

Retours d'Expériences Rénovation BBC 2009- 2020

Cette étude a pour objectif de présenter un retour d'expérience sur les bâtiments rénovés à basse consommation en Région Nouvelle Aquitaine. Les projets étudiés sont issus des labels Effinergie et des différents appels à projets régionaux sur la période 2009-2020



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**



effinergie

L'observatoire des Bâtiments Bepos & Rénovation Basse
Consommation en Nouvelle Aquitaine

lefeuvre@effinergie.org

14/09/2021



Table des matières

| | |
|--------------------------------------|----|
| L'Observatoire en Nouvelle-Aquitaine | 3 |
| 1. Le Contexte | 5 |
| 2. Le périmètre de l'étude | 7 |
| 3. Le confort d'été | 9 |
| 4. Les performances | 13 |
| 5. L'enveloppe | 17 |
| 6. Les équipements | 23 |
| 7. Les bouquets de travaux | 27 |
| 8. Le coût d'une rénovation BBC | 29 |



L'OBSERVATOIRE EN NOUVELLE-AQUITAINE

Un outil pédagogique 2.0

www.observatoirebbc.org/nouvelleaquitaine



Un périmètre

- Les bâtiments certifiés ou lauréats d'appel à projets régionaux
- Des niveaux 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

- Des retours d'expérience
- Des moteurs de recherche & de la géolocalisation de bâtiments ou d'acteurs
- Des études et statistiques régionales

421
PROJETS ETUDIÉS
ET PRÉSENTÉS AU
TRAVERS DE FICHES
OPÉRATIONS

689
PROJETS
RÉFÉRENCÉS ET
VALORISÉS

DES PARTENAIRES :





Les enjeux de l'Observatoire Régional

- Accompagner la généralisation des bâtiments à énergie positive et à faible impact énergétique et environnementaux, et développer la massification de la rénovation basse consommation
- Valoriser le savoir-faire des professionnels à l'échelle régionale
- Promouvoir le tissu économique régional
- Identifier les besoins en formation

L'Observatoire propose

- Des études technico-économiques sur la construction et la rénovation,
- Des tableaux de bord trimestriels sur la construction et la rénovation Effinergie à l'échelle régionale, départementale et communale,
- Des fiches descriptives d'opérations valorisant les technologies et les acteurs,
- Des moteurs de recherche et une cartographie des bâtiments,
- Une cartographie des professionnels de la construction exemplaire et à faible impact carbone à l'échelle de la de la Région,
- L'animation de conférences, ateliers, ...

L'Observatoire est un outil

- De valorisation des politiques énergétiques régionales de l'habitat
- D'évaluation et de pilotage à l'échelle régionale, départementale, voire communale permettant de fixer les exigences des futures aides régionales intégrées aux référentiels des appels à projets,
- De promotion des démarches régionales,
- De mise en réseau et un vecteur de coopération entre les acteurs locaux (Centre de ressources, Agence Locale de l'Energie, Professionnels, ...),
- De capitalisation pour les acteurs institutionnels à l'échelle régionale,
- De valorisation des professionnels.



1. LE CONTEXTE

Le secteur du bâtiment représente 45% de la consommation énergétique de la France et 27% des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)¹. Depuis plusieurs années, l'Etat a mis en place une stratégie pour la rénovation énergétique du parc existant avec la création du Plan de rénovation énergétique de l'habitat (PREH) en 2013, la précision d'une ambition énergétique dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte en 2015 (LTECV) et dans le Plan Climat de la France en 2017.

Plus récemment, le gouvernement a proposé une Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et a lancé, en avril 2018, un Plan de rénovation énergétique du bâtiment (PREB) qui propose une feuille de route pour converger vers la neutralité carbone et la réduction par un facteur 4 des émissions de GES. Ce plan confirme l'objectif d'avoir un parc de bâtiments rénovés au niveau Bâtiment Basse Consommation (BBC rénovation) d'ici 2050.

Impacté par la crise du coronavirus, le gouvernement a mis en place un plan de relance de 100 milliards d'euros s'articulant autour de trois axes principaux (l'écologie, la compétitivité et la cohésion), avec un objectif majeur : « la

rénovation massive du bâtiment partout sur le territoire » avec un budget 6,7 milliards d'euros dédié à la rénovation des bâtiments publics (4 milliards), du logement privé (2 milliards sur 2 ans via MaPrimeRénov), du parc social (500 millions) et à l'amélioration énergétique des bâtiments des petites et très petites entreprises (200 millions).

Le périmètre de l'étude

Ce rapport propose un retour d'expérience sur les bâtiments certifiés et lauréats des appels à projets en Région Nouvelle Aquitaine sur la période 2009 – 2020. Il se focalise sur les bâtiments résidentiels et tertiaires ayant pour objectif d'atteindre à minima le niveau BBC-Effinergie rénovation.



Figure 2 : Résidence Quai Galuperie - BBC Effinergie rénovation - MO : Domofrance et Habitelem - Architecte : Antoine Bruguerolle

Les objectifs

L'étude a pour objectifs d'identifier les solutions techniques (enveloppe et équipements) mises en œuvre dans le cadre des rénovations basse consommation, de spécifier les bouquets de travaux proposés et les performances intrinsèques du bâtiment (consommation énergétique, émission de Gaz à Effet de Serre, résistance thermique des parois, étanchéité à l'air, ...) tout en associant une analyse économique des projets.

Les cibles

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

Les limites et contraintes de l'étude

Cette étude a été réalisée en exploitant les rapports techniques (étude thermique et fiche RSET²) communiqués et validés par les organismes certificateurs, la Région et la Direction Régionale de l'ADEME à la réception du bâtiment. Une partie de la saisie des projets a été réalisée avec le soutien d'ODEYS (Cluster Construction et Aménagement Durables).

Les bureaux d'études thermiques, la maîtrise d'ouvrage et les éventuels architectes présents sur les projets de rénovation ont été sollicités afin de collecter des informations complémentaires (décomposition financière, vidéo, photos, rapport des tests d'étanchéité à l'air, ...) et enrichir le retour d'expérience de chaque rénovation. En conséquence, la taille de l'échantillon peut varier suivant les paramètres étudiés en fonction de la volonté des acteurs à communiquer les éléments demandés.

Cette étude est une photographie à un instant donné du parc rénové à basse consommation en Région Nouvelle Aquitaine. Elle apporte un éclairage sur ce marché à l'échelle régionale sans pour autant être représentative de l'ensemble des projets rénovés en Nouvelle Aquitaine. En effet, l'étude 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

Une fiche « retour d'expérience »

Sauf exceptions³, chaque projet lauréat des appels à projets régionaux 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.

¹ Source : Ministère de la Transition Ecologique

² RSET : Récapitulatif Standardisé de l'Etude Thermique

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





Figure 3 : Le Jardin sur le toit - BBC Effinergie rénovation - Journal Bâtiment, n° 100 - Grand Habitat - Dauphins Architecture

2. LE PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

L'Observatoire BBC régional référence 421 bâtiments dont 86 bâtiments avec, à minima, un niveau BBC Effinergie rénovation. Enfin, des données techniques ont été communiquées sur 67 d'entre eux.

L'échantillon est composé de 34 lauréats d'appels à projet régionaux, de 30 bâtiments ayant obtenu un label Effinergie dans le cadre d'une certification et de 3 projets s'étant engagés dans une double démarche « label et appel à projet ».

Quelle typologie de bâtiments ?

L'étude se focalise sur les projets rénovés à basse consommation labellisés ou lauréats des différents appels à projets soutenus par la Région Nouvelle-Aquitaine et la Direction régionale de l'ADEME sur la période 2009 – 2020.

L'échantillon de l'étude se compose :

- 35 projets collectifs regroupant 2 173 logements,
- 32 projets tertiaires regroupant près de 46 500 m² rénovés à basse consommation,
- 9 projets de maisons rénovées, soit 17 logements.

En **logements collectifs**, onze opérations sont issues des

appels à projet régionaux (432 logements). En parallèle, 24 projets ont été certifiés par Effinergie. Ils regroupent 1 738 logements. Les bâtiments sont répartis sur 9 départements différents avec la plus forte concentration en Gironde (28%).

Les **logements individuels** se répartissent entre 7 maisons rénovées en secteur diffus et 2 opérations de logements groupés. Mise à part une opération de deux logements groupés (Mairie des Forges), les projets étudiés ont été rénovés dans le cadre du label Effinergie.

Dans le secteur **tertiaire**, 30 des 32 opérations étudiées sont lauréates des appels à projets régionaux. Parmi ces 30 projets, deux maîtres d'ouvrage se sont engagés également dans une label BBC Effinergie rénovation. Ils concernent principalement des bureaux (n=17/32), mais aussi des bâtiments d'éducation (n=4/32), de spectacles/salles des fêtes... (n=4/22), de santé (n=3/32) mais également des hébergements (n=2/32), un pôle d'animation communale (n=1) ou des bâtiments industriels (n=1/32).

Ils sont répartis sur 9 départements différents avec la plus

forte concentration dans les Pyrénées Atlantiques (28%), la Haute Vienne (19%), la Gironde (12,5%) et les Landes (12,5%).



Figure 4 : Rénovation d'une ancienne école en deux logements – MO : Commune les Forges – Lauréat appel à projet régional – Architecte : Atelier Métisse



Figure 5 : Siège Social Accès Industrie – BFC Efficacité rénovation – Laurent Bati, architecte d'intérieur – Accès Industries – Architecte : MJC Architectes

3. LE CONFORT D'ÉTÉ

Avant-propos

Les évolutions climatiques génèrent des épisodes de surchauffe de plus en plus fréquents avec des pics de température toujours plus élevés.

En parallèle, les bâtiments, qui s'engagent dans l'appel à projet Bâtiment du Futur, s'appuient sur les principes de la conception bioclimatique tout en favorisant la sobriété et l'efficacité énergétique. En conséquence, quelles sont les solutions proposées par les équipes projets pour éviter les surchauffes estivales ou à mi-saison lorsque les apports solaires gratuits sont optimisés pour l'hiver, l'étanchéité à l'air et l'isolation de l'enveloppe renforcées.

Agir sur la ventilation

Impact sur la température : 1 à 4,5°C

L'objectif de la sur-ventilation 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 afin de renouveler plus rapidement l'air intérieur.

La simulation thermique dynamique⁴ : un outil au service du confort d'été.

Lors de la rénovation de la mairie d'Ogeu (64), les murs de 60 cm d'épaisseur permettent d'avoir des besoins de rafraîchissement quasiment nuls. Cependant, afin de traiter la sensation d'inconfort thermique liée à l'augmentation rapide de température dans la salle des mariages, la simulation thermique dynamique préconisait d'augmenter la vitesse de l'air.

Pour améliorer le confort d'été des résidences Bayonne et Marracq de la Cilab à Bayonne (64), des trappes de ventilation automatiques ont été installées dans les circulations afin de favoriser la sur-ventilation nocturne en période estivale.

Dans le cadre de la réhabilitation des bâtiments du Castel de Navarre à Jurançon, le bureau d'étude a intégré les prévisions du rapport médian du GIEC (A1B) dans ses simulations afin d'anticiper les conséquences du dérèglement climatique sur les confort d'été et d'usage des bâtiments rénovés.

Ainsi, dans le projet de rénovation Cap Ouest (33), la

⁴ Simulation Thermique Dynamique : STD

simulation thermique dynamique a permis d'étudier différents scénarios de sur-ventilation et de s'interroger sur la nécessité de climatiser le bâtiment.

En parallèle, lors de la phase conception, la modélisation du futur Pôle Animation de Moliets et Mâa par STD a permis d'anticiper les dispositions constructives et techniques à prendre pour optimiser le comportement thermique du bâtiment, en mi-saison et en été en particulier. En conséquence, pendant la majorité du temps, les T° intérieures seront maintenues dans les plages de confort sans recours au rafraîchissement⁵.

Cependant, il est nécessaire de prendre en compte l'occupation et l'usage réel du bâtiment, de modéliser les différents scénarios, d'identifier les risques d'inconfort et de tester le scénario pour s'assurer de la pertinence des résultats de la STD⁶.

Dans certains projets, le rafraîchissement est réalisé par une ventilation nocturne, sans pour autant parler de sur-ventilation associée à un surdimensionnement de la ventilation. Le système fonctionne alors à son débit maximal durant la nuit. Ce type de solution peut être insuffisant pour rafraîchir le bâtiment si le dimensionnement de l'installation a été calé sur le débit hygiénique réglementaire.

Enfin, des projets intègrent dès la conception une architecture ou des solutions techniques favorisant la ventilation naturelle.

A titre d'exemple, les façades du Tiers Lieu à Guéret intègre des ouvrants automatisés afin de bénéficier d'une ventilation naturelle traversante de l'ensemble du volume, utilisée en journée en mi-saison et la nuit en été. Une gestion «intelligente» de ce système a été envisagée en phase conception avec l'implantation de sondes de CO2 et de température déclenchant automatiquement l'ouverture/la fermeture des ouvrants.

C'est le cas du cabinet médical d'Oloron Saint Marie (64) qui bénéficie d'une ventilation traversante. 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 de la Mairie de Tosse où une verrière a été créée au cœur du bâtiment. Elle permet un apport de lumière naturelle mais elle est aussi source d'éventuelles surchauffes. En conséquence, elle a été équipée d'un automatisme permettant son ouverture afin de favoriser le tirage thermique et la sur-ventilation naturelle.

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 leurs occultations. Certaines orientations favorisent les apports solaires en hiver mais nécessitent une gestion des rayonnements solaires en période estivale. A noter, en préalable, que les stores ou rideaux intérieurs permettent de filtrer l'entrée des rayons lumineux mais n'améliore pas le confort thermique.

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. Ainsi, dans le cadre de bâtiments classés, notamment pour la qualité architecturale de leurs façades, l'ajout de protections solaires peut être proscrit.

