



LES INDICATEURS DE LA RENOVATION BBC-EFFINERGIE



Cette étude, destinée aux partenaires de l'Observatoire BBC, a pour objectifs de présenter les principaux modes constructifs, équipements et performances énergétiques des projets référencés dans l'Observatoire BBC.

Ces projets sont :

- Soit certifiés BBC-Effinergie,
- Soit lauréats des appels à projets, lancés par les Directions Régionales de l'ADEME et les Régions, avec un niveau BBC

Sommaire

1	Contexte :	3
2	Le périmètre de l'étude:	4
2.1	L'aspect quantitatif	4
2.2	L'aspect géographique	4
2.3	L'origine des projets	4
3	Résultats et Analyse :	5
3.1	L'Architecture :	5
3.1.1	En logement individuel	5
3.1.2	En logement collectif	5
3.1.3	En tertiaire	6
3.2	La performance énergétique:	7
3.2.1	En logement individuel	7
3.2.2	En logement collectif	8
3.2.3	En tertiaire	9
3.3	Le Bâti	11
3.3.1	En logement individuel	11
3.3.2	En logement collectif	12
3.3.3	En tertiaire	14
3.4	Les Systèmes de Chauffage	15
3.4.1	En logement individuel	15
3.4.2	En logement collectif	15
3.4.3	En tertiaire	15
3.5	Les Systèmes de Ventilation	16
3.5.1	En logement individuel	16
3.5.2	En logement collectif	16
3.5.3	En tertiaire	16
3.6	Le Photovoltaïque :	17
3.6.1	En logement individuel et collectif	17
3.6.2	En tertiaire	17
4	Les bouquets de travaux	18
4.1	Maisons Individuelles	18
	Les principaux enseignements sont :	18
4.2	Logements collectifs	18
	Les principaux enseignements sont :	19
5	Analyse Economique	20
5.1	Avant propos :	20
5.2	Maisons Individuelles	20
5.3	Logements collectifs	20
5.4	Tertiaire	20

1 Contexte :

Dans un contexte post-Grenelle de l'Environnement et l'avènement de la généralisation des bâtiments basse consommation, il semblait nécessaire de répondre aux enjeux suivants :

- Comment accompagner les professionnels?
- Comment analyser techniquement et économiquement les bâtiments basse consommation réalisés ?
- Comment diffuser les bonnes pratiques ?

En octobre 2009, afin d'apporter une réponse concrète à ces interrogations, le MEEDDM, l'ADEME, et Effinergie, soutenus par le collectif Isolons la Terre contre le CO2 et les régions Basse Normandie, Languedoc-Roussillon, Bretagne, Midi-Pyrénées, PACA, Centre, Poitou Charente, Alsace, Rhône-Alpes et Franche Comté, ont créé l'Observatoire BBC. (www.observatoirebbc.org)

Important :

Il faut souligner que les résultats présentés sont issus d'un échantillon décrits dans le chapitre suivant. La sélection des projets est basée sur le contenu de l'information communiquée (étude thermique, données techniques, planning, ...) et l'autorisation des maîtres d'ouvrage à exploiter les données. Cette étude propose une illustration des bâtiments BBC sur un périmètre et à un instant donné.

Cet Observatoire référence les lauréats des appels à projets lancés par les Régions et les Directions Régionales de l'ADEME et les projets labellisés par les organismes certificateurs CEQUAMI, CERQUAL, CERTIVEA et PROMOTELEC.

A partir des données enregistrées, l'Observatoire peut réaliser des études sur un ensemble de critères tels que les techniques employées, les performances énergétiques, ...

Ces études contribuent à préparer les futurs réglementations et labels, d'évaluer leur impact, de prévoir les axes d'innovation et de développement pour accompagner les professionnels en terme de formation.

Cette étude est la première étude réalisée par l'Observatoire BBC sur la rénovation.



Figure 1 : Habitat 52/69 Picardie – Source : Observatoire BBC

2 Le périmètre de l'étude:

2.1 L'aspect quantitatif

Cette étude est basée sur un échantillon de 149 bâtiments résidentiels et de 62 bâtiments tertiaires. L'ensemble de ce périmètre correspond à 421 485 m² SHON dont :

- 276 255 m² en résidentiel
- 145 230 m² en tertiaire.

La répartition des bâtiments, suivant leur usage, est présentée dans le tableau 1.

Dans le résidentiel, près de 75% des bâtiments sont des logements collectifs et 25% sont des maisons individuelles en secteur diffus.

	Nombre de bâtiments
Habitation Logement Individuel	36
Habitation Logement collectif	112
Tertiaire	62

Tableau 1: Répartition des bâtiments par usage

Dans le tertiaire, les bâtiments sont principalement des bureaux (58%) et des bâtiments à usage d'enseignement (24%). Dans la suite du rapport, les autres bâtiments tertiaires ne seront pas étudiés à cause de leur faible représentativité (Salles, Hébergement, ...)

2.2 L'aspect géographique

La représentativité climatique est présentée dans la figure 2.

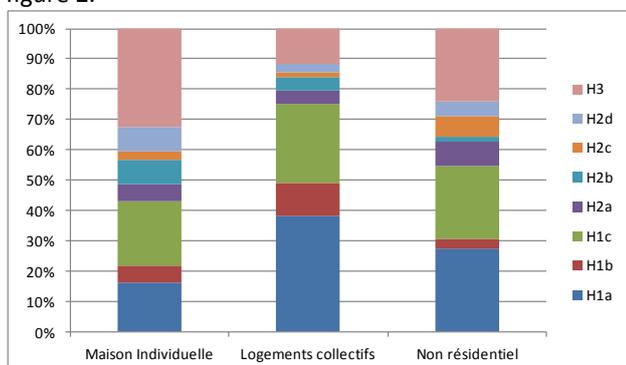


Figure 2 : Représentation Géographique de l'échantillon de l'étude en nombre de bâtiments

En maisons individuelles en secteur diffus, aucune étude ne sera réalisée sur les bâtiments en zone H2 à cause du faible nombre de bâtiments référencés.

En logements collectifs, on constate que les bâtiments de

l'échantillon sont principalement en zone H1 (75%). Cette répartition est identique à celle observée sur l'ensemble des projets certifiés BBC-Effinergie rénovation.

2.3 L'origine des projets

L'Observatoire BBC référence les projets certifiés par les organismes certificateurs, les lauréats des appels à projets PREBAT ADEME/REGION et tous autres projets ayant le niveau BBC-Effinergie après accord du comité technique.

Les projets issus des Appels à Projets PREBAT sont des bâtiments exemplaires associés à une politique régionale. Les projets certifiés peuvent être le fruit d'une démarche individuelle, d'un positionnement stratégique d'un maître d'ouvrage,Par conséquent, le contenu des projets (choix technologiques, localisation,...) peut être différent suivant leur origine.

Maisons individuelles en secteurs diffus

Sur l'échantillon étudié, 58% des projets sont issus d'une certification et 42% sont des lauréats des appels à projet PREBAT.

Dans le cadre d'une certification, 29% des projets sont issus de dossiers déposés chez Céquami, 71% ont été déposés chez Promotelec.

La répartition des projets étudiés entre Céquami et Promotelec est représentative de la réalité.

Logements collectifs :

Sur l'échantillon étudié, 46% des projets sont issus d'une certification (84% Cerqual – 16% Promotelec) et 54% sont des lauréats des appels à projets PREBAT.

Les bâtiments référencés sont très majoritairement des logements sociaux (84%).

Tertiaire :

Sur l'échantillon étudié, les bâtiments à usage de bureaux sont équitablement répartis entre des projets certifiés et des lauréats d'appels à projets PREBAT.

Les bâtiments à usage d'enseignement sont exclusivement des lauréats d'appel à projets PREBAT.

