

Les

références

RÉNOVATION BBC ET EXIGENCES DU DISPOSITIF ÉCO ÉNERGIE TERTIAIRE

Repères technico-économiques pour passer à l'action



**RÉNOVATION BBC
ET EXIGENCES DU DISPOSITIF
ÉCO ÉNERGIE TERTIAIRE**

**Repères technico-économiques
pour passer à l'action**



Collection « Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Rénovation BBC et exigences du Dispositif Éco Énergie Tertiaire. Repères technico économiques pour passer à l'action.*
Bron : Cerema, 2024.
Collection : Les références.
ISBN :
978-2-37180-669-6 (pdf)

REMERCIEMENTS

Ce guide est une œuvre collective réalisée sous la direction du Cerema et d'Effinergie avec les contributions de :

- Amandine Bibet-Chevalier, Ariane Lesage, Julie Pouessel (Cerema) ;
- Sébastien Lefeuvre (Effinergie/Observatoire BBC).

Sont remerciés tout particulièrement les experts sollicités lors d'entretiens qui ont permis d'enrichir le document :

- Nicolas Cabassud (Cerema) ;
- Simon Ligier, Madeleine Devys (CSTB) ;
- Maël Barillec, Maeline Ferret, Simon Marc (DHUP).

Sont remerciés également pour leur relecture attentive :

- Marc Schoeffter (ADEME) ;
- Bruno Filliard (Brest Métropole) ;
- Benjamin Choulet, Sébastien Delmas, Céline Dubreuil, Cédric Lentillon, Julie Ringaut (Cerema) ;
- Luc Faure-Brac (CERTIVEA) ;
- Marie Gracia, Angélique Sage, Olivier Irigoien (Effinergie).

LE CEREMA

Centre d'expertise publique qui a pour mission d'appuyer l'État et les collectivités locales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques portées par les collectivités, le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, d'autre part.

Son expérience dans l'accompagnement de gestionnaires de patrimoines immobiliers publics et le développement d'outils et méthodes en gestion de patrimoine immobilier, exploitation et usage, le positionne en expert public de référence.

EFFINERGIE

Association reconnue d'intérêt général, le Collectif Effinergie s'est donné comme objectif depuis sa création en 2006 de développer, sur le marché de la construction neuve et de la rénovation, une véritable dynamique afin de concevoir des bâtiments confortables à faibles impacts énergétiques et environnementaux.

Fort de 70 membres, issus de différents horizons (collectivités, centres techniques et de recherche, secteur bancaire, syndicats et fédérations professionnelles, architectes et bureaux d'études, associations, industriels, organismes de formation...), Effinergie a la volonté de :

- développer des labels préfigurateurs des réglementations énergétiques et environnementales ;
- accompagner et fédérer les acteurs de la filière du bâtiment pour faire émerger des solutions durables ;
- valoriser les dynamiques territoriales et les acteurs de terrain ;
- capitaliser et diffuser les bonnes pratiques avec l'Observatoire BBC (www.observatoirebbc.org) ;
- assurer le lien entre les pouvoirs publics et les initiatives sur les territoires.

Sommaire

Remerciements	2
Introduction	6
Synthèse	8
CHAPITRE 1	
Le contexte réglementaire	12
1. Le Dispositif Éco Énergie Tertiaire : un dispositif ambitieux	14
2. Le label BBC rénovation	16
CHAPITRE 2	
La rénovation BBC en tertiaire	18
1. L'enveloppe	20
2. Les systèmes	26
3. Les bouquets de travaux	30
4. Les performances	32
CHAPITRE 3	
Quelle compatibilité des rénovations BBC avec les exigences du Dispositif Éco Énergie Tertiaire ?	36
1. BBC/DEET : méthodologie pour lier ces deux approches	40
2. Les principaux résultats	44

CHAPITRE 4

Approche économique

48

- 1. Les chiffres clés de la rénovation tertiaire BBC 52
- 2. Quels coûts pour atteindre les objectifs DEET (en valeur relative) ? 60
- 3. Des externalités positives à valoriser 64

CHAPITRE 5

Deux retours d'expériences

66

- 1. Le groupe scolaire Baudin 68
- 2. Rénovation du siège social du groupe PERIAL 70

Conclusion et perspectives

72

Annexes

74

- 1. Glossaire 76
- 2. Ressources 78

Table des matières 80

Introduction

Le secteur du bâtiment représente 47 % des consommations énergétiques annuelles françaises et émet 17 % des émissions directes de gaz à effet de serre¹. Face aux enjeux climatiques, la nécessité de sécuriser notre approvisionnement énergétique et de réduire l'empreinte carbone des bâtiments est devenue une priorité. Dans ce contexte, la loi ELAN a créé une obligation de réduction de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires via le Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET). Celui-ci impose aux propriétaires et occupants des bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m² de diminuer les consommations d'énergie de 40 % à l'horizon 2030, de 50 % à 2040 et de 60 % à 2050² ou bien d'atteindre un objectif de consommation en valeur absolue fixé selon la catégorie d'activité, l'implantation et l'intensité d'usage du bâtiment.

Alors que les premières déclarations de consommations annuelles et de référence ont été saisies dans la plateforme réglementaire de recensement, OPERAT, les maîtres d'ouvrage élaborent leur plan d'action afin d'atteindre les objectifs.

Mais comment définir un plan d'action ? Quels sont les éléments technico-économiques d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage ? Quels peuvent être les repères relatifs aux types de travaux à mettre en œuvre pour espérer atteindre une certaine performance énergétique, mais aussi aux niveaux d'investissements correspondants ?

En se basant sur les projets de rénovation tertiaire labellisés BBC Rénovation ou issus de dispositifs régionaux, cette publication a pour objectif d'aider à répondre à la question principale : « Une rénovation BBC en tertiaire permet-elle d'atteindre les exigences du DEET, et si oui, en réalisant quels travaux et pour quel coût ? »

UNE PUBLICATION PARTENARIALE CEREMA - EFFINERGIE

Dans ce contexte, le Cerema et l'association Effinergie ont pris l'initiative de coproduire une ressource dans le but d'aider les maîtres d'ouvrage concernés à élaborer le plan de rénovation pour atteindre ces objectifs. Il existe peu de publications de ce type, à notre connaissance. Elle constitue donc en cela un ouvrage de référence dans le domaine de la rénovation énergétique des bâtiments tertiaires.

ANALYSE DE LA BASE DE DONNÉES DE L'OBSERVATOIRE BBC D'EFFINERGIE

En 2009, l'association Effinergie, en collaboration avec l'État et l'ADEME a créé l'Observatoire BBC, afin de valoriser les opérations à faibles impacts énergétiques et environnementaux et plus particulièrement les rénovations BBC. Avec plus de 300 projets de rénovations BBC référencés, elle constitue la base de données publique de bâtiments tertiaires la plus ambitieuse et la plus intéressante à exploiter pour tirer des enseignements pratiques.

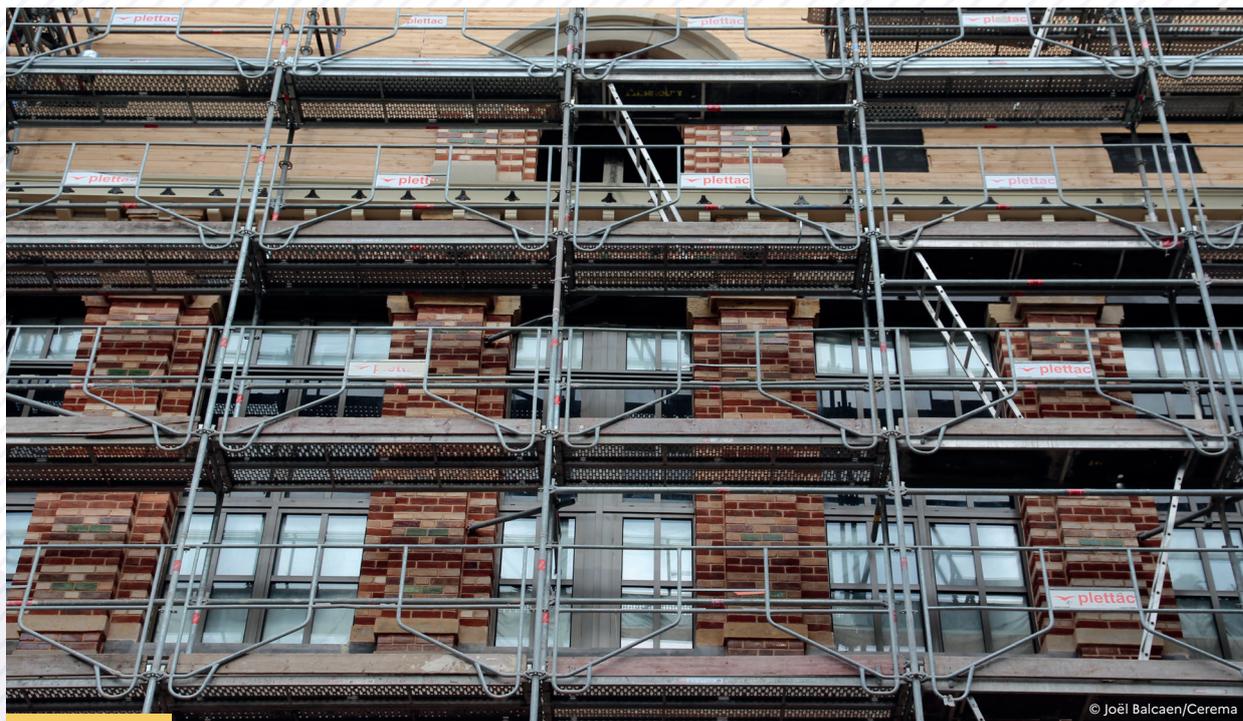
Dans un objectif d'aide à la décision, cette publication se concentre sur la présentation d'indicateurs, de repères chiffrés portant sur :

- les solutions techniques mises en œuvre dans une rénovation BBC ;
- les économies d'énergie permises par les rénovations BBC ;
- les montants investis dans ces rénovations ;
- l'atteinte des exigences du Dispositif Éco Énergie Tertiaire par ces rénovations BBC.

Cet ouvrage s'adresse donc à des profils plutôt « techniciens » de la maîtrise d'ouvrage, chargés de définir le plan d'actions à mettre en œuvre sur un patrimoine assujetti.

1. Secrétariat général à la planification écologique, *La Planification écologique dans les bâtiments*, juin 2023.

2. *Légifrance - Obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire (articles R. 174-22 à R. 174-32).*



Reconstruction d'un ensemble immobilier conservant les façades historiques – Lille, rue Jeanne d'Arc.

Afin de préciser le lien entre une rénovation BBC et les objectifs du Dispositif Éco Énergie Tertiaire, le chapitre 1 présente **le contexte réglementaire**.

Le **profil des projets de rénovation tertiaire BBC** est détaillé dans le chapitre 2. Il présente en particulier :

- l'état initial des bâtiments (enveloppe et systèmes) ;
- les bouquets de travaux mis en œuvre ;
- les performances atteintes après travaux.

Les performances des rénovations BBC n'étant pas directement transposables sur les objectifs du Dispositif Éco Énergie Tertiaire, le chapitre 3 présente **la méthode pour rendre compatibles les rénovations labellisées BBC** (dont les performances sont exprimées en énergie primaire et portent sur les 5 usages réglementaires) **avec les objectifs du dispositif** exprimés en énergie finale et portant sur l'ensemble des usages du bâtiment.

Le chapitre 4 se concentre sur **l'analyse économique des projets de rénovation BBC** (montants investis dans les travaux de rénovation énergétique en particulier) et sur l'estimation des **montants à prévoir pour atteindre les différents paliers du Dispositif Éco Énergie Tertiaire**.

Enfin, le chapitre 5 présente des **études de cas** de rénovations ambitieuses de bâtiments de bureaux et d'enseignement.

AVERTISSEMENTS ET CONTRAINTES D'UTILISATION

Ces travaux ont été réalisés en exploitant la base de données de l'Observatoire BBC d'Effinergie, issue de l'exploitation des rapports techniques (étude thermique) communiqués et validés par les organismes certificateurs, les régions et les directions régionales de l'ADEME à la réception du bâtiment. La taille de l'échantillon peut varier suivant les paramètres étudiés, en fonction de la capacité et de la volonté des acteurs de communiquer les éléments demandés. L'étude est ainsi une photographie, à un instant donné, du parc de bâtiments tertiaires rénovés à basse consommation en France. **Elle apporte un éclairage sur ce parc à l'échelle nationale, sans pour autant être représentative de l'ensemble des projets rénovés en France.**

Pour ce qui concerne le seuil en valeur absolue, l'étude se réfère à l'arrêté du 13 avril 2022, dit « Arrêté valeurs absolues II » en vigueur au moment de sa publication³.

Les surfaces considérées ici correspondent à la surface de référence du label BBC en rénovation qui a évolué au cours des années (voir détails dans le glossaire⁴).

3. Depuis, deux autres arrêtés valeurs absolues sont parus, sans impact sur la présente étude.

4. Les mots munis d'un astérisque sont définis dans le glossaire en fin de guide.

Synthèse

Le Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET) impose aux propriétaires et occupants des bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m² de diminuer les consommations d'énergie de 40 % à l'horizon 2030, 50 % à 2040 et 60 % à 2050 ou bien d'atteindre un objectif de consommation en valeur absolue fixé selon la catégorie d'activité, l'implantation et l'intensité d'usage du bâtiment. En parallèle de ce dispositif, depuis 2009, le label BBC-Effinergie a permis d'engager des rénovations performantes sur 4,6 Mm² dans le secteur tertiaire.

Ces rénovations permettent-elles d'atteindre les exigences du DEET, et si oui, en réalisant quels travaux et pour quel coût ?

La **rénovation BBC** des bâtiments tertiaires est une **rénovation bas carbone** qui permet de réduire les émissions de GES par un facteur 9 pour atteindre des émissions de l'ordre de 4,2 kgeqCO₂/m²/an SDP (de surface de plancher) pour les 5 usages réglementaires en exploitation, chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire et auxiliaires (pompes et ventilateurs). Cette rénovation, également à **faible impact énergétique**, s'articule autour de grands principes tels que :

- une **approche globale** de la rénovation réalisée **en une étape** ;
- l'implication des différents acteurs autour **d'un objectif commun de perméabilité à l'air** performant afin de **limiter les fuites d'air parasites** (1,09 m³/(h.m²)), et de faciliter le **traitement des interfaces** (murs/baies...) et des **interactions** (menuiseries/ventilation, isolation/chauffage...) ; une **enveloppe thermique performante** avec des **niveaux de résistances élevés** et un **traitement des ponts thermiques** afin de **réduire les besoins**. À titre d'exemple, la résistance moyenne des murs atteint 4,2 m².K/W, et elle évolue, pour les planchers hauts, de 5,7 m².K/W (toiture-terrasse) à 8,2 m².K/W (combles) et atteint 3,7 m².K/W pour les planchers bas ;
- **des équipements efficaces** et correctement **dimensionnés, posés et entretenus** qui permettent de garantir le renouvellement de l'air intérieur et

l'évacuation des polluants. En l'absence de préconisations techniques imposées par le label BBC Effinergie rénovation, on constate que les bâtiments étudiés sont majoritairement équipés d'une solution thermodynamique (36 %), raccordés à un réseau de chaleur (24 %), chauffés au bois (19 %) ou au gaz (18 %) ;

- **un large panel de solutions** pour converger vers la rénovation basse consommation dont la composition varie principalement **en fonction de l'état initial** du bâtiment (matériau, système de chauffage, présence ou absence d'une solution de refroidissement...), **de sa localisation, et des éventuelles écoconditionnalités** intégrées aux dispositifs d'accompagnement portés par les territoires où le projet se concrétise ;
- **un montant investi en travaux de rénovation énergétique de 440 €HT/m² SRT** (surface thermique au sens la réglementation thermique) en moyenne pour les bâtiments de bureaux et de **530 €HT/m² SRT** pour les bâtiments d'enseignement. Ces montants représentent en moyenne **un tiers** du montant total des travaux (hors Voiries et Réseaux Divers) ;
- **pour moitié des projets, un euro investi par m² en travaux de rénovation énergétique a permis d'économiser entre 2 et 5,6 kWh_{eff}/an** dans les bâtiments de bureaux et entre **2,3 et 3,7 kWh_{eff}/an** pour les bâtiments d'éducation.

Les performances énergétiques des rénovations BBC en tertiaire, étendues (par simulation) à l'ensemble des postes de consommation, montrent la **compatibilité d'une rénovation BBC avec la feuille de route du Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET)**.

Parmi les bureaux rénovés BBC, 62 % sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030. Ce taux de conformité chute à 38 % pour l'objectif relatif de 2040 et à 18 % pour l'objectif de 2050. Parmi les bâtiments d'enseignement rénovés BBC, 92 % sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030. Ce taux de conformité diminue à 85 % en 2040 et à 64 % en 2050. **La consommation initiale du projet est le facteur clé déterminant le taux de conformité des projets.**



En réalité, une conformité plus élevée peut être espérée, puisque les résultats obtenus ne prennent pas en considération toutes les **actions qui peuvent être mises en place sur les usages et en exploitation**, et qui contribuent à réduire la consommation des bâtiments. Avec une hypothèse de réduction de 20 % des consommations relatives aux usages, le taux de conformité au DEET des bureaux rénovés BBC atteint 71 % en 2030, 46 % en 2040 et 25 % en 2050.

Les rénovations BBC non compatibles avec les objectifs en valeur relative sont cependant en majorité **conformes à l'exigence en valeur absolue à l'horizon 2030** avec un taux de compatibilité qui s'élève à 97 %.

Les montants investis dans les travaux de rénovation énergétique pour atteindre les objectifs du DEET sont de l'ordre de :

- 300 €/m² SRT pour l'objectif 2030 ;
- 500 €/m² SRT pour l'objectif 2040 ;
- 600 €/m² SRT pour l'objectif 2050.

Plus globalement, il convient de retenir que les montants à investir pour atteindre les objectifs du DEET doivent être appréhendés à travers une approche en coût global à même d'intégrer et d'évaluer les impacts positifs élargis d'une rénovation globale :

- pour le maître d'ouvrage : réduction des dépenses énergétiques, hausse de la valeur patrimoniale en particulier (valeur verte, valeur d'usage) ;
- pour la collectivité : réduction des émissions de GES et donc de l'impact sur le changement climatique, montée en compétence, création de nouvelles filières et d'emplois.

Au-delà des enseignements technico-économiques relatifs à une rénovation BBC pour atteindre les exigences du DEET, la rénovation doit s'inscrire dans une stratégie patrimoniale à long terme et non plus opportuniste. La stratégie doit donc notamment inclure un **plan d'intervention pluriannuel** cohérent avec les objectifs techniques à atteindre, embarquant un plan de financement adapté.

Ci-après, deux infographies synthétisent les principaux enseignements.

LE DISPOSITIF ÉCO ÉNERGIE TERTIAIRE

Une nouvelle réglementation sur la consommation énergétique des bâtiments tertiaires
En vigueur depuis le 1^{er} octobre 2019

QUI EST CONCERNÉ ?

Tous les propriétaires de bâtiments à usage tertiaire, d'une surface de plancher supérieure à 1 000 m²

Les exceptions :



Les constructions provisoires



Les lieux de culte



Les bâtiments de défense et de sécurité civile

PEUT-ON AJUSTER LES OBJECTIFS ?



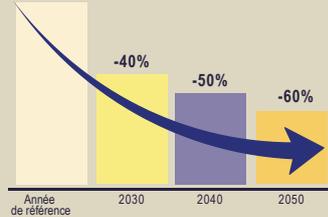
Les objectifs peuvent être modulés selon 3 leviers :

- Les indicateurs d'intensité d'usage
- Les contraintes techniques et architecturales sous dérogation
- La disproportion des coûts sous dérogation

QUELS SONT LES OBJECTIFS ?

Réduire ses consommations énergétiques par rapport à une année de référence

Entre 2010 et 2022



ou ► Atteindre une consommation énergétique inférieure à un seuil, fixé selon le type d'activités, en 2030



LES RESULTATS*



Pourcentage de projets BBC Effinergie rénovation conformes aux objectifs en valeurs relatives du Dispositif Éco Énergie Tertiaire



90%

Des projets Effinergie ont une consommation énergétique inférieure au seuil en valeur absolue requis pour 2030

*cf. étude Cerema/Effinergie

POUR QUEL INVESTISSEMENT*

Quels investissements (HT €/m² SRT) pour être conformes aux objectifs du Dispositif Éco Énergie Tertiaire ?



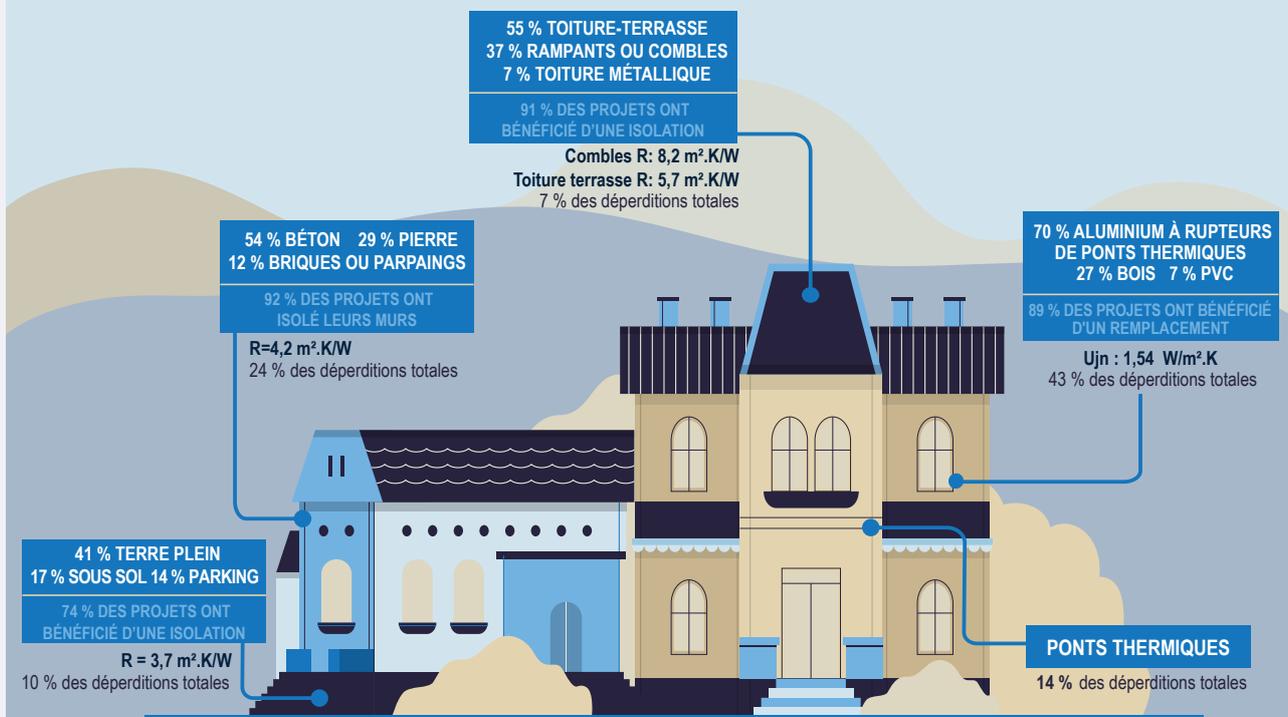
effinergie

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES
SUR LA CONSTRUCTION

Observatoire BBC
L'OBSERVATOIRE DES BÂTIMENTS BEPOS ET BASSE CONSOMMATION

LA RÉNOVATION BBC EFFINERGIE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES



UNE RÉNOVATION GLOBALE

CHAUFFAGE & FROID

36 % THERMO | 24 % RÉSEAU | 19 % BOIS | 18 % GAZ
41 % Des projets sans système de refroidissement
78 % Des bureaux possèdent une climatisation

VENTILATION

81 % DOUBLE FLUX | 18 % SIMPLE FLUX
96 % Des projets ont installé ou remplacé la ventilation

PRÉSENCE PV

10 % Pour les bureaux
23 % Pour les bâtiments d'éducation

93% DES PROJETS ONT BÉNÉFICIÉ D'UNE INTERVENTION SUR LES LOTS ENVELOPPE, CVC ET ÉCLAIRAGE





CHAPITRE 1

Le contexte réglementaire



1. LE DISPOSITIF ÉCO ÉNERGIE TERTIAIRE : UN DISPOSITIF AMBITIEUX

En application de la loi Élan, le DEET entré en vigueur en octobre 2019 impose à tous les gestionnaires de bâtiments ou sites cumulant plus de 1 000 m² de surface de plancher à usage tertiaire de diminuer leur consommation d'énergie finale*. Les cas d'assujettissement⁵ sont multiples (logique de site, d'unité foncière, parties de bâtiment tertiaire), si bien que différentes parties liées par un bail commercial, par exemple, peuvent avoir à déclarer leurs consommations d'énergie, même si individuellement la surface de leurs locaux est inférieure à 1 000 m².

