

Pôle Etudes

MANERGY HABITAT & EQUIPEMENTS COLLECTIFS

03/02/2025

Rénovation Internat de Libourne V3

MANERGY
HABITAT &
ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS

SOMMAIRE

1 CONTEXTE DE L'ETUDE 4
1.1 OBJECTIF DE L'ETUDE 4
1.2 CADRE REGLEMENTAIRE DE L'ETUDE: 4
2 SYNTHESE 6
3 PRESENTATION DU PROJET 9
4 BILAN DE L'EXISTANT 10
4.1 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE 10
4.1.1 Murs extérieurs 12
4.1.2 Plancher haut 12
4.1.3 Plancher bas 12
4.1.4 Menuiseries extérieures 13
4.1.1 Synthèse de l'état de l'enveloppe 13
4.2 CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES 14
4.2.1 Production de chauffage et ECS 14
4.2.2 Distribution de chauffage et ECS 15
4.2.3 Climatisation 16
4.2.4 Ventilation 16
4.2.5 Eclairage 16
4.2.1 Synthèse de l'état des systèmes 17
5 METHODOLOGIE 17
6 HYPOTHESES DE CALCUL 18
7 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ANNUELLES D'ENERGIE 19
7.1.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex 19
7.1.2 Consommations énergétiques 20
7.1.3 Déperditions énergétiques par poste 22
8 PROPOSITIONS DE TRAVAUX D'AMELIORATION ENERGETIQUE 23
9 SCENARII DE TRAVAUX 26
9.1 SCENARIO 1 26
9.1.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex 27
9.1.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED) 28
9.1.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED) 29
9.1.4 Déperditions énergétiques par poste 30

9.2 SCENARIO 2 31
9.2.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex 32
9.2.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED) 33
9.2.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED) 34
9.2.4 Déperditions énergétiques par poste 35
9.3 SCENARIO 3 36
9.3.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex 37
9.3.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED) 38
9.3.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED) 39
9.3.4 Déperditions énergétiques par poste 40
9.4 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS PAR USAGE (SED) 41

10 LES AIDES FINANCIERES 42

10.1 CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE 42

11 COMPARAISON DES SCENARII 46

11.1 FOCUS SUR L'ENVELOPPE DU BATIMENT 46
11.2 FOCUS SUR LES SYSTEMES 48

12 CONCLUSION 49

13 ANNEXES 51

13.1 ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR 51
13.2 ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR 52
13.3 ISOLATION THERMIQUE DE LA TOITURE TERASSE 53
13.4 ISOLATION THERMIQUE DES RAMPANTS 54
13.5 ISOLATION THERMIQUE DU PLANCHER BAS 55
13.6 REMPLACEMENT DES MENUISERIES 56
13.7 MISE EN PLACE D'UNE VMC SIMPLE FLUX HYGROREGLABLE B 57
13.8 MISE EN PLACE D'ECLAIRAGE AU LED 58
13.9 MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE RADIATEUR BASSE TEMPERATURE 59
13.10 MISE EN PLACE DE CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION 60
13.11 MISE EN PLACE D'UNE POMPE A CHALEUR (PAC) 61
13.12 MISE EN PLACE D'UNE GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE (GTC) 62
13.13 MISE EN PLACE DE SOLAIRE THERMIQUE 63
13.14 MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES 64

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'INSEE souhaite entreprendre une rénovation globale de l'ancien internat du lycée Max Linder de Libourne situé au 25 Rue Jules Favre, afin de le transformer en logements de type T1.

L'objectif de cette étude thermique est de fournir une évaluation détaillée des performances énergétiques actuelles du bâtiment, et de proposer des solutions optimisées pour la rénovation globale.

Cette analyse permettra d'identifier les sources de déperdition de chaleur, de quantifier les besoins énergétiques pour le chauffage, la ventilation, la climatisation et l'eau chaude sanitaire, et de déterminer les améliorations possibles en termes d'isolation, d'efficacité des systèmes de chauffage et de climatisation, et d'utilisation des énergies renouvelables.

En outre, cette étude vise à élaborer un plan de rénovation énergétique cohérent et chiffré, répondant aux objectifs de confort thermique, de réduction des coûts énergétiques, de respect des normes environnementales en vigueur et de labélisation Haute Performance Energétique rénovation (HPE).

Dans cette démarche, l'INSEE a sollicité le bureau d'études **MANERGY** pour fournir une étude thermique répondant aux critères cités ci-dessus.

1.2 CADRE REGLEMENTAIRE DE L'ETUDE:

- **Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005** de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE).
- **Arrêté du 3 mai 2007** relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.
- **l'article R. 173-3 du code de la construction et de l'habitation et son arrêté d'application du 3 mai 2007 modifié, à partir du 1er janvier 2018, par l'arrêté du 22 mars 2017** qui définit la performance minimale à atteindre pour un élément remplacé ou installé dans un bâtiment dans le cadre de la réglementation thermique « par élément ».
- **l'article R. 173-2 du code de la construction et de l'habitation et son arrêté d'application du 13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments de surface supérieure à 1000m², lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants. Cet arrêté définit les exigences réglementaires applicables et le niveau de performance à atteindre pour la RT « globale ».
- **Arrêté du 8 août 2008** portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E ex prévue par 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. Cet arrêté approuve la méthode réglementaire TH-C-E ex utilisée pour le calcul de la consommation conventionnelle d'énergie des bâtiments existants dans le cadre de la réglementation thermique des bâtiments existants.