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

Ainsi, les bâtiments rénovés du projet de Castel de Navarre intègrent des brises soleils à lames orientables, des stores opaques intérieurs et des vitrages à contrôle solaire, ainsi que des stores à lames intérieurs selon les localisations. Sur ce même projet, les persiennes fixes positionnées devant des ouvrants vitrés ont été conçues afin de pouvoir ventiler sans risques d'intrusion même en inoccupation.

En parallèle, le confort d'été de la nouvelle salle des fêtes de Lusignan Petit est amélioré en installant des persiennes coulissantes et en bénéficiant de l'inertie thermique des matériaux isolants.

Le projet architectural de la rénovation de la salle de spectacle de la Roche Posay (86) intègre des brise-soleil en bois et une forte avancée de toiture. Ce grand auvent, situé au-dessus de la façade vitrée, permet de limiter les nuisances en été.

Dans le cadre de la rénovation de l'école primaire de Colombiers (86), des casquettes solaires ont été prévues pour traiter la problématique du confort d'été/hiver.

Sur le projet de rénovation du parc Cadéra à Mérignac (33), des casquettes ont été installées en façade au niveau des linteaux des menuiseries, ces dernières étant déjà en retrait par rapport au bardage bois.

⁵ Cf. Dossier candidature Bâtiments du Futur

⁶ Confort d'été et réduction des surchauffes : 12 enseignements à connaître – EnvirotatBDM - AQC



Figure 6 : Protections solaires - Rénovation Le Jardin sur le Toit – La Réole

Il est également important de sélectionner les vitrages en fonction de leurs caractéristiques (coefficient de transmission thermique, facteur solaire et transmission lumineuse) et du besoin identifié à l'usage⁷.

Enfin, au-delà des aspects techniques, il est indispensable d'accompagner les futurs usagers en les impliquant en amont de la réception du bâtiment afin qu'ils s'approprient la gestion de ces protections.

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

A titre d'exemple, dans le cadre de la rénovation de l'Espace Famille et de la Parentalité Cap Ouest (33), le bureau d'étude a pris en compte dans la simulation thermique dynamique les apports des occupants en fonction du type d'activité effectué (travail assis, assis au repos, travail debout, travail physique ou léger...) et de la bureautique.

A titre d'exemple, dans le cadre du futur Pôle Animation de Moliets et Mâa, les choix intégrés en phases conception et prescription permettent de maîtriser les apports de chaleur externes et internes, et de réguler les températures de façon efficace.

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

Par ailleurs, l'organisation des locaux en fonction des usages permettra dès la conception de séparer les espaces générant des charges internes et les lieux de vie.

L'inertie du bâtiment

Impact sur la température : 1 à 2,5°C

Un bâtiment construit avec des matériaux denses (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 pleines, terre crue. Cependant, le transfert de chaleur n'est pas supprimé mais décalé.

Ainsi, l'inertie lourde des murs en galets de 60 cm d'épaisseur de la mairie d'Ogeu (64) permet de maintenir une température confortable dans toutes les pièces, même en période chaude.

Autre exemple, l'ancienne bâtisse en pierres, rénovée en cabinet médical à Oloron Saint Marie (64), bénéficie d'une forte inertie thermique. Couplée à une ventilation traversante, le bâtiment est agréable au quotidien.

Dans le projet de Tiers Lieu à Guéret, le confort thermique d'été est modulé par la présence des murs de pisé de forte épaisseur.

Il en est de même pour le projet de rénovation du Jardin sur le toit à la Réole. L'alliance des murs en pierre de 18 cm d'épaisseur et de l'isolation en béton de chanvre consolide l'inertie thermique de la paroi.

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). Par ailleurs, le traitement des vitrages peut permettre d'abaisser les températures intérieures.

Ainsi, l'isolation par l'extérieur des bâtiments rénovés du projet Castel de Navarre bénéficie d'une finition enduit extra blanc afin de limiter le phénomène d'absorption. Il en est de même pour la rénovation du Jardin sur le toit avec son enduit clair.



Figure 7 : Enduit blanc – Rénovation Le Jardin sur le Toit – La Réole

⁷ Confort d'été et réduction des surchauffes : 12 enseignements à connaître – EnvirobotBDM - AQC

Afin de palier à la surchauffe de l'enveloppe, un ombrage naturel des façades bac acier du Tiers Lieu de Guéret a été réalisé avec la mise en place d'une ganivelle.

La végétalisation de la toiture dans le cadre de la rénovation et de l'extension de la Mairie de Josse (40) améliore l'inertie et le confort d'été du bâtiment.

Cependant, la végétation extérieure ne se développe pas systématiquement suivant les modèles imaginés en conception pour différentes raisons (espèces non adaptées, arrosage irrégulier, ...). Il s'avère indispensable d'intégrer dans le plan de maintenance un budget associé à l'entretien de la végétation, de sélectionner des essences adaptées, voire de formaliser un contrat d'entretien avec taux minimum de couverture végétale garanti⁸.

La nature de l'isolant

Impact sur la température : jusqu'à 1°C

Le choix de l'isolant peut influencer le confort de l'utilisateur. 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.

A titre d'exemple, le projet de rénovation d'un ancien centre commercial en Tiers Lieu a permis d'intégrer des matériaux biosourcés favorisant le confort d'été tels que :

- La paille avec ses capacités de régulation hygrothermique et acoustique,
- La terre sous forme d'enduit associé à la paille pour ses qualités d'inertie répartie.

En parallèle, l'isolation du cabinet médical à Oloron Sainte Marie (64) par de la laine de bois haute densité permet d'introduire un fort déphasage thermique. Il en est de même pour les façades du projet Castel de Navarre qui sont isolées avec 15 cm de fibres de bois par l'extérieur. Le déphasage thermique annoncé par le bureau d'étude est estimé à 7h.

Sur le projet du Jardin sur le toit à la Réole, les murs en béton de chanvre permettent d'avoir une résistance thermique performante (4,6 m².K/W) tout en bloquant 92% de l'onde de chaleur en été avec un déphasage annoncé de plus de 18 heures.

⁸ Confort d'été et réduction des surchauffes : 12 enseignements à connaître – EnvirobatBDM - AQC





4. LES PERFORMANCES

Les logements collectifs

Les logements collectifs étudiés (n=32) ont une compacité⁹ moyenne de 1,51, similaire aux bâtiments issus des projets certifiés ou lauréats d'appel à projets nationaux (compacité : 1,3). Ce ratio est logiquement inférieur à celui observé pour les maisons individuelles en secteur diffus (2,2) mais relativement proche des maisons groupées (1,6) et des bâtiments de bureaux (1,75). Il demeure identique avant et après travaux.

Une enveloppe thermique performante

Sur la base de notre échantillon composé de 35 logements collectifs, les déperditions moyennes du bâtiment (Ubat) sont réduites d'un facteur 3 pour atteindre un Ubat proche de 0,54 W/m².K après travaux.

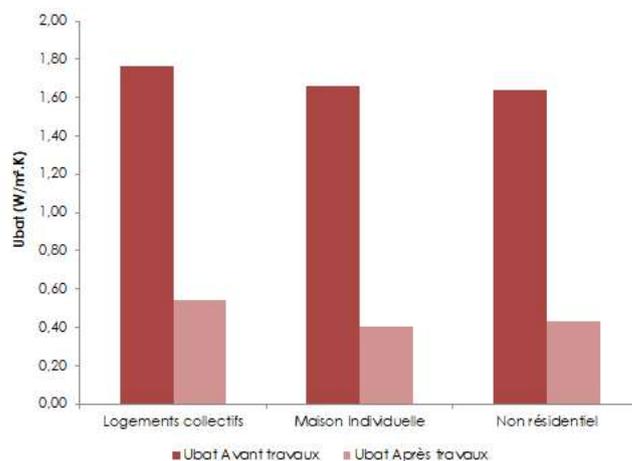


Figure 9 : Déperditions moyennes du bâtiment avant/après travaux suivant le type de bâtiment

Les murs extérieurs (32%) et les fenêtres (29%) demeurent les deux postes les plus déperditifs après rénovation. Le poids des pertes par ponts thermiques représente 18% des pertes totales. La mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur permet de réduire ce ratio à 11% alors qu'il s'élève à 23% lorsque le bâtiment a été isolé par l'intérieur.

⁹ La compacité est définie comme le ratio entre la surface extérieure et la SHON RT

La rénovation basse consommation d'un bâtiment collectif génère une baisse drastique des pertes thermiques totales (HT) par m² surface de référence. En effet, ce ratio passe de 2 avant travaux à 0,73 une fois les travaux terminés, soit une amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe équivalente à un facteur 2,7.

Une consommation énergétique réduite d'un facteur 4,2

La consommation moyenne des 35 opérations rénovées à basse consommation en Région Nouvelle Aquitaine est de l'ordre de 66 kWhep/m².Shon.an avec ou sans prendre en compte la production locale d'électricité.

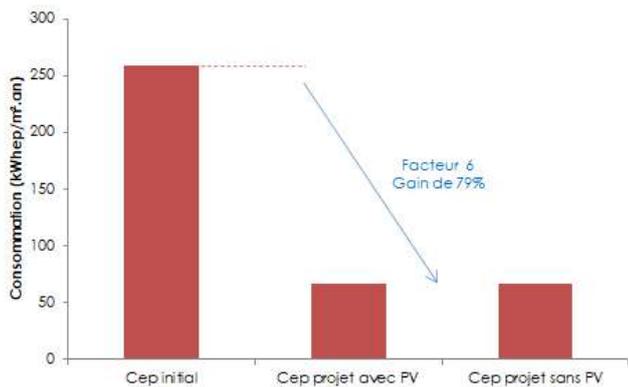


Figure 10 : Consommation d'énergie en logements collectifs avant/après travaux

Ce niveau se situe en moyenne 14 kWhep/m².an en dessous de l'exigence du label BBC-Effinergie et 30% en dessous de l'exigence réglementaire.

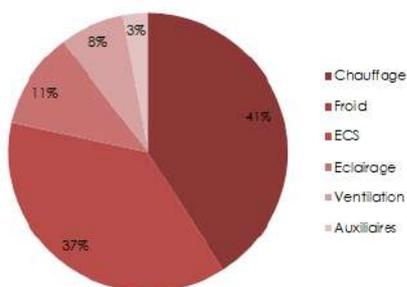


Figure 11 : Répartition des consommations énergétiques pour les logements collectifs rénovés à basse consommation

Par ailleurs, l'analyse des consommations énergétiques démontre qu'une rénovation BBC-Effinergie permet de réduire la consommation énergétique réglementaire d'un facteur 4,2 équivalent à des économies d'énergie après travaux de 65%.

La production de chauffage (42%) et d'ECS (37%) sont les deux principaux postes de consommation d'énergie dans les logements collectifs rénovés. La ventilation (8%) et l'éclairage (11%) couvrent 19% de la consommation totale.

Une rénovation bas carbone et des émissions réduites

par un facteur 4,5

Les émissions de GES des bâtiments rénovés ont été calculées en se basant sur les consommations énergétiques des 5 usages réglementaires, l'utilisation des coefficients d'émissions de GES par énergie issus de l'expérimentation E+C- et sur une durée d'un an. Elles sont exprimées en kgéqCO₂/m².an.

Principal enseignement : La rénovation énergétique basse consommation génère systématiquement une réduction des émissions de GES et permet d'atteindre des émissions de niveau bas carbone.

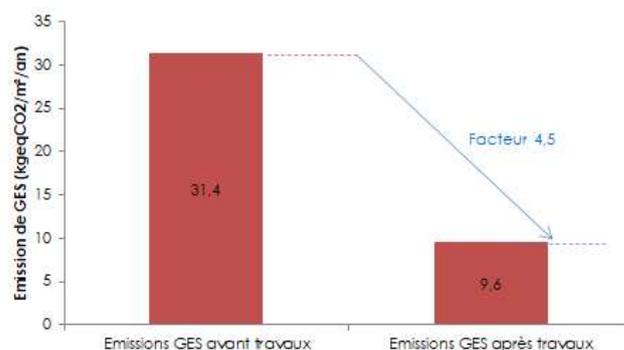


Figure 12 : Emission de GES en logements collectifs avant/après travaux

En effet, les émissions de GES après une rénovation énergétique basse consommation de logements collectifs se situent en moyenne à 9,6 kgéqCO₂/m²/an, cela correspond à une réduction des émissions de GES par un facteur 4,5. Plus précisément, 90% des émissions de GES après travaux se situent entre 2,4 kgéqCO₂/m²/an et 15 kgéqCO₂/m²/an.

Le niveau d'émission de GES après travaux dépend également de l'énergie de chauffage. Ainsi, les logements collectifs chauffés au gaz émettent 12,1 kgéqCO₂/m²/an alors que les émissions des bâtiments raccordés au réseau de chaleur (6 kgéqCO₂/m²/an) ou chauffés à l'électricité ou au bois sont nettement inférieures (2,5 kgéqCO₂/m²/an).

Les logements individuels

Les logements individuels étudiés (n=9) ont une compacité moyenne de 2,1. Les maisons individuelles en secteur diffus présentant plus de surface déperditive par rapport à la surface du bâtiment, ces logements sont moins compacts (2,2) que les logements groupés (1,6). Elle demeure identique avant et après travaux.

Une enveloppe thermique performante

Sur la base de notre échantillon composé de 8 logements individuels, les déperditions moyennes du bâtiment (Ubat) sont réduites d'un facteur 4,3 pour atteindre un Ubat proche de 0,41 W/m².K après travaux.

Les déperditions, après rénovation, sont principalement émises par les murs extérieurs (26%), les fenêtres (29%)

et par les planchers bas (16%). Le poids des pertes par ponts thermiques représente 17% des pertes totales. La rénovation basse consommation des 9 maisons individuelles génère une baisse drastique des pertes thermiques totales (HT) par m² surface de référence. En effet, ce ratio passe de 5 avant travaux à 0,84 une fois les travaux terminés, soit une amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe équivalente à un facteur 6.