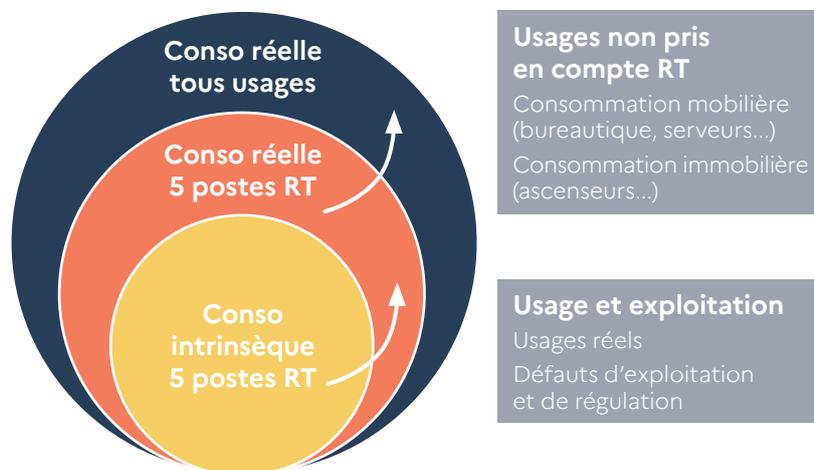
En outre, le périmètre des consommations prises en compte ne se limite pas aux 5 usages réglementaires⁶, mais inclut **l'ensemble des postes de consommation**.

Il est désormais question d'énergie finale*, dont la consommation est relevée sur les factures d'énergie,

et non plus d'énergie primaire* issue des moteurs de calculs réglementaires.

Figure 1 : Liens entre les différents types de consommation d'énergie dans la réglementation.

Source : Cerema.



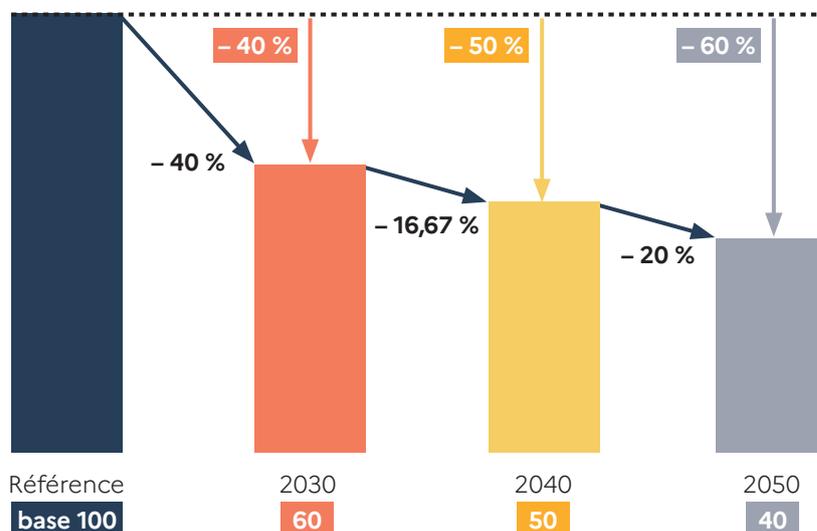
5. Pour aller plus loin, se reporter à la foire aux questions (FAQ) de l'ADEME sur la plateforme OPERAT à l'adresse : <https://operat.ademe.fr/#/public/faq>
 6. Les cinq usages réglementaires : chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire et auxiliaires (pompes et ventilateurs).

Cette approche encourage les gestionnaires de bâtiments à raisonner en obligation de résultat. En parallèle, les « assujettis » devront déclarer annuellement les consommations réelles de chacun de leurs sites concernés (entités fonctionnelles assujetties) pour les comparer aux objectifs qu'ils auront fixés dans leur plan d'action, leur permettant de suivre la trajectoire et d'adapter si besoin le plan d'action.

En effet, chaque gestionnaire peut choisir d'atteindre progressivement les objectifs butoirs fixés par le dispositif, mais peut également choisir d'aller plus vite, voire plus loin, en atteignant, voire en dépassant l'objectif final de l'horizon 2050 (60 %) de réduction de consommations, dès 2030 par exemple.

Figure 2 : Les différentes échéances pour la réduction des consommations énergétiques, en valeur relative (base 100 pour la consommation de référence).

Source : Cerema.



VALEUR ABSOLUE OU RELATIVE ?

Pour chaque bâtiment, l'objectif à l'horizon 2030 peut s'exprimer soit en valeur absolue, soit en valeur relative. En effet, le DEET propose deux orientations retenant comme obligation l'objectif le moins contraignant des deux.

En valeur absolue, la consommation de l'année N est comparée à une consommation cible pour 2030, calculée en fonction de la (des) catégorie(s) d'usage de l'entité assujettie et éventuellement modulée selon l'intensité d'usage.

En valeur relative, après ajustement climatique et modulation éventuelle de la consommation de l'année N, le gain est exprimé en pourcentage de la **consommation de référence du DEET** et doit atteindre 40 % d'ici à 2030 dans un premier temps.



Dans les deux cas, les paramètres météorologiques sont pris en compte automatiquement pour ajuster les objectifs de consommation. Puis, ces derniers peuvent être modulés selon les paramètres d'intensité d'usage, fixés par arrêté⁷. Cette modulation est appliquée dès lors que les paramètres d'intensité d'usage saisis

pour l'année de référence et l'année N sont différents.

D'autres modulations sont également prévues, en cas de contraintes techniques, architecturales ou patrimoniales, ou de disproportions économiques avérées. Leur recours nécessite le dépôt d'un dossier technique étayé.

7. Arrêté du 13 avril 2022 dit « valeurs absolues II », puis arrêté « valeurs absolues III » à venir.



2. LE LABEL BBC RÉNOVATION

© PAO Concept

Le label BBC Effinergie rénovation dans le secteur tertiaire, défini initialement par l'arrêté du 29 septembre 2009, a pour objectif principal de réduire la consommation énergétique réglementaire (5 usages réglementaires : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires) de 40 % par rapport à une consommation conventionnelle de référence* définie dans la RT globale.

La version du label, publiée en octobre 2021⁸, intègre également des exigences complémentaires sur la qualité thermique de l'enveloppe, les émissions de gaz à effet de serre (GES) en exploitation, l'étanchéité à l'air du bâtiment et des réseaux de ventilation.

Plus de 550 opérations tertiaires regroupant 4,5 millions de mètres carrés se sont engagées dans un label BBC Effinergie rénovation entre 2009 et 2023. Ces projets

sont principalement portés par une maîtrise d'ouvrage privée (85 %) rénovant en priorité des immeubles de bureaux (89 %) d'une surface moyenne de 9 000 à 10 000 m². La maîtrise d'ouvrage publique (15 %) se concentre à parts égales sur la rénovation de bâtiments d'enseignement et de bureaux. Enfin, plus des deux tiers des projets labellisés se situent en région Île-de-France.

En parallèle, de nombreux projets lauréats d'appels à projets régionaux se sont également engagés dans une rénovation BBC offrant une plus grande diversité d'usages.

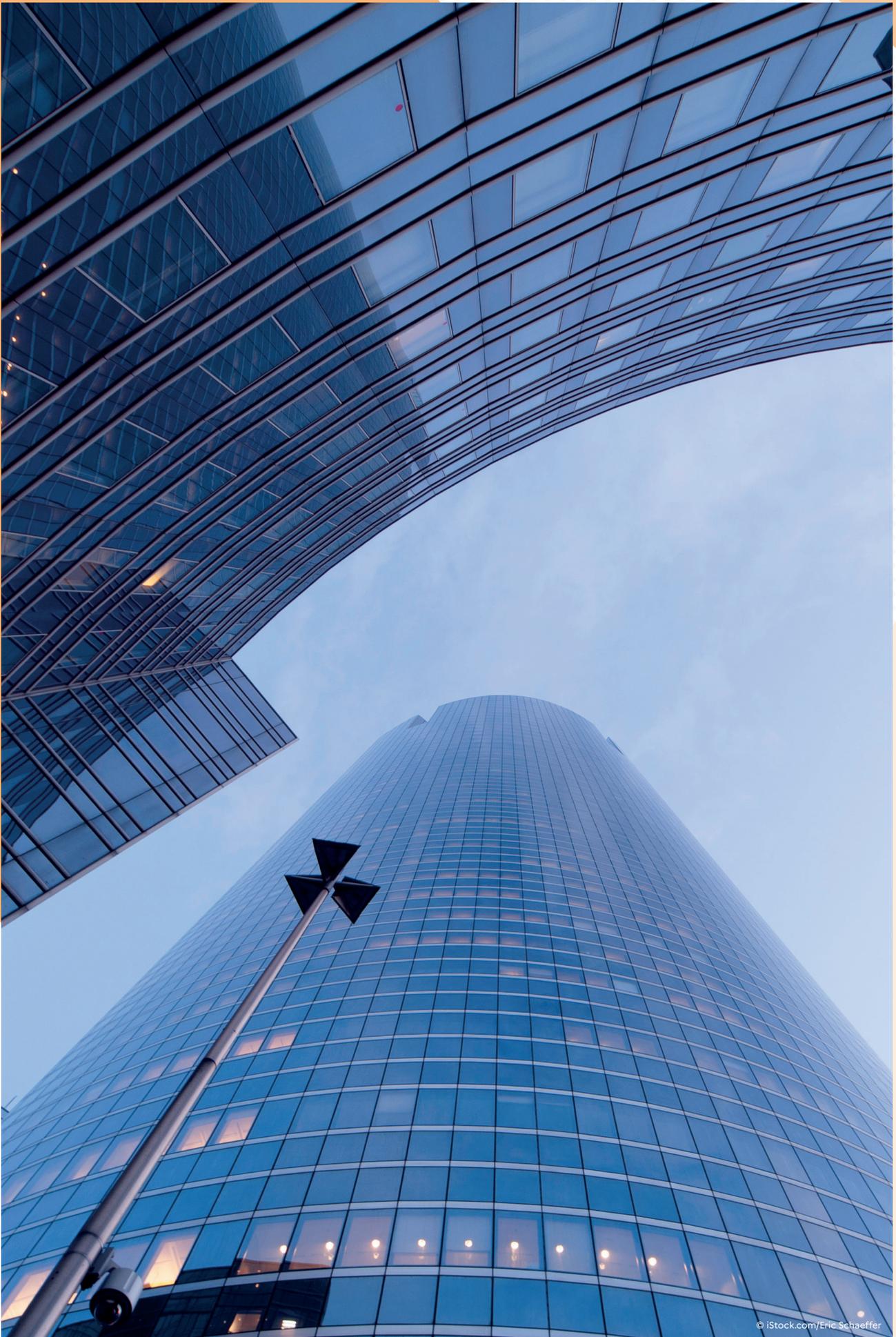
Cette étude ne prend pas en compte les projets engagés dans le nouveau label BBC Effinergie rénovation applicable depuis le 1^{er} janvier 2024.



8. https://www.effinergie.org/web/images/attach/base_doc/2930/20230516_R%C3%A9gles%20technique.pdf



© Stefano Candito



CHAPITRE 2

La rénovation BBC en tertiaire

À la date de publication de l'ouvrage, l'Observatoire BBC référence 333 projets tertiaires parmi les 550 bâtiments engagés dans une rénovation BBC en France.

Parmi les opérations recensées dans l'Observatoire BBC, 235 disposent d'informations techniques sur la situation avant et après travaux. En conséquence, les analyses de ce chapitre se basent sur des échantillons parfois différents, en fonction des données disponibles.

Ce chapitre présente les solutions techniques mises en œuvre au niveau de l'enveloppe et des systèmes pour atteindre les exigences du label BBC Effinergie rénovation, tout en identifiant les bouquets de travaux* proposés et en valorisant les performances énergétiques et environnementales des bâtiments rénovés.



1. L'ENVELOPPE

1.1 LES MURS

Les opérations ayant fait l'objet d'une rénovation BBC Effinergie présentent les caractéristiques suivantes : dans la plupart des cas, ce sont des bâtiments construits avant 1982 (83 % de l'échantillon) (figure 3) dont les parois ne sont que peu, voire pas du tout isolées.

Plus précisément, 34 % des bâtiments ont été construits avant 1948 et 36 % entre 1948 et 1974.

Ils sont majoritairement construits en béton (61 %) ou en pierre (23 %) (figure 4). Les constructions en brique et en parpaings représentent chacune 6 % des opérations, tandis que seulement 3 % et 2 % d'entre elles ont respectivement une ossature en bois ou ossature métallique.

Des travaux d'isolation des murs extérieurs ont été réalisés sur 92 % des opérations.

Figure 3 : Matériaux de construction en fonction de l'année du bâti (répartition en % - 322 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

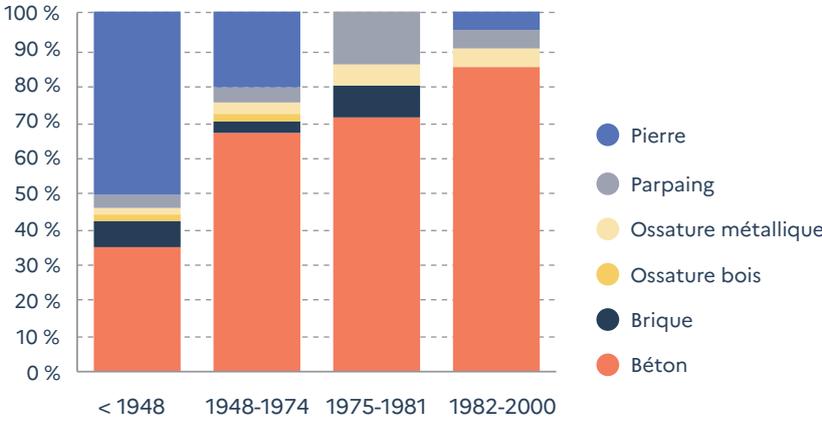
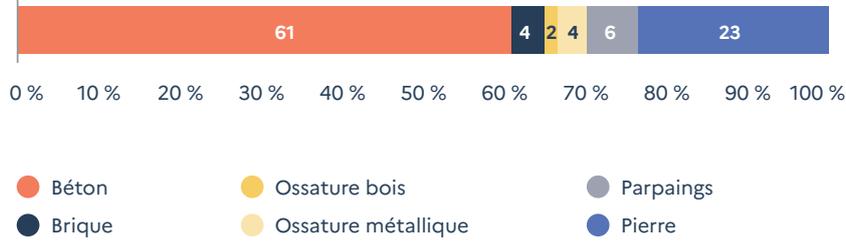


Figure 4 : Enveloppe - Matériaux de construction (323 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



À SAVOIR

L'EMPLOI DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Les projets recensés par l'Observatoire BBC ne sont pas tous labellisés BBC. Certains ont été lauréats d'appels à projets régionaux (avec ou sans label BBC).

L'étude des opérations ainsi recensées montre que le contexte, les objectifs et les écoconditionnalités définies dans les politiques publiques territoriales peuvent influencer le choix des matériaux isolants mis en œuvre.

En effet, la quasi-totalité (86 %) des projets ayant eu recours aux matériaux biosourcés comme isolant ont été lauréats d'un appel à projet régional (avec ou sans label BBC), alors que les projets labellisés BBC ont eu massivement recours à des isolants d'origine minérale.

Les bâtiments rénovés à basse consommation ont bénéficié d'une isolation thermique par l'intérieur (ITI) dans la moitié des projets. En parallèle, un tiers des bâtiments a été isolé par l'extérieur (ITE) et 10 % des projets ont associé une ITE et une ITI, cette dernière étant préexistante le plus souvent.

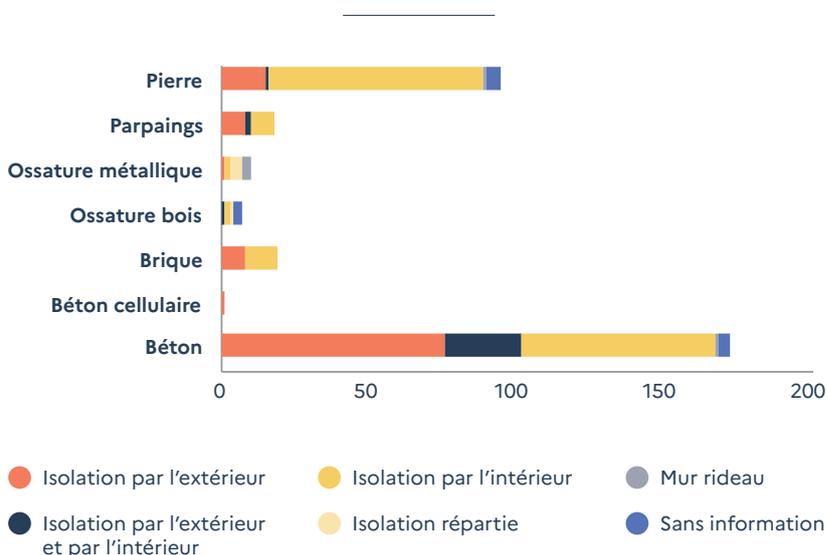
On constate que les solutions mises en œuvre pour isoler le bâtiment varient selon le matériau de construction, comme en atteste la figure 5.

Ainsi, les bâtiments construits en pierre sont majoritairement isolés par l'intérieur (77 %) alors que les constructions en béton, briques et parpaings sont isolées à parts quasi égales par l'intérieur (40 %) ou par l'extérieur (44 %). De plus, 15 % des façades en béton ont bénéficié d'une double isolation (ITI + ITE).

Concernant les matériaux isolants, 71 % des murs sont isolés avec de la laine minérale (50 %) ou du plastique alvéolaire* (21 %). En parallèle, 19 % des murs ont bénéficié d'une isolation à base de matériaux biosourcés tels que la fibre de bois (12 %), la ouate de cellulose, le chanvre, le liège, le coton et la paille. Ce taux monte à 36 % pour les projets rénovés dans le cadre des dispositifs régionaux et chute à 4 % pour les projets certifiés.

Figure 5 : Nombre de projets par type d'isolation réalisée en fonction des matériaux de construction (323 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



Isolation extérieure de bâtiment, écoquartier de la ZAC de Bonne à Grenoble (Isère).

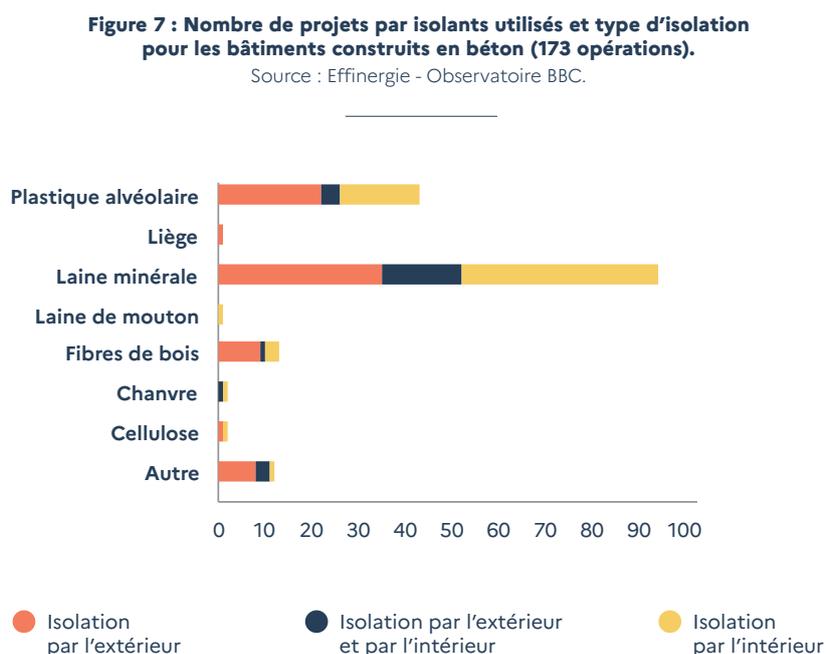
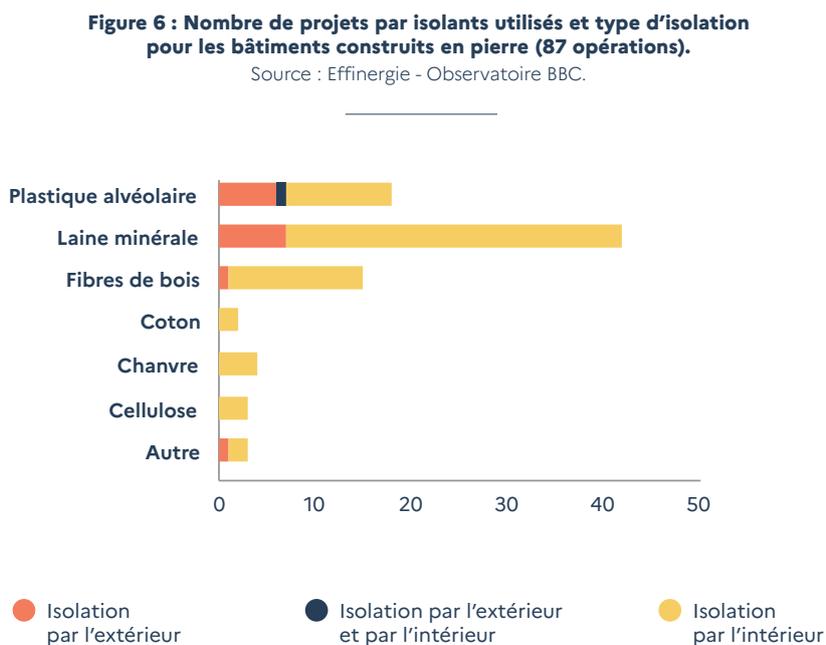
Ce résultat est le fruit de deux facteurs principaux : des politiques publiques portées par les régions qui incitent les maîtres d'ouvrage à isoler avec des matériaux biosourcés *via* des aides financières et l'appétence de certains maîtres d'ouvrage pour les filières de matériaux biosourcés.

Les bâtiments en pierre, très souvent isolés par l'intérieur (77 %) sur notre échantillon, quelle que soit l'origine du projet, ont utilisé une grande diversité de matériaux isolants (figure 6) tout en privilégiant l'usage de laine minérale (48 %). En parallèle, près d'un tiers des isolants utilisés (31 %) sont des matériaux biosourcés. Enfin, 15 % des murs en pierre ont été isolés avec du plastique alvéolaire*.

Ces bâtiments construits en pierre nécessitent de prendre des précautions, afin d'éviter de générer certaines pathologies induites par des rénovations inadaptées aux structures spécifiques des bâtiments anciens (ex. : apparition de moisissures faute d'une réflexion couplée entre la problématique de la migration de la vapeur d'eau avec risque de condensation dans les parois, et celle de la ventilation)⁹.

Les murs en béton sont principalement isolés par de la laine minérale (56 %) et du plastique alvéolaire* (25 %). Cette clé de répartition a tendance à s'équilibrer lors d'une isolation par l'extérieur (figure 7).

La résistance thermique moyenne des murs extérieurs après travaux est de 3,97 m².K/W sur notre échantillon (n = 322). Sur un second échantillon plus restreint (n = 226 projets) avec un état du bâtiment avant travaux connu, la résistance thermique initiale



(1,21 m².K/W) est renforcée par un facteur 3,5 pour atteindre une valeur de 4,25 m².K/W après travaux.

Enfin, la résistance des murs extérieurs après travaux dépend également du type d'isolation

mis en œuvre. Ainsi, elle varie de 3,9 m².K/W lors d'une ITI à 4,6 m².K/W avec une ITE. Elle atteint une performance de 5,67 m².K/W quand une ITE et une ITI sont mises en œuvre conjointement.