- **Décret n° 2016-711 du 30 mai 2016** relatif aux travaux d'isolation en cas de travaux de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables.
- **Arrêté du 27 juin 2023 modifiant l'arrêté du 22 décembre 2014** définissant les opérations standardisées d'économies d'énergie et l'arrêté du 29 décembre 2014 relatif aux modalités d'application du dispositif des certificats d'économies d'énergie.
- **Arrêté du 3 octobre 2023** relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label BBC rénovation résidentiel 2024.

Les fiches d'application permettent sur un point précis d'apporter des éclairages pour faciliter l'application de la RT existant globale.

Fiches au format PDF :

[06/01/2025] - Calcul de la valeur d'un bâtiment (version 1.14)

[26/04/2017] - Saisie des systèmes solaires thermiques

[04/02/2014] - Classement au bruit d'une baie

[23/05/2013] - Précisions sur l'application des 2 volets de la RT des bâtiments existants

[08/06/2012] - Système de ventilation changé

[08/06/2012] - Bâtiments accolés

[25/06/2009] - Saisie des systèmes d'extraction mécanique basse pression

Source : https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/documents-d-application-a534.html#H_Fiches-d-application-de-la-RTexistant

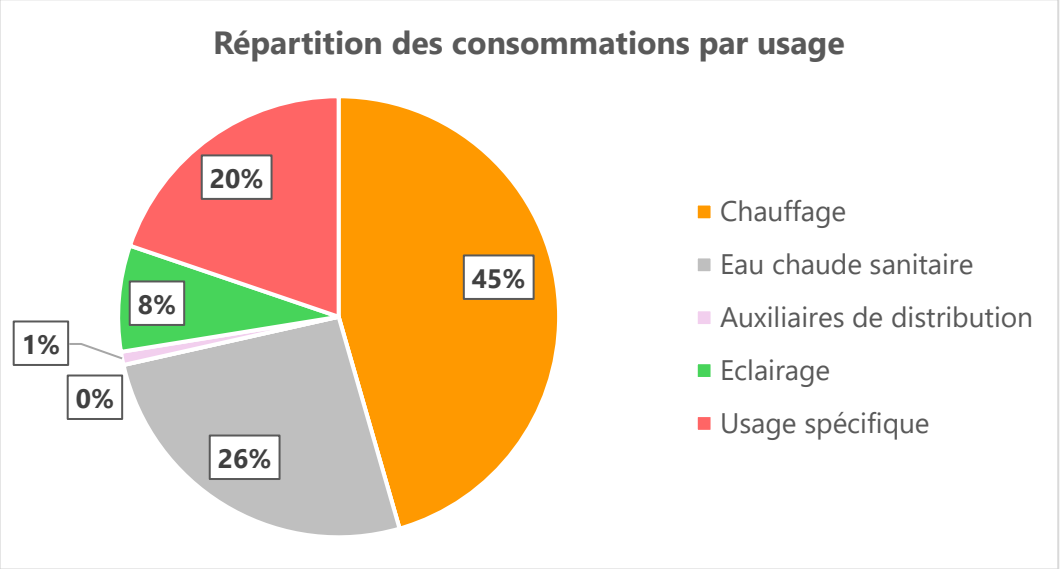
2 SYNTHESE

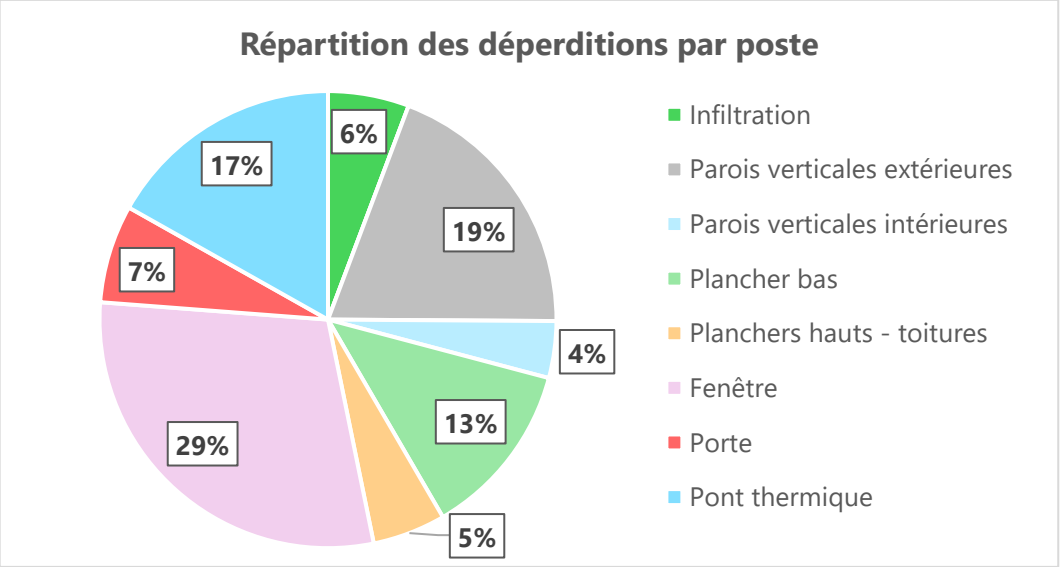
GENERALITES – Etat initial

Adresse du site		25 Rue Jules Favre, 33500 Libourne	
Date de construction	1994	Date de rénovation	0
Usage		Etablissement d'hébergement	
Nombre de logements	2	Nombre d'étage	3
Surface habitable rénovée (SHAB)	1 650 m²	Contrainte Urbanistique	ABF – ZPPA – Site patrimonial remarquable
Surface thermique rénovée (SHON)	1 771 m²	Production chauffage	Production collective
Energie Chauffage	Gaz	Production ECS	Production collective
Energie ECS	Gaz	Emission	Radiateurs avec robinets simples
Méthode de calcul utilisée	**Th CE ex + SED** **(cf. page 17)**		

ANALYSE CONSOMMATIONS DE REFERENCE - SED

Postes	Energie	Consommations finales (kWhEF)	Consommations primaires (kWhEP)