Enfin, afin de valider les tendances et les résultats issus de cet échantillon, des parallèles seront réalisés avec :

- un rapport réalisé par l'ADEME intitulé « les bâtiments exemplaires BBC PREBAT Bilan 2007 – 2012 »
- les rapports d'activité des organismes certificateurs

3 Résultats et Analyse :

3.1 L'Architecture :

Ce premier chapitre a pour objectif de fournir quelques chiffres clés sur les projets BBC. Certaines de ces données sont analysées plus en détail dans les pages suivantes.

Afin d'étudier l'architecture du bâtiment, l'Observatoire BBC a décidé d'analyser :

- la surface (SHON et Shab) des projets
- le rapport SHON/Shab
- la compacité du bâtiment (ratio entre la surface des parois extérieures et la SHON)
- le rapport entre les pertes totales (HT) et la SHON

3.1.1 En logement individuel

Logement	SHON avant (moyenne)	SHON après (moyenne)	Shab avant (moyenne)	Shab après (moyenne)	SHON/Shab (moyenne)	Compacité (moyenne)	HT/SHON (moyenne)
Maison Individuelle secteur diffus	152	172	119	141	1.15	2.2	0.93

Tableau 2 : Données générales logements individuels

Les Surfaces

On constate, en moyenne, une augmentation de la surface habitable et de la shon après travaux. Sur l'échantillon étudié, cette augmentation de surface est liée à la mise en œuvre d'une extension dans près de 28% des projets de rénovation. Les surfaces des extensions varient du simple ou triple en fonction des projets.

Le rapport SHON/Shab est identique avant et après les travaux

Compacité et pertes thermiques

On constate que la compacité des bâtiments est plus faible après les travaux de rénovation (2,31 au lieu de 2,52). L'ajout des extensions permet ainsi de gagner en compacité.

Par ailleurs, après les travaux de rénovation, les pertes

thermiques par unité de surface (SHON) sont réduites de 4,5 W/(K.m²) à 0,89 W/(K.m²) soit un facteur 5.

Inertie et Confort d'été

En logement individuel, l'inertie quotidienne des bâtiments est considérée comme moyenne dans la plupart des projets (70%). Elle est « lourde ou très lourde » dans 28% des projets et « légère ou très légère » dans 2% des cas.

Le gain moyen entre la température intérieure conventionnelle de référence et celle du projet est de l'ordre de 2,8°C. Cet écart est plus important en H1a (4,3 °C) et H1b (3,2°C) A contrario, cet écart est plus faible dans la zone H2d (1°C) et H3 (2,6°C).

En complément, la Tic projet moyenne demeure élevée (28.3°C).

3.1.2 En logement collectif

Logement	SHON avant (moyenne)	SHON après (moyenne)	Shab avant (moyenne)	Shab après (moyenne)	SHON/Shab (moyenne)	Compacité (moyenne)	HT/SHON (moyenne)
Logements Collectifs	2695	2649	2537	2305	1.3	1.29	0.8

Tableau 3 : Architecture - Données générales logements collectifs

Les Surfaces

Sur l'échantillon étudié, on n'observe pas en moyenne d'évolution majeure des surfaces avant et après travaux.

Cependant, près de 28% des projets rénovés ont une SHON modifiée. Plus précisément, 10% de ces projets ont bénéficié d'une extension. A contrario, 18% de ces projets ont une SHON inférieure après travaux.

Les bâtiments collectifs (après et avant travaux) présentent une compacité (1,32) plus performante que les maisons individuelles (2,2).

Par ailleurs, après les travaux de rénovation, les pertes thermiques par unité de surface (SHON) sont réduites de 2,42 W/(K.m²) à 0,78 W/(K.m²) soit un facteur 3.

Inertie et Confort d'été

Compacité et pertes thermiques

En logement collectif, l'inertie quotidienne des bâtiments est majoritairement « lourde ou très lourde » (58%). Elle est moyenne dans 36% des cas et seulement « légère ou très légère » pour 6% des projets.

Cependant, la répartition évolue en fonction de la zone climatique et des systèmes constructifs utilisés.

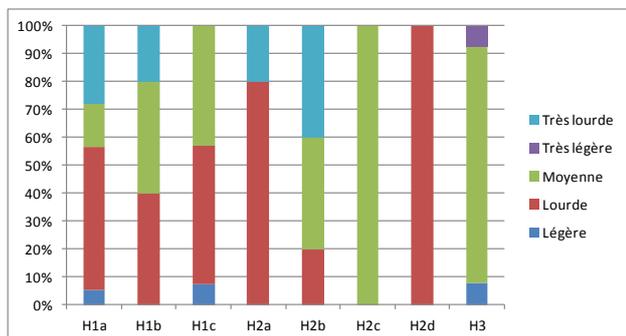


Figure 3 : Type d'inertie en logements collectifs par zone climatique

Le gain moyen entre la température intérieure conventionnelle de référence (Tic Ref) et celle du projet (Tic projet) est de l'ordre de 2,9°C. Cet écart est plus important en H1a (3,4 °C) et H1b (3,3°C). A contrario, cet écart est plus faible dans les zones H2c (1,9°C), H2d (2°C) et H3 (2°C).

En complément, la Tic projet moyenne évolue autour de 26,7°C.

3.1.3 En tertiaire

Tertiaire	SHON avant (moyenne)	SHON après (moyenne)	Compacité (moyenne)	HT/SHON (moyenne)
Bureaux	4073	4020	1.53	0.78

Tableau 4 : Données générales tertiaire

Les Surfaces

On constate, en moyenne, pas de modification de la shon après travaux.

Compacité et pertes thermiques

Par ailleurs, la compacité du bâtiment évolue faiblement avec les travaux mis en œuvre : 1,29 avant travaux et 1,34 après travaux.

En parallèle, après les travaux de rénovation, les pertes

thermiques par unité de surface (SHON) sont réduites de 2,74 W/(K.m²) à 0,87 W/(K.m²) soit par un facteur 3.

Inertie et Confort d'été

En tertiaire bureaux, l'inertie quotidienne des bâtiments est considérée comme moyenne dans 47% projets. Elle est « lourde ou très lourde » dans 44% des projets et « légère ou très légère » dans 9 % des cas.

3.2 La performance énergétique:

Afin d'étudier les performances énergétique du bâtiment, l'Observatoire BBC a décidé d'analyser :

- Les déperditions thermiques : Ubat moyen, Gain entre Ubat projet /Ubat initial
- Les ponts thermiques : poids des pertes par ponts thermiques dans Ubat

3.2.1 En logement individuel

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, le coefficient Ubat moyen est de 0,43 W/(m².K). Pour mémoire, dans le neuf, le Ubat moyen est de 0,35 W/(m².K).

Cependant, on note un gain moyen de 70% par rapport au Ubat initial (avant travaux), soit un facteur 4,4 en moyenne.

Zone climatique	Ubat Projet (W/m ² .K)	Ubat Initial (W/m ² .K)	Gain (%)
H1a	0,44	2,0	78%
H1b	0,38	1,63	71%
H1c	0,36	1,62	65%
H2a	0,44	2,8	82%
H2b	0,39	1,89	78%
H2c	-	-	-
H2d	0,44	1,15	40%
H3	0,5	2,1	78%

Tableau 5 : Déperditions totales par zone climatique

Comme dans le neuf, la zone H3 demeure la zone climatique avec des bâtiments ayant les plus fortes déperditions (0,5 W/(m².K)).

Le Ubat varie de 0,45 W/(m².K) pour un chauffage au bois ou au gaz à 0,35 W/(m².K) pour un chauffage électrique.

Les ponts thermiques

Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 16.8%.