⁹. Pour aller plus loin, se reporter au site Internet du Centre de ressources pour une réhabilitation responsable du bâti ancien (CREBA) : <https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/>

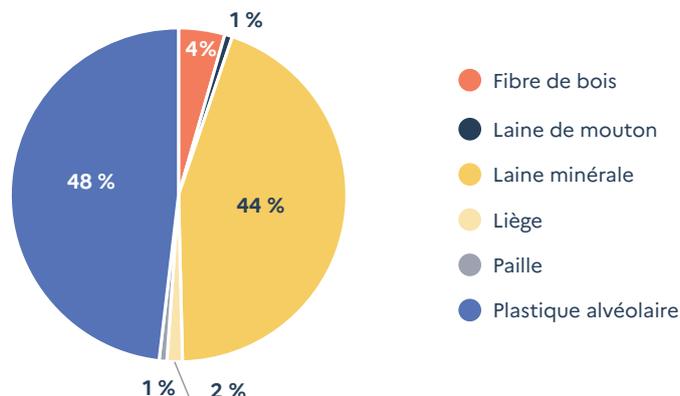
DANS LES OPÉRATIONS ANALYSÉES

74%

DES PLANCHERS BAS ONT ÉTÉ ISOLÉS

Figure 8 : Types d'isolants mis en œuvre dans les planchers bas.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



1.2 LES PLANCHERS BAS

Les planchers bas ont été isolés dans 74 % des opérations analysées.

Parmi ces dernières, 41 % des planchers bas donnent sur un terre-plein, 17 % sur un sous-sol, 14 % sur un parking, 10 % sur un vide sanitaire, 9 % sur un local non chauffé, 6 % sont sans information et 3 % donnent sur l'extérieur.

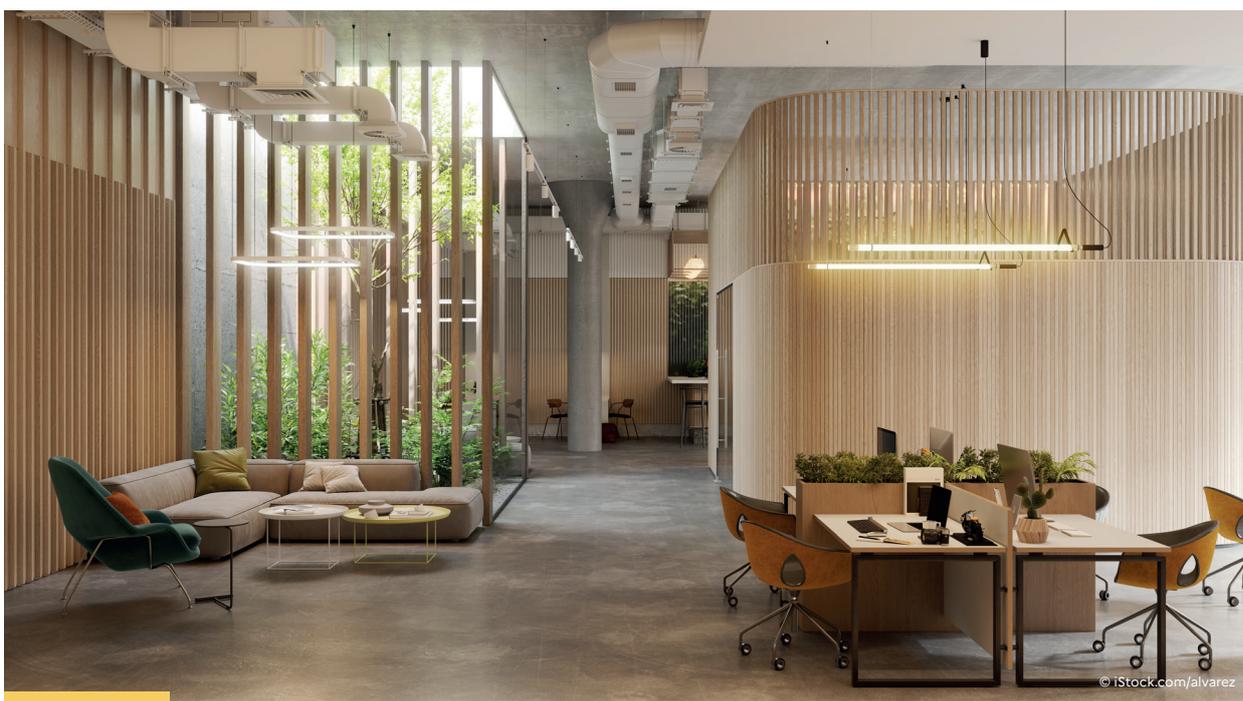
Nota : la présence d'un plancher bas donnant sur terre-plein peut générer des contraintes techniques

et économiques qu'il est important d'anticiper en amont dans la phase conception, en privilégiant, par exemple, des isolations renforcées sur les autres parois ou la mise en œuvre d'une isolation périphérique.

La répartition des isolants mis en œuvre selon le type de plancher bas est donnée dans la figure 8.

Sur notre échantillon (n = 323) la résistance thermique moyenne (R_{moyen}) des planchers bas est de $3,47 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ après travaux (avec ou sans intervention sur le plancher).

Elle atteint $3,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ si on ne considère que les projets ayant bénéficié d'une rénovation de leur plancher (n = 229). Sur un second échantillon plus restreint (153 projets) avec un état du bâtiment avant travaux connu et une intervention réalisée sur le plancher, la résistance thermique initiale moyenne ($1,65 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$) est renforcée par un facteur 3,7 après les travaux de rénovation basse consommation permettant ainsi de réduire considérablement les pertes thermiques. Elle atteint une valeur de $3,64 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$.



1.3 LES TOITURES

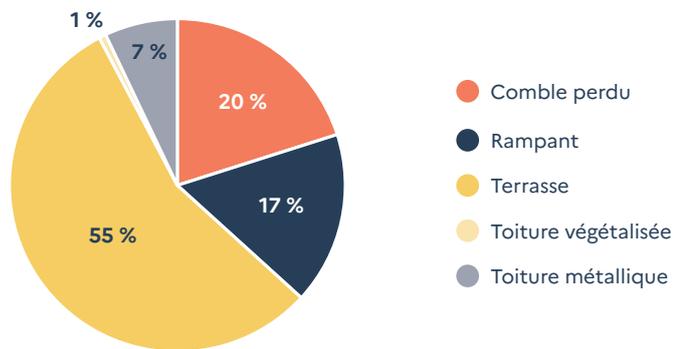
Dans 91 % des projets, la toiture a été isolée. La figure 9 ci-contre détaille les types de toiture rencontrés et leur proportion au sein de l'échantillon étudié. Trois quarts des toitures rénovées sont des toitures-terrasses (55 %) ou des combles perdus (20 %), mais les rampants représentent toutefois 17 % des toitures rénovées.

Les toitures sont isolées avec du plastique alvéolaire* ou de la laine minérale dans 87 % des opérations. Les isolants biosourcés ne sont mis en œuvre que dans 13 % des projets. Cependant, ce taux monte à 23 % pour les lauréats des dispositifs régionaux et à 29 % pour l'isolation des toitures rampants et sous combles.

La résistance thermique moyenne des toitures est de 6,3 m².K/W après travaux (n=328 projets). Elle atteint

Figure 9 : Types de toiture rénovée.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



6,4 m².K/W si on ne considère que les projets ayant bénéficié d'une rénovation de leur toiture (n = 288). Sur un second échantillon plus restreint (201 projets) avec un état du bâtiment avant travaux connu et une intervention réalisée sur la toiture, la résistance thermique initiale moyenne (1,95 m².K/W) est renforcée par un facteur 3 et atteint

une valeur de 6,25 m².K/W après travaux confirmant le premier résultat. Cependant, la résistance des toitures après travaux varie en fonction de leur typologie. En effet, les résistances des combles (8,2 m².K/W) et des rampants (6,3 m².K/W) sont supérieures à celles des toitures-terrasses (5,7 m².K/W).

87%

**DES TOITURES ISOLÉES
AVEC DU PLASTIQUE
ALVÉOLAIRE OU DE
LA LAINE MINÉRALE**

13%

**AVEC DES ISOLANTS
BIOSOURCÉS**



Fenêtres de la mairie de Neuilly-en-Thelle (Oise) durant le chantier de rénovation énergétique.

1.4 LES MENUISERIES EXTÉRIEURES

Dans notre échantillon, 89 % des opérations intègrent un remplacement de menuiseries extérieures.

Après rénovation, les bâtiments tertiaires sont équipés principalement de menuiseries avec rupteurs thermiques (43 %) ou sans (27 %). Les menuiseries en bois représentent 27 % des châssis installés loin devant les châssis en PVC (7 %). Cependant, on constate que la répartition des technologies dépend également de l'origine des projets avec une présence plus importante des menuiseries en bois et bois aluminium dans le cadre des projets lauréats des dispositifs régionaux (44 %) alors que ces types de châssis ne représentent que 16 % des solutions proposées dans le cadre d'une certification.

Enfin, 10,7 % des projets étudiés sont équipés de triple vitrage quelle que soit l'origine du projet. En parallèle, 19 % des projets situés entre 400 m et 800 m d'altitude sont équipés de triple vitrage.

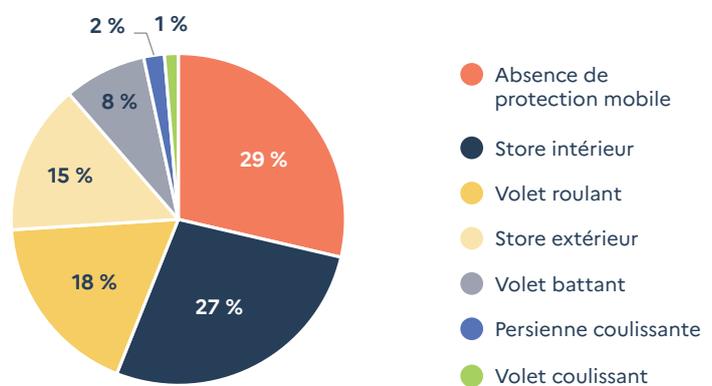
Sur notre échantillon (326 projets), la performance des menuiseries (U_{jn}) est de $1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ après

travaux (avec ou sans intervention sur les menuiseries extérieures) pour un U moyen initial de $3,56 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Les protections solaires mobiles sont présentes dans 71 % des rénovations impliquant un changement de menuiseries ($n^{10} = 150$ projets) et se répartissent comme suit (figure 10).

Figure 10 : Types de protection solaire mobile rencontrée sur les opérations dont les menuiseries extérieures ont fait l'objet de rénovation.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



© Damien Valente/Terra

CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LA RÉNOVATION DE L'ENVELOPPE

La rénovation BBC est une rénovation bas carbone en exploitation à faible impact énergétique, qui, en premier lieu, se concentre sur la qualité thermique de l'enveloppe, la réduction des besoins et la maîtrise des fuites d'air parasites.

Concrètement, les résistances thermiques moyennes sont de l'ordre de $4,2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ pour les murs. Elles évoluent de $5,7 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ (toiture-terrace) à $8,2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ (combles) pour les planchers hauts et atteignent $3,7 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ pour les planchers bas. À titre de comparaison, elles sont supérieures aux résistances thermiques minimales exigées pour les travaux éligibles au dispositif des certificats d'économie d'énergie.

Au-delà de l'application de ces niveaux de résistances moyennes, du traitement des ponts thermiques et du remplacement des menuiseries par des doubles vitrages performants ($1,5 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$), la mobilisation de l'ensemble des acteurs autour d'un fil rouge, tel que l'étanchéité à l'air du bâti, permet de sécuriser la qualité de mise en œuvre et de prendre en compte les enjeux situés au niveau des interfaces des différents corps de métiers.

Enfin, la rénovation BBC n'impose pas de solutions dites « catalogue », mais préconise une analyse pertinente de l'état initial, afin d'apporter des solutions adaptées aux matériaux existants, sans générer pour autant de nouvelles pathologies.

10. n désigne la taille de l'échantillon considéré.

2. LES SYSTÈMES

2.1 LE CHAUFFAGE ET LE REFROIDISSEMENT

95 % des opérations étudiées ont installé ou renové le générateur et/ou les émetteurs de chauffage.

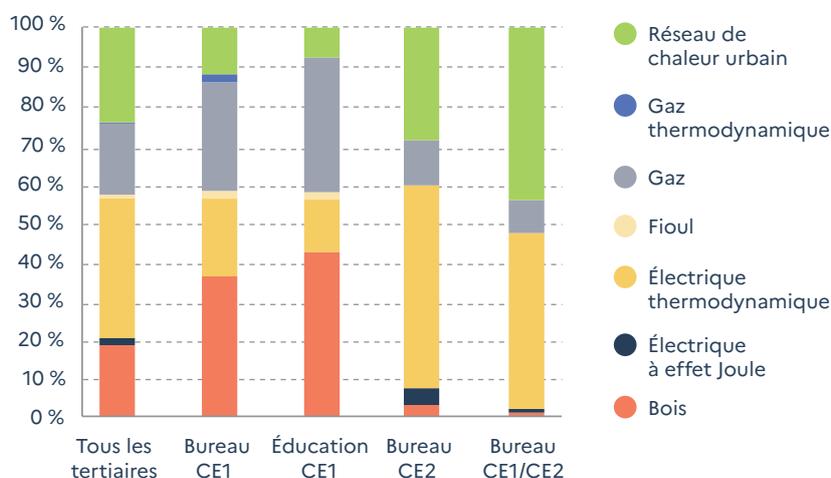
Sur l'ensemble des projets renovés (n = 328), 36 % des bâtiments renovés sont chauffés par une solution thermodynamique. En parallèle, près d'un quart des bâtiments sont raccordés à des réseaux de chaleur (24 %). Enfin, un second tiers est chauffé par des chaudières au gaz (18 %) ou au bois (19 %) (figure 11).

Cependant, cette clé de répartition dépend de la présence d'un système de refroidissement (catégorie CE2^{*11}) et de l'usage du bâtiment (éducation, bureau).

Le chauffage au bois est également majoritairement proposé dans le cadre des bâtiments lauréats des appels à projets régionaux (38 %), alors qu'il demeure minoritaire pour les bâtiments certifiés (2 %).

Figure 11 : Énergie de chauffage après rénovation.

Source : Effnergie - Observatoire BBC.



SANS SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT – CE1*

41 % des projets étudiés ne sont pas équipés de système de refroidissement. Plus précisément l'ensemble des bâtiments d'éducation et 22% des bureaux sont dépourvus de solutions actives.

70 % des bureaux et bâtiments d'éducation sont chauffés au bois (41 %) et au gaz (29 %) en l'absence de système de refroidissement, loin

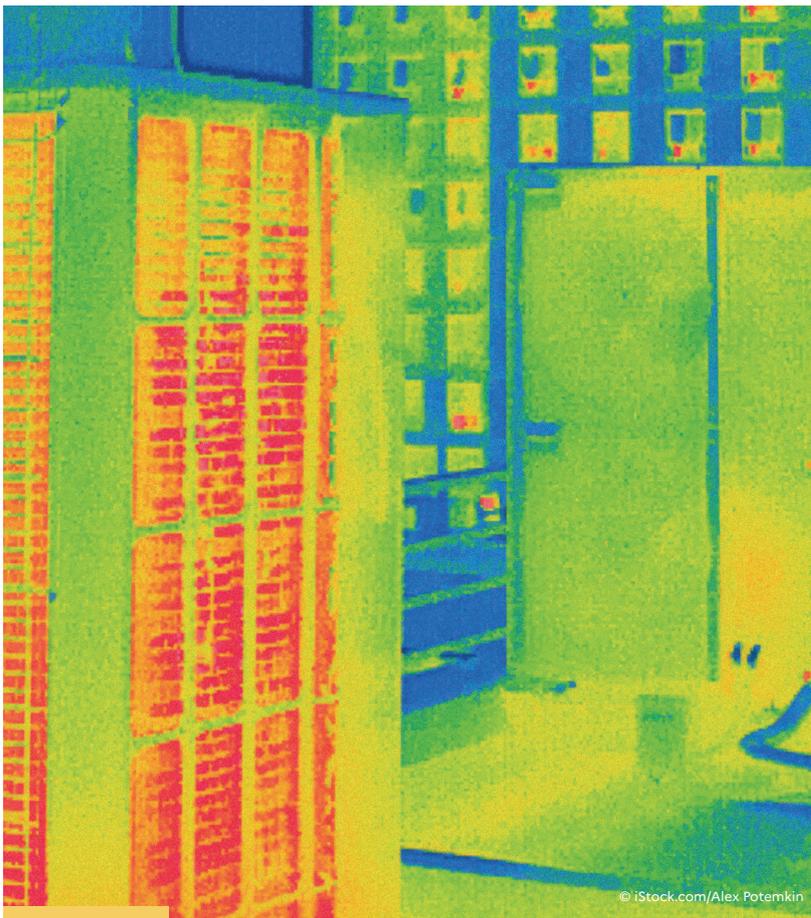
devant les solutions thermodynamiques (17 %) ou un raccordement à un réseau de chaleur (8 %). L'émission de chaleur est assurée dans 80 % des cas par des radiateurs munis de robinets thermostatiques (66 %) ou par un plancher chauffant (14 %). En parallèle, 43 % des projets renovés ont une production d'ECS assurée par des ballons électriques (20 %), des installations solaires (12 %), des chaudières bois ou gaz (11 %).

11. Les mots munis d'un astérisque sont définis dans le glossaire en fin de guide.

AVEC UN SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT – CE2 ET CE1/CE2*

78 % des bâtiments de bureaux sont équipés d'un système de refroidissement. L'installation d'une pompe à chaleur réversible (50 %) ou le raccordement à un réseau de froid urbain (36 %) sont les équipements privilégiés lorsque les locaux rénovés sont refroidis. Cependant, près de la moitié des projets chauffés grâce à un réseau de chaleur ont utilisé une solution thermodynamique pour refroidir les locaux. En parallèle, les bâtiments chauffés au gaz (10 %) et au bois (2 %) sont majoritairement (86 %) refroidis par un groupe froid thermodynamique – les autres bâtiments étant raccordés à une sous-station d'un réseau de froid.

Les systèmes thermodynamiques air/eau VCV* (36 %), air/air recyclé (22 %), DRV* air/air recyclé (21 %) et eau/eau (11 %) sont les solutions les plus utilisées.



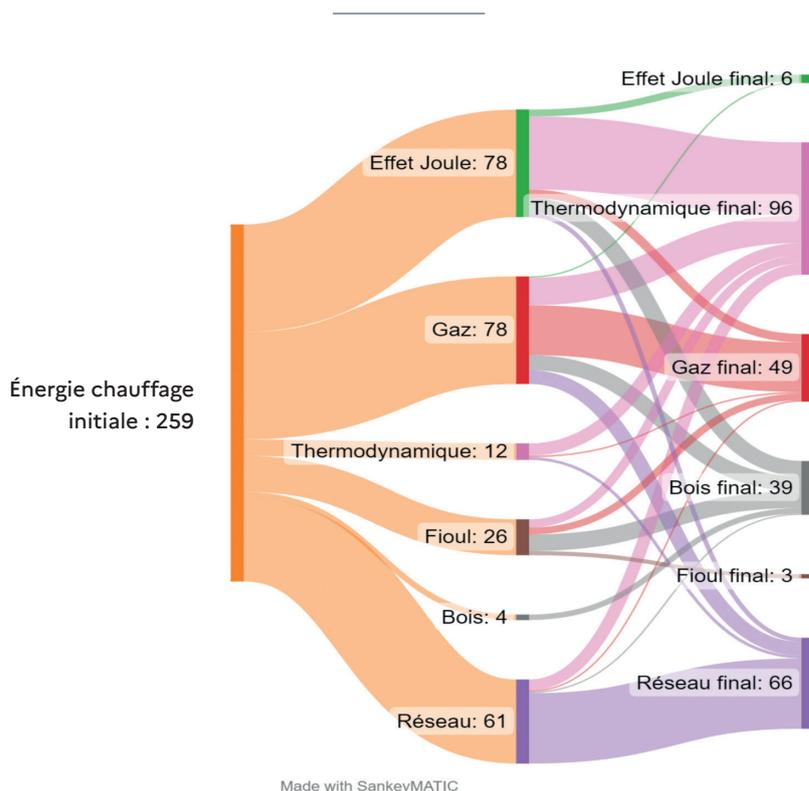
CHANGEMENT D'ÉNERGIE DE CHAUFFAGE LORS DES RÉNOVATIONS

Sur un échantillon de 259 projets, avec une situation initiale connue, 38 % des bâtiments ont modifié leur énergie de chauffage après travaux (figure 12 avec situation initiale sur la partie gauche et situation après travaux sur la partie droite).

Ce taux atteint 58 % si on distingue le passage d'un chauffage à effet Joule à une solution thermodynamique. Une très grande majorité des projets chauffés par effet Joule (94 %) ou au fioul (88 %) ont modifié leur énergie de chauffage. En parallèle, seulement 54 % des projets chauffés au gaz ont décidé de changer de système et mettre en place une autre énergie. Enfin, les projets équipés d'une solution thermodynamique ou raccordés à un réseau de chaleur ont conservé leur énergie de chauffage respectivement dans 75 % et 84 % des cas.

Figure 12 : Changement d'énergie de chauffage dans le cadre d'une rénovation BBC Effinergie.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



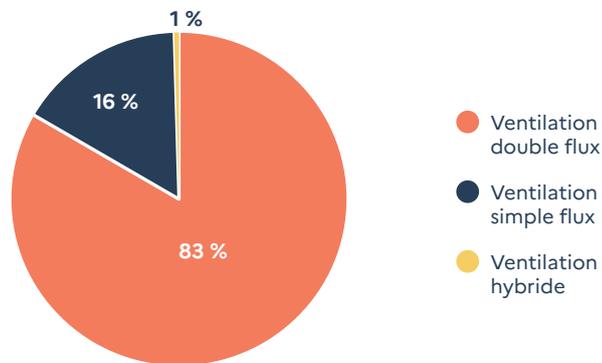
2.2 LA VENTILATION

Dans 96 % des opérations, un système de ventilation a été installé ou remplacé.

Ces opérations privilégient l'installation d'un système de ventilation double flux¹² dont l'efficacité de l'échangeur atteint 77 % en moyenne (plage d'efficacité comprise entre 45 % et 92 % suivant les projets). En parallèle, 16 % des bâtiments sont équipés de ventilation simple flux¹³ (figure 13). Cependant, cette clé de répartition varie en fonction de l'usage du bâtiment. Ainsi, alors que les bureaux sont très majoritairement équipés de ventilation double flux (91 %), ce taux chute à 70 % dans les bâtiments d'éducation qui intègrent des solutions simple flux dans 25 % des projets rénovés (figure 14).

Figure 13 : Types de systèmes de ventilation installés (sur 331 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

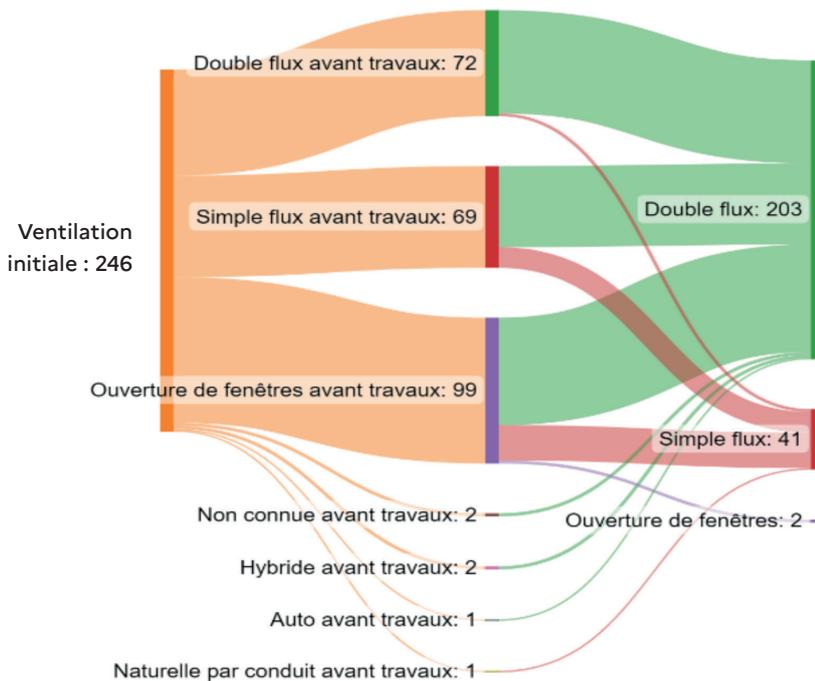


Les solutions de ventilation hybride ou naturelle (ouverture de fenêtres ou par conduit) sont marginales sur l'échantillon étudié. Les deux projets concernés par ce type de ventilation après

travaux ont intégré une campagne de sensibilisation des usagers et des alertes sur les taux de CO₂ afin de garantir un bon renouvellement de l'air intérieur.