Chauffage	Gaz	100 805	100 805
ECS	Gaz	57 432	57 432
Climatisation	S.O	/	/
Ventilation	Electricité	0	0
Distribution	Electricité	2 135	4 911
Eclairage	Electricité	17 200	39 560
Usages spécifiques	Electricité	43 769	100 669
TOTAL		**221 341**	**303 376**
Consommation EF / m² (SHON)		134	184





$U_{bât}$ = 88.12 kW

ANALYSE CONSOMMATIONS DE REFERENCE – RT existant

Postes	Energie	Consommations finales (kWhEF)	Consommations primaires (kWhEP)
Chauffage	Gaz	398 972	398 972
ECS	Gaz/Elec	72 078	78 421
Climatisation	S.O	/	/
Ventilation	Electricité	2 638	6 806
Distribution	Electricité	2 412	6 224
Eclairage	Electricité	9 588	24 738
TOTAL		485 689	515 161
Consommation EF / m²		173	183

PROGRAMME TRAVAUX

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Remplacement Chaudière à condensation	x		x
Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau		x	
Système de Gestion Technique Centralisée	x	x	x
Remplacement de VMC Simple Flux Hygro B	x	x	x
Remplacement des menuiseries extérieures	x	x	x
Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI)	x	x	x
Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE)			x
Isolation du plancher bas sur parking/ sous-sol	x	x	x
Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de la toiture terrasse	x	x	x
Isolation du comble perdu	x	x	x
Remplacement luminaires	x	x	x
Photovoltaïque	x	x	x
Chauffe-eau solaire collectif			x

RESULTATS DE L'ETUDE - SED

	Etat Initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Consommations kWhEF/m²/an	134	110	65	99
Consommations kWhEP/m²/an	184	151	150	139
Gains émissions carbones (tCO2/an)		7 tCO2/an	32 tCO2/an	12 tCO2/an
Gains en Energie Finale (%)		18%	51%	27%
Gains en Energie Primaire (%)		17%	18%	24%
Investissement (€HT)		1 746 000	1 531 700	2 035 100
Gain financier (€HT)		7 447	9 842	10 333

RESULTATS DE L'ETUDE – RT existant

	Etat Initial	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Consommations kWhEP/m²/an	183	93	79	89
Etiquette CEP	D	B	B	B
Etiquette GES	D	C	A	C
Label HPE		✓	✓	✓
Label Promotelec 3*		✓	✓	✓
Label BBC Rénovation		✗	✗	✗