La perméabilité à l'air mesurée

Sur l'échantillon étudié, la perméabilité moyenne mesurée est de 0,7 m³/(h.m²) sous 4 Pa

La consommation énergétique...

Le niveau moyen de consommation énergétique en maison individuelles en secteur diffus est de **59,7 kWh/m².SHON**, soit un écart moyen au label de 22

- La perméabilité à l'air
- Le niveau de consommation énergétique : Cep, Ecart au label (avec et sans photovoltaïque)
- La décomposition de la consommation énergétique.

kWh/m².SHON, équivalent à un **gain de 27% par rapport aux exigences du label.**

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de **447 kWh/m².SHON**, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de **facteur 7.**

...et l'influence des zones climatiques et du niveau de consommation initial

Le tableau ci-dessous donne le niveau de consommation, le gain en % et le facteur de réduction des consommations énergétiques atteint après travaux, en fonction de la zone climatique.

Z.C	Nombre Projets	Cep initial*	Cep Projet*	Gain	Facteur
H1a	6	585,3	87,5	84,5	6,7
H1b	2	355	69,3	80,6	5,1
H1c	8	484,1	69,8	79,8	7
H2a	2	431,8	73,2	79,3	6
H2b	3	523,1	28,8	87,8	18
H2c	1	207,2	68,1	67,1	3
H2d	3	202,7	68,4	49,4	3
H3	12	418,6	39	89,3	10,7

* en kWh/m².SHON

Tableau 6 : Consommation énergétique par zone climatique

Dans ce contexte, on constate que l'objectif de réduction de facteur 4 est atteint sur l'ensemble du territoire. Par ailleurs, aucune corrélation n'a été trouvée entre l'année de construction du bâtiment et le gain énergétique (consommation avant/après).

La consommation du bâtiment par énergie de chauffage

Le niveau de consommation fluctue de 47,8 kWh/m².SHON pour un chauffage au bois à 69,9 kWh/m².SHON avec une solution électrique

Energie de chauffage	Nombre Projets	Cep BBC Projet*	Ecart au label*	Ecart au label
Bois	16	47,8	-30,7	39%

Electrique	5	69,9	-15,6	18%
Gaz	14	68,3	-13,9	17%

* en kWhep/m².SHON

Tableau 7 : Consommation énergétique par énergie de chauffage

La décomposition de la consommation d'énergie

Le tableau ci-dessous donne la décomposition de la consommation d'énergie en kWhep/m².SHON suivant l'énergie de chauffage. La consommation d'énergie ne prend pas en compte la production de photovoltaïque mais intègre le coefficient de 0,6 pour le bois (coefficient de conversion d'énergie finale en énergie primaire).

Energie	Chauffage	ECS	Aux.	Eclairage	Vent
Bois	22,5	12,9	3,28	6,3	5,7
Electrique	34,3	23,7	2,6	7,3	6
Gaz	34,7	20,6	3,1	7,1	3,4

3.2.2 En logement collectif

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, le coefficient Ubat moyen est de 0,63 W/(m².K). Pour mémoire, dans le neuf, le Ubat moyen est de 0,47W/(m².K).

Cependant, on note un gain moyen de 65% par rapport au Ubat initial (avant travaux), soit un facteur 3 en moyenne.

Zone climatique	Ubat Projet (W/m ² .K)	Ubat Initial (W/m ² .K)	Gain (%)
H1a	0,75	2,25	64%
H1b	0,50	2,15	73%
H1c	0,50	1,53	66%
H2a	0,63	1,5	54%
H2b	0,59*	-	-
H2c	0,37*	1,4	76%
H2d	0,60*	2,9	82%
H3	0,70	2,2	65%

Tableau 9 : Déperditions totales par zone climatique

*nombre de projets faibles

Les travaux de rénovation réalisés dans le cadre des projets BBC-Effinergie rénovation permettent de réduire de manière conséquente les déperditions de l'enveloppe. On constate que les déperditions du bâti sont plus faibles dans les zones climatiques H1b, H1c et H3.

Les ponts thermiques

Le pourcentage moyen de pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 19,6%. Ce niveau de performance est proche de celui observé en maisons individuelles après travaux. Dans le neuf, le poids des pertes thermiques était de 10 points

Tableau 8 : Décomposition de la consommation d'énergie

Le chauffage et l'ECS représentent près de 75% de la consommation d'énergie d'une maison individuelle en secteur diffus. Dans le cas d'un chauffage au bois ou à l'électricité, le chauffage contribue à 40% de la consommation et l'ECS à hauteur de 30%. Dans le cas d'une solution au gaz, la part du chauffage atteint près de 50%.

Le troisième poste de consommation est l'éclairage et correspond à près de 12% des consommations totales.

La ventilation représente 8% de la consommation d'énergie d'un bâtiment. Enfin, les auxiliaires représentent près de 5,5% des consommations énergétiques.

supérieur au pourcentage observé en maisons individuelles.

Par ailleurs, le système constructif influence ce niveau de performance. En effet, le poids des pertes par pont thermiques atteint près de 26% des déperditions totales dans le cas de bâtiment isolé par l'intérieur, alors qu'il chute autour de 17% dans le cas d'une isolation par l'extérieur ou « par l'intérieur et l'extérieur ».

La consommation énergétique...

Le niveau moyen de consommation énergétique en logement collectif est de **76,3 kWhep/m².SHON**, soit un écart au label moyen de **16,7 kWhep/m².SHON**, équivalent à un **gain de 18 % par rapport aux exigences du label**.

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de **307 kWhep/m².SHON**, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de **67%**, soit un **facteur 4**.

...et l'influence des zones climatiques

Le tableau ci-dessous donne le niveau de consommation, le gain en % et le facteur de réduction des consommations énergétique atteint après travaux, en fonction de la zone climatique.

Z.C	Nombre Projets	Cep initial*	Cep Projet*	Gain	Facteur
H1a	43	358	82,4	66%	4,3
H1b	12	276	74,1	69%	3,7
H1c	29	366	81,3	66%	4,5
H2a	5	199	66,5	66%	3

H2b	5		64,4		
H2c	2	395	55,6	90%	7,1
H2d	3	267	61,3	76%	4,3
H3	13	232	51,9	70%	4,5

* en kWhep/m².SHON

Tableau 10 : Consommation énergétique par zone climatique

Le gain par rapport à l'état initial est en moyenne de 67%. Par ailleurs l'objectif de réduction des consommations par un facteur 4 est atteint.

La consommation du bâtiment par énergie de chauffage

Le niveau de consommation fluctue de 64,6 kWhep/m².SHON pour un chauffage au bois à 80,8 kWhep/m².SHON pour les bâtiments connectés au réseau de chaleur.

Energie de chauffage	Nombre Projets	Cep BBC Projet*	Ecart au label*	Ecart au label
Bois	14	64,6	-18,4	
Electrique	4	73,4	-14,6	
Gaz	64	76,9	-17,8	
Réseau de chaleur	25	80,8	-14,2	

* en kWhep/m².SHON

Tableau 11 : Consommation énergétique par énergie de chauffage

La décomposition de la consommation d'énergie

3.2.3 En tertiaire

Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Après travaux, le coefficient Ubat moyen est de 0,63 W/(m².K). Pour mémoire, dans le neuf, le Ubat moyen est de 0,46 W/(m².K).

Cependant, on note un gain moyen de 58% par rapport au Ubat initial (avant travaux), soit un facteur 3 en moyenne.