Figure 14 : Évolution des systèmes de ventilation avant et après travaux.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



12. Ventilation mécanique contrôlée double flux et centrales de traitement d'air à débit constant ou variable.

13. Ventilation mécanique contrôlée simple flux autoréglable et hygro-réglable de type A ou B.



2.3 L'ÉCLAIRAGE

La réduction des consommations énergétiques associées à l'éclairage est un enjeu important pour atteindre les exigences du label BBC Effinergie rénovation.

L'ensemble des projets étudiés ont engagé des travaux de rénovation sur le poste* éclairage. Ils ont permis de réduire la puissance d'éclairage par un facteur 2,2 en moyenne, pour atteindre 6,5 W/m², générant une consommation de 12 kWhep/m².an.

Au-delà du remplacement des luminaires existant par des sources lumineuses moins énergivores, l'installation d'un système de gestion est un second levier pour réduire les consommations énergétiques. Ainsi, plus de 60 % des opérations

étudiées ont intégré une gestion de l'éclairage dans leur bouquet de travaux* en associant majoritairement l'interrupteur avec un détecteur de présence (45 %), un gradateur et un détecteur de présence (39 %), un gradateur (9 %) ou une horloge (7 %).

2.3 LA PRODUCTION LOCALE D'ÉLECTRICITÉ

Sur notre échantillon¹⁴, 13 % des bâtiments rénovés ont installé une production locale d'électricité*. Ce taux varie de 10 % (n = 21/210) pour les bureaux à 21 % pour les bâtiments d'éducation (n = 11/53). Par ailleurs, on constate que 23 % des projets rénovés dans le cadre d'un appel à projets régional sont équipés d'une production locale d'électricité* alors que ce taux

chute à 6 % pour les projets certifiés. Cette production est assurée par des installations photovoltaïques équipées de panneaux en silicium mono ou multicristallin avec des rendements moyens de 13 kWc/m² PV et des surfaces mises en œuvre variant de 10 m² à 693 m² suivant les bâtiments.

2.5 LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

L'échantillon de projets étant composé principalement de bureaux dont la production d'ECS n'est, la plupart du temps, pas prise en compte dans les calculs réglementaires, il est impossible d'en tirer des enseignements. Ainsi ce poste de consommation n'a pas fait l'objet d'une analyse particulière.

CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LES SYSTÈMES

La rénovation BBC est une rénovation bas carbone en exploitation à faible impact énergétique qui, en premier lieu, se concentre sur la performance thermique de l'enveloppe tout en associant des équipements efficaces et correctement dimensionnés, posés et entretenus.

Concrètement, l'installation ou la rénovation d'un système de ventilation, le plus souvent double flux, sont devenues systématiques dans le cadre des rénovations BBC. La vérification de l'installation et son entretien sont primordiaux afin de garantir le renouvellement de l'air intérieur et d'évacuer les polluants.

En l'absence de préconisations techniques imposées par le label BBC Effinergie rénovation, on constate que les bâtiments étudiés sont majoritairement équipés d'une solution thermodynamique (36 %), raccordés à un réseau de chaleur (24 %), chauffés au bois (19 %) ou au gaz (18 %). Cette clé de répartition varie en fonction de la localisation du projet, de la présence d'une solution de refroidissement, de l'énergie de chauffage présente avant les travaux et des éventuelles écoconditionnalités portées par les territoires où le projet se concrétise.

La réduction des consommations d'éclairage demeure également un enjeu important dans le secteur tertiaire.



© iStock.com/photovs

14. 301 projets avec une information connue sur la présence ou l'absence d'une production locale d'électricité.



3. LES BOUQUETS DE TRAVAUX*

Dans le cadre des rénovations BBC* étudiées, les maîtres d'ouvrage ont abordé le projet avec une vision globale et se sont orientés quasi systématiquement vers

des travaux portant à la fois sur l'enveloppe, les équipements CVC-ECS (chauffage, ventilation, climatisation et eau chaude sanitaire) et l'éclairage.

Figure 15 : Répartition des types de travaux – CVC incluant la production d'ECS (235 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

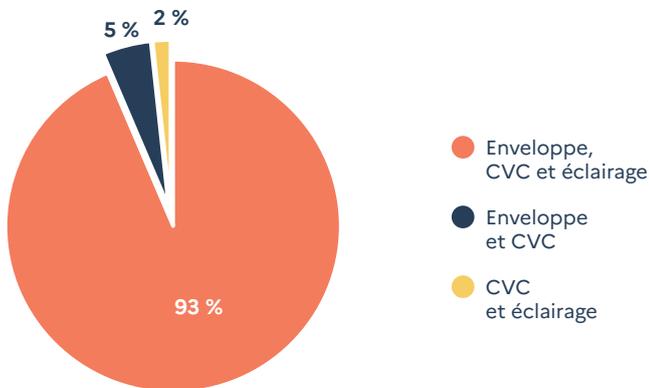
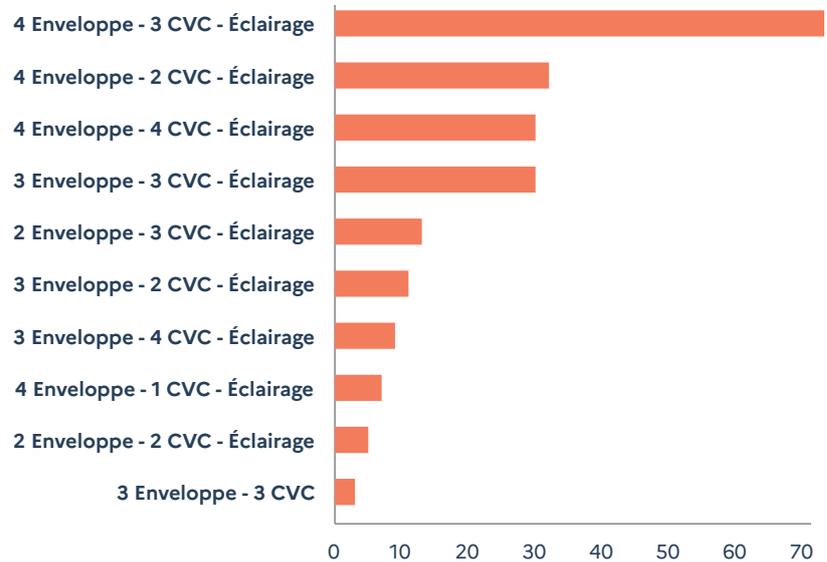


Figure 16 : Occurrence des bouquets de travaux* réalisés plus de deux fois.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Par ailleurs, ils ont privilégié les travaux sur l'enveloppe en traitant les 4 postes* de l'enveloppe (murs, toitures, plancher bas et menuiseries extérieures) dans plus de 60 % des bouquets de travaux*.

Ce taux monte à 88 % si l'on intègre également les bouquets de travaux* avec des interventions sur 3 des 4 postes* de l'enveloppe.



La rénovation BBC est une rénovation bas carbone en exploitation à faible impact énergétique qui, en premier lieu, se concentre sur la performance thermique de l'enveloppe tout en associant des équipements efficaces et correctement dimensionnés, posés et entretenus.

© iStock.com/Pulvret80



© Ceridwen Roche/Cerema

4. LES PERFORMANCES

4.1 L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

En matière de perméabilité à l'air du bâtiment, les tests effectués sur 46 opérations témoignent du soin apporté à l'étanchéité à l'air, avec une valeur moyenne de Q_{4Pa_surf} après travaux égale à $1,09 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$, soit 35 % plus performant que les valeurs conventionnelles prises en compte dans la construction de tertiaire neuf, ce qui est équivalent au niveau de performance exigé

pour les logements collectifs (RE2020) alors que les règles techniques du label BBC rénovation Effinergie n'intégraient pas de seuil jusqu'en 2021.

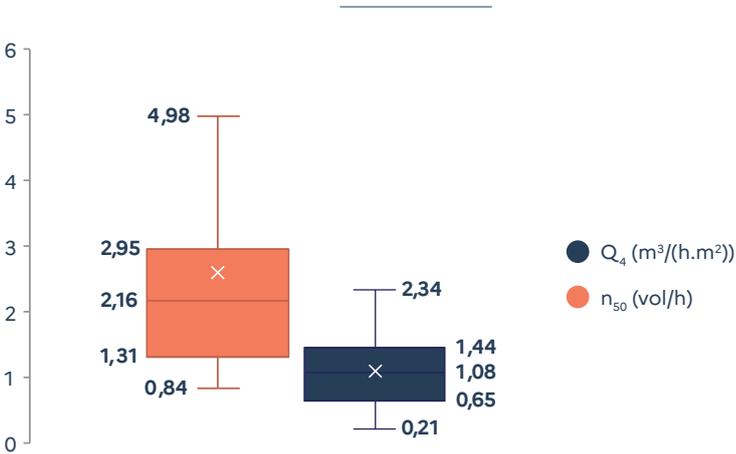
Le graphique ci-dessous (figure 17), de type « boîte à moustaches », permet de visualiser la distribution statistique des données de l'échantillon : dispersion, médiane, éventuels points aberrants. Il est composé d'une boîte rectangulaire qui représente l'écart interquartile (la plage entre le premier et le

troisième quartile) et de lignes appelées « moustaches » qui s'étendent jusqu'aux valeurs extrêmes des données (minimum et maximum). Le trait à l'intérieur de la boîte représente la médiane, et la moyenne est repérée par une croix.

En parallèle, l'indicateur du débit de fuite sous 50 Pascals n_{50} est égal à 2,58 vol/h sur un échantillon restreint de 18 projets (Q_{4Pa_surf} : $1,2 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$).

Figure 17 : Perméabilité à l'air mesurée après travaux en $\text{m}^3/(\text{h.m}^2)$.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



VALEUR MOYENNE DE
 Q_{4Pa_SURF}
APRÈS TRAVAUX :

1,09 $\text{m}^3/(\text{h.m}^2)$

4.2 LES DÉPERDITIONS DU BÂTIMENT

Les déperditions moyennes de l'enveloppe du bâtiment (Ubat) après travaux sont égales à 0,63 W/(m².K). Elles sont supérieures de 39 % à celles observées pour les maisons individuelles rénovées (Ubat : 0,45 W/(m².K)), mais à un niveau équivalent à celles des logements collectifs (Ubat : 0,69 W/(m².K)).

Les déperditions moyennes du bâtiment sont améliorées par un facteur 3 en comparaison avec la situation avant travaux (Ubat moyen initial : 1,7 W/(m².K)), représentant un gain moyen de 57 % (figure 18). L'amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe peut également être caractérisée par l'analyse, avant et après travaux, des pertes thermiques ramenées à la surface réglementaire du bâtiment. Ce ratio est amélioré par un facteur 2,9 dans le cadre d'une rénovation BBC*.

Par ailleurs, les bouquets de travaux* mis en œuvre dans le cadre d'une rénovation BBC* influent sur la répartition des pertes thermiques. En effet, comme illustré par la figure 19, les menuiseries extérieures constituent la principale source de déperditions de l'enveloppe après rénovation, bien qu'elles soient quasiment systématiquement remplacées par des éléments performants. Les pertes thermiques engendrées par les murs et la toiture ont un poids bien moindre après travaux d'isolation. À l'inverse, les menuiseries extérieures et le plancher bas pèsent davantage dans les pertes thermiques après travaux. Le principal enjeu est donc de porter une attention particulière à la conception et à la mise en œuvre du remplacement des menuiseries extérieures et de l'isolation des planchers bas.

Figure 18 : Déperditions moyennes (Ubat) avant et après travaux.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

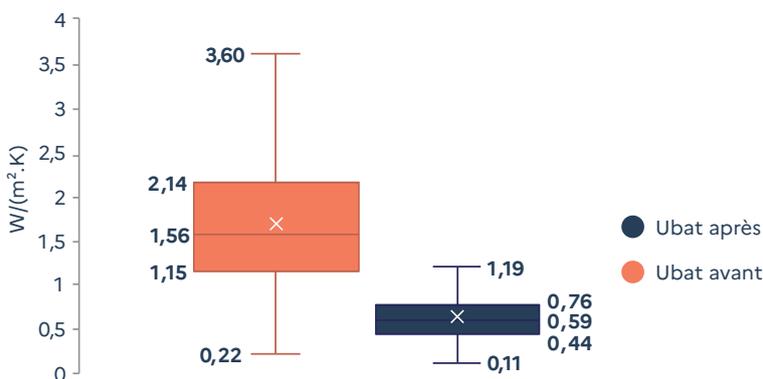
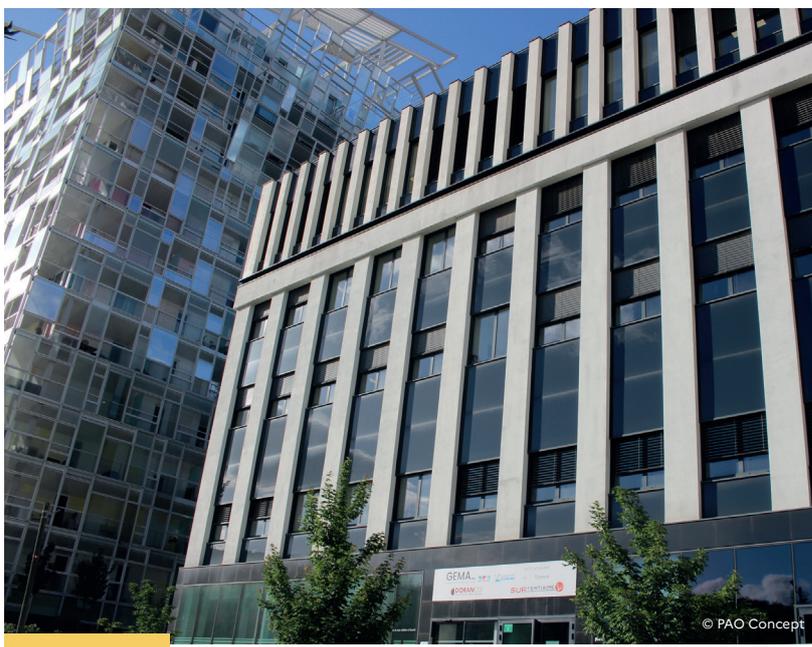
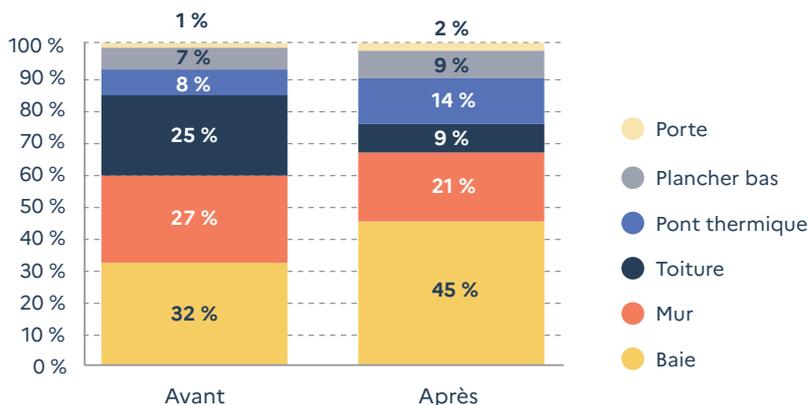


Figure 19 : Déperditions thermiques avant/après travaux.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



En moyenne, les valeurs de Ubat avant et après travaux des bureaux sont supérieures à celles des bâtiments d'enseignement d'environ 0,2 W/(m².K). Elles se répartissent comme dans le tableau 1 ci-contre.

Dans tous les cas, le traitement des ponts thermiques et la qualité thermique des menuiseries représentent un fort enjeu au cours des travaux dans la mesure où ils représentent plus de la moitié des déperditions après rénovation.

Tableau 1 : Répartition des déperditions thermiques avant/après travaux selon le type de bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Poste* de déperdition	Bureaux		Enseignement	
	Avant	Après	Avant	Après
Mur	30 %	22 %	31 %	16 %
Toiture	14 %	7 %	14 %	10 %
Plancher bas	10 %	11 %	16 %	19 %
Porte	1 %	2 %	1 %	2 %
Menuiserie extérieure	34 %	40 %	29 %	36 %
Pont thermique	10 %	18 %	10 %	17 %

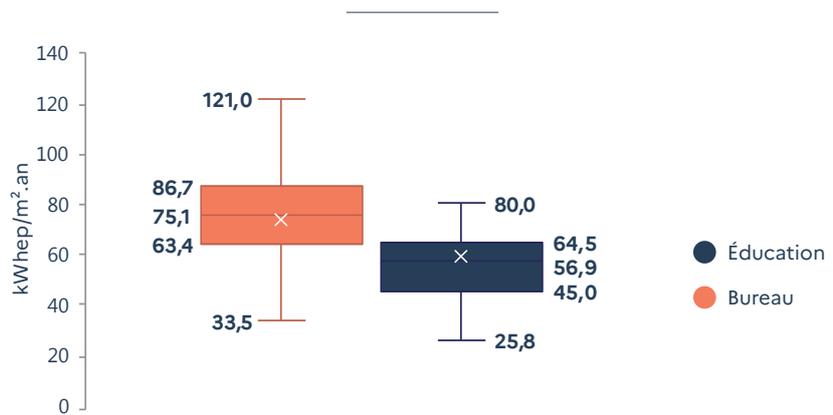
4.3 LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

La consommation énergétique réglementaire après travaux est en moyenne de 74,4 kWhep/m².an (n = 257 projets). Elle dépend notamment de l'usage du bâtiment (figure 20), de sa situation géographique et des bouquets de travaux* réalisés.

Par ailleurs, la rénovation basse consommation permet de réduire la consommation énergétique réglementaire d'un facteur 4,4, ce qui équivaut à des économies d'énergie après travaux de 68 %.

Figure 20 : Consommation énergétique pour les bureaux et bâtiments d'éducation après travaux.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



4.4 LES ÉMISSIONS DE GES

La rénovation basse consommation des bâtiments tertiaires est une **rénovation bas carbone en exploitation**. En effet les émissions de GES en exploitation après travaux se situent en moyenne à $4,2 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$. De plus, 90 % des bâtiments rénovés ont des émissions de GES comprises entre 1 et $1,8 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$.

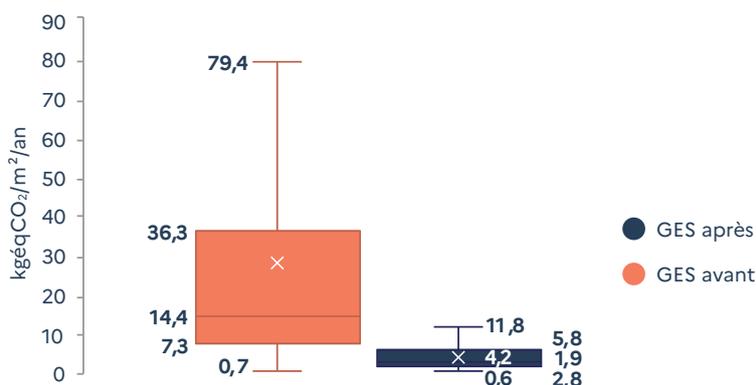
Ce niveau d'émission dépend, entre autres, de l'énergie chauffage utilisée. Ainsi, les rénovations basse consommation chauffées au bois ($2,2 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$) et à l'électricité ($2,3 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$) sont logiquement moins émettrices de GES que celles chauffées au gaz ($8,5 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$). Enfin, les émissions de GES des bâtiments raccordés à des réseaux de chaleur dépendent du contenu carbone de leur mix énergétique. Elles atteignent $4,8 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ en moyenne.

Par ailleurs, les rénovations BBC* permettent de diviser les émissions de GES par 9,5. Cependant, ce facteur dépend de l'énergie de chauffage utilisée avant et après travaux. Ainsi, il varie en moyenne :

- d'un facteur moyen de 34 lors du remplacement d'une chaudière fioul par une solution bois (facteur 40), gaz (facteur 6) ou électrique (facteur 56) ;
- à un facteur moyen de 12 lors du remplacement d'une chaudière gaz par une solution bois (facteur 33), électrique (facteur 11), ou par un raccordement à réseau de chaleur (facteur 4) ;
- à un facteur moyen de 4 lors du remplacement d'une solution électrique par une solution bois (facteur 6), gaz (facteur 1,1), ou par un raccordement à réseau de chaleur (facteur 2,1).

Figure 21 : Émission de GES avant et après travaux (235 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LES PERFORMANCES

La rénovation BBC est une rénovation bas carbone à faible impact énergétique qui se caractérise par un niveau d'émissions de GES en exploitation autour de $4,2 \text{ kgéqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ après travaux (soit une réduction par un facteur 9,5) et une consommation énergétique moyenne de $74 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{an}$ pour les 5 usages réglementaires (soit une réduction par un facteur 4,4).

Ce résultat est le fruit d'une rénovation intervenant sur l'ensemble des lots – 93 % des projets ont bénéficié de travaux sur les lots Enveloppe/CVC/Éclairage – en une étape, garantissant une étanchéité à l'air du bâti performante ($1,09 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$).



CHAPITRE 3

Quelle compatibilité des rénovations BBC avec les exigences du Dispositif Éco Énergie Tertiaire ?

Ce chapitre a pour objectif de simuler les performances énergétiques des rénovations BBC*, étudiées dans le chapitre précédent, afin de vérifier les conditions de leur compatibilité avec la feuille de route du Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET*)¹⁵.

La rénovation BBC* des bureaux et des bâtiments d'enseignement étant majoritaire dans la base de données de l'Observatoire BBC, ce chapitre se focalisera en priorité sur ces deux typologies, les autres typologies sous-représentées étant les commerces, les établissements sportifs, culturels, d'hébergement et de santé.

Le premier enjeu sera de proposer une méthode permettant de répondre aux problématiques suivantes :

- selon le bâtiment concerné de l'échantillon considéré, est-il stratégiquement plus pertinent de privilégier

une approche en valeur absolue ou en valeur relative par rapport à une consommation de référence, pour tenter d'atteindre les objectifs du DEET ? (partie 3.2.1) ;

- comment, à partir des consommations des rénovations BBC* référencées dans l'Observatoire BBC et exprimées en énergie primaire (Ep)* sur les 5 usages réglementaires, obtenir un gain par rapport à une consommation de référence basée sur des consommations exprimées en énergie finale (Ef)* incluant l'ensemble des usages ? Comment étudier la conformité d'une rénovation BBC* aux seuils en valeur absolue du DEET* ? (partie 3.2.2).

Dans un second temps, ce chapitre aura pour objectif d'estimer les pourcentages de rénovations BBC* compatibles avec les exigences du DEET*, tout en identifiant les facteurs pouvant caractériser ces résultats.

15. Cette étude se basant sur l'analyse des performances conventionnelles des bâtiments rénovés et des hypothèses présentées dans la méthode utilisée, les résultats exposés dans ce rapport permettent d'établir des premières conclusions qui devront être consolidées avec l'analyse des consommations réelles déclarées dans la base OPERAT.



© iStock.com/sfe-co2



© iStock.com/
OceanProd

1. BBC/DEET : MÉTHODOLOGIE POUR LIER CES DEUX APPROCHES

1.1 OBJECTIFS DU DEET : EN VALEUR ABSOLUE OU RELATIVE ?

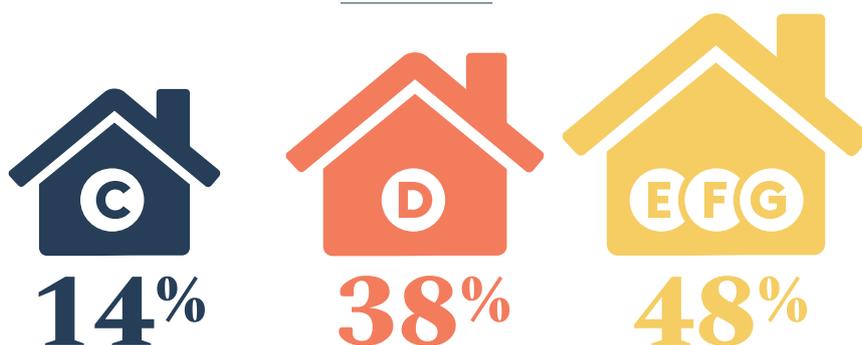
Sans présumer de la pertinence d'une approche (valeur relative/valeur absolue) par rapport à l'autre, cette étude s'intéresse, dans un premier temps, à la compatibilité des rénovations BBC* avec les exigences en valeur relative du DEET* (gains en exploitation de - 40 %, - 50 % et - 60 % aux horizons respectifs de 2030, 2040, 2050), car cette approche permet de se projeter à plus long terme qu'avec le seul objectif en valeur absolue connu à ce jour et qui ne concerne que 2030 (Cabs2030).

