habitat](#). Cependant, les montants des travaux de rénovation énergétique de ce projet intègre une extension.

Sur 15 écoles étudiées, seulement 7 projets ont communiqué le montant des travaux hors VRD. Sur ces 7 projets, le montant des travaux de rénovation énergétique représente à 39% du montant des travaux de rénovation. Il varie de 33% à 47% suivant les projets.

Le coût moyen des travaux de rénovation par m² de surface utile varie d'un projet à l'autre. Ce constat résulte notamment :

- de la diversité des projets de rénovation
- de la précision des décompositions économiques communiquées
- de la présence de certains projets intégrant des travaux d'extension

Les travaux de rénovation énergétique en collectifs

Le tableau ci-dessous présente les montants des travaux de rénovation énergétiques par m² de surface pour 11 bâtiments de logements collectifs

Travaux énergétiques (€/m ² ShonRT)	Nb. Projets	Minimum	Moyenne	Maximum
Logements collectifs	11	121 €	303 €	540 €

Figure 32 : Coût des travaux de rénovations énergétiques en logements collectifs

Les projets sans remplacement des systèmes de chauffage et d'ECS ont des montants de rénovation énergétiques inférieurs à 180 € HT/m².

Par ailleurs, le montant du bouquet de travaux de rénovation énergétique représente 58% du montant des travaux hors VRD.

On constate, sur l'ensemble de ces 11 projets, que le montant des travaux dédiés à l'amélioration thermique de l'enveloppe représente 65% du montant des travaux de rénovation énergétique - les montants des travaux sur les équipements représentant 35%.

Un fichier excel intitulé « 20190525_Suivi cout AuRA.xls » est mis à disposition des partenaires de l'Observatoire régionale.