Zone climatique	Ubat Projet (W/m ² .K)	Ubat Initial (W/m ² .K)	Gain (%)
H1a	0,74	1,98	52%
H1b	0,32		
H1c	0,52	1,99	69%
H2a	0,56	1,73	65%
H2b	0,45		
H2c	0,43		
H2d	0,70	0,96	55%
H3	0,72	2,27	68%

Tableau 13 : Déperditions totales par zone climatique

Le Ubat varie de 0,44 W/(m².K) pour un chauffage au bois à 0,81 W/(m².K) pour un chauffage connecté à un réseau de chaleur. Par ailleurs, lorsque le bâtiment est

Le tableau ci-dessous donne la décomposition de la consommation d'énergie en kWhep/m².SHON suivant l'énergie de chauffage. La consommation d'énergie ne prend pas en compte la production de photovoltaïque mais intègre le coefficient de 0,6 pour le bois (coefficient de conversion d'énergie finale en énergie primaire).

Energie	Chauffage	ECS	Aux.	Eclairage	Vent.
Bois	29,9	23,7	3,9	6,8	4,9
Electrique	17,8	36,3	4	8,13	4,7
Gaz	35,7	25,3	2	7,4	5,8
Réseau de Chaleur	39,5	23,1	3,8	7,8	5,5

Tableau 12 : Décomposition de la consommation d'énergie

Le chauffage et l'ECS représentent près de 78% de la consommation d'énergie d'un bâtiment collectif. Dans le cas d'un chauffage au gaz, la part du chauffage (45%) est supérieure à celle de l'ECS (34%). A contrario, dans les logements connectés à un réseau de chaleur, le chauffage représente plus de 50% de la consommation d'énergie – le chauffage représentant autour de 29% de la consommation.

Quelle que soit l'énergie de chauffage, l'éclairage est le troisième poste de consommation (10%). Avec une contribution à hauteur de 8%, la ventilation est le quatrième poste de consommation. Enfin, les auxiliaires représentent 4% de la consommation totale.

chauffé par une solution électrique le Ubat atteint 0,65 W/(m².K) en moyenne.

Les ponts thermiques

Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 18,7%.

La consommation énergétique...

Le niveau moyen de consommation énergétique pour les bâtiments de bureaux est de **68,1 kWhep/m².SHON**, soit un écart moyen au label de 12 kWhep/m².SHON.

Par ailleurs, avec une consommation initiale moyenne de **329 kWhep/m².SHON**, les bâtiments rénovés BBC-Effinergie permettent d'obtenir un gain énergétique de **facteur 4.85**.

...et l'influence des zones climatiques et du niveau de consommation initial

Le tableau ci-dessous donne le niveau de consommation, le gain en % et le facteur de réduction des consommations énergétiques atteint après travaux, en fonction de la zone climatique.

Z.C	Nombre Projets	Cep initial*	Cep Projet*	Gain	Facteur
H1a	16	286	78,8	66%	3,6
H1b	1		71,1		
H1c	8	418	78,1	71%	5,3
H2a	4	398	38,9	86%	10
H2b	1		57,3		
H2c	3		60,9		
H2d	2	258	31,8	94%	8,1
H3	1	235	26,2	88%	8,9

* en kWhep/m².SHON

Tableau 14 : Consommation énergétique par zone climatique

Dans ce contexte, on constate que l'objectif de réduction de facteur 4 est atteint sur l'ensemble du territoire. Par ailleurs, aucune corrélation n'a été trouvée entre l'année de construction du bâtiment et le gain énergétique (consommation avant/après).

La consommation du bâtiment par énergie de chauffage

Le niveau de consommation fluctue de 58,2 kWhep/m².SHON pour un chauffage au bois à 83,1 kWhep/m².SHON avec une solution gaz

Energie de chauffage	Nombre Projets	Cep BBC Projet*	Ecart au label*
Bois	4	58,2	-17,1
Electrique	17	60,8	-13,8
Gaz	8	83,1	-9,2
Réseau	6	65,9	-8,4

* en kWhep/m².SHON

Tableau 15 : Consommation énergétique par énergie de chauffage

3.3 Le Bâti

3.3.1 En logement individuel

Systèmes constructifs et matériaux

Après rénovation, les maisons individuelles en secteurs diffus sont principalement (48%) isolées par l'intérieur (ITI). Par ailleurs, la laine minérale et le plastique alvéolaire sont majoritairement (66%) utilisés dans le cadre d'une ITI.

L'isolation par l'extérieur (ITE) est mise en place dans 36% des projets. Pour mémoire, dans le neuf, l'isolation par l'extérieur n'est mise en œuvre que dans 8% des projets.

Le choix des systèmes constructifs mis en œuvre dépend du matériau des murs extérieurs :

- Béton : 50% d'ITI ou d'ITE
- Parpaings : 60% d'ITE, 20% d'ITE + ITI et 20% d'ITI
- Pierre : 84% d'ITI et 16% d'ITE principalement sur des maisons des années 1960.

La solution ITE+ITI correspond à l'ajout d'une isolation par l'extérieur avec une isolation par l'intérieur existante ou renouvelée.

Isolation

En terme d'isolation des murs extérieurs, la laine minérale est utilisée dans près de 20% des projets. L'usage de la laine minérale est quasiment absent dans le cadre des appels à projets PREBAT.

L'isolation avec du plastique alvéolaire (polystyrène expansé, polyuréthane,..) est présente dans 40% des projets.

Enfin, l'ensemble des isolants biosourcés représentent 32% des projets

Les maisons individuelles se caractérisent par des toitures majoritairement sous combles 25% ou rampants (50%). Les toitures légères ne représentent que 21% des projets.

Les toitures sont très majoritairement isolées avec de la laine minérale (60%) dans le cadre des projets certifiés. Les isolants biosourcés (ouate de cellulose) représentent 40% des solutions proposées. Ce taux est de l'ordre de 14% dans le neuf.

Ces maisons renouvelées sont construites principalement sur terre plein (78%).

Vitrages

Dans le cadre de la rénovation des fenêtres, les menuiseries bois sont installées dans 46% des projets.

Les solutions en Aluminium sont préconisées dans 24% des maisons. Les menuiseries PVC, installées dans 41% des projets dans le neuf, ne représentent que 16% des projets de rénovation (uniquement dans le cadre de la certification).

Enfin, 21% des bâtiments renouvelés sont équipés de triples vitrages. Pour mémoire, ce taux n'est que de 9% dans le neuf.

Au final, les travaux de rénovation des menuiseries permettent de réduire les déperditions de 58% avec un U moyen proche de 1,17 m².K/W

Synthèse des résistances des parois

Le schéma ci-dessous présente les valeurs moyennes des résistances thermiques pour les toits, murs extérieurs et planchers bas, avant et après travaux.

Les planchers bas :

Les travaux de rénovation des planchers bas permettent d'avoir un gain de 68% sur les déperditions. La résistance moyenne des planchers bas après rénovation est de l'ordre de 4,17 W/m².K.

Le gain varie de 79% à 61% en fonction de l'état initial qui est liée à la typologie de plancher bas avant travaux. En effet, les déperditions initiales sont plus importantes pour les maisons construites sur vide sanitaire.

	U init	U final	Gain
Vide sanitaire	1,23	0,249	79%
Terre Plein	0,87	0,249	61%
Sous-sol	0,712	0,246	64%

Tableau 16 : Déperdition des planchers bas

Les planchers hauts

Les travaux de rénovation des planchers hauts permettent d'avoir un gain de 71% sur les déperditions. La résistance moyenne des planchers hauts après rénovation est de l'ordre de 6,5 W/m².K.