Par ailleurs, définir les objectifs en valeur relative présente l'intérêt d'aborder les dimensions des usages réglementaires et non réglementaires, permettant ainsi d'élargir le périmètre d'étude et de ne pas se concentrer uniquement sur l'atteinte des objectifs en valeurs absolues. La valeur absolue définie dans le DEET est constituée

d'une composante « USE » relative aux usages du bâtiment et d'une composante « CVC » relative à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux. Au vu des hypothèses des différentes méthodes de calcul, basées tantôt sur des scénarios conventionnels, tantôt sur des valeurs réelles observées, il semble peu judicieux en première approche d'établir une comparaison directe entre les consommations des équipements CVC après rénovation des bâtiments de l'échantillon et la composante CVC définie par arrêté.

Enfin, avec un échantillon étudié composé de bâtiments énergivores avant travaux - 48 % classés en étiquette E, F et G (DPE tertiaire), le raisonnement en valeur relative semble être plus adapté à ces bâtiments au regard du potentiel élevé d'économie d'énergie. En parallèle, il sera tout de même intéressant d'analyser les bâtiments moins énergivores (38 % en classe D et 14 % en classe C) suivant les deux approches offertes par le DEET (conformité en valeur relative et absolue).

CLASSEMENT ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS AVANT TRAVAUX DE L'ÉCHANTILLON ÉTUDIÉ



1.2 L'EXPRESSION D'UNE RÉNOVATION BBC AU REGARD DE L'EXIGENCE EN VALEUR RELATIVE DU DEET

Afin d'exprimer les consommations énergétiques d'une rénovation BBC* au regard des exigences du DEET* en valeur relative, il est nécessaire de préciser certaines hypothèses :

QUELLE CONSOMMATION DE RÉFÉRENCE PRENDRE EN COMPTE POUR LE CALCUL DU GAIN ?

Afin de se conformer à la logique du DEET qui considère comme consommation de référence la consommation réelle en énergie finale* d'une année entre 2010 et 2019, il est choisi dans cette étude de se référer aux consommations initiales avant travaux, déclarées par les porteurs de projets recensés par l'observatoire BBC.

Note : Dans la démarche DEET, les assujettis ont tout intérêt à choisir une année de référence antérieure aux travaux de **rénovation BBC*** de manière à pouvoir valoriser les gains éventuels déjà réalisés.

DE L'ÉNERGIE PRIMAIRE* VERS L'ÉNERGIE FINALE*

Les consommations énergétiques référencées dans l'Observatoire BBC concernent les 5 usages réglementaires et sont exprimées en énergie primaire (Ep)* alors que le DEET fait référence à l'énergie finale* tous usages confondus. Afin de pouvoir transposer les données d'un référentiel à l'autre, les données de consommation ont dû être recalculées. Ainsi, les consommations, initialement exprimées en énergie primaire* dans la base de données, ont été converties en énergie finale (Ef)*, unité de référence du DEET*. Le calcul des consommations en Ef

s'est basé sur le détail des consommations par type d'énergie et les coefficients de conversion Ep-Ef tels que définis dans la méthode Th-C-E-ex, méthode de référence pour les calculs réglementaires appliqués aux constructions existantes¹⁶.

D'UN GAIN SUR LES 5 USAGES RÉGLEMENTAIRES VERS UNE ANALYSE SUR L'ENSEMBLE DES USAGES

La consommation moyenne avant travaux sur les 5 usages réglementaires (166,8 kWhEf/m²/an)

est réduite par un facteur 4,3 après une rénovation BBC*, soit **un gain de 68,9 %**. La consommation moyenne après travaux chute à 42,6 kWhEf/m²/an, sans déduction de la production locale d'électricité*¹⁷ (figure 22).

On constate que les gains sur les 5 usages réglementaires sont relativement similaires entre les bâtiments de bureau (68 %) et d'enseignement (71 %) bien qu'ayant des niveaux de consommations initiales différents (figure 23).

Figure 22 : Consommation moyenne sur les 5 usages réglementaires avant/après travaux (235 opérations).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

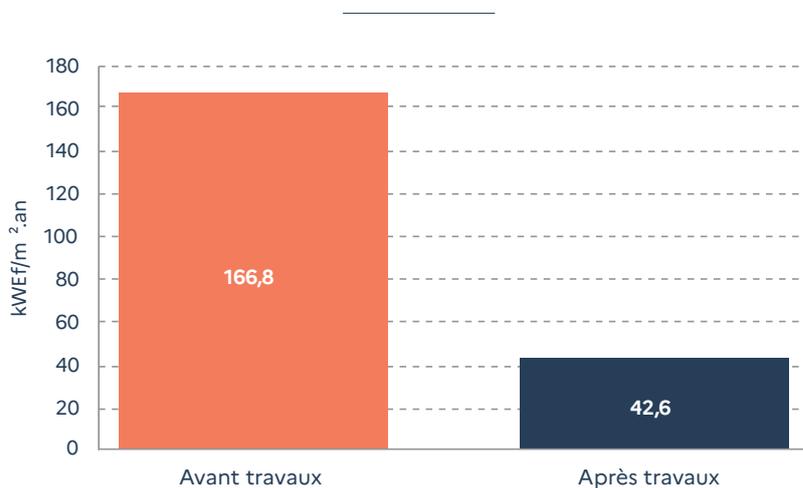


Figure 23 : Consommation moyenne avant/après travaux pour les bureaux et bâtiment d'enseignement

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



16. Pour aller plus loin : https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_arrete_th-c-e_ex_bo_10_10_2008.pdf

17. La production locale d'électricité présente sur les bâtiments référencés (13 % des projets) n'a pas été prise en compte, afin d'étudier un échantillon homogène en termes de consommation énergétique (5 usages). Au-delà des enjeux prioritaires de sobriété énergétique, la production sur site d'énergies renouvelables participe à l'atteinte des objectifs du DEET sans qu'elle soit considérée comme un droit à la surconsommation (FAQ E3 OPERAT).

La majorité de ces gains énergétiques se situe entre 60 % et 82 % (figure 24).

Ces premiers constats instructifs permettent d'évaluer l'impact d'une rénovation BBC* sur la réduction des consommations énergétiques exprimées en énergie finale* sur les 5 usages réglementaires. **Il demeure désormais nécessaire d'introduire les consommations non réglementaires ou d'électricité spécifique, composées des consommations des équipements mobiliers et immobiliers, pour étudier le gain sur l'ensemble des usages.**

Face à la disparité des projets en termes d'usages, d'équipements mobiliers et immobiliers, un raisonnement en termes de « marge sur les usages non réglementaires » est adopté. Cela revient à déterminer la consommation maximale autorisée des usages non réglementaires permettant aux **bâtiments d'atteindre les objectifs de - 40 %, - 50 % et - 60 %.**

Soit X ($\text{kWh}_{\text{Ef}}/\text{m}^2/\text{an}$) la consommation maximale des usages non réglementaires, alors la mise en équations issue du DEET est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{Conso } 2030 &\leq (1 - 0,4) \times \text{Créf} \\ \text{Conso } 2040 &\leq (1 - 0,5) \times \text{Créf} \\ \text{Conso } 2050 &\leq (1 - 0,6) \times \text{Créf} \end{aligned}$$

Avec :

$$\begin{aligned} \text{Conso} &= \text{Conso finale 5 usages} + X \\ \text{Créf} &= \text{Conso initiale 5 usages} + X \end{aligned}$$

Soit :

$$\begin{aligned} X_{2030} &\leq 1,5 \times \text{Conso initiale} - 2,5 \times \text{Conso finale} \\ X_{2040} &\leq \text{Conso initiale} - 2 \times \text{Conso finale} \\ X_{2050} &\leq 2/3 \times \text{Conso initiale} - 5/3 \times \text{Conso finale} \end{aligned}$$

Prenons l'exemple d'un bâtiment dont les consommations avant/ après travaux sont celles illustrées en figure 22.

Figure 24 : Répartition des gains relatifs sur les 5 usages réglementaires pour les bâtiments de bureaux et d'enseignement.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

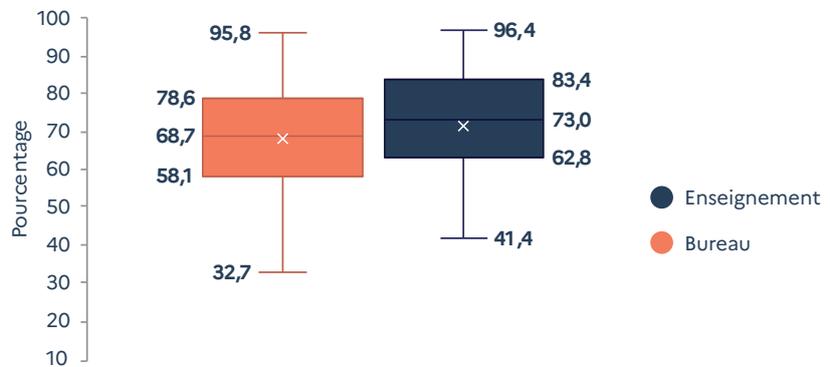
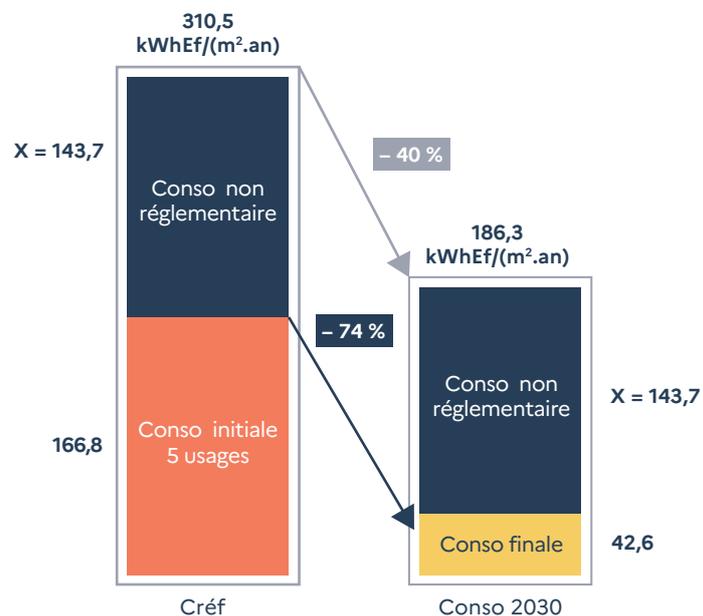


Figure 25 : Détermination de la consommation maximale des autres usages pour viser l'objectif relatif de 2030.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



Pour être conforme à l'objectif 2030, la consommation maximale des usages non réglementaires devra être inférieure à 143,7 kWhEf/m²/an (figure 25), tandis que pour respecter l'objectif 2050, elle devra être inférieure à 40,2 kWhEf/m²/an (figure 26).

Ce raisonnement permet pour chaque rénovation BBC* étudiée dans l'Observatoire BBC d'estimer les consommations maximales des usages non réglementaires (X₂₀₃₀, X₂₀₄₀, X₂₀₅₀) pour être conforme aux différents seuils du DEET* et de comparer ces consommations à sa propre situation, et à la bibliographie...

Note : Étant donné que ce raisonnement ne prend pas en compte de réduction potentielle des consommations non réglementaires dans le cadre des travaux de rénovations BBC*, il semble être plus défavorable que les situations rencontrées sur le terrain où la rénovation énergétique s'accompagne d'actions impliquant les usagers ou portant sur les consommations des équipements mobiliers et immobiliers dont l'influence sur la réduction des consommations non réglementaires est pourtant bien effective après travaux.

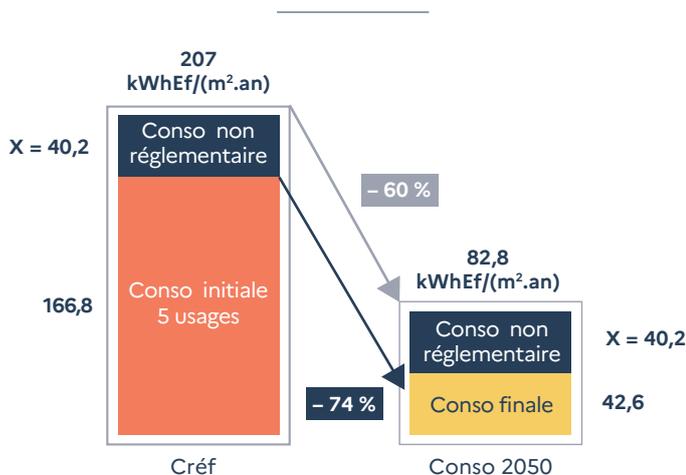
Il reste alors à caractériser les consommations non réglementaires des bâtiments de bureau et d'enseignement pour évaluer le pourcentage de projets rénovés BBC atteignant les seuils 2030, 2040 et 2050.

UNE ESTIMATION DES USAGES NON RÉGLEMENTAIRES

Le DEET définit la composante USE comme la consommation énergétique relative aux usages spécifiques énergétiques propres à l'activité ainsi qu'aux autres usages immobiliers tels

Figure 26 : Détermination de la consommation maximale des autres usages pour viser l'objectif relatif de 2050.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



que la production d'eau chaude sanitaire et d'éclairage. Elle est définie pour une intensité d'usage « étalon » et, pour chaque catégorie d'activité, comme la somme des consommations des usages mobiliers, immobiliers, de l'ECS et de l'éclairage (réglementaire et immobilier).

USE

=

Mobiliers + Immobiliers + ECS + Éclairage

Par ailleurs, les consommations des usages non réglementaires étant définies comme la somme des usages mobiliers et immobiliers, elles peuvent s'exprimer en fonction du USE sous la forme :

Consommations non réglementaires

=

USE - ECS - Éclairage

Dans le cadre de notre étude, la composante USE sera considérée comme égale à 70 kWhEf/m².an pour les bureaux et 25 kWhEf/m².an pour les bâtiments d'enseignement, résultats du croisement de plusieurs valeurs¹⁸.

Sur la base de ces hypothèses, les consommations non réglementaires ont été calculées pour les 168 bureaux et les 39 bâtiments d'enseignement.

Il en résulte une consommation moyenne des usages non réglementaires de l'ordre de :

- 61 kWhEf/m²/an pour les bureaux ;
- 15 kWhEf/m²/an pour les bâtiments d'enseignement.

En conséquence, il est possible d'identifier les projets répondant aux exigences en valeur relative du DEET, en comparant les consommations non réglementaires maximales (X₂₀₃₀, X₂₀₄₀, X₂₀₅₀) calculées pour chaque projet rénové BBC à ces deux valeurs, en fonction de l'usage du bâtiment.

18. Ces hypothèses se basent sur les valeurs prises dans l'arrêté du DEET valeurs absolues II du 13 avril 2022, la bibliographie et l'évaluation des consommations non réglementaires par des bureaux d'études sur 42 bureaux et 18 bâtiments d'enseignement certifiés Effinergie.



2. LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

2.1 LA COMPATIBILITÉ DES RÉNOVATIONS BBC AVEC LES OBJECTIFS DU DEET

LES BUREAUX

62 % des bureaux rénovés BBC (n = 168) sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative

à horizon 2030. Ce taux est de 38 % en 2040 et 18 % en 2050.

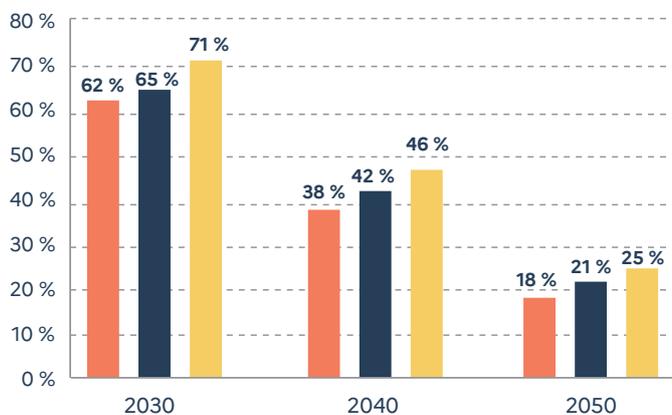
Ces résultats sont obtenus en prenant comme hypothèse qu'aucune action n'a été mise en place pour réduire les consommations non réglementaires. En réduisant de 10 % à 20 % (résultats

observés lors de challenges de type concours usages bâtiment efficace (CUBE)) ces consommations, le taux de conformité au DEET atteint respectivement (figure 27) :

- 65 % à 71 % en 2030 ;
- 42 % à 46 % en 2040 ;
- 21 % à 25 % en 2050.

Figure 27 : Pourcentage de bureaux rénovés BBC compatibles avec les exigences du DEET en valeur relative pour 2030, 2040 et 2050.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



- Rénovation BBC
- Rénovation BBC et baisse de 10 % des consommations non réglementaires
- Rénovation BBC et baisse de 20 % des consommations non réglementaires

62%

**DES BUREAUX
RÉNOVÉS BBC
SONT CONFORMES
À L'EXIGENCE DU DEET
EN VALEUR RELATIVE
À HORIZON 2030**

En parallèle, il semble pertinent d'évaluer, pour les projets non conformes au seuil en valeur relative à horizon 2030¹⁹ (38 %), leur conformité à l'exigence en valeur absolue. En première approximation, la comparaison des valeurs CVC du Dispositif Éco Énergie Tertiaire à la somme des consommations de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'auxiliaires de chaque projet référencé dans l'Observatoire BBC permet de rehausser le taux de compatibilité des rénovations BBC* à 97 %. Ce résultat est également obtenu lorsque l'on associe des actions permettant de réduire les consommations non réglementaires de 10 % et 20 %.

LES BÂTIMENTS D'ENSEIGNEMENT

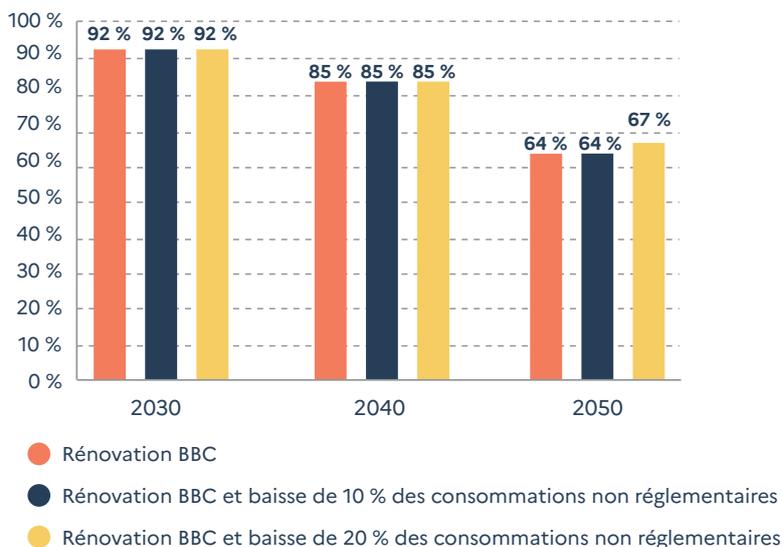
92 % des bâtiments d'enseignement rénovés BBC (n = 39) sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030. Ce taux est de 85 % en 2040 et 64 % en 2050 (figure 28).

La part des consommations non réglementaires dans la consommation tous usages des bâtiments d'enseignement étant proportionnellement plus faible que dans les bureaux, réduire de 10 % à 20 % ces consommations est toujours bénéfique mais l'impact sur le taux de conformité demeure limité²⁰.

Par ailleurs, les trois projets qui n'atteignent pas l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030 (8 %) sont conformes au seuil en valeur absolue en comparant la composante CVC donnée par arrêté aux consommations CVC calculées en énergie finale.

Figure 28 : Pourcentage des bâtiments d'enseignement rénovés BBC répondant aux exigences du DEET en valeur relative pour 2030, 2040 et 2050.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

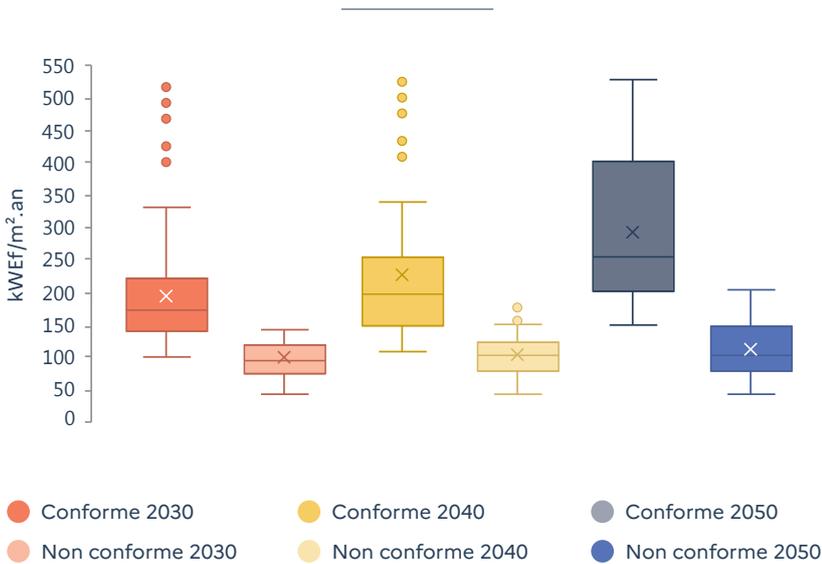


19. Les seuils en valeurs absolues n'étant fixés par le DEET que pour 2030, l'analyse se limitera à cette échéance.

20. Aucun impact sur les différents scénarios (2030 et 2040), à l'exception de l'augmentation du taux de conformité (+3 points) à horizon 2050 avec une baisse de 20 % des consommations non réglementaires.

Figure 29 : Distribution de la consommation initiale pour les bureaux rénovés BBC conformes et non conformes aux différents seuils en valeurs relatives (2030, 2040, 2050).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



La consommation initiale des projets non conformes évolue principalement entre 71 kWhEf/m².an et 136 kWhEf/m².an alors qu'elle se situe entre 117 kWhEf/m².an et 385 kWhEf/m².an pour les projets conformes.

2.2 LES FACTEURS CLÉS

Les bâtiments d'enseignement ayant un taux de conformité de 92 %, l'étude des facteurs pouvant impacter l'atteinte des exigences du DEET se concentre sur les bureaux.

LE NOMBRE DE POSTES DE TRAVAUX

Les projets étudiés ayant bénéficié d'une rénovation globale, le nombre de postes de travaux rénovés est identique pour les projets conformes (7,5 postes) et non conformes (7,4 postes) aux exigences du DEET en valeur relative.

LA CONSOMMATION AVANT TRAVAUX

On constate logiquement que les projets conformes aux exigences du DEET en valeur relative possèdent, quelle que soit l'année cible (2030, 2040, 2050), des consommations initiales supérieures aux projets non conformes. Ainsi, la consommation initiale des projets non conformes évolue principalement entre 71 kWhEf/m².an et

136 kWhEf/m².an, alors qu'elle se situe entre 117 kWhEf/m².an et 385 kWhEf/m².an pour les projets conformes.

Par ailleurs, on constate que la consommation initiale des projets conformes augmente avec l'exigence du seuil du DEET. Ainsi, si les bureaux, avec une consommation initiale moyenne de 179 kWhEf/m².an, peuvent atteindre les exigences du DEET en 2030, on constate que seuls les projets avec respectivement une consommation initiale moyenne de 219 kWhEf/m².an

et 282 kWhEf/m².an peuvent atteindre les objectifs de 2040 et 2050.

LA DATE DE CONSTRUCTION

Avant rénovation, la date de construction, directement corrélée au niveau de la consommation initiale, a un impact sur le taux de conformité de l'exigence du DEET en valeur relative en 2030 pour les bureaux rénovés BBC. Ainsi, il peut varier de 90 % pour les bâtiments construits avant 1948 à 45 % pour les bureaux datant des années 1981-2000.