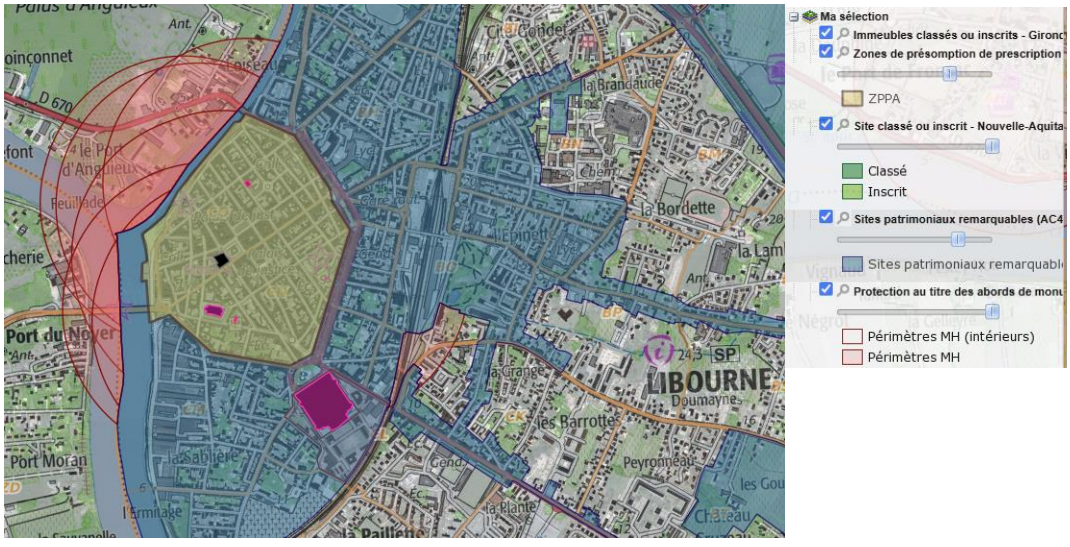
3 PRESENTATION DU PROJET

Le site audité est un internat situé au 25 Rue Jules Favre, 33500 Libourne, construit en 1994. Il est constitué d'un seul bâtiment de 3 niveaux, et comprend actuellement 2 logements, un T3 et un T4. Sa surface habitable est de 1650 m².



Figure 1 : plan de localisation du site

Le site est situé dans un périmètre de moins de 500 mètres de la mairie de Libourne, qui est classée comme monument historique, et est classé site patrimonial remarquable. En cas de travaux visibles à l'extérieur du bâtiment, il faudra donc obtenir une autorisation des Architectes Bâtiments de France (ABF) (*Source : http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/*).



4 BILAN DE L'EXISTANT

4.1 CARACTERISTIQUES DE L'ENVELOPPE

Pour information, les résistances thermiques **R** des parois sont issues des textes réglementaires appliquées au moment où ce rapport est rédigé.

APPRECIATION DES PERFORMANCES THERMIQUES DE L'ENVELOPPE			
MAUVAIS	**MOYEN**	**BON**	**EXCELLENT**
			
Si **R** < 30% RTex	30% RTex < **R** < RTex	RTex < **R** < BBC 2024	**R** > BBC 2024

- Une paroi est appréciée **MAUVAISE** dès lors que sa résistance thermique est inférieure à 30% des exigences réglementaires de la RT existante ;
- Une paroi est appréciée **MOYENNE** dès lors que sa résistance thermique est comprise entre 30% et 100% des exigences réglementaires de la RT existante ;
- Une paroi est appréciée **BONNE** dès lors que sa résistance thermique est supérieure aux exigences réglementaires de la RT existante et inférieure aux exigences réglementaires de la BBC 2024 ;
- Une paroi est appréciée **EXCELLENTE** dès lors que sa résistance thermique est supérieure aux exigences réglementaires de la BBC 2024.

Parois (performance en m².K/W)	30% de la RT existante en vigueur	Résistance thermique minimale en vigueur : RT existante	Résistance thermique minimale en vigueur : Bâtiment basse consommations 2024
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente ≥ 60°	0,96	3,2	4,4 si ITE 3,7 si ITI
Murs en contact avec un volume non chauffé	0,75	2,5	3,7
Toitures terrasses	1,35	4,5	6,5 si accessible 7,5 si non accessible
Planchers de combles perdus	1,56	5,2	8,5
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	1,56	5,2	7,5
Planchers bas	0,9	3	3

APPRECIATION DES PERFORMANCES THERMIQUES DES MENUISERIES			
MAUVAIS	**MOYEN**	**BON**	**EXCELLENT**
			
Si **R** > 130% RTex	130% RTex > **R** > RTex	RTex > **R** > BBC 2024	**R** > BBC 2024

Les performances thermiques s'évaluent en Uw pour les menuiseries :

- Une menuiserie est appréciée **MAUVAISE** dès lors que le coefficient de transmission thermique est supérieur à 130% des exigences réglementaires de la RT existante ;
- Une paroi est appréciée **MOYENNE** dès lors que le coefficient de transmission thermique est compris entre 130% et 100% des exigences réglementaires de la RT existante ;
- Une paroi est appréciée **BONNE** dès lors que le coefficient de transmission thermique est inférieur aux exigences réglementaires de la RT existante et supérieur aux exigences réglementaires de la BBC 2024 ;
- Une paroi est appréciée **EXCELLENTE** dès lors que le coefficient de transmission thermique est inférieur aux exigences réglementaires de la BBC 2024.