Les murs extérieurs

Les travaux de rénovation des murs extérieurs permettent d'avoir un gain de 81% sur les déperditions. La résistance moyenne des planchers hauts après rénovation est de l'ordre de 4,4 W/m².K

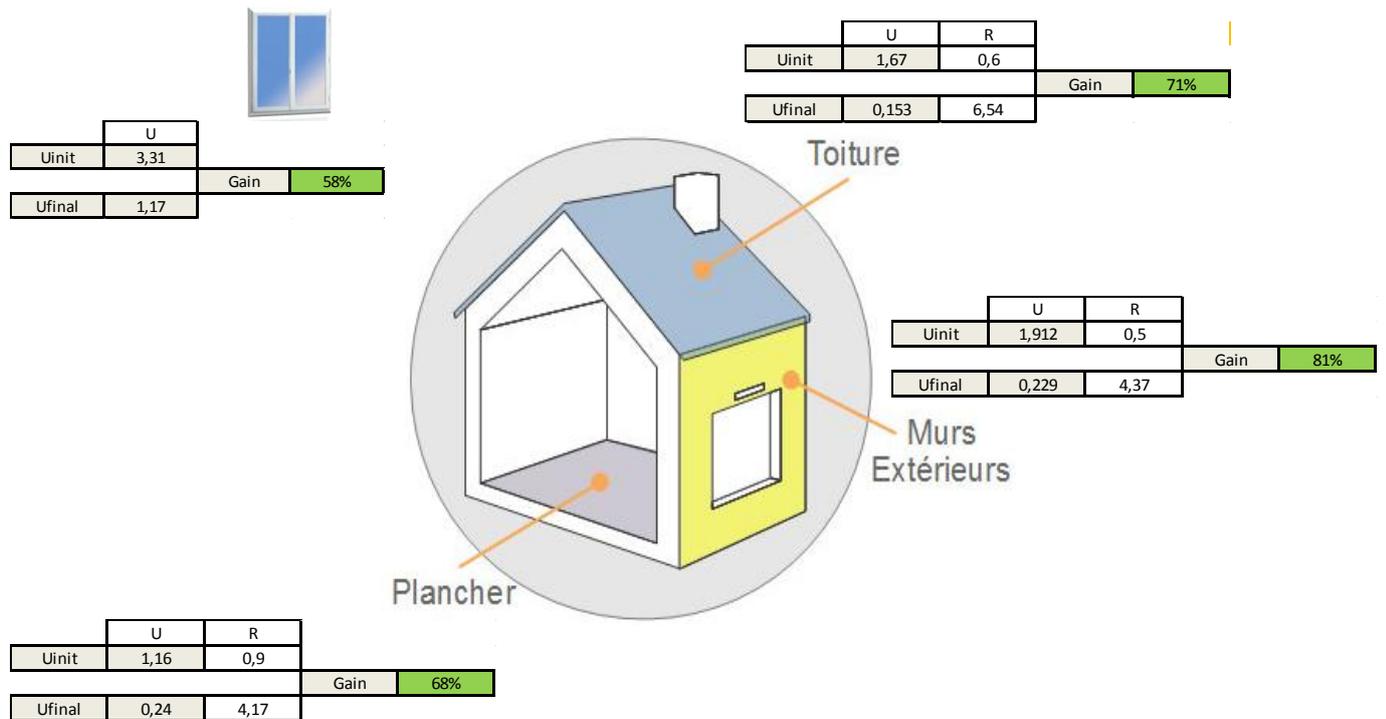


Figure 4 : Synthèse des résistances thermiques par parois en Logement Individuel avant/après travaux

3.3.2 En logement collectif

Systèmes constructifs et matériaux

Les solutions techniques proposées en logement collectif tendent à être plus standardisées que dans le logement individuel. En effet, une majorité des projets rénovés est isolée par l'extérieur (52%). Cette solution offre une bonne inertie et réduit les pertes par ponts thermiques. L'isolation par l'intérieur est présente dans 35% des projets, une isolation par « l'intérieur et l'extérieur » est utilisée dans 8% des projets. L'isolation par l'extérieur est principalement mise en œuvre sur des murs en béton (80%) et en briques (70%)

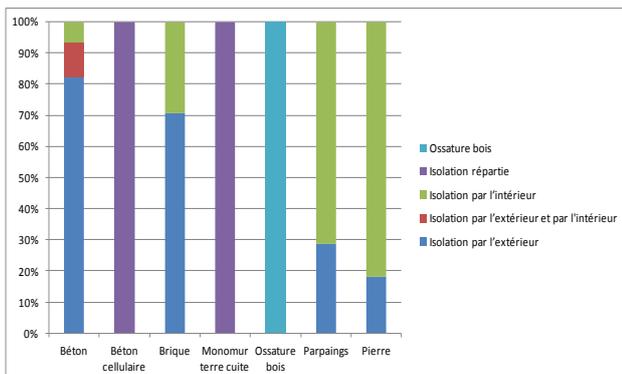


Figure 5 : Répartition des systèmes constructifs suivant les matériaux des murs extérieurs

Dans le cadre d'une rénovation d'un bâtiment en pierre l'isolation par l'intérieur est préconisée dans 82% des projets. Par ailleurs, sur des murs en parpaings, près de 70% des projets mettent en œuvre une isolation par l'intérieur.

Isolation

Les isolants principalement utilisés sont le plastique alvéolaire (53%) et la laine minérale (35%). Les isolants biosourcés (fibre de bois : 3% - ouate de cellulose : 2%) concernent 5% des projets et sont utilisés principalement par les lauréats des appels à projets. Par ailleurs, le plastique alvéolaire est utilisé dans 70% des projets rénovés avec une isolation par l'extérieur. La laine de verre est mise en œuvre dans 23% des bâtiments avec une ITE. Cependant, la laine minérale demeure l'isolant le plus utilisé dans le cadre des ITI (70%). Les toitures terrasses (47%) sont majoritaires dans les projets de logements collectifs. Elles sont associées à une isolation avec du plastique alvéolaire dans 80% des projets. Dans le cas de toiture sous combles (21%) ou rampant (11%), la laine minérale est l'isolant le plus utilisé (60% des projets avec ce type de toiture). Ces logements collectifs sont construits principalement

sur des terre-pleins (23%), des vides sanitaires (20%) et des sous-sols (18%)

Vitrages

Les menuiseries en PVC (36%), en bois (28%) et en Aluminium (24%) se répartissent le marché des logements collectifs. Les 2/3 tiers des menuiseries bois sont installés dans le cadre des appels à projets.

Les baies sont principalement des doubles vitrages 4/16/4 avec une lame d'argon et vitrages peu émissifs.

Synthèse des résistances des parois

Le graphique ci-dessous illustre l'ordre de grandeur des résistances thermiques globales par parois opaques identifiées sur les logements collectifs étudiés.

Les murs extérieurs

Le U des murs extérieurs après travaux est de 0,262 m².K/W avec une dispersion de 0,077. Par ailleurs, 90% des projets ont un U après travaux compris entre 0,19 m².K/W et 0,40 m².K/W.

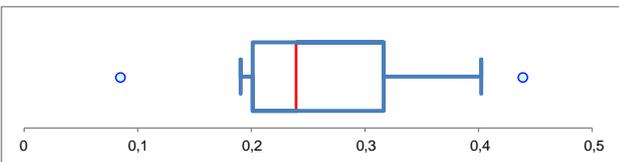


Figure 6 : Distribution du U murs extérieurs après travaux

Les planchers hauts

Les planchers haut après travaux on un U moyen de 0,164 m².K/W avec une dispersion 0,049.

Le graphique ci-dessous illustre la distribution du U moyen des planchers hauts après rénovation

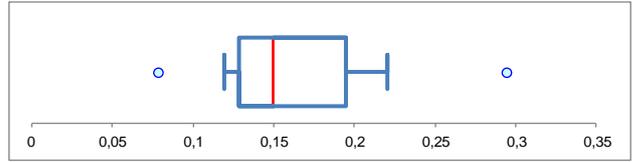


Figure 7 : Distribution du U des planchers hauts après travaux

Les planchers bas :

Le U moyen des planchers bas après travaux a une dispersion plus importante (0,152). Cette dispersion est due à la diversité des planchers bas rénovés (terre plein, vide sanitaire, sous-sol). Par ailleurs, le U moyen des planchers bas varie de 0,14 m².K/W à 0,851 m².K/W avec une valeur moyenne de 0,295 m².K/W.