Tableau 2 : Taux de conformité pour les bureaux rénovés BBC par rapport de l'exigence du DEET en valeur relative en 2030 en fonction de l'année de construction et de la consommation initiale.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

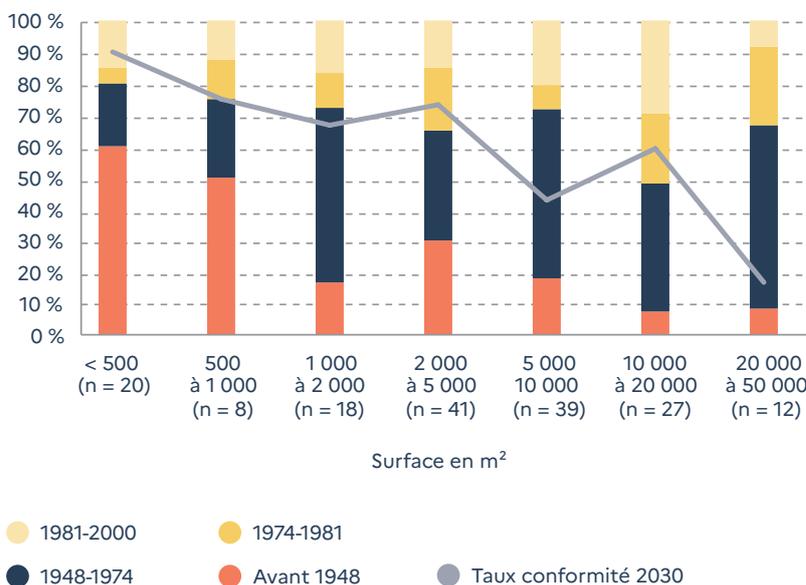
Date de construction	Nombre	Taux de conformité	Consommation initiale moyenne
Avant 1948	41	90 %	173 kWhEf/m ² .an
1948-1974	68	57 %	150 kWhEf/m ² .an
1975-1981	24	54 %	1724 kWhEf/m ² .an
1982-2000	31	45 %	104 kWhEf/m ² .an
Après 2000	1	0 %	64 kWhEf/m ² .an

LA SURFACE DES BÂTIMENTS

En première lecture, le taux de conformité semble être inversement proportionnel à l'augmentation de la surface des bureaux rénovés BBC.

Cependant, on constate également que la part des bâtiments construits avant 1948 – présentant le taux de conformité le plus élevé (cf. tableau 2) – et la consommation initiale avant travaux diminuent également avec l'augmentation de la surface des bâtiments étudiés. La consommation initiale des grands bureaux (20 000 à 50 000 m²) étudiés étant particulièrement basse (92 kWhEf/m².an), le taux de conformité en valeur relative est de 17 % sur ces bureaux.

Figure 30 : Évolution du taux de conformité à l'exigence du DEET en valeur relative en 2030 en fonction de la surface et de la date de construction.
Source : Effinergie - Observatoire BBC.



2.3 LE PROFIL DES BÂTIMENTS N'ATTEIGNANT PAS LES OBJECTIFS DU DEET EN VALEUR RELATIVE ET EN VALEUR ABSOLUE

Sur l'ensemble des bâtiments de bureaux étudiés (n = 168), seulement trois projets sont non conformes en valeur absolue et en valeur relative à horizon 2030.



Ils se caractérisent par une consommation initiale sur 5 usages (103 kWhEf/m².an, 107 kWhEf/m².an et 169 kWhEf/m².an) relativement plus faible que la moyenne de l'échantillon, donc moins favorable à la démarche en valeur relative. Ils présentent également des consommations CVC proches du seuil de 57 kWhEf/m².an du DEET (correspondant à la zone des projets) en valeur absolue pour deux des trois projets (57,5 kWhEf/m².an et 61,6 kWhEf/m².an) – écarts qui

semblent peu significatifs au regard des hypothèses prises dans cette étude. Par conséquent, des bâtiments dans des situations comparables devraient facilement atteindre les objectifs en valeur absolue. Les résultats exposés dans ce rapport permettent d'établir des premières conclusions qui devront être consolidées, dans le cadre d'une prochaine étude, avec l'analyse des consommations réelles déclarées dans la base OPERAT des projets rénovés au niveau BBC.

CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LA COMPATIBILITÉ DE LA RÉNOVATION BBC AVEC LE DEET

Les modes de calcul/évaluation des consommations d'énergie dans les dispositifs EET et rénovation BBC (énergie primaire sur 5 usages pour BBC et énergie finale tous usages pour le DEET) rendent délicate leur comparaison. Toutefois, on peut retenir que les bâtiments (de bureaux comme d'enseignement) rénovés BBC atteignent globalement les objectifs en valeur relative de 2030, voire 2040 et 2050, d'autant plus que leur consommation initiale est élevée et leur date de construction ancienne. Quant aux quelques bâtiments qui ne valident pas les objectifs en valeur relative de 2030, ils atteignent ceux fixés en valeur absolue pour 2030 à l'exception près de cas marginaux dont la consommation initiale était déjà relativement faible.



CHAPITRE 4

Approche économique

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. Cependant, peu d'acteurs sont enclins à communiquer les informations économiques de leur projet pour alimenter un retour d'expérience national, à l'exception des projets lauréats des dispositifs régionaux dont le paiement des aides financières est conditionné par la communication des décompositions économiques et des factures. Enfin, l'absence d'une décomposition économique « standardisée » du montant des travaux des rénovations ne permet pas d'identifier distinctement les coûts relatifs à l'opération, aux travaux de rénovation et aux travaux de rénovation énergétique, ni de comparer les opérations entre elles.

À ce jour, ces constats génèrent de la confusion auprès des différents acteurs (politiques, filière du bâtiment, particuliers...) et alimentent les idées reçues sur les coûts de la rénovation énergétique performante, ce qui contribue à freiner sa massification.

Dans ce contexte, l'Observatoire BBC a élaboré au fil des années une méthodologie d'analyse des coûts de rénovation afin de standardiser la décomposition économique utilisée pour toutes les opérations étudiées. Un guide méthodologique²¹ identifie les lots à prendre en compte en fonction du périmètre étudié (l'opération, les travaux de rénovation, les travaux de rénovation énergétique) et précise la notion de travaux induits indissociablement liés aux travaux d'amélioration de la qualité énergétique.

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, suivi chantier, sécurité...);

- ingénierie (étude thermique et environnementale, acoustique, structure, sol...);
- label et frais de concours (certification, étanchéité à l'air...);
- travaux de rénovation ;
- instrumentation ;
- extérieur (VRD, raccordement, installation chantier, aménagement extérieur, espace vert...);
- aménagements intérieurs (autres équipements, cuisines, meubles);
- frais administratifs (notaires, annonce légale, signalétique, publicité...);
- aléas et révisions.

Par ailleurs, le lot « travaux de rénovation » se décompose en différentes interventions sur l'enveloppe et les équipements dans le cadre d'une rénovation énergétique, ainsi que sur 23 autres sous-lots (démolition, fondation, gros œuvre, curage, chape, plomberie, électricité, métallerie...).

Enfin, les travaux de rénovation énergétique 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 systèmes 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).

21. https://www.effinerie.org/web/images/attach/base_doc/2952/20210608guide-methodologique.pdf



© iStock.com/IGphotography



© iStock.com/sestovic

1. LES CHIFFRES CLÉS DE LA RÉNOVATION TERTIAIRE BBC

Des données de coût de l'opération sont disponibles pour 92 projets de bureaux et 45 projets de bâtiments d'enseignement. En revanche, les données de coûts de rénovation énergétique ne sont connues que pour 35 projets de bureaux et 23 projets de bâtiments d'enseignement²².

Elles sont exprimées hors taxes (HT) pour l'ensemble des données chiffrées présentées dans ce chapitre.

Par ailleurs, les données économiques de chaque projet ont été actualisées sur la base de l'index bâtiment tous corps d'état (BT01 base 2010) et en fonction de la date de réalisation de l'étude thermique, les dates de chantier et de réception n'étant que très rarement identifiées ou communiquées par les acteurs sollicités.

À l'image des sections précédentes, la rénovation BBC* des bureaux et des bâtiments d'enseignement étant majoritaire dans la base de données de l'Observatoire BBC, ce chapitre se focalise sur ces deux typologies.

Étant donné la taille des échantillons pour certaines analyses, ces dernières ne se veulent pas statistiquement représentatives mais permettent de donner des indications.



²². Les montants des travaux par opération sont détaillés dans les fiches retours d'expériences publiées sur l'Observatoire BBC.

1.1 LES BUREAUX

Pour l'ensemble des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux, les coûts moyens d'opération, de travaux (hors voirie et réseaux divers – VRD) et de travaux de rénovation énergétique sont ceux qui sont présentés ci-contre (tableau 3).

Dans une rénovation BBC* de bâtiments de bureaux, le coût moyen des travaux de rénovation énergétique s'élève à un tiers du montant total des travaux hors VRD. Plus précisément, la répartition du coût moyen des travaux énergétiques est celle ci-contre (figure 31).

Le coût de travaux énergétiques s'étale d'une centaine à un millier d'€/m², mais se concentre pour moitié entre 270 et 600 €/m² SRT.

La part moyenne de chacun des postes dans le total du coût des travaux de rénovation énergétique a pu être mise en évidence (figure 32).

Tableau 3 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen (HT)	Coût moyen (HT) / m ² SRT
Coût de l'opération	76	5,71 M€	1 466 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	74	4,90 M€	1 327 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	28	1,13 M€	441 €/m ² SRT

Figure 31 : Répartition du coût moyen des travaux de rénovation énergétique des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux (N = 28).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

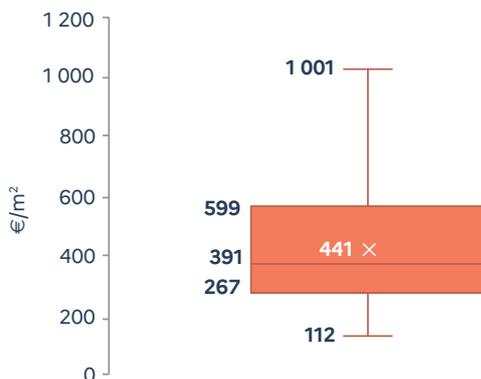
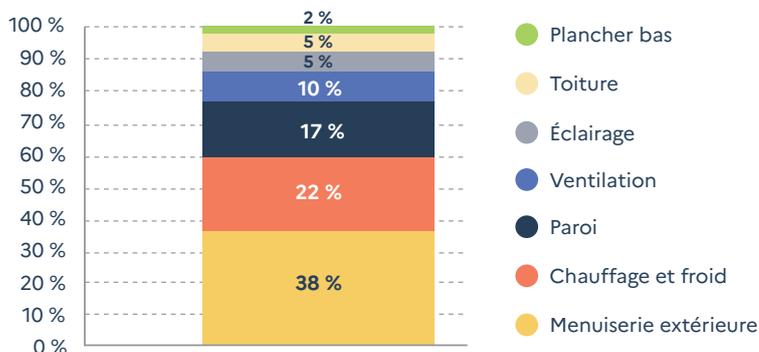


Figure 32 : Part moyenne de chacun des postes dans le total du coût des travaux de rénovation énergétique pour les rénovations BBC* de bâtiments de bureaux (n = 28).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



© iStock.com/luchunyu

Les investissements dans les menuiseries extérieures et le chauffage/froid représentent plus de la moitié du coût de rénovation.

Enfin, un indicateur d'efficacité a été calculé, rapportant l'énergie économisée par m² au coût des travaux énergétiques par m² (en kWh énergie finale*). Il est en moyenne de 4,4 kWh/€ pour une rénovation BBC* de bâtiments de bureaux. Sa répartition est présentée ci-contre (figure 33).

Pour la moitié des observations, un euro investi par m² en travaux de rénovation énergétique a permis d'économiser entre 2 et 5,6 kWhEf/an.

Afin de différencier les projets selon leurs spécificités et de préciser les indications économiques, les données de coûts ont été étudiées selon différents paramètres pouvant influencer sur le montant des travaux de rénovation énergétique.

LA SURFACE DU BÂTIMENT

Selon la classe de surface, on constate un effet d'économies d'échelle à partir de 1 000 à 2 000 m² (tableau 4).

Figure 33 : Distribution de l'indicateur d'efficacité des projets de rénovation BBC* de bâtiments de bureau (n = 26).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

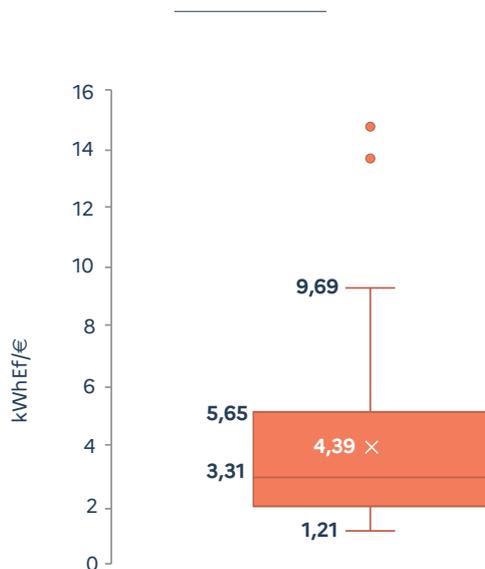


Tableau 4 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique selon la classe de surface du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Classe de surface	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
< 500 m ²	9	417 €/m ² SRT
500 - 1 000 m ²	5	548 €/m ² SRT
1 000 - 2 000 m ²	6	425 €/m ² SRT
2 000 - 5 000 m ²	6	310 €/m ² SRT



© iStock.com/Dilok Klaisataporn

Pour les bâtiments de bureau, dans la moitié des cas, un euro investi par m² en travaux de rénovation énergétique a permis d'économiser entre 2 et 5,6 kWhEf/an.

LA PÉRIODE DE CONSTRUCTION

Les coûts moyens des travaux énergétiques dans les bâtiments de bureaux peuvent également se révéler significativement différents selon la période de construction. Ainsi, l'investissement à engager semble le plus important pour les bâtiments les plus anciens (construits avant 1948) et les plus récents (construits depuis 1982). Dans le premier cas, des plus petites surfaces ou encore des aspects patrimoniaux pourraient expliquer des coûts plus importants. Concernant les bâtiments les plus récents, les grands immeubles de bureaux vitrés nécessitant des vitrages performants pourraient être la cause de coûts de rénovation importants par rapport à la moyenne (tableau 5).

LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE AVANT TRAVAUX

En termes de consommation énergétique initiale du bâtiment, les coûts de rénovation énergétique des bâtiments de bureaux sont présentés dans le tableau ci-contre.



Tableau 5 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique selon la période de construction du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Période de construction	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
Avant 1948	8	432 €/m ² SRT
Entre 1948 et 1974	11	414 €/m ² SRT
Entre 1975 et 1981	3	380 €/m ² SRT
Après 1982	6	531 €/m ² SRT

Tableau 6 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique selon la classe de consommation énergétique du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

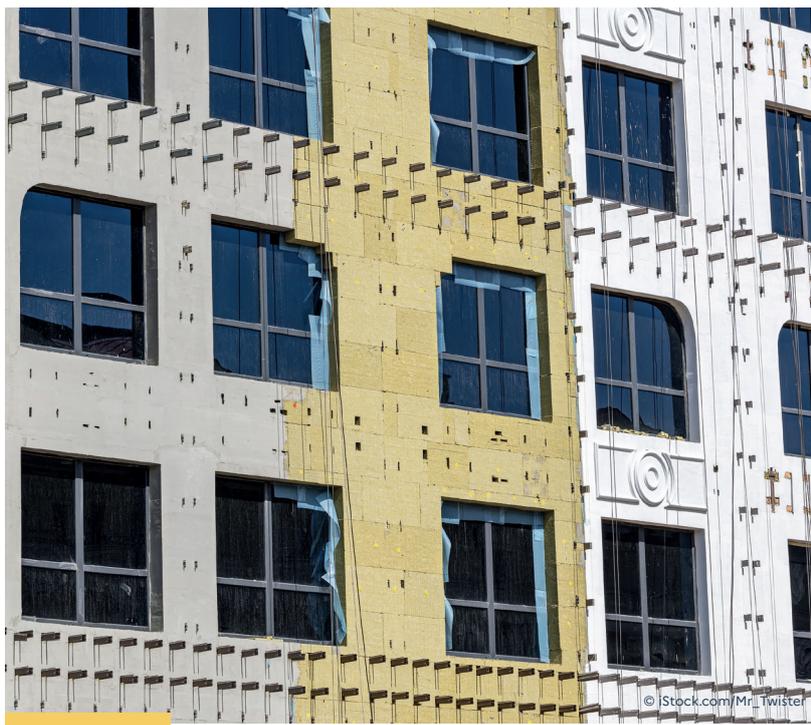
Classe de consommation initiale (énergie finale*)	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
< 110 kWhEf/m ² .an	9	632 €/m ² SRT
111-250 kWhEf/m ² .an	10	487 €/m ² SRT
> 250 kWhEf/m ² .an	3	598 €/m ² SRT

LA LOCALISATION DU BÂTIMENT

Les rénovations BBC* de bâtiments de bureaux étant principalement concentrées en Île-de-France, l'analyse du coût de rénovation par zone géographique ne permet pas d'observer des différences significatives par rapport à la moyenne.

LES BOUQUETS DE TRAVAUX*

De même, la discrimination des coûts selon les bouquets de travaux* mis en œuvre ne montre pas de différence significative par rapport à la moyenne, dans la mesure où les rénovations BBC* sont quasi systématiquement des rénovations globales.



1.2 LES BÂTIMENTS D'ENSEIGNEMENT

Pour ce qui concerne les opérations de rénovation BBC* des bâtiments d'enseignement, les coûts moyens d'opération, de travaux (hors VRD) et de travaux de rénovation énergétique sont ceux ci-contre (tableau 7).

Dans une rénovation BBC* de bâtiments d'éducation, le coût moyen des travaux de rénovation énergétique s'élève à 38 % du montant total des travaux hors VRD.

La répartition du coût moyen des travaux de rénovation énergétique des bâtiments d'enseignement est celle ci-contre (figure 34).

À l'image des bâtiments de bureaux, le coût moyen des travaux énergétiques s'étale d'une centaine à un millier d'€/m². La moitié se concentre entre 330 et 678 €/m².

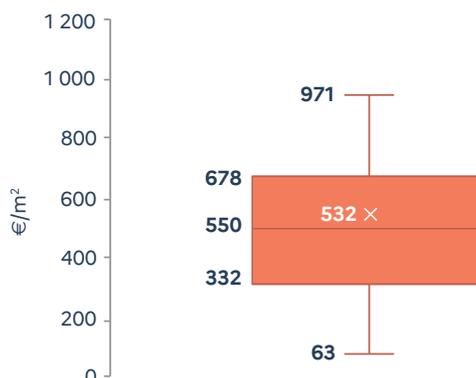
Tableau 7 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments d'enseignement selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	34	1,42 M€	1 450 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	32	1,25 M€	1 390 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	19	458 k€	532 €/m ² SRT

Figure 34 : Répartition du coût moyen des travaux de rénovation énergétique des opérations de rénovation BBC* de bâtiments d'enseignement (N = 18).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



À l’instar des bureaux rénovés, la part moyenne de chacun des postes dans le total du coût des travaux de rénovation énergétique montre que les investissements dans les menuiseries extérieures et le chauffage/froid représentent la moitié du coût de rénovation. Viennent ensuite les coûts liés à l’isolation des parois et de la toiture (figure 35).

L’indicateur d’efficacité calculé pour les bâtiments d’enseignement montre qu’un euro investi dans les travaux de rénovation énergétique permet en moyenne d’économiser 3.5 kWhEf/an (figure 36).

Pour la moitié des projets pour lesquels le calcul de cet indicateur était possible, l’efficacité atteint 2,3 à 3,7 kWhEf/an économisés pour un euro investi par m².

Le coût moyen surfacique a été étudié en fonction de certains paramètres précisés dans la suite de l’étude. Le faible nombre d’observations ne permet pas de conclure sur une tendance. Cependant, les chiffres présentés peuvent tout de même servir d’indications.

Figure 35 : Part moyenne de chacun des postes dans le total du coût des travaux de rénovation énergétique pour les rénovations BBC* de bâtiments d’enseignement (n = 18).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

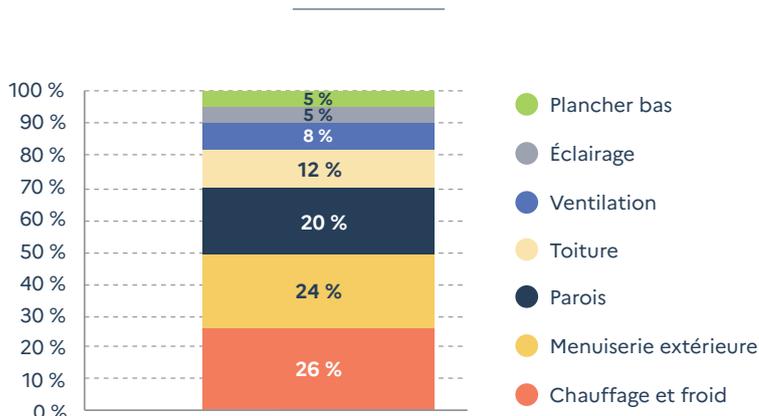
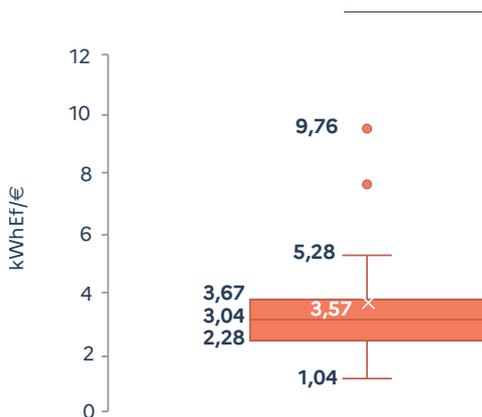


Figure 36 : Distribution de l’indicateur d’efficacité des projets de rénovation BBC* de bâtiments d’enseignement (n = 16).

Source : Effinergie - Observatoire BBC.



École Elisabeth et Robert Badinter (Ballon-Saint-Mars (72)), bénéficiaire d’une rénovation énergétique dans le cadre de France Relance.

LA SURFACE DU BÂTIMENT

Selon la classe de surface considérée, le coût moyen surfacique semble d'autant plus élevé que la surface est faible (tableau 8).

LA PÉRIODE DE CONSTRUCTION

Selon la période de construction du bâtiment, les coûts moyens des travaux énergétiques dans les bâtiments d'enseignement peuvent également se révéler significativement différents, notamment pour ceux construits entre 1948 et 1974 (tableau 9).

LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE AVANT TRAVAUX

Les coûts de rénovation énergétique des bâtiments d'enseignement sont présentés dans le tableau 10 selon la classe de consommation énergétique initiale du bâtiment.

LES BOUQUETS DE TRAVAUX*

Les données de coûts de rénovation ont également été distinguées selon les travaux mis en œuvre. Cependant, nous n'observons pas de différence significative par rapport à la moyenne dans la mesure où les rénovations BBC* sont quasi systématiquement des rénovations globales.

Tableau 8 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique de bâtiments d'enseignement selon la classe de surface du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Classe de surface	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
< 500 m ²	6	741 €/m ² SRT
500 - 1 000 m ²	7	438 €/m ² SRT
1 000 - 2 000 m ²	3	517 €/m ² SRT
2 000 - 5 000 m ²	2	252 €/m ² SRT

Tableau 9 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique de bâtiments d'enseignement selon la période de construction du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Période de construction	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
Avant 1948	7	355 €/m ² SRT
Entre 1948 et 1974	7	745 €/m ² SRT
Entre 1975 et 1981	3	601 €/m ² SRT

Tableau 10 : Coût moyen en €/m² SRT des travaux de rénovation énergétique de bâtiments d'enseignement selon la classe de consommation énergétique du bâtiment.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Classe de consommation initiale (énergie finale*)	Nombre	Coût moyen/m ² SRT
71-110 kWhEf/m ² .an	2	114 €/m ² SRT
111-250 kWhEf/m ² .an	6	524 €/m ² SRT
> 250 kWhEf/m ² .an	6	664 €/m ² SRT

CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LES COÛTS DE RÉNOVATION BBC

Dans une rénovation BBC* de bâtiments de bureaux, le coût moyen des travaux de rénovation énergétique s'élève à un tiers du montant total des travaux hors VRD, 38 % pour les bâtiments d'enseignement.

Les investissements dans les menuiseries extérieures et le chauffage/froid représentent plus de la moitié du coût de rénovation.

L'indicateur d'efficacité rapportant l'énergie économisée par m² au coût des travaux énergétiques par m² (en kWh énergie finale*) est en moyenne de 4.4kWhEf/an pour une rénovation BBC* de bâtiments de bureaux et de 3.5 kWhEf/an pour les bâtiments d'enseignement. Pour la moitié des opérations observées, un euro investi par m² en travaux de rénovation énergétique a permis d'économiser entre 2 et 5,6 kWhEf/an pour les bâtiments de bureaux et entre 2,3 et 3,7 kWhEf/an pour les bâtiments d'éducation.