Parois	**130% de la RT existante en vigueur**	**Résistance thermique minimale en vigueur : RT existante**	**Résistance thermique minimale en vigueur : Bâtiment basse consommations 2024**
Menuiseries **Uw en W.m².K**	2,5	1,9	1,3

4.1.1 Murs extérieurs

Présentation	Descriptif (de l'extérieur vers l'intérieur)	Résistance thermique (m^2.K/W)	Appréciation thermique	Vétusté/ Remarques
Mur extérieur internat	-Béton 28cm - Polystyrène expansé 8cm - Plaque de BA13 1,3cm	2,21 m^2.K/W		Faible isolation
Mur extérieur escaliers	- Béton 28cm	0,12 m^2.K/W		Non isolé
Mur extérieur chaufferie	- Pierre 43 cm	0,25 m^2.K/W		Non isolé

4.1.2 Plancher haut

Présentation	Descriptif (de l'extérieur vers l'intérieur)	Résistance thermique (m^2.K/W)	Appréciation thermique	Vétusté/ Remarques
Toiture terrasse	Hypothèse : - Béton 20 cm - Laine de roche 12 cm	3.04 m^2.K/W		Mauvaise étanchéité, faible isolation
Toiture pente	Hypothèse : - Toiture tuile - Laine de roche 16 cm	4.14 m^2.K/W		Faible isolation

4.1.3 Plancher bas

Présentation	Descriptif (de l'extérieur vers l'intérieur)	Résistance thermique (m^2.K/W)	Appréciation thermique	Vétusté/ Remarques
Plancher bas	- Béton 20 cm (hypothèse)	0,11 m^2.K/W		Non isolé

4.1.4 Menuiseries extérieures

Présentation	Descriptif	Coefficient de transmission Uw (W/m².K)	Appréciation thermique	Vétusté/ Remarques
Ouvrants couloirs	Fenêtre battante PVC Double vitrage 4x14x4	2,50 W/m².K		Fenêtres moyennement performantes
Ouvrants chambres	Porte fenêtre coulissante Alu Double vitrage 4x6x4	3,74 W/m².K		Fenêtres peu performantes
Ouvrants appartements	Chassis fixe PVC Double vitrage 4x6x4	2,61 W/m².K		Fenêtres peu performantes

4.1.1 Synthèse de l'état de l'enveloppe

Points forts	Travaux à engager à moyen/ long terme	Travaux à engager à court terme
		• Amélioration des performances thermiques (menuiseries, parois verticales/ horizontales…)

4.2 CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES

Pour la partie suivante, chaque équipement aura une évaluation de son état en fonction du barème suivant :

Etat, vétusté des équipements	
1	NEUF/QUASI NEUF - Rien à signaler, neuf ou quasi neuf
2	BON - Assure sa fonctionnalité avec vieillissement et usure normales
3	MOYEN - Assure sa fonctionnalité mais usure et vieillissement moyens. Remplacement à envisager à moyen terme (< 5 ans)
4	MEDIOCRE - N'assure que partiellement sa fonctionnalité, dégradation des performances. Usure et vieillissement importants. Remplacement à prévoir (< 3 ans)
5	MAUVAIS - N'assure plus sa fonctionnalité, hors service.

4.2.1 Production de chauffage et ECS

Désignation	Marque	Modèle Caractéristique	Performance	Année Remarques
2 Chaudières gaz 	ATLANTIC GUILLOT	OPTIMAGAZ P unitaire= 174 kW Régulation via loi d'eau, selon température extérieure	**MEDIOCRE**	1995 Chaudières vétustes, perte de rendement et pannes récurrentes.
1 Préparateur ECS 	CHAROT	Ballon 2000 L	**BON**	2019 Ballon récent, pas de remarque particulière.

4.2.2 Distribution de chauffage et ECS

Désignation	Marque	Modèle Caractéristique	Performance	Année Remarques
Pompe double – Circuit ECS 	CALIOS	Z 40-100 P= 100 W	BON	Pompe à l'arrêt lors de la visite, pas de remarque particulière de l'exploitant
Pompe double - Circuit chauffage RDC 	GRUNDFOS	UPC 40-120 P = 330 W	MOYEN	Pompe à l'arrêt lors de la visite, pas de remarque particulière de l'exploitant
Pompe double - Circuit chauffage Etages 	GRUNDFOS	UPC 50-120 P = 590 W	MOYEN	Pompe à l'arrêt lors de la visite, pas de remarque particulière de l'exploitant
Radiateurs panneau acier haute température – Chambres Radiateurs en fonte - Circulations			MEDIOCRE	1995 Radiateurs vétustes, pas de vannes thermostatiques pour la régulation du chauffage
Réseaux hydrauliques			MEDIOCRE	Pas de trace d'entretien des réseaux ni de désembouage.

Remarque : Le bâtiment n'étant plus utilisé, le système de chauffage était à l'arrêt lors de la visite. Difficile donc de juger du bon fonctionnement du matériel, d'autant plus que l'année de mise en service des pompes n'est pas connue. Il convient de remplacer les circulateurs de chauffage. Concernant les réseaux hydrauliques, ces derniers ne sont plus en eau, ce qui favorise la corrosion. Nous préconisons un remplacement de l'ensemble des réseaux et des radiateurs pour pérenniser les installations et garantir le bon fonctionnent des futurs modes de production et d'émission de chaleur.

4.2.3 Climatisation

Sans objet

4.2.4 Ventilation

Présence d'éventuels caissons non observable durant la visite, ni entrées d'air dans les menuiseries.