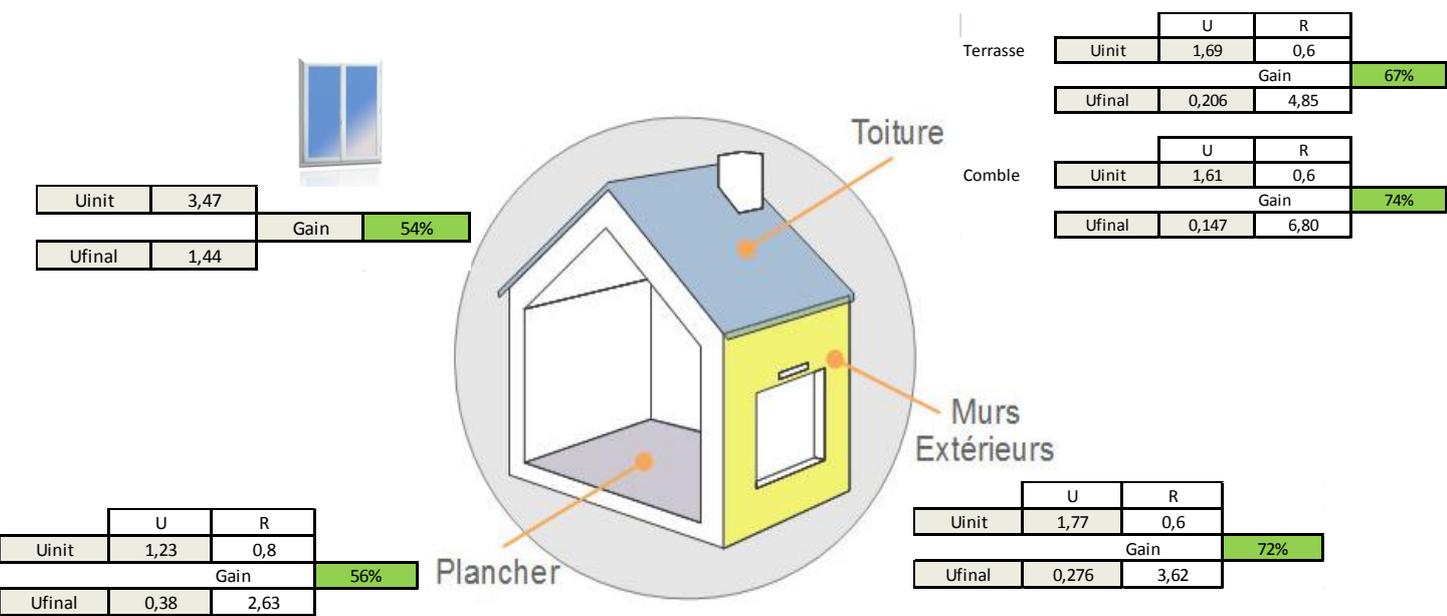


Figure 8 : Synthèse des résistances thermiques par parois en Logements Collectifs

3.3.3 En tertiaire

Systèmes constructifs et matériaux

Les bâtiments tertiaires sont principalement construits en béton (54%) et en pierre (25%).

Les murs en béton sont isolés par l'intérieur dans 38% des cas. L'isolation par l'extérieur concerne 32% des projets. En parallèle, les bâtiments en pierre sont principalement isolés par l'intérieur (72%).

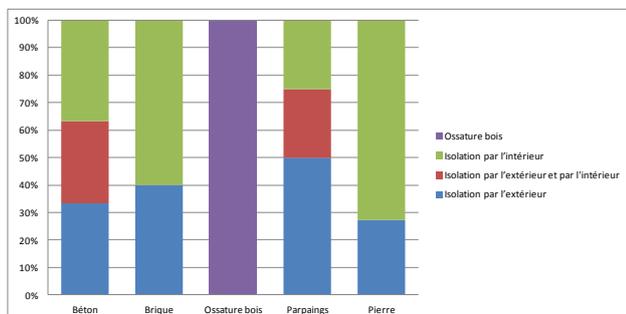


Figure 9 : Répartition des systèmes constructifs suivant les matériaux de construction.

Isolation

La laine minérale est utilisée dans 41% des projets. Elle demeure l'isolation majoritairement utilisée quelque soit les systèmes constructifs mis en œuvre :

- Isolation par l'intérieur (ITI) : 42%
- Isolation par l'extérieur (ITE): 38% (plastique alvéolaire : 38%)
- ITI et ITE : 50%

Les isolants biosourcés ne sont utilisés que dans le cadre d'appels à projet PREBAT. Ils demeurent marginaux dans le cadre des opérations certifiées.

Les toitures sont isolées principalement avec de la laine minérale (67%) et du plastique alvéolaire (22%).

Vitrages

Les menuiseries sont majoritairement en aluminium (51%) ou en aluminium à rupteurs de ponts thermiques (9%). Les menuiseries en bois sont installées dans 27% des projets. Les fenêtres en PVC ne sont présentes que sur 11% des projets. Par ailleurs, dans 20% des projets, un triple vitrage a été mis en œuvre.

3.4 Les Systèmes de Chauffage

3.4.1 En logement individuel

Energie de chauffage

Dans le cadre d'une rénovation, les maisons individuelles en secteur diffus sont principalement chauffées au bois (43%) et au gaz (38%). Seulement 13% des projets sont chauffés avec une solution électrique. A titre de comparaison, dans le neuf, plus de 50% des projets sont chauffés à l'électricité. Par ailleurs, Par ailleurs, l'origine du projet influence le type d'énergie de chauffage installé. En effet, dans le cadre des appels à projet PREBAT, 60% des projets sont chauffés au bois (30% dans le cadre d'une certification). A contrario, la solution gaz est prépondérante dans le cadre d'une certification (50%).

Dans 30% des projets l'énergie de chauffage est modifiée. Ces projets étaient initialement chauffés au fioul (23%) ou à l'électricité (7%). Le chauffage au bois a été plébiscité dans lors du changement d'énergie.

Production de chaleur

La production de chaleur est assurée par des chaudières gaz à condensation dans les maisons individuelles rénovées et chauffées au gaz. Les puissances des chaudières sont de 18 kW ou 24 kW.

Emission de chauffage

Dans le cadre d'un chauffage au gaz, les radiateurs sont installés dans 85% des projets. La chaudière gaz est associée à un plancher chauffant dans 15% des cas.

3.4.2 En logement collectif

Energie de chauffage

En Logement Collectif, 60% des bâtiments sont chauffés au gaz. 23% des bâtiments rénovés sont connectés à un réseau de chaleur et 13% sont chauffés au bois. Enfin, la solution électrique n'est utilisée que dans 4% des projets.

Production de chaleur

La production de chauffage est associée à une chaudière gaz à condensation pour 49% des bâtiments, 18% à un réseau de chaleur et 13% à une chaudière bois.

Les systèmes thermodynamiques sont utilisés dans 5% des projets, au même titre que les chaudières basse température.

Emission de chauffage

La chaudière gaz à condensation est associée dans 83% des bâtiments à des radiateurs (13% à un plancher chauffant).