Une consommation énergétique réduite d'un facteur 5

La consommation moyenne des 9 maisons rénovées à basse consommation en Région Nouvelle Aquitaine est de l'ordre de 70 kWhep/m²Shon.an avec ou 77 kWhep/m² Shon.an sans prendre en compte la production locale d'électricité.

Ce niveau se situe en moyenne 9 kWhep/m².an en dessous de l'exigence du label BBC-Effinergie et 50% en dessous de l'exigence réglementaire. Par ailleurs, l'analyse des consommations énergétiques démontre qu'une rénovation BBC-Effinergie permet de réduire la consommation énergétique réglementaire d'un facteur 6 équivalent à des économies d'énergie après travaux de 79%.

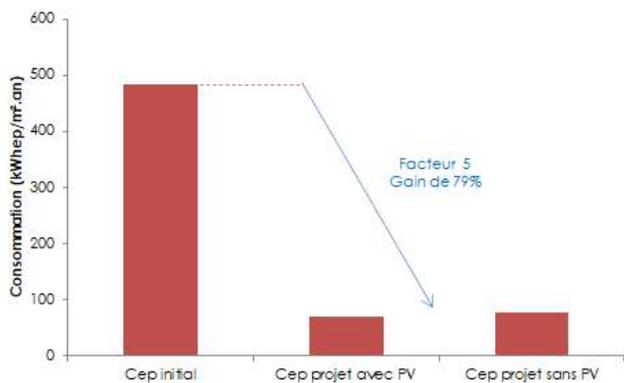


Figure 13 : Consommation d'énergie en logements individuels avant/après travaux

La production de chauffage (52%) et d'ECS (33%) sont les deux principaux postes de consommation d'énergie dans les logements collectifs rénovés. La ventilation (3%) et l'éclairage (8%) couvrent 11% de la consommation totale.

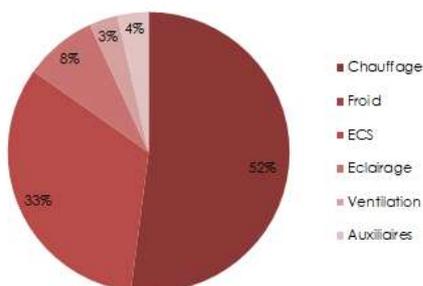


Figure 14 : Répartition des consommations énergétiques pour les logements individuels rénovés à basse consommation

Une rénovation bas carbone et des émissions réduites par un facteur 10

Comme pour le logement collectif, la rénovation énergétique basse consommation génère systématiquement une réduction des émissions de GES et permet d'atteindre des émissions de niveau bas carbone.

En effet, les émissions de GES après une rénovation énergétique basse consommation de logements collectifs se situent en moyenne à 8 kgéqCO₂/m²/an, cela correspond à une réduction des émissions de GES par un facteur 10. Plus précisément, les émissions de GES après travaux se situent entre 1,7 kgéqCO₂/m²/an et 15 kgéqCO₂/m²/an.

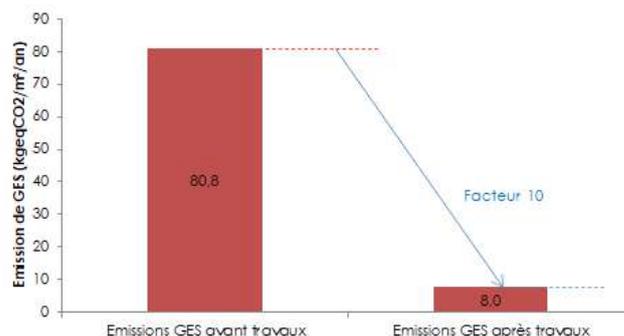


Figure 15 : Emission de GES en logements individuels avant/après travaux

Par ailleurs, le facteur de réduction des émissions de GES dépend également du couple « énergie de chauffage avant/après » et de la qualité thermique de l'enveloppe avant travaux

Les bâtiments tertiaires

Les bâtiments tertiaires étudiés (n=32) ont une compacité moyenne de 1,75. Elle dépend de l'usage de bâtiment. Les bureaux présentent une compacité similaire à celle des immeubles de logements (bâtiment compact), alors que les bâtiments d'éducation ou les salles des fêtes/conférences ont une compacité de l'ordre de 2,8 due à leur architecture plus découpée.

Une enveloppe thermique performante

Sur la base de notre échantillon (n=32), les déperditions moyennes du bâtiment (U_{bat}) sont réduites d'un facteur 4 en tertiaire, pour atteindre un U_{bat} proche 0,43 W/m².K.

Après les travaux de rénovation, les déperditions thermiques sont principalement dues aux planchers bas (26%) et aux fenêtres (32%).

En parallèle, les pertes par ponts thermiques représentent près de 17% des pertes totales devant les murs extérieurs (13%) Comme en collectif, ce ratio augmente lors de la mise en œuvre d'une isolation par l'intérieur (18%) et diminue avec une isolation par l'extérieur (13%).

La rénovation basse consommation des 32 bâtiments tertiaires génère une baisse drastique des pertes

thermiques totales (HT) par m² surface de référence. En effet, ce ratio passe de 3,6 avant travaux à 1,7 une fois les travaux terminés, soit une amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe équivalente à un facteur 2,2.

Une consommation énergétique réduite d'un facteur 5,6

La consommation moyenne des 32 bâtiments tertiaires rénovés à basse consommation en Région Nouvelle Aquitaine est de l'ordre de 65 kWhep/m².Shon.an avec ou 70 kWhep/m² Shon.an sans prendre en compte la production locale d'électricité.

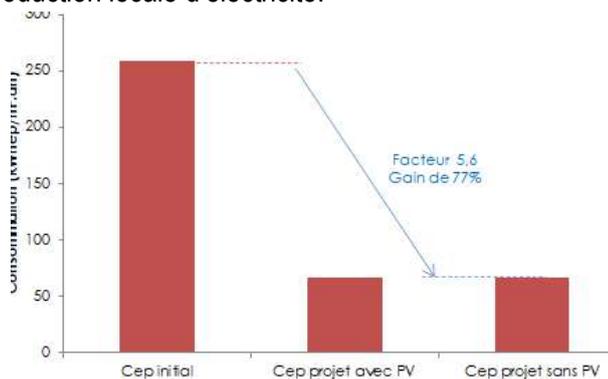


Figure 16 : Consommation d'énergie en tertiaire avant/après travaux

Ce niveau se situe en moyenne 14 kWhep/m².an en dessous de l'exigence du label BBC-Effinergie et 51% en dessous de l'exigence réglementaire.

Par ailleurs, l'analyse des consommations énergétiques démontre qu'une rénovation BBC-Effinergie permet de réduire la consommation énergétique réglementaire d'un facteur 5,6 équivalent à des économies d'énergie après travaux de 77%.

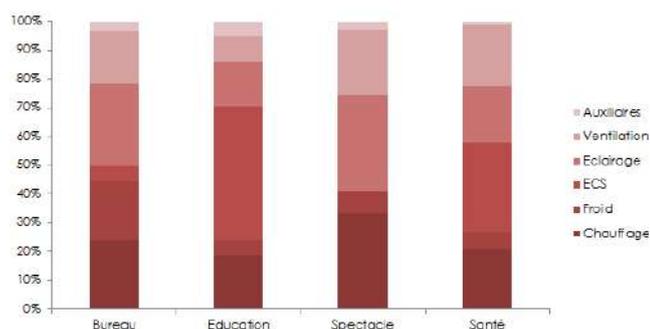


Figure 17 : Répartition des différents postes de consommations en fonction du type de tertiaires rénovés

La répartition des postes de consommations varie en fonction du type de bâtiment (éducation, bureaux, santés) et de la présence de systèmes de refroidissement et/ou d'ECS.

En effet, dans le cas de projets équipés de systèmes de refroidissement, les quatre postes les plus consommateurs d'énergie sont la ventilation (25%), le chauffage (25%), l'éclairage (23%) et le froid (16%). A l'inverse, le chauffage (37%) et l'éclairage (34%) sont les principaux postes de consommation énergétiques pour les bâtiments non

climatisés.

Une rénovation bas carbone et des émissions de GES réduites par un facteur 20

Comme pour le secteur résidentiel, la rénovation énergétique basse consommation génère systématiquement une réduction des émissions de GES et permet d'atteindre des émissions de niveau bas carbone.

En effet, les émissions de GES après une rénovation énergétique basse consommation de logements collectifs se situent en moyenne à 3,4 kgéqCO₂/m²/an, cela correspond à une réduction des émissions de GES par un facteur 20. Les bâtiments tertiaires étudiés étant principalement chauffés à l'électricité (57%) ou au bois (26%), 90% des émissions de GES après travaux se situent entre 1,2 kgéqCO₂/m²/an et 6 kgéqCO₂/m²/an.

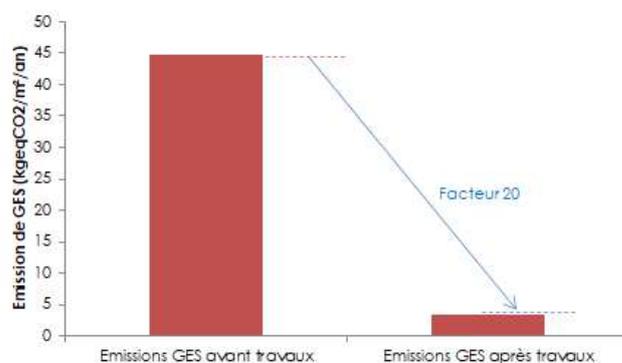


Figure 18 : Emission de GES en logements individuels avant/après travaux

Le niveau d'émission de GES après travaux dépend également de l'énergie de chauffage. Ainsi, les bâtiments tertiaires chauffés au gaz émettent 5,4 kgéqCO₂/m²/an alors que les émissions des bâtiments raccordés au réseau de chaleur (6 kgéqCO₂/m²/an) ou chauffés à l'électricité ou au bois sont nettement inférieures (2,7 kgéqCO₂/m²/an).

Par ailleurs, le facteur de réduction des émissions de GES dépend également du couple « énergie de chauffage avant/après » et de la qualité thermique de l'enveloppe avant travaux. Il peut varier de 1,9 (réseau de chaleur avant/après travaux) à 77 (fioul avant travaux/thermodynamique après travaux ou gaz/réseau de chaleur).



5. L'ENVELOPPE

Les logements collectifs

Murs verticaux

Les logements collectifs issus de notre échantillon (n=35) sont construits principalement en béton (n=16/35). En parallèle, les autres projets ont été conçus en pierres (n=7/35), en parpaings (n=4/35), briques (n=4/35), ossature bois (n=3). Un seul bâtiment a été construit en béton cellulaire.

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

L'isolation par l'intérieur¹⁰ demeure la solution la plus préconisée (ITI : 43%). En parallèle, 40% ont été isolées par l'extérieur et 8,5% ont associé une ITE et une ITI.

On constate que le type d'isolation dépend du matériau de construction. Ainsi, les constructions en béton ont été majoritairement isolées par l'extérieur¹¹ (n=9/16), alors que les bâtiments en pierre ont été isolés principalement par l'intérieur (n=7/7).

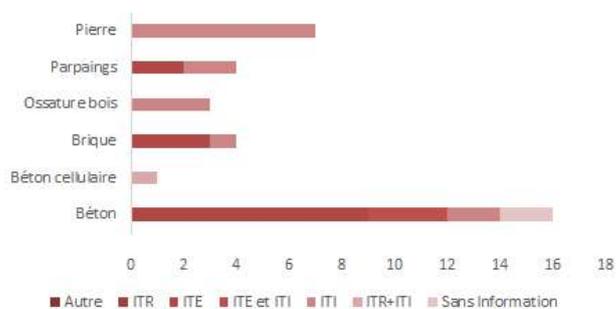


Figure 20 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des logements collectifs

Enfin, les constructions en ossature bois ont bénéficié d'une isolation entre les montants et d'un doublage par l'intérieur (n=3).

Après travaux, les murs extérieurs des bâtiments collectifs issus de notre échantillon sont isolés majoritairement avec de la laine minérale (37%) et du plastique alvéolaire (38%).

Les solutions d'isolation composées d'écomatériaux (fibres de bois) représentent 16% des techniques mises en œuvre. L'isolation par l'extérieur est associée principalement avec du plastique alvéolaire (n=9/14). A contrario, la laine minérale (n=9/15) est privilégiée dans

¹⁰ ITI : Isolation par l'intérieur

¹¹ ITI : Isolation par l'extérieur

le cadre d'une isolation par l'intérieur.

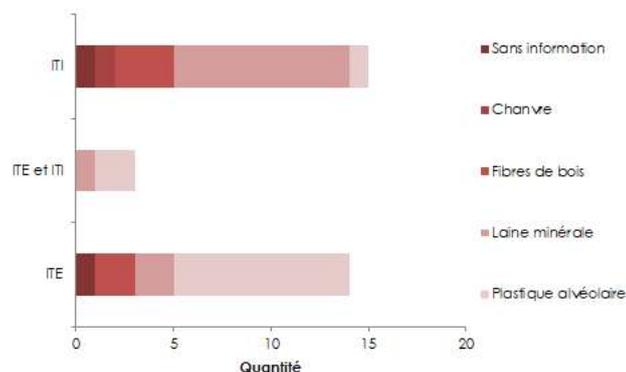


Figure 21 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en logements collectifs des logements collectifs

L'origine du projet (label ou appel à projet) semble avoir peu influence sur l'utilisation d'écomatériaux dans l'isolation des murs extérieurs. En effet, le pourcentage d'isolant biosourcés varie de 15% pour les projets certifiés à 18% pour les lauréats des appels à projets régionaux.

Enfin, les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 6,2 pour atteindre une résistance moyenne de 3,95 m².K/W.