Il est probable qu'il n'y ait qu'un caisson par aile pour la ventilation des sanitaires collectifs. Du fait de l'année de construction et de l'absence d'entrées d'air sur les menuiseries, il s'agit vraisemblablement de ventilation naturelle (conduit shunt, …). Impossible à vérifier en l'absence des plans d'origine du bâtiment.

Nous avons constaté la présence des tourelles de désenfumage en toitures, et ventelles dans les soubassement des circulation du RDC, utilisées en cas de détection incendie (système de secours non comptabilisé énergétiquement).

4.2.5 Eclairage

Echantillonnage

Localisation	Surface m²	Type	Puissance W	Nombre	Puissance surfacique
Chambre	43	Plafonnier fluocompacte 4 tubes	72	1	1.7 W/m²
Chambre	43	Plafonnier fluocompacte 2 tubes	36	1	0.8 W/m²
Chambre	43	Lampes de chevet	40	8	7.4 W/m²
Couloirs	142	Plafonnier fluocompacte 4 tubes	72	13	6.6 W/m²

Remarque : Echantillonnage basé sur les locaux du 1er étage, puis extrapolé aux autres niveaux. Actuellement, aucun éclairage au LED.

Impossible de juger de l'état de fonctionnement de l'éclairage puisque l'électricité sur site était coupée durant la visite. Cependant, il s'agit d'éclairage fluocompacte, très consommateur en comparaison avec un éclairage au LED. Nous préconisons donc le passage au LED dans l'ensemble du bâtiment.

4.2.1 Synthèse de l'état des systèmes

Points forts	Travaux à engager à moyen/ long terme	Travaux à engager à court terme
		• Amélioration des performances énergétiques des systèmes (chauffage, ECS, éclairage, …)

5 METHODOLOGIE

Les résultats présentés dans la suite de ce rapport ont été obtenus via le logiciel Pléiades.

2 méthodes de calculs ont été utilisées pour 2 objectifs distincts :

- La **méthode réglementaire TH-C-Ex** utilise des scénarios d'occupation, de température, ou encore de puissances dissipées non paramétrables, dits réglementaires, et ne permet donc pas de rendre compte des consommations réelles d'un bâtiment. Elle permet de déterminer si le scénario de **travaux** projeté sera **conforme ou non à la réglementation** en vigueur dans le cadre d'une rénovation globale.
- Un **calcul SED** (simulation énergétique dynamique) pour modéliser la consommation réelle en fonction des scénarios d'occupation, de température, ou encore de puissances dissipées paramétrables. Ce calcul est utilisé pour **estimer les gains réels des scénarii de travaux**, et donc d'analyser **leur rentabilité**.

6 HYPOTHESES DE CALCUL

Afin d'estimer les gains énergétiques des améliorations proposées, une modélisation sur le logiciel Pléiades a été réalisée. Les hypothèses utilisées sont les suivantes :

Dates de démarrage et d'arrêt – saison de chauffe	22/10 – 15/04
Température de consigne	19 °C Semaine : 6h – 10h et 18h – 23h Week-end : 6h – 23h
Température de réduit	17 °C Semaine : 10h – 18h et 23h – 6h Week-end : 23h – 6h
Occupation	76 occupants Fermeture 1 mois en été
Usages spécifiques	5.70 W/m^2 Semaine : 6h – 9h et 18h – 21h Week-end : 6h – 21h 1.14 W/m^2 le reste du temps
Consommation buanderie	6 machines à laver soit 3 600 kWh/an
Chaleur humaine (W/occ)	80 W/occupant
Humidité occupants (kg/h/occ)	0.055 kg/h/occupant
Q4surf (m^3/h.m^2)	1,7 m^3/h.m^2
Coût de l'énergie	Electricité : 0,3 €HT/kWh Gaz : 0,146 €HT/kWh (PEG 12/24 : 0.0439, TICGN : 0.01637, P0 fournisseur : 0.0716)