© iStock.com/Fahroni

2. QUELS COÛTS POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DEET (EN VALEUR RELATIVE) ?

© Arnaud Paillard

Le chapitre 3 a permis de vérifier la compatibilité des performances énergétiques des rénovations BBC* dans la feuille de route du DEET*. Il a mis en évidence les projets de rénovation BBC* atteignant les exigences du DEET*. Pour rappel :

- 62 % des bureaux rénovés BBC (n = 168) sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030, 38 % en 2040 et 18 % en 2050 ;
- 92 % des bâtiments d'enseignements rénovés BBC (n = 39) sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030, 85 % en 2040 et 64 % en 2050.

L'objectif de ce paragraphe est de mettre en évidence les coûts de rénovation énergétique des projets atteignant les différents seuils d'objectifs du DEET en valeur relative : - 40 % à horizon 2030, - 50 % à horizon 2040 et - 60 % à horizon 2050.

En première approche, les coûts relatifs à l'atteinte des objectifs en valeur absolue avoisinent les coûts moyens des rénovations BBC* qui atteignent déjà l'objectif 2030 dans 90 % des cas.

Pour ce faire, les projets atteignant exclusivement chacune des classes d'objectifs ont été isolés.

2.1 LES BÂTIMENTS DE BUREAUX

Pour les bâtiments de bureau atteignant 40 % d'économie d'énergie finale (tous usages), objectif fixé pour 2030 dans le cadre du DEET, les coûts moyens renseignés dans la base de données sont les suivants :

Tableau 11 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux atteignant le seuil 2030 en valeur relative du DEET* selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	16	6,40 M€	1 243 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	16	5,60 M€	1 050 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	7	858 k€	290 €/m ² SRT

Le coût des travaux de rénovation énergétique représente 28 % du montant total des travaux hors VRD.

Pour les bâtiments de bureau atteignant le seuil 2040 du DEET (- 50 %), les coûts moyens renseignés dans la base de données sont ceux ci-contre (tableau 12).

Le coût des travaux de rénovation énergétique représente plus de la moitié (53 %) du montant total des travaux hors VRD. Ils sont par ailleurs 68 % plus élevés que les coûts de rénovation énergétique permettant d'atteindre le seuil 2030 du DEET. Cependant, le nombre d'observations étant très restreint, il convient de prendre ces résultats avec précaution.

La plupart des projets de rénovation BBC* étant très ambitieux, les observations de coûts sont plus importantes pour les projets permettant d'atteindre 60 % d'économies d'énergie finale*. Les coûts moyens des projets sont présentés ci-contre (tableau 13).

Tableau 12 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux atteignant le seuil 2040 en valeur relative du DEET* selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	11	1,80 M€	1 108 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	11	1,70 M€	922 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	4	448 k€	488 €/m ² SRT

Tableau 13 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments de bureaux atteignant le seuil 2050 du DEET* selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	17	2,81 M€	1 340 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	17	2,78 M€	1 305 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	7	571 k€	614 €/m ² SRT



© iStock.com/davidhills



Pour l'objectif d'une baisse de 40 %, le montant des travaux de rénovation énergétique s'étale de 110 à 430 €/m² SRT (290 €/m² SRT en moyenne). Dans la moitié des cas, ces montants se concentrent entre 210 et 380 €/m² SRT.

Pour atteindre une baisse de 50 %, ce montant s'élève à 488 €/m² en moyenne.

Pour l'objectif - 60 %, les coûts moyens pour la rénovation énergétique des bâtiments atteignant le seuil 2050 vont de 370 à 900 €/m² SRT et se concentrent pour moitié entre 400 et 800 €/m² SRT.

Le coût des travaux de rénovation énergétique représente près de la moitié (47 %) du montant total des travaux hors VRD. Ils sont par ailleurs 25 % plus élevés que les coûts de rénovation énergétique permettant d'atteindre le seuil 2040 du DEET, et plus de deux fois plus élevés que les coûts permettant d'atteindre le seuil 2030.

En synthèse, pour l'objectif d'une baisse de 40 %, le montant des travaux de rénovation énergétique s'étale de 110 à 430 €/m² SRT (290 €/m² SRT en moyenne). Dans la moitié des cas, ces montants se concentrent entre 210 et 380 €/m² SRT.

Pour atteindre une baisse de 50 %, ce montant s'élève à 488 €/m² en moyenne.

Pour l'objectif - 60 %, les coûts moyens pour la rénovation énergétique des bâtiments atteignant le seuil 2050 vont de 370 à 900 €/m² SRT et se concentrent pour moitié entre 400 et 800 €/m² SRT.

Autrement dit, si cela coûte près de 70 % plus cher d'atteindre une baisse de 50 % par rapport à une baisse de 40 %, l'effort

d'investissement pour atteindre une économie de 60 % (par rapport à 50 %) est plus raisonnable (+ 25 %).

L'approche selon l'indicateur d'efficacité, c'est-à-dire du rapport entre les gains énergétiques selon les seuils DEET et les montants investis en rénovation énergétique par m², présente les résultats suivants :

Tableau 14 : Indicateur d'efficacité selon le seuil DEET atteint pour les bâtiments de bureaux.

Source : Effnergie - Observatoire BBC.

	Seuil 2030 (- 40 %)	Seuil 2040 (- 50 %)	Seuil 2050 (- 60 %)
Indicateur d'efficacité (gain kWh/€ investi)	3,46 (n = 7)	3,63 (n = 4)	2,52 (n = 8)

2.2 LES BÂTIMENTS D'ÉDUCATION

Dans le cas des bâtiments d'enseignement, nous ne disposons pas de données de coûts sur les projets atteignant uniquement le seuil 2030 du DEET.

Les coûts des projets atteignant 50 % d'économies d'énergie (objectif 2040) disponibles dans la base de données sont ceux indiqués dans le tableau 15.

Le coût des travaux de rénovation énergétique représente 38 % du montant total des travaux hors VRD.

Les projets de rénovation atteignant l'objectif 2050 présentent les coûts moyens de projets indiqués dans le tableau 16.

Le coût des travaux de rénovation énergétique représente un peu plus d'un tiers (35 %) du montant total des travaux hors VRD.

Les coûts moyens pour la rénovation énergétique des bâtiments d'enseignement permettant d'atteindre le seuil 2040 (- 50 %) du DEET varient de 167 à 661 €/m² SRT.

Ceux permettant d'atteindre 60 % d'économies d'énergie vont de 290 à 970 €/m² SRT et, à l'image des bâtiments de bureaux, se concentrent pour moitié entre 400 et 800 €/m² SRT. Ils sont par ailleurs 25 % plus élevés que les coûts de rénovation énergétique permettant d'atteindre le seuil 2040 du DEET.

Le trop faible nombre d'observations n'a pas permis de tirer d'enseignement du calcul de l'indicateur d'efficacité pour les bâtiments d'éducation.

Enfin, pour les deux catégories de bâtiments (bureaux et éducation), les croisements selon la situation initiale (catégorie d'année de construction, classe

de surface et de consommation énergétique) n'ont pas permis de tirer des enseignements robustes dans la mesure où il y a trop peu d'observations.

Tableau 15 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments d'enseignement atteignant le seuil 2040 en valeur relative du DEET* selon le périmètre de travaux considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	6	1,10 M€	1 150 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	5	990 k€	1 240 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	3	683 k€	470 €/m ² SRT

Tableau 16 : Coûts moyens des opérations de rénovation BBC* de bâtiments d'enseignement atteignant le seuil 2050 en valeur relative du DEET* selon le périmètre de coûts considéré.

Source : Effinergie - Observatoire BBC.

Périmètre de coûts	Nombre	Coût total moyen	Coût moyen / m ² SRT
Coût de l'opération	16	1,57 M€	1 810 €/m ² SRT
Coût des travaux (hors VRD)	16	1,48 M€	1 660 €/m ² SRT
Coût des travaux de rénovation énergétique	10	352 k€	590 €/m ² SRT

CE QU'IL FAUT RETENIR SUR LES COÛTS POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DEET

Que ce soit pour les bâtiments de bureaux et les bâtiments d'enseignement, il convient de retenir que les montants à investir dans les travaux de rénovation énergétique pour atteindre les objectifs du DEET sont de l'ordre de :

- 300 €/m² SRT pour l'objectif 2030 (- 40 %) ;
- 500 €/m² SRT pour l'objectif 2040 (- 50 %) ;
- 600 €/m² SRT pour l'objectif 2050 (- 60 %).



3. DES EXTERNALITÉS POSITIVES À VALORISER

© iStock.com/
sommersby

Les analyses réalisées dans le cadre de cette étude mettent en lumière des premiers ratios économiques sur un échantillon de rénovations BBC*.

Bien que pénalisée par un investissement initial parfois important, la rénovation BBC* se révèle plus intéressante qu'une rénovation par étapes dans la mesure où elle permet une forte réduction des consommations énergétiques en une seule fois, elle permet de ne pas avoir à gérer d'interfaces ou d'adaptations de systèmes avec des niveaux d'isolants variables, enfin elle présente des temps et coûts de travaux finaux moins élevés.

Surtout, une rénovation BBC* génère des externalités positives à valoriser, en complément d'une approche en coût global, telles que :

- la réduction des consommations énergétiques permettant de couvrir tout ou partie des montants investis dans les travaux ;
- la résilience du bâtiment aux éventuelles hausses des coûts de l'énergie et des matières premières ;
- l'augmentation de la surface de vie avec la suppression des parois froides ;
- la probable augmentation de la valeur patrimoniale (valeur verte) du bâtiment après rénovation²³ ;
- un bâtiment plus sain qui réduit les risques de pathologies et ne

compromet pas la santé des usagers ;

- l'amélioration des confort thermique, notamment estival, acoustique, visuel... ;
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- la création d'emplois locaux non délocalisables et la montée en compétence de la filière dans la rénovation performante ;
- le développement de nouvelles filières économiques et de nouveaux métiers.

Par ailleurs, l'outil financier doit être au service d'un projet réfléchi en amont permettant de répondre à des besoins bien définis et non l'inverse, et à la recherche d'un optimum technico-financier et non pas seulement financier.

23. <https://o-immobilierdurable.fr/quest-ce-que-la-valeur-verte-dun-batiment/>





CHAPITRE 5

Deux retours d'expériences



SPL OSER - après travaux

Rénovation - Groupe Scolaire Baudin

Type bâtiment	Tertiaire - Public
Ville	Bourg en Bresse
Code postal	01000
Zone climatique	H1c
Altitude	230 m
Travaux	Rénovation - RT ex
Fiabilité	Appel à projets
Niv. énergétique	BBC-Effinergie Rénovation
Construction	1900
Livraison	05-2016
Shon	1 602 m ² du bâtiment
Surface	1 602 m ² du projet
Usage principal	Établissement Enseignement
Consommation	53,21 kWh/(m ² .an)
Coût des travaux	1 582 701 € HT
Emission CO2	24 kgeqCO2/(m ² .an)

1. LE GROUPE SCOLAIRE BAUDIN

Ce projet concerne la rénovation basse consommation du groupe scolaire Baudin de la Ville de Bourg-en-Bresse. Lauréate de l'appel à projets « DéfiBAT », lancé par la Région Rhône-Alpes et l'ADEME en 2015, cette rénovation BBC* a été réalisée, en site occupé, dans le cadre d'un marché Conception réalisation exploitation maintenance (CREM) porté par la Société publique locale (SPL) OSER.

Le groupe scolaire se compose d'une école élémentaire, d'une école maternelle, d'espaces périscolaires, d'un réfectoire et d'un préau fermé avec sanitaires. Le bâtiment a été construit au début du XX^e siècle avec une extension réalisée en 1984 (maternelle, préau, salle polyvalente). Il a bénéficié dans le passé (2007-2009) de travaux d'amélioration énergétique notamment avec le remplacement de certaines menuiseries.

En parallèle de l'atteinte du niveau BBC Effinergie rénovation, les objectifs de ce projet sont d'assurer la mise en conformité avec la réglementation (accessibilité, incendie...), le traitement d'un inconfort visuel et thermique des bâtiments en détruisant les extensions des années 1980 et en proposant une restructuration intérieure des locaux. Une extension en R +1 est construite dans la continuité du bâtiment actuel et le préau est déplacé dans la cour.

Les travaux de rénovation ont porté sur l'amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe en isolant les murs par l'extérieur côté cour et par l'intérieur côté rue. En parallèle, les menuiseries existantes ont été remplacées par des menuiseries en bois ou en aluminium (extension, restaurant) munies de doubles vitrages avec brise-soleil orientables en façades est et sud. Côté équipement,

une ventilation double flux a été installée dans l'extension, le restaurant, alors qu'elle demeure naturelle dans les salles de classe (présence de sondes CO₂ et de témoins lumineux). Deux nouvelles chaudières gaz à condensation ont été installées et associées à des radiateurs munis de robinets thermostatiques. Enfin, les réseaux de chauffage ont été redistribués et calorifugés.

Le montant des travaux est de 1 134 € HT/m² dont 35 % ont été dédiés à la rénovation énergétique. Ces travaux ont permis de réduire les coûts énergétiques par année de 28 k€ TTC à 12 k€ TTC. Afin de sécuriser la performance énergétique du bâtiment après sa livraison, le projet intègre une garantie de résultats dans le cadre d'un Contrat de performance énergétique (CPE), signé entre la SPL OSER et un groupement d'entreprises, pour une durée de 8 ans.

EN SAVOIR PLUS

Cette rénovation BBC a permis de réduire les consommations énergétiques de 56 % par rapport à l'année 2013 (année de référence) sur la base des consommations énergétiques déclarées dans la base OPERAT par la SPL OSER et d'atteindre les exigences 2040 du DEET dès 2016. En parallèle, un contrat de performance énergétique « Public-Public » a été signé entre la Ville de Bourg-en-Bresse et la SPL OSER avec des engagements sur le niveau de consommation d'énergie réel pendant 8 ans. Les premières actions ciblant l'accompagnement et la sensibilisation des acteurs ont généré une réduction complémentaire des consommations énergétiques pour atteindre un gain de 64 % fin 2021, au-delà des exigences 2050 du DEET.



CONNEXION

Observatoire BBC
L'OBSERVATOIRE BBC BÂTIMENTS STATISTIQUES PUBLICATIONS EN RÉGION CONTACT

Rénovation - Groupe Scolaire Baudin

SPL OSER - après travaux

Type bâtiment	Tertiaire - Public
Ville	Bourg en Bresse
Code postal	01000
Zone climatique	H1c
Altitude	230 m
Travaux	Rénovation - RT ex
Fiabilité	Appel à projets
Niv. énergétique	BBC-Effinergie Rénovation
Construction	1900
Livraison	05-2016
Shon	1 602 m ² du bâtiment
Surface	1 602 m ² du projet
Usage principal	Établissement Enseignement zone d'enseignement
Consommation	53,21 kWh/(m ² .an)
Coût des travaux	1 582 701 € HT
Emission CO2	24 kggeCO2/(m ² .an)

DESCRITIF
CRITÈRES EFFINERGIE
ACTEURS
SYSTÈME CONSTRUCTIF
EQUIPEMENT
CONFORT D'ÉTÉ
ENERGIE
CARBONE
DONNÉES ECONOMIQUES

Ce projet concerne la rénovation basse consommation en site occupé du groupe scolaire Baudin sur la commune de Bourg en Bresse. Il est lauréat de l'appel à projet "DéfiBat" lancé par la région Rhône Alpes et l'ADEME en 2015. Par ailleurs, les travaux de rénovation ont été réalisés dans le cadre de la Société Publique Locale OSER (SPL), constituée par la Région Auvergne-Rhône Alpes en partenariat avec d'autres collectivités. A ce titre, la SPL OSER organise la rénovation et l'exploitation du site dans le cadre d'un marché Conception-Réalisation-Exploitation-Maintenance (CREM).

Le groupe scolaire se compose d'une école élémentaire, d'une école maternelle, d'espaces périscolaires, d'un réfectoire et d'un préau fermé avec sanitaires. Le bâtiment a été construit au début du XXIème siècle avec une extension réalisée dans les années 1984 (maternelle, préau, salle polyvalente). Il a bénéficié dans le passé (2007-2009) de travaux d'améliorations énergétiques notamment avec le remplacement de certaines menuiseries.

En parallèle de l'atteinte du niveau BBC-Effinergie rénovation, les objectifs de ce projet sont

- la mise en conformité par rapport à la réglementation (accessibilité, sécurité et incendie) et,
- le traitement d'un inconvénient visuel et thermique des bâtiments en détruisant les extensions des années 1980 et en proposant une restructuration intérieure des locaux. Une extension en R+1 est construite dans la continuité du bâtiment actuel et le préau est déplacé dans la cour.

Les travaux de rénovation ont consisté à améliorer la qualité de l'enveloppe thermique en isolant les murs par l'extérieur côté cour et par l'intérieur côté rue. En parallèle, les menuiseries existantes ont été remplacées par des menuiseries en bois ou en aluminium (extension, restaurant) munies de doubles vitrages avec brise-soleils orientables en façades est et sud.

Côté équipement, une ventilation double flux a été installée dans l'extension, le restaurant alors qu'elle demeure naturelle dans les salles de classes (présence de sondes CO2 et témoin lumineux). Deux nouvelles chaudières gaz à condensation ont été installées. Elles sont associées à des radiateurs munis de robinets thermostatiques. Enfin, les réseaux de chauffage ont été redistribués et calorifugés.

Le contrat de performance énergétique "Public-Public" signé entre la ville de Bourg en Bresse et la SPL Oser permet de garantir un niveau de consommations d'énergies réelles pendant 8 ans tout en menant une politique d'accompagnement des acteurs, l'installation d'une GTC, et une approche en coût global.

Cette fiche décrit les solutions techniques et économiques retenues par le maître d'ouvrage.

Consommations énergétiques

Émissions de gaz à effet de serre

AVANT APRES

124 kWh/m².an

289 kWh/m².an

AVANT APRES

24 kggeCO2/m².an

52 kggeCO2/m².an

Note: L'extension, non décrite dans ce retour d'expérience, a été réalisée avec une isolation en laine de roche de 30 cm d'épaisseur sous un bardage extérieur.

Observatoire BBC effinergie

OBSERVATOIRE BBC
EFFINERGIE
PROMOTELEC SERVICES
QUALITE
CERTIVEA
PRESTATERRE
CONTACTEZ NOUS

MENTIONS LEGALES
CONNEXION
© 2020 Observatoire BBC



Rénovation - Siège Groupe Perial

Type bâtiment	Tertiaire - Privé
Ville	Paris
Code postal	75017
Zone climatique	H1a
Altitude	100 m
Travaux	Rénovation - RT ex
Fiabilité	Certifié
Niv. énergétique	BBC-Effinergie Rénovation
Permis	2018-05-22
Construction	1989
Certification	05-2021
Shon	5 552 m ² du bâtiment
Surface	5 552 m ² du projet
Usage principal	Immeuble Bureaux
Consommation	77 kWh/(m ² .an)
Coût des travaux	9 000 000 € HT
Emission CO2	3 kgéqCO2/(m ² .an)

2. RÉNOVATION DU SIÈGE SOCIAL DU GROUPE PERIAL

L'ancien immeuble de bureaux, situé 34, rue Guersant à Paris datant de 1989, accueille depuis 2020 le nouveau siège du Groupe PERIAL. À la suite d'une rénovation BBC* et d'une restructuration lourde, ce bâtiment de 5 550 m² offre un espace de travail confortable favorisant l'innovation et la collaboration.

Accompagnés par Ory Architecture, les travaux de rénovation ont consisté à proposer une nouvelle empreinte architecturale au bâtiment avec la création d'une façade contemporaine, tout en associant une amélioration des performances énergétiques et environnementales. En conséquence, le nouveau mur-rideau mis en place a pour objectifs de modifier la trame verticale de la façade, de renforcer

l'image d'une proue arrondie et de bénéficier d'une enveloppe thermique performante. En parallèle, la réfection de la toiture permet de réduire les besoins énergétiques. Les larges baies vitrées offrent aux salariés des apports solaires généreux tout en étant protégés par les brise-soleil horizontaux et les stores. Côté équipement, une réfection complète des systèmes de ventilation, de chauffage, de climatisation et l'installation d'une gestion technique centralisée ont permis de contribuer à l'obtention du label BBC-Effinergie rénovation.

Au final, le bouquet de travaux proposé a permis de réduire les consommations énergétiques et les émissions de GES d'un facteur 2,8.

**LES TRAVAUX
PROPOSÉS ONT PERMIS
DE RÉDUIRE
D'UN FACTEUR DE**

2,8

**LES CONSOMMATIONS
ÉNERGÉTIQUES
ET LES ÉMISSIONS
DE GES**

EN SAVOIR PLUS

En possession d'un bâtiment construit en 1989, bénéficiant d'une étiquette D du DPE avant le lancement des travaux de rénovation BBC en 2019, le Groupe PERIAL a fait le choix de s'orienter vers l'objectif en valeur absolue du Dispositif Éco Énergie Tertiaire plutôt que l'objectif en valeur relative en 2030.

En 2023, deux ans après la réception des travaux, l'objectif de 2030 fixé à 115 kWEf/m².an sur la base des valeurs absolues définies par arrêté est déjà atteint, avec une consommation déclarée dans OPERAT de 106 kWEf/(m².an).

Il est le fruit d'une rénovation basse consommation accompagnée d'actions déployées dans le cadre du Plan de sobriété telles que notamment la baisse de la température de chauffage à 19°C, l'absence d'ECS à l'exception des douches, une gestion optimisée de l'extinction de l'éclairage et la mise en place d'horloges dédiées à la gestion de l'intermittence du chauffage permettant de réduire les consommations aux heures non ouvrables.



CONNEXION

Observatoire **BBC**
L'OBSERVATOIRE BBC BÂTIMENTS STATISTIQUES PUBLICATIONS EN RÉGION CONTACT

Ory Architecture

Rénovation - Siège Groupe Perial

Type bâtiment	Tertiaire - Privé
Ville	Paris
Code postal	75017
Zone climatique	H1a
Altitude	100 m
Travaux	Rénovation - RT ex
Fiabilité	Certifié
Niv. énergétique	BBC-Effinergie Rénovation
Permis	2018-05-22
Construction	1989
Certification	05-2021
Shon	5 552 m ² du bâtiment
Surface	5 552 m ² du projet
Usage principal	Immeuble Bureaux
Consommation	77 kWh/(m ² .an)
Coût des travaux	9 000 000 € HT
Emission CO2	3 kggeCO2/(m ² .an)

DESCRITIF
CRITÈRES EFFINERGIE
ACTEURS
SYSTÈME CONSTRUCTIF
EQUIPEMENT
CONFORT D'ÉTÉ
ENERGIE
CARBONE
DONNÉES ECONOMIQUES

Ce projet concerne la rénovation basse consommation d'un ancien immeuble de bureaux afin d'accueillir le nouveau siège du groupe PERIAL, symbole de son savoir-faire et de la valorisation du "flex office".

Les travaux de rénovation ont consisté à proposer une restructuration lourde afin de redessiner l'empreinte architecturale du bâtiment avec une façade contemporaine, tout en proposant une amélioration des performances énergétiques et un confort d'usage.

En conséquence, le nouveau mur rideau mis en place a pour objectif de modifier la trame verticale de la façade et de renforcer l'image d'une proue arrondie. En parallèle, la présence des brise-soleil horizontaux permet d'améliorer le confort d'été dans les bureaux. Enfin, les nouvelles isolations mises en œuvre pour la toiture et les planchers bas permettent de réduire les déperditions thermiques.

Côté équipement, une réfection complète des systèmes de ventilation, de chauffage, de climatisation, la mise en place de détection de présence pour l'éclairage sur les plateaux de bureaux et l'installation d'une gestion technique centralisée contribuent à l'obtention du label BBC-Effinergie rénovation.

Au final, le bouquet de travaux proposé a permis de réduire les consommations énergétiques d'un facteur 2,8 et les émissions de GES d'un facteur 2,7.

Cette fiche présente les solutions techniques et économiques retenues par le maître d'ouvrage.

Consommations énergétiques

Logement économe

AVANT APRES

77 kWh/m².an

Émissions de gaz à effet de serre

Faible émission de GES

AVANT APRES

3 kggeCO2/m².an

Observatoire **BBC effinergie**

En octobre 2009, le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE), l'ADEME et l'association Effinergie officialisent le lancement d'un outil de partage d'expérience sur les opérations de bâtiments basse consommation.

OBSERVATOIRE BBC
EFFINERGIE
PROMOTELEC SERVICES
QUALITELE
CERTIVEA
PRESTATERR

CONTACTEZ NOUS

MENTIONS LEGALES
© 2020 Observatoire BBC

Conclusion et perspectives

LES GRANDS ENSEIGNEMENTS

Une rénovation BBC* de bâtiment tertiaire est avant tout une rénovation bas carbone en exploitation qui est le résultat d'une approche **globale*** concernant l'ensemble des postes de travaux. Elle permet de réduire les consommations d'**énergie primaire*** par un facteur 4,4 et les émissions de GES en exploitation par un facteur 9,5. Ces bénéfices sont obtenus en réduisant les besoins et en priorisant les actions sur l'enveloppe avec des résistances de parois renforcées. Les équipements sont performants et dimensionnés par rapport aux besoins avec une majorité de ventilation double flux et de solutions de chauffage décarbonées.