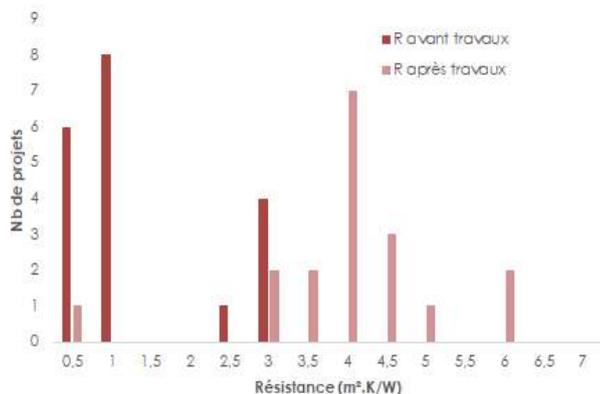


Figure 22 : Résistance avant/après travaux pour les murs extérieurs des logements collectifs

Toitures

Près de 46% des toitures des logements collectifs étudiés (n=35) sont des toitures terrasses (n=16/35). En parallèle, les autres bâtiments sont construits avec des combles (n=11/35) ou des rampants (n=6/35). Enfin, un bâtiment possède une toiture métallique.

Sur cet échantillon, 80% des projets ont rénové leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (46%) et du plastique alvéolaire (30%). Par ailleurs, 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=13/17) alors que les toitures terrasses bénéficient d'une isolation réalisée avec du plastique alvéolaire (n=10/16).

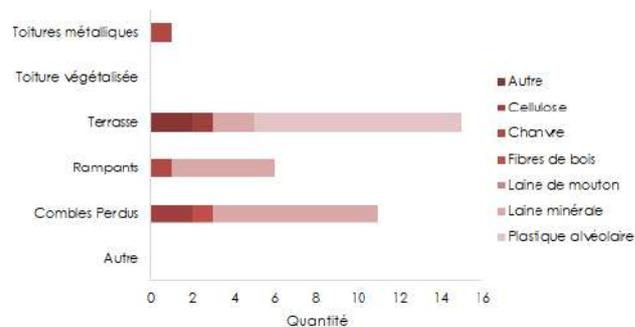


Figure 23 : Isolants mis en œuvre en fonction des types toitures en logements collectifs

Les écomatériaux sont mis en œuvre dans 17% des projets de notre échantillon. A titre de comparaison, à l'échelle nationale seulement 3% des projets certifiés ont des toitures isolées avec des écomatériaux.

Les résistances thermiques moyennes des toitures varient de 5,15 m².K/W pour les toitures terrasses à 7,3 m².K/W dans les combles/rampants.

| Type | N. | R moyen (m ² .K/W) | R min (m ² .K/W) | R max (m ² .K/W) |
|------------------|----|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Comble & Rampant | 7 | 7,3 | 5,9 | 8,3 |
| Terrasse | 11 | 5,15 | 2,38 | 7,7 |

Figure 24 : Résistances des toitures après travaux suivant le type de toitures en logements collectifs

Elles sont améliorées d'un facteur 4,5 par rapport à la situation initiale

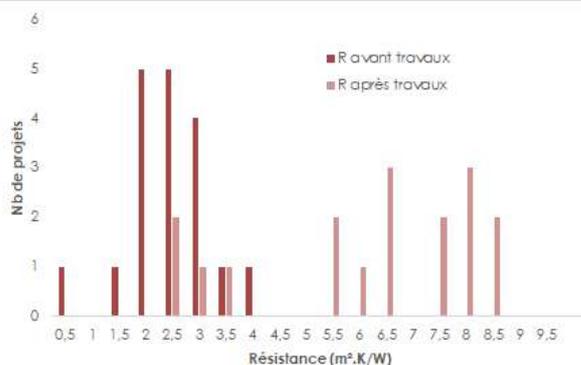


Figure 25 : Résistance avant/après travaux pour les toitures des logements collectifs

Planchers bas

Les bâtiments collectifs étudiés ont été construits principalement sur des sous-sols ou des locaux non chauffés (n=13/32) et sur terre-plein (n=11/32). Quelques opérations ont des dalles de planchers bas donnant sur l'extérieur (n=4/32). Les autres bâtiments ont été construits sur vide sanitaire (n=2/32) ou des parkings (n=2/32)

Par ailleurs, sur notre échantillon 72% projets ont intégré la rénovation des dalles des planchers bas dans leur

bouquet de travaux. Ils ont utilisé de la laine minérale ou du plastique alvéolaire.

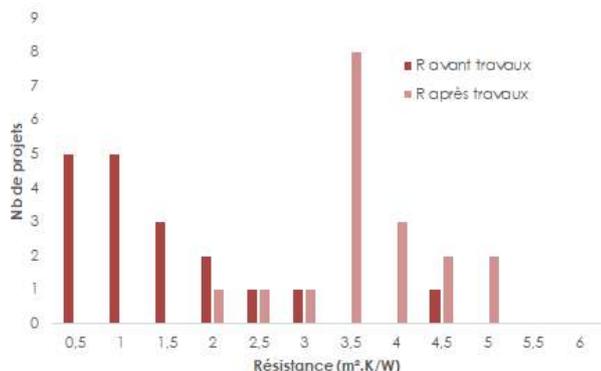


Figure 26 : Résistance avant/après travaux pour les planchers des logements collectifs

La résistance moyenne des planchers bas est de l'ordre de 3,5 m².K/W. Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5,2.

Baies

Sur notre échantillon (n=35), près de 77% des opérations ont rénové ou remplacé leurs fenêtres.

Après travaux, les logements sont équipés principalement de menuiseries en PVC (n=20/35) ou en bois (n=9/35). Les baies sont principalement des doubles vitrages 4/16 ou 15/4 avec une lame d'argon. Ces travaux de rénovation sont souvent couplés avec le remplacement des occultations existantes par des volets roulants. Par ailleurs, le remplacement des baies vitrées doit être associé à une rénovation du système de ventilation afin d'éviter de générer des pathologies dans le bâtiment.

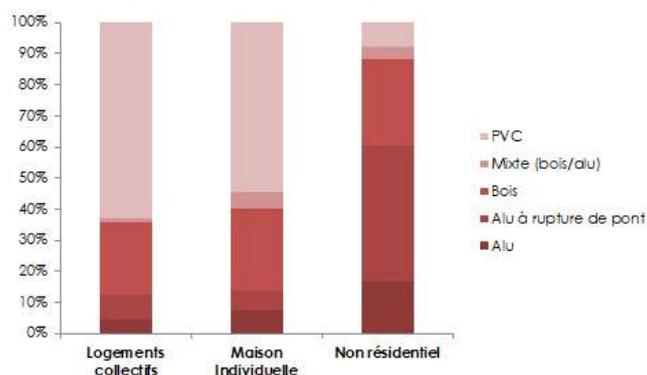


Figure 27 : Types de menuiseries présentes sur les logements collectifs rénovés

Le remplacement des baies permet d'améliorer les performances des fenêtres de 3,27 W/m².K à 1,46 W/m².K (Ujn), soit une amélioration d'un facteur 2,5.

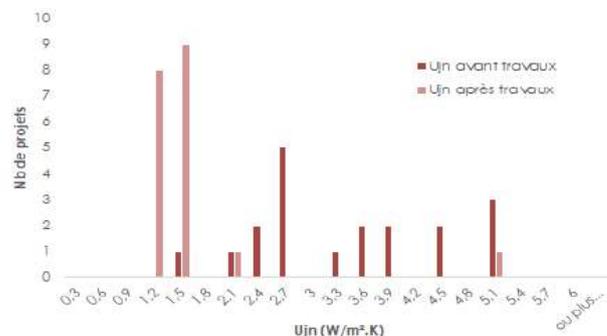


Figure 28 : Performance des baies avant/après travaux en collectif

Les logements individuels

Murs verticaux

Les 9 logements individuels étudiés étaient construits principalement en pierres (n=4/9) ou en briques (3/9). Les autres projets étaient en parpaings (=2/9).

Sur cet échantillon, 100% des bâtiments ont rénové leurs parois extérieures.

L'isolation par l'intérieur demeure la solution la plus préconisée (ITI : 78%).

Après travaux, les murs extérieurs des bâtiments issus de notre échantillon sont isolés avec différents types de matériaux : fibres de bois, laine de mouton, laine minérale ou plastique alvéolaire.

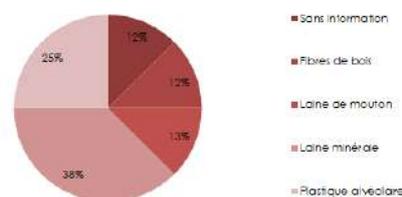


Figure 29 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en logements individuels

Enfin, les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5 pour atteindre une résistance moyenne de 4,36 m².K/W.

Toitures

Les toitures des logements étudiés (n=9) sont réparties entre des combles (n=5/9) et des rampants (n=4/9).

Sur cet échantillon, 100% des projets ont rénové leurs toitures

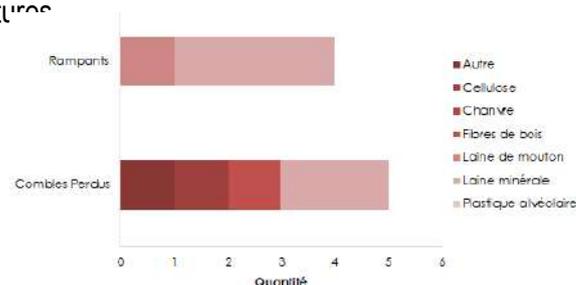


Figure 30 : Isolants mis en œuvre en fonction des types toitures en logements individuels

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (56%). Les solutions d'isolation composées d'écomatériaux (fibres de bois, laine de mouton, cellulose) représentent 33% des techniques mises en œuvre. Ce taux est largement au-dessus de la moyenne nationale.

Enfin, la résistance thermique moyenne des toitures est de 7,6 m².K/W. après rénovation.

Planchers bas

Les bâtiments collectifs étudiés étaient construits principalement sur terre-plein (n=8/9). Un seul projet était construit sur vide sanitaire.

Par ailleurs, sur notre échantillon 78% 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 3,83 m².K/W. Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 5,4.

Baies

Sur notre échantillon (n=9), près de 67% des opérations ont rénové ou remplacé leurs fenêtres.

Après travaux, les logements étudiés sont équipés principalement de menuiseries en aluminium à rupteurs de ponts thermiques (n=5/9), en bois (n=2/8) ou en PVC (n=2/8). 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 2,9 W/m².K à 1,4 W/m².K (Ujn).

Les bâtiments tertiaires

Murs verticaux

Notre échantillon de bâtiments tertiaires (n=32) est composé principalement de construction en béton (n=9/32, 29%) et pierres (n=9/32, 29%). Les constructions en parpaings (16%) et briques (16%) représentent près du tiers des bâtiments. Enfin, quelques bâtiments étaient construits en ossature bois ou métallique.

Sur cette échantillon, 94% ont fait le choix de rénover leurs murs extérieurs lors des travaux.

Plus d'une opération sur deux a mis en œuvre une isolation par l'extérieur (ITE : 39%, ITE+ITI existante : 13%). En parallèle, une ITI a été proposée dans 42% des cas.

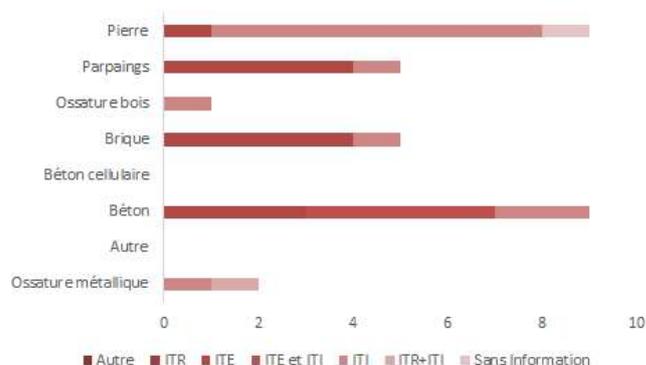


Figure 31 : Solutions de rénovation sur les murs extérieurs des bâtiments tertiaires

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

Les murs extérieurs sont isolés principalement avec du plastique alvéolaire (27%) et de la laine minérale (20%). Cependant, les éco-matériaux ont été proposés dans 46% des projets. Ce résultat, largement au-dessus des moyennes nationales (<5%), s'explique par l'origine des bâtiments étudiés qui sont exclusivement issus d'appels à projets régionaux à l'exception de deux projets certifiés. En effet, des écoconditionnalités, intégrées aux règlements des appels à projets, accompagnent le déploiement des écomatériaux au sein de ces bâtiments tertiaires.

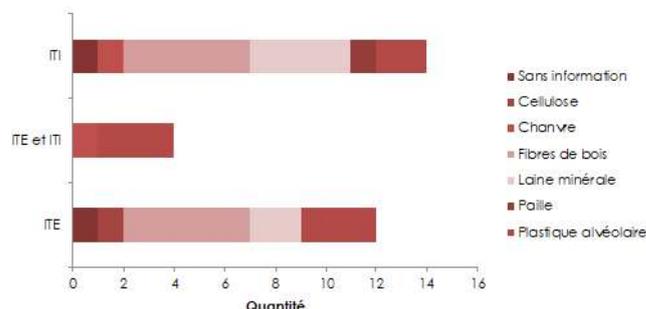


Figure 32 : Isolants mis en œuvre suivant les types d'isolation en tertiaire

Les résistances thermiques moyennes des murs extérieurs sont de 4,5 m².K/W après rénovation. Elles varient de 4,3 à 5,5 m².K/W en fonction de la solution d'isolation mises en œuvre.

| Type | N. | R moyen (m ² .K/W) | R min (m ² .K/W) | R max (m ² .K/W) |
|---------|----|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ITE | 8 | 4,4 | 3,6 | 6,2 |
| ITE+ITI | 4 | 5,5 | 4,5 | 5,8 |
| ITI | 13 | 4,15 | 2,5 | 5,9 |

Figure 33 : Résistances des murs après travaux suivant le type d'isolation en tertiaire

Enfin, la résistance thermique de la paroi a été améliorée d'un facteur 7,8.