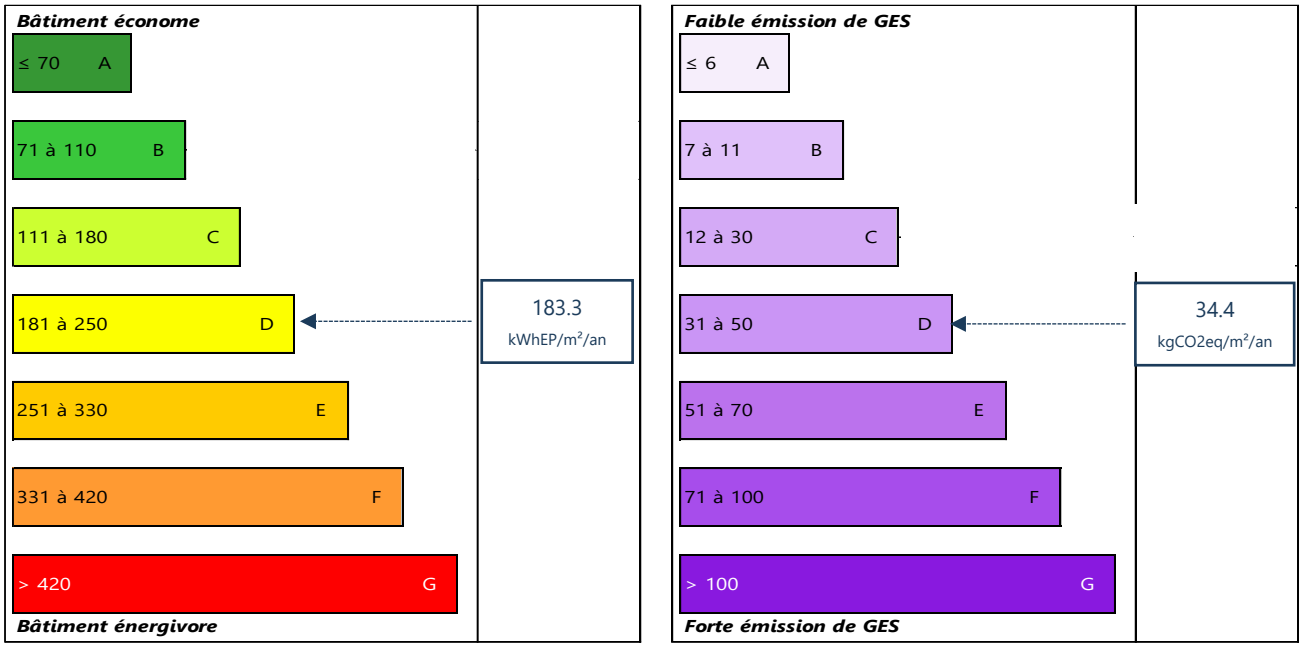
7 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ANNUELLES D'ENERGIE

7.1.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex

La rénovation de ce bâtiment entre dans le cadre d'une rénovation globale, et est soumise à la RT existant. Il est donc nécessaire de réaliser un calcul réglementaire selon la méthode TH-C-Ex, afin de s'assurer de la conformité réglementaire des scénarii projetés. Ce calcul a été réalisé via le module RT Existant du logiciel Pléiades.

Pour ce calcul, l'état initial RTex modélisée est la situation actuelle du bâtiment (caractéristiques de bâti et systèmes actuels), ainsi que son usage actuel, à savoir internat ou « Etablissement d'enseignement secondaire – Zone d'hébergement ».

Etiquette énergétique à l'état initial (méthode TH-C-Ex)



Attention, cette étiquette ne représente pas la performance du bâtiment selon la méthode de calcul réglementaire DPE (moteur 3CL) et est simplement donnée à titre indicatif.

Elle utilise un moteur de calcul pour juger de la conformité vis-à-vis de la* RT Existant (moteur *TH-C-Ex)

7.1.2 Consommations énergétiques

2 méthodes de calculs ont été utilisées pour 2 objectifs distincts :

- La méthode réglementaires TH-C-Ex utilise des scénarios d'occupation, de température, ou encore de puissances dissipées non paramétrables, et ne permet donc pas de rendre compte des consommations réelles d'un bâtiment.
- Un calcul SED (simulation énergétique dynamique) pour modéliser la consommation réelle en fonction des scénarios d'occupation, de température, ou encore de puissances dissipées paramétrables.

Il n'a pas été possible de récupérer les consommations énergétiques historiques de gaz et d'électricité du bâtiment sur une année complète. Le modèle Pléiades n'a donc pas pu être recalé sur les factures réelles.

De plus, puisque nous sommes dans le cadre d'une rénovation conduisant à un changement d'usage, le calcul des gains énergétiques ne peut pas se faire par rapport aux consommations énergétiques actuelles.

Nous avons donc modélisé **un état initial SED ayant les caractéristiques actuelles de bâti et de systèmes mais pour un usage futur** (utilisation du plan futur + futurs scénarios d'occupation, de température, …), afin que les gains énergétiques calculés soient plus proches de la réalité. Le seul système qui n'a pas été inclus à l'état initial est le système de ventilation, puisque le système actuel est incompatible avec l'utilisation future des locaux (dimensionné pour 4 grandes salles de bain collectives et non 76 studios).

Il est considéré dans la suite de ce rapport que les murs intérieurs donnant sur les couloirs ou autres locaux non chauffés seront isolés (R aides = 3,9 m^2.K/W) pour être conforme aux garde-fous (Rmini rtExistant= 2,5 m^2.K/W).

Les travaux de changement d'usage n'étant pas considérés comme entrant dans le périmètre de notre étude, cette modification n'apparaît pas dans la liste des améliorations préconisées mais reste une obligation de la RT existant.