90 % des rénovations BBC* ont une consommation énergétique inférieure au seuil requis en valeur absolue pour 2030 et atteignent, en partie, les objectifs en valeur relative. En effet, 62 % des bureaux rénovés BBC (n = 168) sont conformes à l'exigence du **DEET*** à horizon 2030, 32 % en 2040 et 18 % en 2050. En parallèle, 92 % des bâtiments d'enseignement rénovés BBC (n = 39) sont conformes à l'exigence du DEET en valeur relative à horizon 2030, 85 % en 2040 et 64 % en 2050.

Par ailleurs, les leviers pour réduire les consommations énergétiques ne sont pas uniquement liés à la réduction des consommations réglementaires. Comme indiqué au paragraphe 5.2.2, des actions de sobriété sur les usages mobiliers et immobiliers doivent être mobilisées pour atteindre les objectifs. Un travail d'optimisation de l'exploitation des équipements et une réelle action de sensibilisation des occupants²⁴ peuvent permettre d'atteindre 10 % d'économie d'énergie supplémentaire et ne doivent pas être négligés.

Les rénovations BBC* de bâtiments de bureaux et d'enseignement présentent un coût moyen de travaux de rénovation énergétique respectivement de 440 €/m² SRT et de 530 €/m² SRT, soit environ un tiers du montant total des travaux hors VRD pour les deux typologies. Ces coûts varient significativement autour de la moyenne en fonction de la surface du bâtiment, de sa période de construction et de sa performance énergétique avant travaux. Les différents seuils du DEET sont atteints à hauteur d'un investissement (en travaux de rénovation énergétique, environ 30 à 40 % du montant total des travaux) d'environ 300 €/m² (pour l'objectif – 40 % de 2030), 500 €/m² (pour l'objectif – 50 % de 2040) et 600 €/m² (pour l'objectif – 60 % de 2050). Il est à noter que le surcoût engendré par l'atteinte de l'objectif 2050 par rapport à celui de 2030 est deux fois plus élevé. En termes d'efficience de l'euro investi, il semble être plus intéressant d'atteindre directement l'objectif 2050 par rapport à l'objectif 2040.

UNE STRATÉGIE PATRIMONIALE À ADOPTER

Au-delà des aspects technico-économiques relatifs à une rénovation BBC*, chaque gestionnaire de patrimoine immobilier assujéti est libre d'atteindre les objectifs du DEET* selon le cadencement imposé ou d'aller plus vite voire plus loin. Avant de prendre une quelconque décision sur la stratégie à adopter face à ce dispositif réglementaire, il devra avoir réalisé certaines actions préalables incontournables pour une gestion de patrimoine immobilier efficiente :

- l'organisation de sa maîtrise d'ouvrage et notamment par des moyens humains dédiés et adaptés ;

24. Pour aller plus loin : Économiser l'énergie – Les collèges et lycées se mobilisent : retours d'expérience du challenge CUBE.S (Cerema, 2022).



- l'acquisition d'une pleine connaissance de son patrimoine (recensement, état technique et réglementaire, réglementation associée...);
- l'adoption d'une approche en **coût global** pour permettre la prise en compte de l'ensemble des coûts tout au long de la vie du bâtiment, et la mise en perspective des coûts engendrés par l'exploitation et les externalités dans l'objectif de choisir le scénario de rénovation qui lui paraît le plus pertinent ;
- la rédaction d'une stratégie de gestion patrimoniale (immobilière et financière) devant notamment aboutir à la rédaction d'un **plan d'intervention pluriannuel**, jumelé à un plan de financement. Un tel document permettra une meilleure anticipation et de ce fait une plus grande disponibilité et réactivité face aux appels à projets et autres sources de financement externes.

UNE NOUVELLE APPROCHE FINANCIÈRE À TROUVER

Les enjeux environnementaux et sociétaux de sobriété ne permettent plus de s'interroger sur la nécessité de rénover le parc tertiaire existant. Il ne s'agit plus de savoir si l'on va faire, mais de savoir comment et quand. Au-delà des aspects techniques, la question du financement devient alors prégnante. De nombreux outils innovants sont désormais à la disposition des maîtres d'ouvrage (*intracting*, recours au paiement différé dans les marchés globaux de performance énergétique ouvert par la loi du 30/03/2023, différents types de subventions, plans nationaux, CEE, etc.). Chaque gestionnaire doit élaborer, en parallèle de sa stratégie immobilière, sa propre stratégie financière en fonction de ses moyens humains, financiers propres et de son patrimoine.



Annexes

1. Glossaire	76
2. Ressources	78

GLOSSAIRE

→ **Bouquets de travaux** : notion définie dans l'article L. 100-1A du Code de l'énergie et déclinée ici en regroupements de 2 à 8 postes de travaux de rénovation énergétique.

→ **Catégorie CE1 et CE2** : un local est de catégorie de contraintes extérieures 2 (CE2) s'il est muni d'un système de refroidissement et s'il est soumis à des contraintes particulières (exposition au bruit, zone climatique très chaude, situation au sein d'une zone de commerces, à usage de spectacle, d'établissement sanitaire...) définies dans l'arrêté du 13 juin 2008 « relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants ». Les autres locaux sont de catégorie de contraintes extérieures 1 (CE1).

→ **Consommation de référence RT** : la consommation de référence du bâtiment (notée $C_{ep_réf}$) est la consommation conventionnelle d'**énergie finale*** du bâtiment en projet, calculée sur la base des caractéristiques de référence données dans le titre II de l'arrêté du 13 juin 2008 « relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants ». Il s'agit d'une consommation calculée sur les 5 postes réglementaires (chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire et auxiliaires (pompes et ventilateurs)) à partir des données relatives aux modes constructifs et équipements du bâtiment alors que dans le cadre du DEET, il s'agit d'une consommation réelle.

→ **Consommation de référence « DEET »** : dans le cadre du DEET, la consommation de référence est la consommation d'énergie finale réelle (issue de relevés ou de factures et donc tous usages confondus) de l'entité fonctionnelle assujettie sur l'année de référence choisie par l'assujetti entre 2010 et 2019. Cette année de référence peut correspondre également, par défaut, à l'année 2020 s'il s'agit de la première année pleine d'exploitation dont les données de consommations énergétiques sont remontées sur la plateforme OPERAT.

→ **Consommations non réglementaires ou d'électricité spécifique** : elles correspondent aux consommations d'énergie des équipements mobiliers (bureautique, audiovisuel, électroménager...) et immobiliers (ascenseurs, portes automatiques, éclairage de sécurité, monte-charges, interphones, volets roulants, ventilation des parkings...) du bâtiment.

→ **CVC** : Chauffage ventilation climatisation.

→ **DEET** : Dispositif Éco Énergie Tertiaire.

→ **Énergie finale (Ef)** : l'énergie finale, également dénommée énergie disponible, est l'énergie qui est livrée au compteur d'énergie des bâtiments, sous différentes formes (gaz, fioul, bois ou électricité) et qui correspond à la facture du fournisseur d'énergie.

→ **Énergie primaire (Ep)** : l'énergie primaire est l'énergie disponible dans la nature avant transformation. Elle intègre les pertes énergétiques lors des différentes étapes (production, transformation, transport, distribution, stockage) avant son acheminement jusqu'au compteur d'énergie des bâtiments.

→ **Plastique alvéolaire** : ensemble des isolants regroupant le polyuréthane, le polystyrène expansé, etc.

→ **Postes de travaux de rénovation énergétique** : au sens du Code de la construction et de l'habitation (CCH), les postes de travaux de rénovation énergétique sont définis dans l'article L. 111-1 et concernent l'isolation des murs, l'isolation des planchers bas, l'isolation de la toiture, le remplacement des menuiseries extérieures, la ventilation, la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire ainsi que les interfaces associées. Dans cette étude, il a été choisi de regrouper les postes de travaux par bouquets. Des interventions sur les murs extérieurs, la toiture, le plancher bas et/ou les menuiseries extérieures porteront sur l'enveloppe du bâtiment. Des interventions sur le chauffage, la ventilation, le refroidissement et/ou l'eau chaude sanitaire porteront sur le lot CVC du bâtiment. À noter que le refroidissement et l'éclairage ne sont pas évoqués par le CCH, ciblant l'habitat.

→ **Production locale d'électricité** : énergie produite sur site (solaire photovoltaïque, cogénération, éolien...).

→ **Refroidissement DRV ou VRV** : systèmes de climatisation respectivement à débit de Réfrigérant Variable ou volume de Réfrigérant Variable.

→ **Refroidissement eau VCV** : systèmes de climatisation *via* un ventilo-convecteur à eau.

→ **Rénovation BBC** : dans le cadre de cette étude, la rénovation BBC est définie par l'arrêté du 29 septembre 2009²⁵ relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique rénovation ». Elle se caractérise par une approche globale réalisée en une étape. Les exigences de l'arrêté sont complétées par les règles techniques de l'association Effinergie dont le label BBC Effinergie rénovation est délivré par des organismes certificateurs conventionnés. Les objectifs de ce label sont notamment de réduire les consommations énergétiques réglementaires de 40 % par rapport à **la consommation de référence RT*** et, depuis octobre 2021, d'émettre moins de 10 kgCO₂/m².an. Des exigences complémentaires et des mesures *in situ* permettent de s'assurer du bon

fonctionnement des systèmes de ventilation, de renforcer la qualité de l'enveloppe et l'adaptation au changement climatique en périodes estivales, mais également de mettre en place des mesures pour limiter les impacts qui portent atteinte à la biodiversité.

→ **Rénovation performante et globale** :

la rénovation globale est définie dans l'article L. 111-1 du Code de la construction et de l'habitation (CCH). Une rénovation énergétique performante est qualifiée de globale lorsque six postes de travaux ont été traités et lorsqu'elle est réalisée dans un délai maximal ne pouvant être fixé à moins de dix-huit mois pour les bâtiments ou parties de bâtiment à usage d'habitation ne comprenant qu'un seul logement ou à moins de vingt-quatre mois pour les autres bâtiments ou parties de bâtiment à usage d'habitation.

→ **Surface de référence** : la surface de référence correspond à la surface utilisée dans les règles techniques du label BBC rénovation. Elle a évolué au fil du temps (SHON, SHONRT, SURT x Coefficient) en fonction des différents courriers, en dates du 5 août 2011 et du 11 décembre 2015, communiqués par la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages du ministère.



25. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000021089668/>

RESSOURCES

TEXTES ET RESSOURCES RÉGLEMENTAIRES

→ **Décret du 23 juillet 2019**, publié le 25 juillet 2019 au *Journal officiel*, relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire.
Objet : il détermine les conditions d'application des dispositions prévues à l'article L. 174-1 du Code de la construction et de l'habitation. Entré en vigueur le 1^{er} octobre 2019, il a été codifié dans le Code de la construction aux articles R. 174-22 à R. 174-32 et à l'article R. 185-2.

→ **Arrêté du 10 avril 2020**, publié le 3 mai 2020 au *Journal officiel*, dit « Arrêté méthode », relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire.

Objet : il précise le cadre méthodologique des dispositions prévues dans le décret susvisé et définit notamment avant le début de chaque décennie les objectifs exprimés en valeurs absolues pour chacune des catégories d'activités pour la décennie à venir.

→ **Arrêté du 24 novembre 2020**, publié le 17 janvier 2021 au *Journal officiel*, modifiant l'arrêté du 10 avril 2020, dit « Arrêté valeurs absolues I ».

Objet : il fixe les valeurs absolues pour les principales catégories d'activité concernées par le Dispositif Éco Énergie Tertiaire et le cadre des tables de données collectées sur la plateforme OPERAT.

→ **Arrêté du 13 avril 2022**, publié le 24 avril 2022 au *Journal officiel*, modifiant l'arrêté du 10 avril 2020, dit « Arrêté valeurs absolues II ».

→ **Arrêté du 28 novembre 2023**, publié le 10 décembre 2023 au *Journal officiel*, modifiant l'arrêté du 10 avril 2020, dit « Arrêté valeurs absolues III ».

→ **Arrêté du 20 février 2024**, publié le 14 mars 2024 au *Journal officiel*, modifiant l'arrêté du 10 avril 2020, dit « Arrêté valeur absolue IV ».

→ **Plateforme de recueil et de suivi des consommations d'énergie du secteur tertiaire OPERAT** - <https://operat.ademe.fr/#/public/home>



RESSOURCES TECHNIQUES

- **ADEME Bourgogne Franche-Comté**, *Le Décret tertiaire : l'essentiel sur l'enjeu de rénovation pour les collectivités, Périmètre d'application et modalités de mise en œuvre*, mai 2022, 26 pages.

- **CEREMA**, *Mise en œuvre pas à pas des premières étapes du Dispositif Éco Énergie Tertiaire, Méthodologie CEREMA*, juin 2023, CeremaWeb : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/eco-energie-tertiaire-cerema-publie-deux-outils-accompagner>

- **CEREMA**, *Enseignements des bâtiments performants en énergie – Agir sur les autres équipements immobiliers*, avril 2021, 16 pages.

- **CEREMA**, *Bâtiments publics - Réaliser des économies d'énergie*, septembre 2022, 12 pages.

- **CEREMA**, Outil de recensement des différents modes de financements existants librement téléchargeable à partir du dossier de presse au lien ci-après : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/financement>

- **CEREMA**, *La Réhabilitation du patrimoine immobilier – Panorama des vecteurs contractuels et financiers*, décembre 2022, 31 pages.

- **CEREMA**, *Économiser l'énergie – Les collèges et lycées se mobilisent : retours d'expérience du challenge CUBE.S*, 2022.

- **CGDD Service de l'économie verte et solidaire**, *Scénarios de rénovation énergétique des bâtiments tertiaires – Quelles solutions pour quels coûts à l'horizon 2050 ?*, décembre 2020, 106 pages.

- **CITRON**, *Le Guide complet du décret tertiaire – Transformez votre contrainte réglementaire en opportunité économique*, août 2020, 20 pages.

- **CNCC-PERIFEM-PROCOS-ALLIANCE DU COMMERCE**, *Guide des bonnes pratiques Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET)*, mai 2022, 22 pages.

- **EFFINERGIE**, *Observatoire BBC – Guide méthodologique : comment analyser les coûts associés à une rénovation énergétique ?*, juin 2021, 14 pages.

- **EFFINERGIE**, *Observatoire BBC*, www.observatoirebbc.org

- **FNCCR**, *Guide décret tertiaire : quelles obligations pour les bâtiments ?*, octobre 2019, 2 pages.

- **Michel Jouvent, Michaël Terrom**, *Mettre en œuvre la réglementation Éco Énergie Tertiaire*, avril 2022, 188 pages.

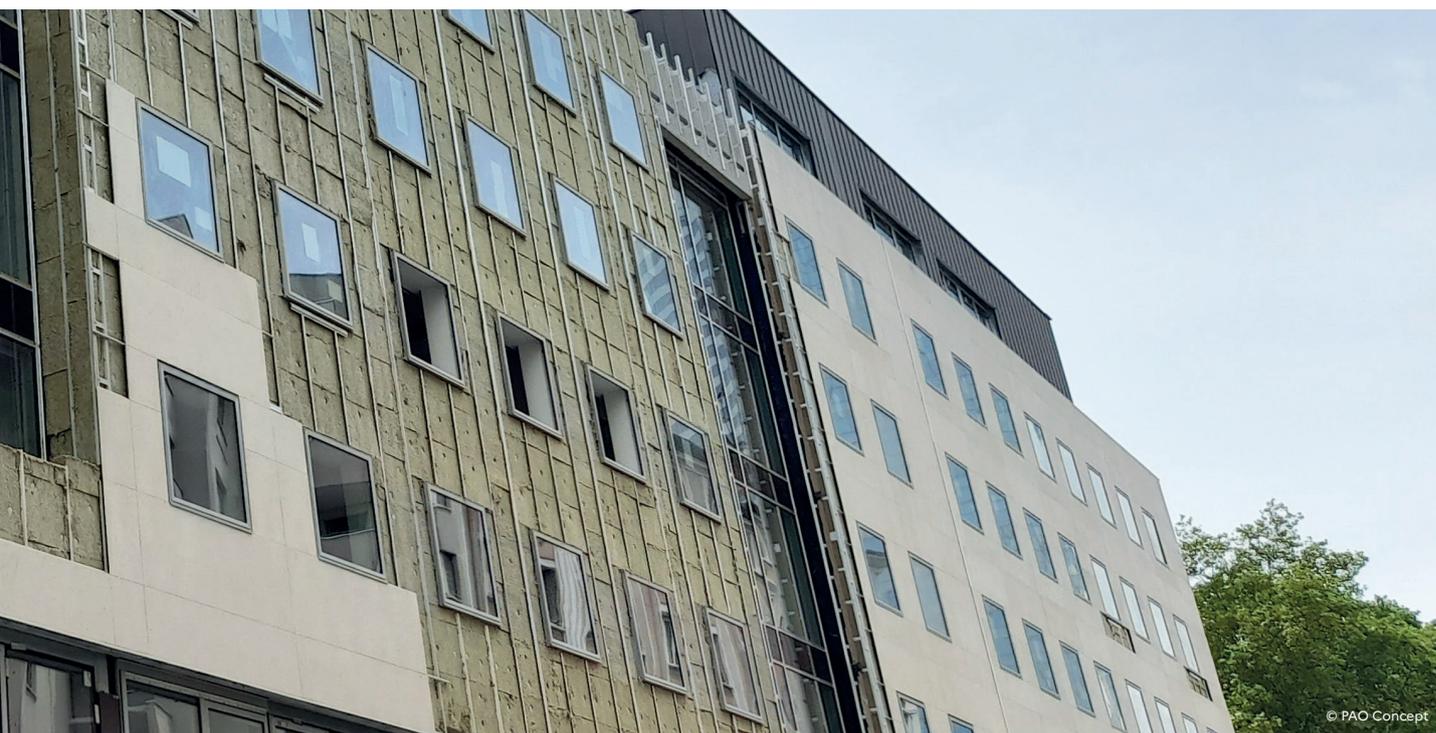


TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	2
Introduction	6
Synthèse	8
Chapitre 1 - Le contexte réglementaire	12
1. Le Dispositif Éco Énergie Tertiaire : un dispositif ambitieux	14
2. Le label BBC rénovation	16
Chapitre 2 - La rénovation BBC en tertiaire	18
1. L'enveloppe	20
1.1 Les murs	20
1.2 Les planchers bas	23
1.3 Les toitures	24
1.4 Les menuiseries extérieures	25
2. Les systèmes	26
2.1 Le chauffage et le refroidissement	26
2.2 La ventilation	28
2.3 L'éclairage	29
3. Les bouquets de travaux	30
4. Les performances	32
4.1 L'étanchéité à l'air	32
4.2 Les déperditions du bâtiment	33
4.3 La consommation énergétique	34
4.4 Les émissions de GES	35
Chapitre 3 - Quelle compatibilité des rénovations BBC avec les exigences du Dispositif Éco Énergie Tertiaire ?	36
1. BBC/DEET : méthodologie pour lier ces deux approches	40
1.1 Objectifs du DEET : en valeur absolue ou relative ?	40
1.2 L'expression d'une rénovation BBC au regard de l'exigence en valeur relative du DEET	41
2. Les principaux résultats	44
2.1 La compatibilité des rénovations BBC avec les objectifs du DEET	44
2.2 Les facteurs clés	46
2.3 Le profil des bâtiments n'atteignant pas les objectifs du DEET en valeur relative et en valeur absolue	47

Chapitre 4 - Approche économique	48
1. Les chiffres clés de la rénovation tertiaire BBC	52
1.1 Les bureaux	53
1.2 Les bâtiments d'enseignement	56
2. Quels coûts pour atteindre les objectifs DEET (en valeur relative) ?	60
2.1 Les bâtiments de bureaux	60
2.2 Les bâtiments d'éducation	63
3. Des externalités positives à valoriser	64
Chapitre 5 - Deux retours d'expériences	66
1. Le groupe scolaire Baudin	68
2. Rénovation du siège social du groupe PERIAL	70
Conclusion et perspectives	72
Annexes	74
1. Glossaire	76
2. Ressources	78

Low-energy tertiary building renovation for energy savings

Technical and economic benchmarks for applying the Eco Energie Tertiaire scheme

The non-residential eco-energy scheme²⁶ (DEET) aims to reduce the energy consumption of non-residential buildings covering more than 1,000m². It encourages owners and occupants to carry out energy saving actions to achieve, in stages, a 60% reduction by 2050 compared to 2010. The BBC-Effinergie label has made it possible since 2009 to undertake efficient renovations on 4.6M m², in the non-residential sector by reducing energy consumption and greenhouse gas emissions.

This document explains the principles on which low-energy building renovations are based. Based on examples from the Effinergie BBC Observatory, it details the energy performance obtained with the various technical solutions used. It proposes an economic analysis and an estimate of the amounts to be expected to reach the different levels of the DEET.

It therefore shows the **compatibility of a low-energy building renovation with the DEET roadmap.**

²⁶. Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET).

Renovación BBC en el sector terciario para fomentar el ahorro de energía

Referencias técnicoeconómicas para aplicar el Dispositif Éco Énergie Tertiaire

El Plan ecoenergético en el sector terciario²⁷ (DEET) pretende reducir el consumo de energía en aquellos edificios del sector terciario de más de 1.000 m², y anima a propietarios y ocupantes a adoptar medidas de ahorro energético para alcanzar el objetivo de reducir el consumo de energía en un 60 % de aquí a 2050 con respecto a los niveles de 2010. Por otro lado, el sello BBC-Effinergie se ha venido utilizando desde 2009 para llevar a cabo renovaciones eficientes desde un punto de vista energético en 4,6 millones de m² de edificios del sector terciario reduciendo el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta publicación explica los principios en los que se basan las renovaciones de tipo BBC (edificio de bajo consumo). A partir de ejemplos del observatorio BBC de Effinergie, en ella se detalla el rendimiento energético conseguido con las distintas soluciones técnicas utilizadas. Ofrece un análisis económico y una estimación de los costes necesarios para alcanzar los distintos niveles que establece el DEET.

De este modo, demuestra la **compatibilidad de una renovación BBC con la hoja de ruta del DEET**.

27. Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET).

© 2024 – Cerema

LE CEREMA, L'EXPERTISE PUBLIQUE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés.

Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 26 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique Publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L. 122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et L. 335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions (P. Marchand)

Conception graphique : Farénis

Mise en page : PAO Concept

Photo de couverture : iStock/EnginKorkmaz

Photos : Les illustrations des pages à 68 à 71 sont des copies d'écran du site Observatoire BBC www.observatoirebbc.org

Impression : Dupliprint – 733 rue Saint Leonard – 53100 Mayenne – Tél. 02 43 11 09 00

Achévé d'imprimer : juillet 2024 – Dépôt légal : juillet 2024

ISBN : 978-2-37180-670-2 (imprimé) ISBN : 978-2-37180-669-6 (pdf) ISSN : 2276-0164

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25, avenue François Mitterrand CS 92803 – 69674 Bron Cedex – France

www.cerema.fr

RÉNOVATION BBC ET EXIGENCES DU DISPOSITIF ÉCO ÉNERGIE TERTIAIRE

Repères technico-économiques pour passer à l'action

Le label BBC Effinergie a permis depuis 2009, d'engager des rénovations performantes sur 4.6M m², dans le secteur tertiaire en réduisant la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Depuis 2019, le Dispositif Éco Énergie Tertiaire (DEET) vise à réduire la consommation énergétique des bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m² et encourage propriétaires et occupants à réaliser des actions d'économies d'énergie pour atteindre, par palier, l'objectif de diminution de 60 % en 2050 par rapport à 2010.

À partir d'exemples issus de l'observatoire BBC d'Effinergie, cet ouvrage explique les principes sur lesquels s'appuient les rénovations BBC. Il détaille les performances énergétiques obtenues avec les différentes solutions techniques utilisées. Il en propose une analyse économique et une estimation des montants à prévoir pour atteindre les différents paliers du DEET.

Il montre ainsi la **compatibilité d'une rénovation BBC avec la feuille de route du DEET.**



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT | MOBILITÉS |
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT | ENVIRONNEMENT & RISQUES |
MER & LITTORAL