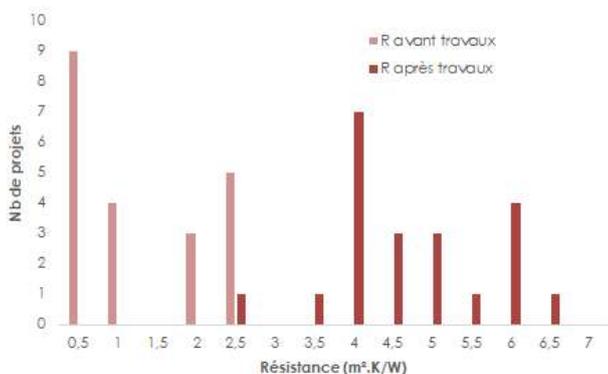


Figure 34 : Résistance avant/après travaux pour les murs extérieurs

Toitures

Alors qu'à l'échelle nationale, la diversité des projets tertiaires (bureaux, éducation, cabinet médicale, salle polyvalente...) génère des constructions avec des types de toitures plus hétérogènes que dans le secteur résidentiel, on constate que 64% des projets étudiés et soutenus par la Région Nouvelle Aquitaine possèdent des combles (n=16/32) ou des rampants (n=7/32). Les autres projets sont construits avec des toitures terrasses en béton (n=4/32) ou métalliques (n=3/32).

On constate que les bâtiments d'éducation (primaire et petite enfance) étudiés sont construits principalement avec des combles/rampants alors que les toitures terrasses ou métalliques ne sont mises en œuvre que sur les bureaux.

Sur cette échantillon (n=32), 88% des bâtiments ont été rénovés leurs toitures.

Elles ont été principalement isolées avec de la laine minérale (37%) ou du plastique alvéolaire (22%). Les écomatériaux (cellulose et fibre de bois) sont mis en œuvre dans 30% des projets de notre échantillon.

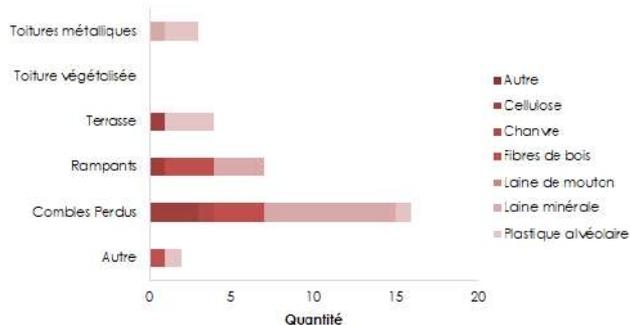


Figure 35 : Isolants mis en œuvre suivant les types de toiture en tertiaire

Comme en résidentiel, 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 et des écomatériaux, alors que les toitures terrasses/métalliques bénéficient d'une isolation réalisée avec du plastique alvéolaire (polyuréthane, polystyrène expansé,...).

| Type | Nb | R moyen (m².K/W) | R min (m².K/W) | R max (m².K/W) |
|----------|----|------------------|----------------|----------------|
| Comble | 15 | 6,9 | 4 | 10 |
| Terrasse | 5 | 6,8 | 5 | 10 |

Figure 36 : Résistances des toitures après travaux suivant le type de toitures en tertiaire

Les résistances thermiques moyennes des toitures oscillent autour de 6,7 m².K/W suivant les typologies de toiture.

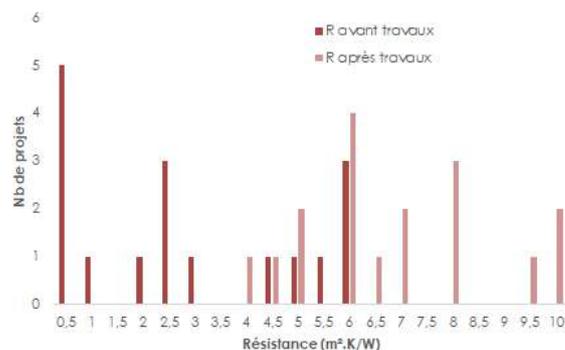


Figure 37 : Résistance avant/après travaux pour les toitures

Enfin, les travaux de rénovation des toitures permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 9.

Planchers bas

Les bâtiments tertiaires étudiés étaient construits à une grande majorité sur des terre-plein (71%, n=22/32).

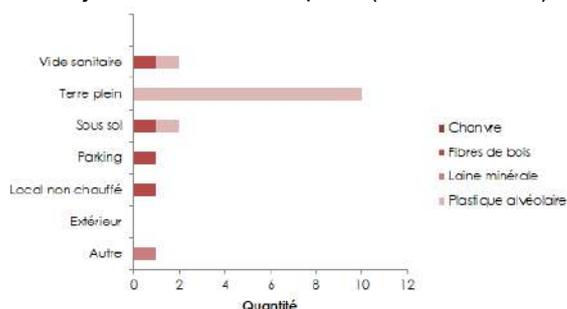


Figure 38 : Isolants mis en œuvre suivant les types de plancher bas en tertiaire

Les autres projets étaient construits sur des vide sanitaires (n=3/32), des parkings (n=2/32), des sous-sols (n=2/32),... Malgré cette contrainte technique, 78% des dalles ont été rénovées.

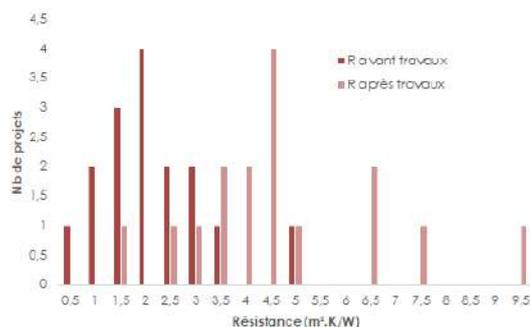


Figure 39: Résistance avant/après travaux pour les planchers bas

La résistance moyenne des planchers bas est de l'ordre de 4,5 m².K/W.

Enfin, les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'améliorer la résistance thermique d'un facteur 3,3.

Baies

En Nouvelle Aquitaine, les menuiseries installées sur les bâtiments lauréats des appels à projets sont majoritairement en aluminium ou en aluminium à rupteurs de ponts thermiques (81%, n=26/32). Les menuiseries en bois (19%) ne sont pas autant déployées qu'en Auvergne-Rhône-Alpes où ce taux atteint 48%.

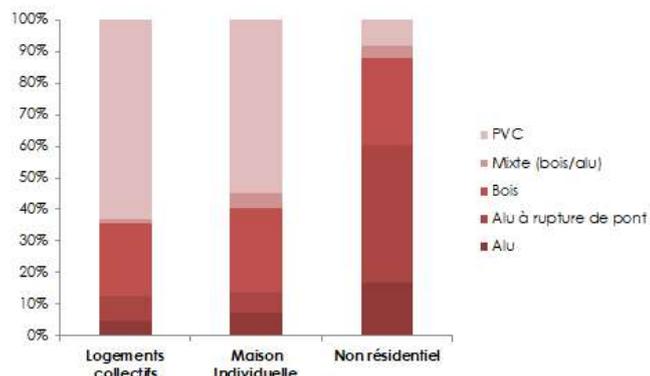


Figure 40 : Répartition des types de menuiseries en tertiaire

Cette clé de répartition est proche de celle constatée sur les projets certifiés à l'échelle nationale. Enfin, 9% des projets sont équipés de fenêtre en PVC et 9% ont des châssis en bois/aluminium. En parallèle, aucun projet n'a installé de triple-vitrage.

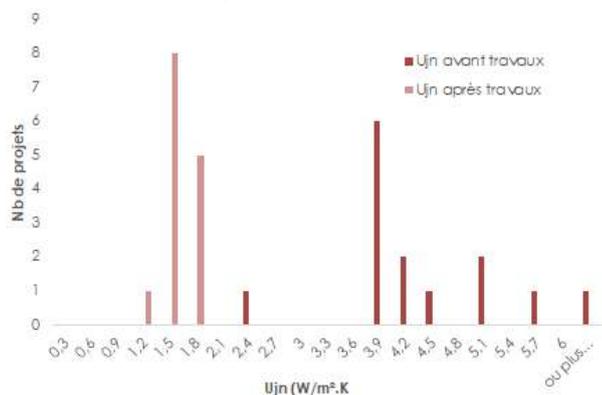


Figure 41 : Performance des baies avant/après travaux en tertiaire

Enfin, le remplacement des baies permet d'améliorer les performances des fenêtres de 4,25 W/m².K à 1,49 W/m².K (Ujn).





6. LES ÉQUIPEMENTS

Les logements collectifs

La rénovation ou le remplacement du système de chauffage a été intégré dans 83% des bouquets de travaux.

Le chauffage et la production d'ECS

66% des logements étudiés (n=23/35) sont chauffés au gaz.

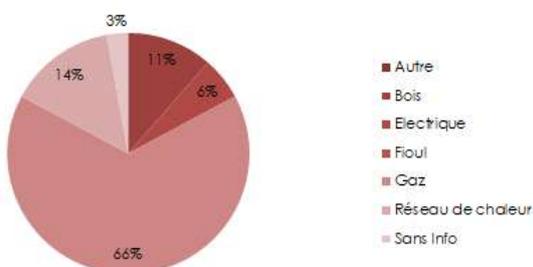


Figure 43 : Répartition de l'énergie de chauffage pour les logements collectifs rénovés à basse consommation en Nouvelle Aquitaine

En parallèle, cinq bâtiments ont été raccordés à un réseau de chaleur urbain (14%) et quatre programmes bénéficient d'un chauffage au bois (11%). Enfin, deux projets sont chauffés par une solution thermodynamique (6%).

Les bâtiments chauffés au gaz (n=23) sont majoritairement équipés de chaudières gaz à condensation (n=18/23). Les autres projets ont installé/ conservé une chaudière gaz à basse température (n=2) ou standard (n=3). En parallèle, ils bénéficient, à parts égales, de chaudières individuelles (n=11/18 – puissance nominale : 27kW) ou collectives (n=10/18). Elles sont associées dans une grande majorité des projets à des radiateurs munis de robinets thermostatiques (n=21/23). Par ailleurs, 65% d'entre elles (n=15/23) assurent la production de chauffage et d'ECS après rénovation. Enfin, 30% des projets sont équipés d'une installation solaire thermique pour la production d'ECS (n=7/23) avec un appoint réalisé par la chaudière gaz.

Les bâtiments raccordés au réseau de chaleur sont équipés de sous-station qui assure la production de chauffage et d'ECS (n=4/5). Un projet est équipé d'une solution solaire thermique pour la production d'ECS.

Dans le cas des projets chauffés au bois (n=4), les chaudières bois assurent également la production d'ECS (n=3/4) à l'exception d'un bâtiment équipé de ballons thermodynamique.

Enfin, les deux projets équipés de solutions thermodynamiques ont un ballon thermodynamique associé à la pompe à chaleur air extérieur/eau plancher et une installation solaire thermique à la pompe à chaleur air extérieur/eau VCV.

Note :

Au niveau national, les lauréats des appels à projets régionaux sont principalement chauffés au gaz (56%). En parallèle, 34% sont soit raccordés à un réseau de chaleur (19%), soit chauffés au bois (16%). 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.

Le changement d'énergie de chauffage

Près de 26% des projets étudiés dans notre échantillon ont modifié leur énergie de chauffage lors des travaux de rénovation. Cependant, ce taux évolue en fonction de l'énergie de chauffage présente avant les travaux. Ainsi, sur 23 projets avec une énergie de chauffage avant travaux connue, on constate que :

- L'ensemble des bâtiments initialement raccordés à un réseau de chaleur ont conservé leur système énergétique. Les sous-stations et la distribution ont par contre été rénovées.
- Le bâtiment chauffé au bois a fait le choix de conserver son énergie de chauffage.
- Onze opérations sur douze chauffées au gaz ont conservé leur énergie de chauffage. En parallèle, une opération a installé une chaudière au bois (8%),
- Trois opérations sur les cinq chauffées à l'effet joule avant travaux ont installé une chaudière gaz. En parallèle, une solution thermodynamique et un chauffage au bois ont été installés dans les deux derniers projets. Au final, 80% des projets chauffés initialement par Effet Joule ont modifié leur énergie de chauffage.

La ventilation

Dans le secteur résidentiel, 68% (n=30/44) des logements rénovés à basse consommation sont équipés de ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type B.

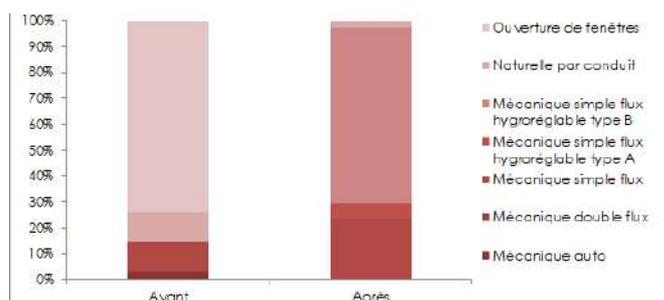


Figure 44 : Système de ventilation avant/après pour les logements collectifs en Nouvelle Aquitaine

Ils étaient initialement dépourvus de système de ventilation (74%), équipés d'une ventilation simple flux (11%) ou bénéficiant d'une ventilation naturelle par conduit (11%) dans les logements collectifs.

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 du projet (certifiée ou appel à projet).

Le photovoltaïque

Sur l'ensemble des projets de logements collectifs étudiés (n=35), seuls deux projets ont mis en œuvre une production locale d'électricité de 3,5 kWc et 4,5 kWc, soit un taux d'installation de 6,9%

Au niveau national, le taux d'installation de panneaux photovoltaïques se situe autour de 6% en rénovation BBC.