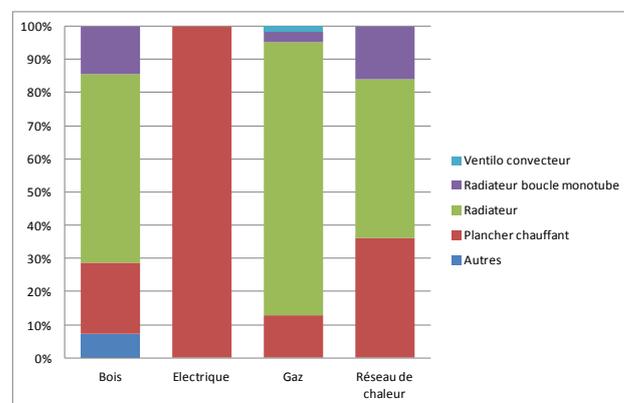


Figure 10 : Répartition des émetteurs suivant l'énergie de chauffage

Quelle que soit l'énergie de chauffage, l'émission de chauffage est assurée principalement par des radiateurs (près de 67% des projets), puis par un plancher chauffant (21%).

3.4.3 En tertiaire

Energie de chauffage

Dans le cadre de bâtiments de bureaux, la solution électrique est choisie dans plus de 50% des cas. La solution gaz est préconisée dans 20 à 30% des cas suivant l'origine des projets.

Production de chaleur

La production de chauffage est associée à une pompe à chaleur (solution électrique) ou une chaudière gaz à condensation (solution gaz). Pour les bâtiments tertiaires, autres que les bureaux, la solution bois est mise en œuvre au même titre que les solutions gaz et électriques. Le chauffage électrique direct est peu présent en tertiaire.

Emission de chauffage

Dans le cadre d'un chauffage électrique, une grande variété de pompes à chaleur est installée :

- Système air/eau VCV : 35% des projets
- Système air/air recyclé : 17% des projets
- Système DRV air/air recyclé : 11% des projets
- ...

3.5 Les Systèmes de Ventilation

3.5.1 En logement individuel

La ventilation simple flux hygroréglable de type B est installée dans 65% des maisons individuelles rénovées. En parallèle, la ventilation double flux est mise en œuvre dans 30 à 35% des projets suivant l'origine. Pour mémoire, la ventilation double flux ne représente que 5% du marché dans la construction.

3.5.2 En logement collectif

Une tendance similaire

En logement collectif, 62% des bâtiments rénovés sont équipés d'une ventilation simple flux hygroréglable type B. La ventilation double flux ne représente que 10% des bâtiments alors que la ventilation simple flux hygroréglable type A est mise en œuvre dans 12% des bâtiments.

Les états avant/après travaux

Le tableau suivant illustre les modifications apportées au système de ventilation dans le cadre de rénovation. On constate que la solution hygroréglable de type B est préconisée dans la plupart des cas quelque soit l'état initial.

Ainsi, dans le cas d'une ventilation assurée par l'ouverture des fenêtres avant travaux, 61% des projets rénovés ont installés une ventilation simple flux hygroréglable de type B et 6% un double flux.

Etat avant travaux	Etat après travaux					
	Vent. Flux B.	Double Flux	Vent. Flux A	Hybride	Simple Flux	Nat. Conduit
Simple flux	58%	17%	25%			
Naturelle par conduit	80%			20%		
Ouverture des fenêtres	61%	6%	8%	3%	11%	11%

Tableau 17 : Etat Avant/Après travaux des systèmes de ventilation

3.5.3 En tertiaire

La double flux s'impose

En tertiaire, la ventilation double flux est installée dans 77% des projets. Ce pourcentage monte jusqu'à 80% dans les bâtiments à usage de bureaux.

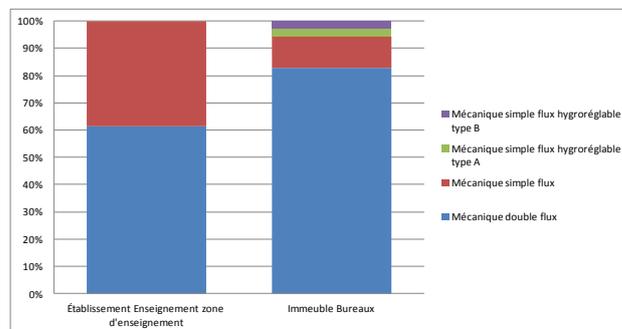


Figure 11 : Répartition des systèmes de ventilation en tertiaire

3.6 Le Photovoltaïque :

3.6.1 En logement individuel et collectif

Le taux de présence de panneaux photovoltaïques est inférieur à 4 % et ne permet pas de réaliser des études sur les caractéristiques techniques des solutions mises en œuvre

3.6.2 En tertiaire

Le taux de présence de panneaux photovoltaïques est de 25%. La surface moyenne installée est de 213 m² pour une puissance moyenne de 10 kWc.

4 Les bouquets de travaux

4.1 Maisons Individuelles

Le tableau ci-dessous présente les bouquets de travaux mis en œuvre dans le cadre des rénovation étudiées

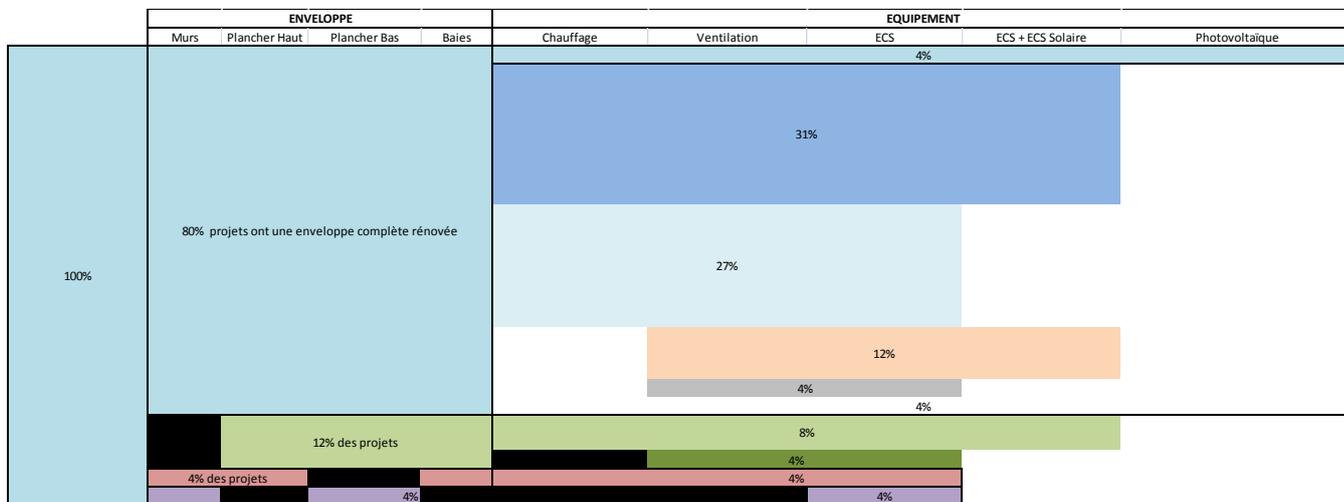


Tableau 18 : Bouquet de travaux en maisons individuelles

Les principaux enseignements sont :