Les logements individuels

Le chauffage et la production d'ECS

Sur les sept projets étudiés, six maisons ont entrepris des travaux de rénovation sur le système de chauffage.

Désormais, trois maisons sont chauffées par une chaudière gaz à condensation après rénovation. En parallèle, trois maisons ont installé des poêles à bois et enfin une maison a installé une pompe à chaleur air/eau. La production d'ECS est majoritairement associée au générateur de chauffage lors d'un chauffage au bois (n=1/1) ou au gaz (n=3/4). Dans les autres cas, des ballons thermodynamiques ont été installés.

Le changement d'énergie de chauffage

Enfin, sur 6 projets avec une énergie de chauffage avant travaux connue, on constate que :

- Le bâtiment chauffé au bois a fait le choix de conserver son énergie de chauffage.
- Quatre maisons sur cinq chauffées au gaz ont conservé leur énergie de chauffage. En parallèle, une

opération a remplacé son chauffage au gaz par une solution thermodynamique.

Note :

Au niveau national, plus de la moitié (54%) des logements individuels sont chauffés au gaz. En parallèle, le chauffage au bois (20%) est mis en œuvre dans près d'un quart des projets devant la solution électrique (17%). Par ailleurs, trois facteurs principaux ont tendance à impacter les choix énergétiques :

- Le type de bâtiment : les logements groupés rénovés sont majoritairement chauffés au gaz (75%), alors que les logements diffus ont une clé de répartition plus équilibrée (Gaz : 55% - Bois : 20% - Electricité : 17% - Fioul : 7%)
- L'origine des projets : Le chauffage au bois (23%) et au gaz (52%) sont les deux principales sources d'énergie utilisées dans les maisons lauréates d'appel à projet. Les projets certifiés sont principalement chauffés au gaz (61%) et à l'électricité (20%).
- La localisation du bâtiment.

Les bâtiments tertiaires

Le chauffage et la production d'ECS

En tertiaire, 56% des opérations étudiées en Région Nouvelle Aquitaine sont chauffées par une solution électrique (n=18/32) dont une très grande majorité avec une solution thermodynamique (n=17/18). En parallèle, 22% des projets sont chauffés au bois (n=7/32). Enfin, 13% sont chauffés au gaz (n=4/32). 6% ont été raccordés à un réseau de chaleur (n=3/32)

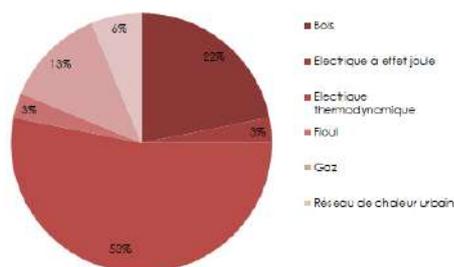


Figure 45 : Répartition de l'énergie de chauffage pour les bâtiments tertiaires rénovés à basse consommation en Nouvelle Aquitaine

Cette répartition de l'énergie de chauffage semble être spécifique à la Région Nouvelle Aquitaine.

En effet, si l'on ne considère que les projets de bureaux au niveau national, on constate que les projets certifiés sont très majoritairement chauffés par une solution électrique (41%) ou raccordés à un réseau de chaleur (43%). Une grande majorité de ces projets sont situés en Région Ile de France, et plus particulièrement dans le centre-ville de Paris ou à la Défense¹². En parallèle, les lauréats d'appels à projets sont chauffés, à parts égales, au bois (32% - éco-conditionnalité des aides, fibre écologique des

maîtres d'ouvrage), à l'électricité (35%) ou au gaz (20%)

Le changement d'énergie de chauffage

On constate que 45% des projets ont modifié leur énergie de chauffage lors des travaux de rénovation. Ce taux monte à 82% si on prend en compte le passage d'un chauffage à effet joule à une solution thermodynamique. Ainsi, sur la base de 22 projets avec une énergie de chauffage avant travaux connue, on constate que :

- Les bâtiments chauffés par effet joule (n=9) ont tous installé une solution thermodynamique à l'exception d'un projet équipé désormais d'un chauffage au bois.
- Les chaudières au fioul (n=3) ont été remplacées par un chauffage au bois par une pompe à chaleur. Seul un projet a conservé son installation initiale.
- Les opérations équipées de chaudière gaz ont privilégié un changement d'énergie (n=7/10) et ont installé un chauffage au bois (n=3/10), des pompes à chaleur (n=3/10) ou se sont raccordées à un réseau de chaleur (n=1/10).
- Enfin, le bâtiment raccordé à un réseau de chaleur a conservé sa solution de chauffage tout en rénovant les sous-stations et la distribution.

La ventilation

Dans le secteur tertiaire, 75% des projets rénovés (n=24/32) sont équipés d'une ventilation double flux en Nouvelle Aquitaine. A l'échelle nationale, 68% des lauréats des appels à projets et 92% des projets certifiés sont équipés de ventilation double flux.

Enfin, quel que soit l'usage du bâtiment, l'efficacité moyenne de l'échangeur des systèmes double flux, mentionnée en phase conception, est de l'ordre de 82%

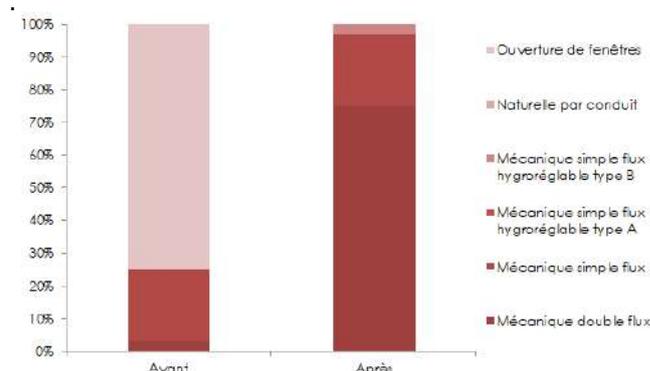


Figure 46 : Système de ventilation avant/après pour les bâtiments tertiaires lauréats et rénovés en Nouvelle Aquitaine

¹² Cf. Tableau de bord Effinergie

Le refroidissement

71% (n=17/24) des projets rénovés à basse consommation dans le secteur tertiaire en région Nouvelle Aquitaine ne sont pas équipés de solution de refroidissement.

Dans les autres cas, un système de refroidissement a été installé (n=3/24), rénové ou remplacé (n=4/24).

Le froid est généré uniquement par des solutions thermodynamiques. Aucun bâtiment étudié n'a été raccordé à réseau de froid. L'émission est assurée principalement par le soufflage d'air froid ou des planchers rafraichissants.

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

Le type de bâtiments

Ainsi, les bâtiments d'éducation étudiés à l'échelle nationale (n=46) ne sont pas équipés de systèmes de refroidissement alors que plus de 70% des bureaux possèdent un système de refroidissement (n=152/207)

L'origine du projet

En parallèle, on constate que pour un même usage de bâtiments (exemple : bureaux), le taux d'installation d'une climatisation varie en fonction de l'origine du projet de 92% pour les projets certifiés à 35% pour les bâtiments lauréats des appels à projet.

Ce constat est le résultat de plusieurs facteurs :

- Le type de bureaux : Les bureaux certifiés sont principalement des grands ensembles situés en Région Ile de France sous maîtrise d'ouvrage privée. A contrario, les bureaux lauréats des appels à projets sont pour la plupart des bâtiments communaux de petites ou moyennes tailles (mairie, bureaux administratifs,...).
- Les matériaux de construction : les bureaux certifiés sont souvent dotés de grandes surfaces vitrées (type Tour de la Défense) alors que les bâtiments communaux étaient construits en pierre ou en béton, bénéficiant d'une bonne inertie thermique.
- Le contenu des règlements des appels à projets régionaux qui interdisent parfois l'utilisation de système de refroidissement actif.

Le photovoltaïque

En tertiaire, quatre opérations (n=4/32) en Région Nouvelle Aquitaine ont installé des panneaux photovoltaïques.

A titre d'exemples, les projets de rénovation de l'**Espace famille et de la parentalité Cap Ouest** à Saint Médard en

Jales , de la **maison du temps libre** à Chalandray, de la **Réhabilitation de la salle des fêtes** de Lusignan-Petit et la **rénovation Rue de Lavaux** à Bordeaux sont décrits dans l'Observatoire Régional.

Au niveau national, le taux d'installation de panneaux photovoltaïques se situe autour de 8,6% en rénovation BBC.



7. LES BOUQUETS DE TRAVAUX

Les logements collectifs

Dans le cadre de l'échantillon étudié en Région Nouvelle Aquitaine, les équipes projets ont proposé 13 bouquets différents pour atteindre les objectifs du label BBC Effinergie rénovation.

Ces bouquets sont composés d'interventions sur différents lots. Sept lots ont été identifiés :

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

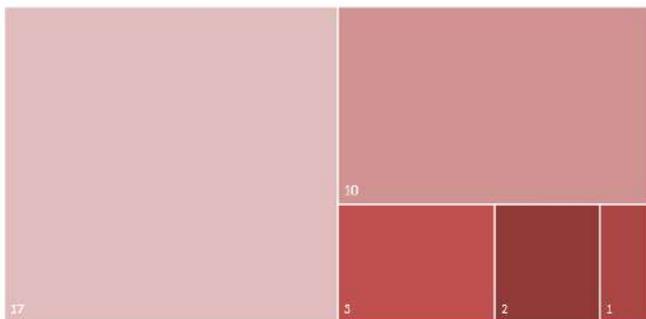


Figure 48 : Familles de bouquets de travaux en logements collectifs

On constate que près de 82% des projets ont été rénovés avec des bouquets composés de 7 lots (51,5%) ou de 6 lots (30,3%). 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....

Sur notre échantillon, les trois principaux bouquets mis en œuvre concernent une intervention sur :

- L'ensemble des parois et des équipements (51,5%, n=17/33). Par ailleurs, 41% de ces projets (n=7/17) ont installé une ECS solaire. En parallèle trois opérations bénéficient d'une production locale d'électricité.
- L'ensemble des lots de l'enveloppe, l'ECS et le chauffage (12%, n=4/33) projets).
- L'ensemble de l'enveloppe à l'exception des baies et tous les équipements (6%, n=2/33)

La maison individuelle

Deux bouquets de travaux différents ont été mis en œuvre pour atteindre le niveau BBC rénovation sur les sept logements étudiés.

On constate que 83% des projets ont été rénovés avec un bouquet composé de 7 lots.

En parallèle, une opération a mis en œuvre un bouquet de 6 lots avec des interventions sur l'ensemble des lots à l'exception des baies.

Au niveau national, 26 bouquets de travaux différents ont été mis en œuvre pour atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation. Par ailleurs, on constate que près de 90% des projets ont été rénovés sur la base de bouquets composés de 7 lots (50%) ou de 6 lots (28%) ou 5 lots (9%). Le principal (50%) bouquet de travaux mis en œuvre pour atteindre le niveau BBC Effinergie se compose d'interventions sur l'ensemble des lots, à savoir une rénovation des murs extérieurs, de la toiture, du plancher bas, des baies, du chauffage, de la ventilation et de l'ECS.

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.

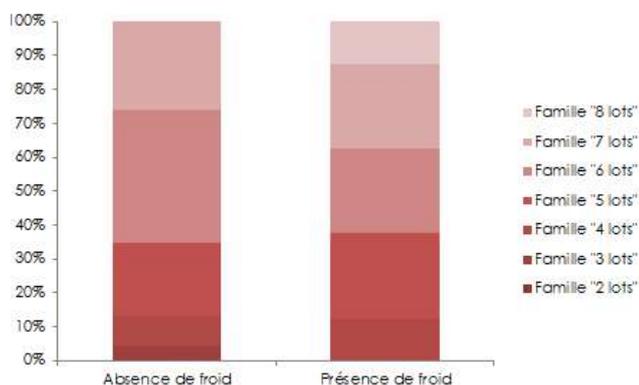


Figure 49 : Familles de bouquets de travaux en tertiaire Sans système de refroidissement

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

Par ailleurs, ces bouquets sont composés à plus de 65% de rénovation portant sur 6 lots (39%) ou 7 lots (26%).

Les principaux bouquets mis en œuvre concernent une intervention sur :

- 7 lots composés de l'ensemble de l'enveloppe, du chauffage, de l'ECS et du système de ventilation (26%).
- 6 lots composés de l'ensemble de l'enveloppe, du

chauffage et du système de ventilation. La production d'ECS, quand elle est présente, est rénovée. Il s'agit la plupart du temps de petits ballons électriques situés dans les sanitaires (22%) au plus près des points de puisage.

Avec système de refroidissement

Sur les 8 projets tertiaires équipés d'un système de refroidissement, 4 bouquets différents ont été identifiés.

Les projets rénovés ont des bouquets composés de 7 lots (2 projets – tous les lots sauf l'ECS), 8 lots (3 projets), 6 lots (1 projet – ECS et plancher bas non rénovés) ou 4 lots (1 projet – toiture, baies, chauffage et pose d'un système de refroidissement).



8. LE COÛT D'UNE RÉNOVATION BBC

Avant-propos

L'Observatoire BBC a pu constater au cours de ces dernières années :

- Une appétence croissante des acteurs du bâtiment pour l'identification des coûts associés aux travaux de rénovation,
- Une faible propension des acteurs à communiquer les informations économiques de leur projet afin d'alimenter un retour d'expérience national, à l'exception des lauréats des dispositifs régionaux dont le paiement des aides financières est conditionné par la communication des décompositions économiques et des factures,
- L'absence d'une décomposition économique « standardisée » des rénovations permettant :
 - D'identifier les coûts relatifs à l'opération, aux travaux de rénovation et aux travaux de rénovation énergétique,
 - De comparer les opérations entre elles.
- La difficulté pour les artisans d'élaborer des devis et des factures en conformité avec une législation complexe et indigeste.
- ...

A ce jour, ces constats génèrent de la confusion auprès

des différents acteurs (politiques, filière du bâtiment, particulier, ...), alimentent les idées reçues sur les coûts de la rénovation énergétique performante et contribuent à freiner la massification de la rénovation performante.

Dans ce contexte, l'Observatoire BBC a élaboré au fil des années une méthodologie d'analyse des coûts de rénovation¹³ afin de :

- Standardiser la décomposition économique utilisée pour toutes les opérations étudiées dans l'Observatoire BBC,
- Identifier les lots pris en compte dans le cadre des coûts d'une opération, d'une rénovation et d'une rénovation énergétique,
- Définir le périmètre d'une rénovation énergétique,
- De clarifier la notion de travaux induits indissociablement liés aux travaux d'amélioration de la qualité énergétique.

¹³ Comment analyser les coûts associés à une rénovation énergétique – Guide Méthodologique

Cependant, au regard des informations communiquées, la taille de l'échantillon étudié ne permet pas d'établir des conclusions définitives. Il a pour objectif d'actualiser les indicateurs clés issus de la précédente publication en 2020.

Une définition

Les informations économiques relatives à l'opération sont analysées et ventilées au sein d'une décomposition économique définie par les lots présentés ci-dessous :

- Foncier et/ou achat du bâtiment,
- MOE (architecte, économiste, assistance à maîtrise d'ouvrage, ...),
- Ingénierie (étude thermique et environnementale, acoustique, structure, sol, ...),
- Label et frais de concours (certification, étanchéité à l'air, ...),
- Travaux de rénovation,
- Instrumentation,
- VRD/Aménagement (VRD, raccordement, aménagement extérieur, espace vert, ...),
- Taxes (notaires, annonce légale, signalétique, publicité, ...),
- Imprévus,
- Autres (équipements, cuisines, meubles).

Par ailleurs, le lot « travaux de rénovation » se décompose en différentes interventions sur :

- L'enveloppe dans le cadre d'une rénovation énergétique (Murs, plancher bas, toitures, baies et protections solaires),
- Les équipements dans le cadre d'une rénovation énergétique (Chauffage, ECS, émetteurs, ECS solaire, ventilation, refroidissement, production locale d'électricité, éclairage),
- Les autres travaux regroupant 23 sous lots (démolition, fondation, gros œuvre, chape, plomberie, électricité, métallerie, ...).

Enfin, les travaux de rénovation énergétiques sont identifiés en prenant en compte :

- L'isolation des murs,
- L'isolation des planchers bas,
- L'isolation des toitures,
- Le remplacement des menuiseries extérieures et des occultations,
- L'étanchéité à l'air de l'enveloppe,
- La fourniture et la pose des système de ventilation,
- Le changement des systèmes de chauffage et de production d'ECS,
- Le calorifugeage des réseaux de chauffage et d'ECS,
- Les modifications des systèmes de régulations centrales et terminales,

- L'ensemble des travaux induits, dont la définition est régie par le taux réduit à 5,5% de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA).

Par ailleurs, les travaux liés au désamiantage et aux mises aux normes (électricité, incendie, PMR,) ne sont pas pris en compte dans le périmètre de la rénovation énergétique.

Enfin, retrouvez l'analyse économique, réalisée au cas par cas, présente dans de nombreuses fiches retour d'expérience publiées sur le site de l'Observatoire BBC Nouvelle Aquitaine (www.observatoirebbc.org/nouvelleaquitaine).

Les chiffres clés

Montant des travaux par m²

Le montant des travaux de rénovation énergétique, estimé sur notre échantillon de 59 projets, est de 366 € HT/m² SRT, soit un investissement moyen proche de 55 894 €.

| Travaux énergétiques | Nb. Projets | Minimum | Moyenne | Maximum |
|----------------------------|-------------|----------|----------|-----------|
| Coût | 59 | 23 610 € | 55 894 € | 129 093 € |
| Coût HT/m ² SRT | 59 | 133 € | 366 € | 818 € |

Figure 52 : Montant des travaux énergétiques en maisons individuelles issu de l'Observatoire BBC

Plus précisément, le montant des travaux de rénovation est compris entre :

- 267 € HT/m² SRT et 413 € HT/m² SRT pour 50% des rénovations basse consommation,
- 194 € HT/m² SRT et 596 € HT/m² SRT pour 90% des rénovations basse consommation.

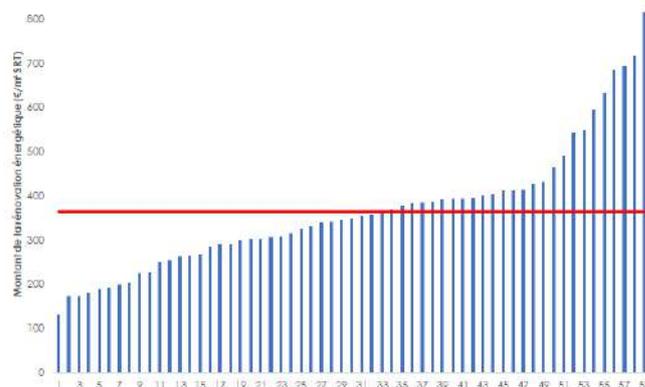


Figure 53: Montant des travaux énergétiques par m² SRT pour les 59 maisons rénovées à basse consommation

La forte dispersion du montant des travaux est la conséquence de la diversité des situations constatées : auto-rénovation, surface des logements, état des logements avant travaux, bouquets de travaux mis en œuvre, ancienneté du bâti, typologie des travaux

(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).

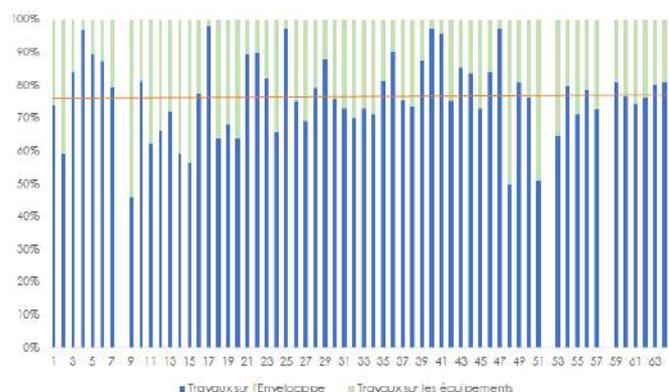


Figure 54 : Répartition de l'investissement entre les lots « Enveloppe » et « Equipements »

En moyenne, 76% du montant des travaux de rénovation BBC est dédié à l'amélioration de l'enveloppe et 24% pour le remplacement des équipements de chauffage, de ventilation et d'ECS. Cette clé de répartition varie en fonction de l'état initial du bâtiment.

Investissement par kWh économisé

Une autre approche économique consiste à estimer l'investissement (€/m²) à réaliser pour économiser 1 kWhep/m².an. Il peut être estimé en analysant le ratio entre

- le montant de la rénovation énergétique par m², et
- la différence des consommations énergétiques avant et après travaux.

400 rénovations basse consommations ont été étudiées dans le cadre du dispositif le Chèque Eco-Energie porté par la Région Normandie. Il en ressort que l'investissement moyen pour économiser 1 kWhep/m².an se situe autour de 2,4 € TTC /m². Par ailleurs, cet investissement est d'autant plus rentable que les logements sont énergivores.

En effet, il varie de :

- 1,18 € TTC pour les logements classés G, à
- 2,2 € TTC pour les logements classés F, à
- 3,6 € TTC pour les logements classés E, à
- 5,4 € TTC pour les logements classés D.

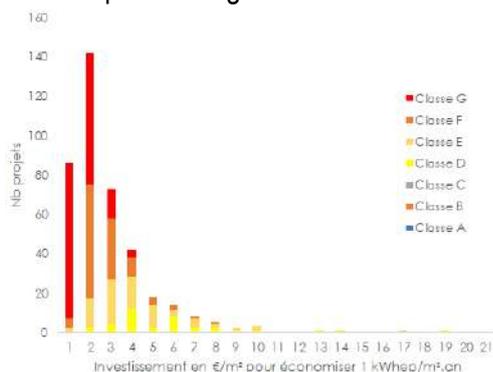


Figure 56: Nombre de projets par investissement (€/m²) pour économiser 1 kWhep.m².an économisé par classes DPE

Ainsi, pour une maison de 100 m², l'enveloppe financière totale pour atteindre le niveau BBC peut être estimée dans le tableau suivant en se basant sur ces ratios.

| Classe DPE | Surface (m ²) | Investissement (€ TTC/m ²) | Gain énergétique pour atteindre le niveau BBC (kWhep/m ² .an) | Enveloppe financière totale (€ TTC) |
|------------|---------------------------|--|--|-------------------------------------|
| G | 100 | 1,18 | 450 - 80 : 370 | 43 660 € |
| F | 100 | 2,3 | 331 - 80 : 251 | 55 220 € |
| E | 100 | 3,6 | 231 - 80 : 151 | 54 360 € |
| D | 100 | 5,4 | 151 - 80 : 71 | 38 340 € |

Figure 57 : Estimation de l'enveloppe financière totale pour atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation par classes DPE

Ainsi, les montants de l'enveloppe financière sont les conséquences :

- D'un investissement au m² pour économiser un 1 kWhep/m².an qui varie en fonction de la classe énergétique du logement à rénover,
- D'un gain énergétique qui dépend de la consommation énergétique réglementaire avant travaux,
- De la surface du logement,
- De paramètres complémentaires mentionnés dans l'analyse des coûts de rénovation sur l'enveloppe et les équipements.

Focus sur l'enveloppe

Le montant des travaux sur l'enveloppe représente en moyenne 76% du montant total de rénovation énergétique. Cependant, ces montants présentent une forte dispersion suivant les projets et les techniques mis en œuvre.

| Lots | Unité | Nb. | Minimum | Moyenne | Maximum |
|---------------------|--------------------------|-----|---------|---------|---------|
| Murs | | | | | |
| ITI | €/m ² | 24 | 52 | 80 | 194 |
| ITE | €/m ² | 28 | 50 | 160 | 264 |
| Toiture | | | | | |
| | €/m ² isolant | 52 | 5 | 83 | 249 |
| Plancher bas | | | | | |
| | €/m ² isolant | 32 | 32 | 64 | 413 |
| Menuiseries | | | | | |
| | €/m ² vitre | 53 | 125 | 693 | 1 445 |

Figure 58 : Coût des travaux pour le lot enveloppe

La taille de l'échantillon étudié étant limité, les ratios issus de l'Observatoire BBC sont comparés dans les tableaux ci-dessous avec d'autres ressources disponibles, à savoir :

- L'étude CEREMA sur les projets « Je rénove BBC » de la Région Grand Est,
- La grille de prix de l'AJENA utilisé en Région 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,
- L'étude de l'ADEME : Rénovation énergétique des logements – Etude de prix Les enseignements d'une évaluation statistique de grande ampleur – Novembre 2019

Les murs extérieurs

Sur notre échantillon, le montant de l'isolation par l'extérieur s'élève en moyenne à 160€/m² surface isolant alors qu'il se situe à 80 €/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 194 €/m² surface isolant) que pour ceux isolés par l'extérieur (50 à 264 €/m² surface isolant). Ce résultat s'explique par les différentes solutions mises en œuvre (bardage, enduit, ...) et les contraintes du projet. Pour les travaux d'isolation thermique par l'intérieur le niveau de détail ne dissocie pas le niveau de finition (peinture...).

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|-------------|------------------|----------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Murs | | | | | | | | | |
| ITI | €/m ² | 52 à 194 | 13 à 183 | 45 à 100 | 40 à 60 | 65 à 75 | 41 à 145 | 30 à 73 | 12 à 178 |
| ITE | €/m ² | 50 à 264 | 34 à 246 | 90 à 240 | 150 à 200 | 210 à 250 | 136 à 400 | 90 à 200 | 24 à 190 |

Figure 59 : Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des murs extérieurs

Les toitures

Sur notre échantillon, le montant de la rénovation des toitures s'élève en moyenne à 79 €/m² surface isolant. Elle concerne l'isolation de combles aménagés, de combles perdus et de rampants avec différentes technologies (sarking, épandage, pose entre chevrons, soufflage, dépose sur plancher). Ce montant varie de 134 € HT/m² à 249 € HT/m² pour un sarking (186 € HT/m² en moyenne) et de 10 € HT/m² à 96 € HT/m² (51 € HT/m² en moyenne) suivant la technique utilisée pour les autres toitures.

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|-------------------------|------------------|----------|---------------|----------------------|----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Rampants/Combles | | | | | | | | | |
| Toiture | €/m ² | 23 à 83 | 8 à 123 | 20 à 110 | 25 à 50 | 30 à 130 | 7 à 122 | 15 à 40 | 20 à 140 |

Figure 60: Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des toitures

Les planchers bas

Le montant de la rénovation des planchers bas est de l'ordre de 64 €/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 53 €/m² surface isolant*.

Le montant et le choix de la solution pour l'isolation de la dalle du plancher bas dépend de la date de construction des bâtiments. Ainsi, l'isolation du plancher bas semble être techniquement plus accessible et moins onéreuse pour les bâtiments construits entre 1945 et 1973. Ces derniers étant majoritairement construits sur des garages ou des caves et offrent plus d'opportunités de rénovation que les maisons construites dans les années 1980-2000 sur terre-plein ou vide sanitaire inaccessible.

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|---------------------|------------------|----------|---------------|----------------------|----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Plancher bas | | | | | | | | | |
| | €/m ² | 53 | 5 à 91 | 40 à 100 | 50 à 70 | 55 à 70 | 12 à 1193 | 15 à 40 | 15 à 101 |

Figure 61 : Tableau comparatif des ratios économiques pour l'isolation des planchers bas

D'après l'étude de l'ADEME, le niveau de résistance thermique de l'isolant a un effet modéré sur le prix total de l'isolation, quel que soit le lot étudié. Intuitivement, une augmentation du prix en fonction de la résistance thermique devrait être constatée, en réalité ce coût est noyé par d'autres facteurs plus impactant tels que : la surface d'isolant, le type de travaux et la technique d'isolation, le type de matériau utilisé¹⁴ (référence bas de page), la présence d'échafaudage, mais également la capacité des artisans à estimer le coût de leur main d'œuvre, des aléas ou des coûts induits.