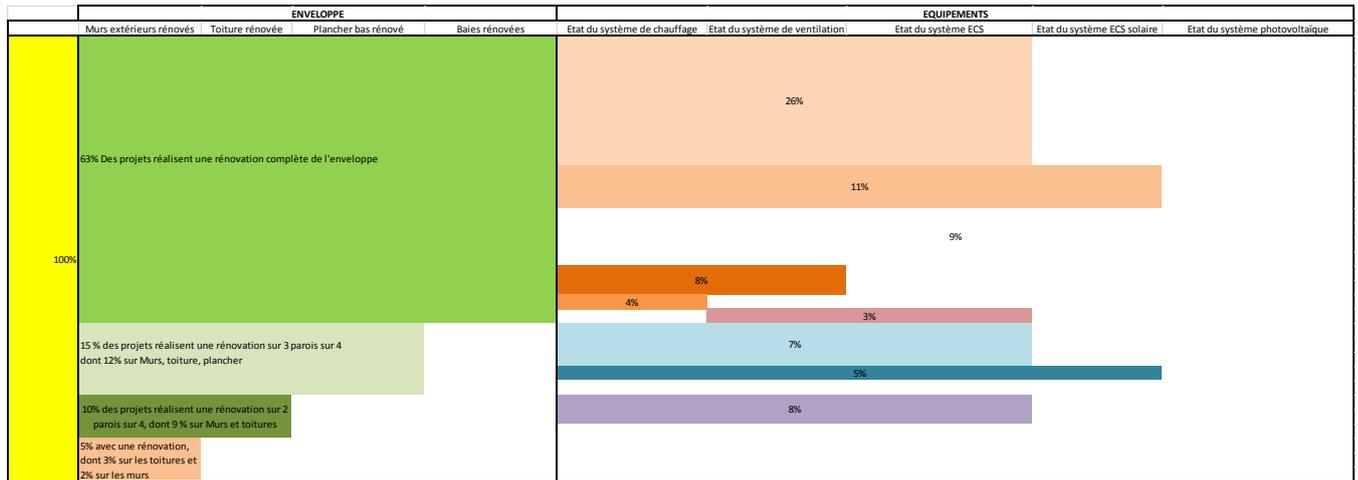
- **80%** des projets rénovent l'ensemble des parois de l'enveloppe et
 - o 31% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS couplée à l'installation d'une solution solaire
 - o 27% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS
 - o 12% d'entre eux intègrent une rénovation des systèmes de ventilation et de l'ECS couplée à l'installation d'une solution solaire
 - o 4% d'entre eux intègrent une rénovation complète des équipements et installent des panneaux photovoltaïques
 - o 4% d'entre eux intègrent une rénovation des systèmes de ventilation et d'ECS.

- **16%** des projets de rénovation concernent 3 parois de l'enveloppe et
 - o 8% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS couplée à l'installation d'une solution solaire
 - o 4% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS
 - o 4% d'entre eux intègrent une rénovation des systèmes de ventilation et d'ECS

- 4% des projets de rénovation concernent 2 parois de l'enveloppe

4.2 Logements collectifs

Le tableau ci-dessous présente les bouquets de travaux



Les principaux enseignements sont :

- **63%** des projets rénovent l'ensemble des parois de l'enveloppe et

Enveloppe	Chauffage	ECS	Ventilation	% de Projets	Gain en %
3 parois + Baies	oui	oui + solaire	oui	11%	80%
3 parois + Baies	oui	oui	oui	26%	75%
3 parois + Baies	oui	non	oui	8%	65%
3 parois + Baies	oui	oui	non	3%	43%

⇒ **Le gain énergétique moyen est de 70%** pour l'ensemble de ces bouquets de travaux

- **15%** des projets de rénovation concernent 3 parois de l'enveloppe (dont 12% des travaux sont réalisés sur les murs, toitures et planchers) et
 - 7% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS
 - 5% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS couplée à l'installation d'une solution solaire

⇒ **Le gain énergétique moyen est de 58%** pour l'ensemble de ces bouquets de travaux

- **10%** des projets de rénovation concernent 2 parois de l'enveloppe (dont 9% des travaux sont réalisés sur les murs et les toitures) et
 - 8% d'entre eux intègrent des travaux de rénovation des systèmes de chauffage, de ventilation et de l'ECS

⇒ **Le gain énergétique moyen est de 58%** pour l'ensemble de ces bouquets de travaux

- **5%** des projets de rénovation concernent 1 paroi de l'enveloppe (3% sur les toitures et 2% sur les murs)

5 Analyse Economique

5.1 Avant propos :

L'analyse des montants des travaux réalisée dans ce rapport a été élaborée à partir de l'échantillon présenté en amont. En conséquence, les chiffres communiqués ne sont que des tendances qui nécessiteront une étude complémentaire sur un volume plus important de projets.

Par ailleurs, les montants des travaux engagés dépendent de nombreux facteurs : l'état initial du bâti, type de bâtiment, l'année de construction...

5.2 Maisons Individuelles

Le montant moyen des travaux de rénovation en maisons individuelles en secteur diffus s'élève à 122 090 € HT- hors VRD, soit un montant de 673 € HT/m² SHON. En parallèle, près de 80 % des travaux de rénovation s'échelonnent entre 235 et 1050 € HT/m² SHON

Par ailleurs, le montant des travaux de rénovation énergétique s'élève en moyenne à 429 € HT/m², soit 74 109 € HT, hors VRD. En conséquence, le montant des travaux de rénovation énergétique représente 64% de l'ensemble des montants engagés.

En regard de ces montants engagés, le gain sur les consommations énergétiques avant/après travaux est de l'ordre de 76,6% et les pertes thermiques du bâtiment sont réduites de 64%

En complément, le tableau suivant indique les montants moyens des travaux engagés par lots.

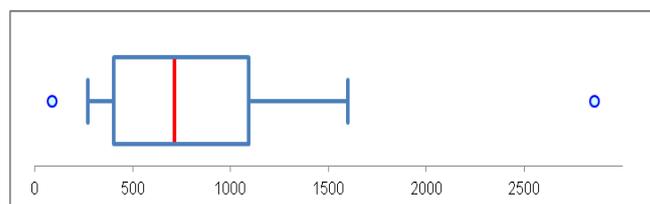
Lots	Montant moyen € HT	Montant mini € HT	Montant maxi € HT
Murs extérieurs	27 370	14 556	46 000
Plancher bas	6 190	3 312	10 600
Plancher haut	5 786	1 485	20 000
Baies	10 750	1 725	22 000
Chauffage et ECS	24 000	10 000	35 000
Ventilation	5 698	1 000	15 000
ECS solaire	5 742	5 000	6 160

Tableau 19 : Montant des travaux de rénovation par lots en maisons individuelles

5.3 Logements collectifs

Le montant moyen des travaux de rénovation en logements collectifs s'élève à 2 003 813 € HT- hors VRD,

soit un montant de 788 € HT/m² SHON. En parallèle, près de 50 % des travaux de rénovation s'échelonnent entre 404 et 1094 € HT/m² SHON



F Figure 12 : Distribution du montant des travaux/m² SHON en logements collectifs

Par ailleurs, le montant des travaux de rénovation énergétique s'élève en moyenne à 456 € HT/m², soit 965 966 € HT, hors VRD. En conséquence, le montant des travaux de rénovation énergétique représente 58% de l'ensemble des montants engagés.

En regard de ces montants engagés, le gain sur les consommations énergétiques avant/après travaux est de l'ordre de 68 % et les pertes thermiques du bâtiment sont réduites de 51%.

5.4 Tertiaire

Le montant moyen des travaux de rénovation tertiaire s'élève à 972 236 € HT- hors VRD, soit un montant de 1 217 € HT/m² SHON. En parallèle, près de 50 % des travaux de rénovation s'échelonnent entre 488 et 1390 € HT/m² SHON.

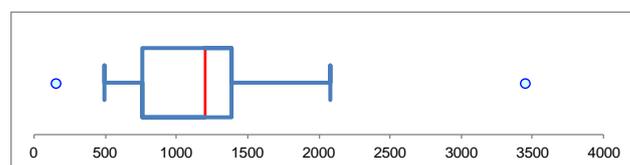


Figure 13 : Distribution du montant des travaux/m² SHON en tertiaire

Par ailleurs, le montant des travaux de rénovation énergétique s'élève en moyenne à 554 € HT/m². En conséquence, le montant des travaux de rénovation énergétique représente 45% de l'ensemble des montants engagés.

En regard de ces montants engagés, le gain sur les consommations énergétiques avant/après travaux est de l'ordre de 80 % et les pertes thermiques du bâtiment sont réduites de 60%.