Les menuiseries

Au-delà des causes précédemment citées, le montant des travaux liés au remplacement des menuiseries est directement impacté par le nombre d'ouvertures rénovées ou la surface des baies rénovées, mais également par le matériau des châssis (PVC, Aluminium, Mixte, Bois). En conséquence, les intervalles de prix sont importants.

Le montant de la rénovation et/ou remplacement des menuiseries s'élève en moyenne à 693 € HT/m² surface vitrée rénovée. En retirant de l'analyse un projet spécifique avec la création d'un mur-baie vitrée sur mesure, ce coût baisse à 542 € HT/m² surface vitrée rénovée.

L'étude de l'ADEME indique des prix variant de :

- 560 € HT/m² pour des châssis en PVC, à
- 745 € HT/m² pour des châssis en aluminium, à
- 986 HT/m² pour des châssis en bois, à
- 1 270 HT/m² pour des châssis en bois/aluminium.

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|--------------|------------------|------------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Baies | | | | | | | | | |
| | €/m ² | 125 à 1445 | 257 à 988 | 300 à 1000 | 400 à 800 | 450 à 520 | 202 à 993 | 272 à 775 | 248 à 1 590 |

Figure 62: Tableau comparatif des ratios économiques pour le remplacement des fenêtres

14. L'emploi de laines végétales au lieu de laines minérales entraîne un surcoût légèrement inférieur à 10 % - Source ADEME - Etude Rénovation énergétique des logements - Etude de prix Les enseignements d'une évaluation statistique de grande ampleur - Novembre 2019

Sur 22 projets étudiés, le coût de la pose des menuiseries représente de 22% du lot menuiseries. Ce ratio est cohérent avec le résultat issu de l'étude ADEME datant de 2019. En effet, sur 283 rénovations, le montant de la main d'œuvre représente 24% (valeur médiane) du montant total dépensé pour le remplacement des menuiseries.

Focus sur les équipements

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

| Lots | Unité | Nb. | Minimum | Moyenne | Maximum |
|-------------------------|------------------|-----|---------|---------|---------|
| Ventilation | | | | | |
| Hygro B | € | 35 | 200 | 1 200 | 2 482 |
| Double Flux | € | 24 | 1 091 | 4 817 | 7 356 |
| Chauffage et ECS | | | | | |
| Chaudière Gaz | € | 21 | 2 415 | 5 276 | 8 662 |
| Chaudière Bois | € | 6 | 9 030 | 17 345 | 30 300 |
| PAC à double service | € | 4 | 8 233 | 14 413 | 17 057 |
| Chauffage seul | | | | | |
| Poêle à bois | € | 7 | 3 365 | 5 368 | 6 948 |
| ECS solaire | | | | | |
| ECS Solaire | € | 8 | 6 494 | 11 582 | 14 097 |
| ECS Solaire | €/m ² | 8 | 907 | 1 892 | 2 764 |

Figure 63 : Montant des travaux pour le lot équipement

Les montants identifiés dans notre échantillon présentent une forte dispersion. En effet, ils sont impactés par différents facteurs propres aux caractéristiques du bâtiment (surface, solution technique, puissance, difficulté du chantier, ...) ou exogènes (capacité de l'artisan à chiffrer une intervention, fluctuation des prix, ...).

La ventilation

Sur notre échantillon, le montant moyen associé à la dépose/pose d'un nouveau système de ventilation s'élève à 2 685 € HT. On constate une forte variabilité des montants due à la diversité des travaux réalisés (achat et pose en auto-rénovation : 200 €), à la surface des logements et aux technologies mises en œuvre (simple flux hygroréglable de type B ou double flux).

Le montant moyen d'une ventilation double flux (4 817 €, soit 29 € HT/m²) est supérieur à celui d'une ventilation simple flux hygroréglable de type B (1 200 € HT, soit 8,7 € HT/m²).

Enfin, sur 8 projets étudiés, le montant de la pose d'une ventilation simple flux hygroréglable de type B représente 32% du montant du lot ventilation.

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|--------------------|-------|----------|---------------|----------------------|----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Ventilation | | | | | | | | | |
| Hygro B | € | 200 | 400 | 800 | 1 000 | 1 600 | 300 | 460 | 614 |
| | | à 2 736 | à 1 513 | à 1 800 | à 1 300 | | à 3 271 | à 1 636 | à 1 987 |
| Double flux | € | 1 091 | 1 600 | 4 000 | 4 500 | 4 400 | à 7 642 | 2 890 | 2 741 |
| | | à 7 356 | à 12 490 | à 10 000 | à 5 500 | | | à 7 642 | à 7 812 |

Figure 64 : Tableau comparatif des données économiques pour l'installation d'un système de ventilation

Le chauffage et la production d'ECS

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) et de

la surface du logement.

| Lots | Unité | Obs. BBC | Je rénove BBC | Grille de prix Ajena | Exp. P2E | 123 Réno PACA | OCRE Occitanie | Etude Effilogis | Etude ADEME |
|------------------|-------|---------------|----------------|----------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Chauffage | | | | | | | | | |
| Chaud. Gaz | € | 2 415 à 8 662 | 5 000 à 10 550 | 3 500 à 5 200 | 3 500 à 4 500 | 3 800 | 2 100 à 10 000 | 5 450 à 11 000 | 2 789 à 9 544 |
| Poêle à bois | € | 3 365 à 6 462 | 2 450 à 6 590 | 3 500 à 9 000 | 3 500 à 5 500 | 6 500 à 8 000 | 2000 à 7 000 | 3 000 à 11 675 | 2 557 à 15 085 |
| ECS solaire | € | 2 950 à 7 576 | - | 4 000 à 6 000 | - | 6 000 | 1 000 à 2 200 | - | - |

Figure 65 : Tableau comparatif des données économiques pour l'installation d'un système de chauffage ou production d'ECS

En complément 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 des émetteurs de chauffage.

Les logements collectifs

Le montant moyen des **travaux de rénovation** sur les 15 opérations étudiées en Région Nouvelle Aquitaine s'élève à **718 € HT/m² Shon RT, soit 45 676 € HT par logement**. Ce montant inclut l'ensemble des lots définis dans l'avant-propos et notamment les coûts de la rénovation énergétique. A titre de comparaison, l'analyse effectuée au niveau national, sur 145 projets, fait état d'un montant autour de 606 € HT/m² Shon RT, soit 41 584 € HT par logement.

Ces différents ratios présentent une forte dispersion liée à l'hétérogénéité des données communiquées et l'incapacité à affecter les montants à certains lots définis dans la décomposition économique utilisée.

L'étude de 51 opérations à l'échelle nationale, avec des données d'entrées plus précises, permet d'estimer que le montant moyen **des travaux de rénovation énergétique** est de **285 € HT/m² SRT**, soit un investissement moyen de **19 533 € par logement**. Par ailleurs, sur 6 opérations, le surcoût pour atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation par rapport à un projet rénovation « standard » a été évalué à 137 € HT/m².

Au niveau régional, les trois opérations étudiées présentent un montant des travaux de rénovation énergétique de

- 120 € HT/m², soit 9 295 € par logement pour **l'opération de rénovation de 76 logements à Guéret par Creusalis**,
- 328 € HT/m², soit 19 846 € par logement pour le **projet de rénovation du bâtiment G de la résidence « Un jardin sur le toit »** porté par Gironde Habitat,
- 452 € HT/m², soit 16 911 € par logement pour le **projet de rénovation de la Cité Dorat 2** pour le compte de ICF Habitat Atlantique

Dans les deux derniers cas, le montant de la rénovation énergétique représente 38% du montant des travaux de rénovation hors VRD. Au niveau national, le montant des travaux sur l'enveloppe représente en moyenne **70% du montant total de rénovation énergétique**. En parallèle, le montant des équipements représente **30% du montant** des travaux de rénovation énergétique.

Les bâtiments tertiaires

Le montant moyen des travaux de rénovation sur les 15 opérations étudiées en Région Nouvelle Aquitaine s'élève à 1 160 € HT/m² Shon RT. Ce montant inclut l'ensemble des lots définis dans l'avant-propos et notamment les coûts de la rénovation énergétique. A titre de comparaison, l'analyse effectuée au niveau national, sur 157 projets, fait état d'un montant autour de 1 095 € HT/m² Shon RT.

Ces différents ratios présentent une forte dispersion liée à l'hétérogénéité des données communiquées et l'incapacité à affecter les montants à certains lots définis dans la décomposition économique utilisée.

L'étude de 72 opérations à l'échelle nationale, avec des données d'entrées plus précises, permet d'estimer que le montant moyen des travaux de rénovation énergétique est de 480 € HT/m² SRT. Par ailleurs, sur 13 opérations, le surcoût pour atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation par rapport à un projet rénovation « standard » a été évalué à 197 € HT/m².

Le tableau ci-dessous présente les montants des travaux de rénovation énergétiques par m² de surface suivant les usages de bâtiments

| Travaux énergétiques (€/m ² ShonRT) | Nb. Projets | Minimum | Moyenne | Maximum |
|--|-------------|---------|---------|---------|
| Bureaux - Nouvelle Aquitaine | 8 | 143 € | 272 € | 400 € |
| Bureaux - National | 32 | 107 € | 443 € | 1 116 € |
| Ecole – Nouvelle Aquitaine | 2 | 819 € | 850 € | 881€ |
| Ecole - National | 21 | 156 € | 536 € | 1 076 € |
| Hébergement – Nouvelle Aquitaine | 1 | | 580 € | |
| Hébergement – National | 6 | 249 € | 619 € | 1 109 € |
| Cabinet Médical – Nouvelle Aquitaine | 2 | 495 € | 500 € | 502 € |

Figure 66 Montant des travaux de rénovations énergétiques en tertiaire

On constate que sur l'ensemble des projets tertiaires situés en Région Nouvelle Aquitaine, le montant des travaux dédiés à l'amélioration thermique de l'enveloppe représente 60% du montant des travaux de rénovation énergétique - les montants des travaux sur les équipements représentant 40%. Ces ratios sont identiques à l'échelle nationale.

Enfin, une autre approche économique consiste à estimer l'investissement (€/m²) à réaliser pour économiser 1 kWhep/m².an. Il peut être estimé en analysant le ratio entre

- le montant de la rénovation énergétique par m², et
- la différence des consommations énergétiques avant et après travaux.

Sur la base de 54 rénovations basse consommations étudiées dans le cadre du dispositif l'Observatoire BBC, il en ressort que l'investissement moyen pour économiser 1 kWhep/m².an se situe autour de 2,3 € HT /m²

Les perspectives

Les analyses économiques réalisées dans le cadre de cette étude permettent d'identifier des premiers ratios et d'accompagner les différents acteurs dans leur montée en compétence.

Des travaux en cours permettront dans les prochaines publications de renforcer la qualité des données collectées en proposant :

- D'harmoniser les décompositions économiques des coûts de travaux afin de bénéficier de données homogènes entre les différentes rénovations,
- De systématiser la remontée d'informations dans le cadre des labels Effinergie et des dispositifs d'aides régionaux,
- De définir des ratios partagés par l'ensemble de la filière et adaptés aux différentes cibles (particuliers, institutionnels, banques et assurances, ...) afin de favoriser le passage à l'acte.
- D'analyser les surcoûts liés à l'atteinte du niveau BBC Effinergie rénovation en comparaison avec le strict respect de la réglementation où avec des dépenses liées à l'entretien courante ou la modernisation du bien.

Par ailleurs, au-delà des enseignements économiques présentés dans cette étude, la rénovation basse consommation génère des externalités positives à valoriser telles que :

- La réduction des consommations énergétiques permettant de financer, tout ou une partie, les travaux via de l'ingénierie financière¹⁵ (aides directes, apport personnel, certificat d'économie d'énergie, prime rénov,...).
- L'anticipation et la préservation des hausses des coûts de la rénovation énergétique.
- L'augmentation de la surface de vie réellement habitable avec la suppression des parois froides.
- L'augmentation de la valeur patrimoniale du logement¹⁶ avec une plus-value variant de :
 - 9% à 12% pour les maisons avec une étiquette A ou B,
 - 6% à 9% pour les appartements avec une étiquette A ou B.
- Une maison plus saine avec une enveloppe thermique et un système de ventilation performants, réduisant les risques de pathologies¹⁷ (respiratoires, ostéo-articulaires, pathologies hivernales,), améliorant la santé des habitants, notam-

ment ceux en situation de précarité énergétique et réduisant les dépenses de santé.

- L'amélioration du confort au quotidien (thermique, acoustique, visuel, ...)
- La réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du bâtiment mais également au niveau national.
- La création d'emplois locaux non délocalisables. A titre d'exemple, la Direction Régionale Grand Est de l'ADEME¹⁸ a estimé que le secteur de la rénovation des bâtiments pourrait créer 43 750 Equivalent Temps Plein supplémentaires d'ici 2050 à l'échelle régionale.

¹⁵ Retour d'expérience de rénovation basse consommation - **DOREMI**

¹⁶ La valeur verte des logements en 2019 – Publication : Septembre 2020 - Conseil supérieur du notariat

¹⁷ Etude de la **Fondation Abbé Pierre** sur l'impact de la précarité énergétique sur la santé

¹⁸ Transition énergétique en Grand Est : quels impacts sur l'emploi local – Publication novembre 2020 – Direction Régionale de l'ADEME Grand Est



Figure 67 : Rénovation – Rue Cambacérés – Paris – BBBC Rénovation – MO : Palissad



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**

effinergie



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