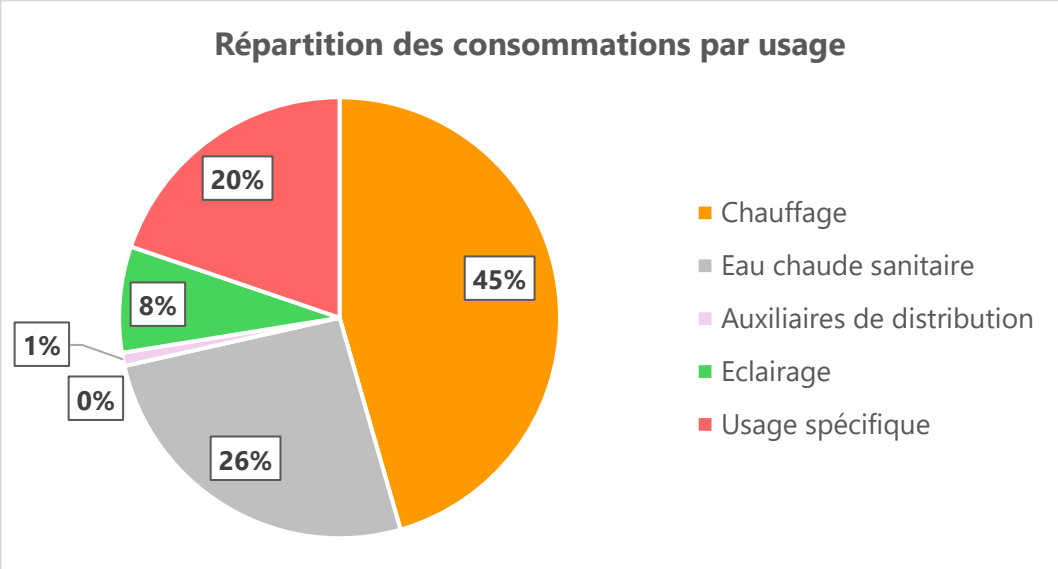
A RETENIR

L'état initial modélisé en SED ne représente pas les consommations actuelles d'énergie, puisque l'usage actuel est différent de l'usage post-rénovation.

Suite à la modélisation thermique du site, le calcul des consommations en énergie finale et primaire par poste résulte les données suivantes :

Postes	Energie	Consommations finales (kWhEF)	Consommations primaires (kWhEP)
Chauffage	Gaz	100 805	100 805
ECS	Gaz	57 432	57 432
Climatisation	S.O	/	/
Ventilation	Electricité	/	/
Distribution	Electricité	2 135	4 911
Eclairage	Electricité	17 200	39 560
Usages spécifiques	Electricité	43 769	100 669
TOTAL		221 341	303 376
Consommation EF / m² (SHON)		134	184

La catégorie « Usages spécifiques » englobe l'ensemble des consommations électriques induites par le matériel de bureautique, les cuisines des appartements, la buanderie, …

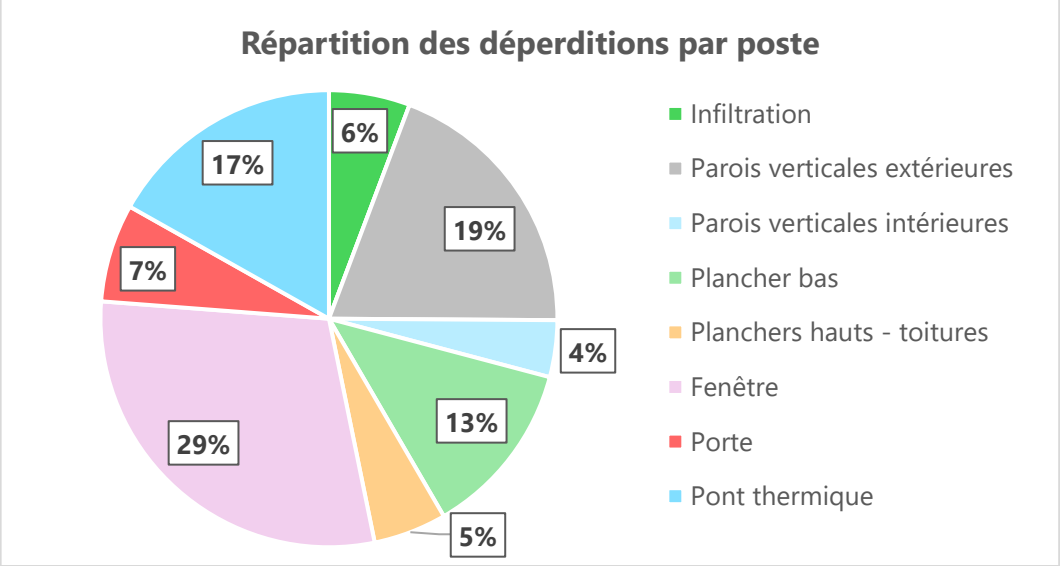


Performance énergétique et environnementale du bâtiment à l'état initial

BILAN DES CONSOMMATIONS

A l'heure actuelle, les postes les plus consommateurs sont le chauffage, l'eau chaude sanitaire et les usages électriques spécifiques. Il n'est pas possible d'effectuer d'économie sur cette dernière catégorie qui est entièrement liée au comportement des usagers. Cependant, le poste chauffage fera l'objet d'une attention particulière dans la détermination des actions d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment. Des améliorations seront également étudiées pour le poste ECS.

7.1.3 Déperditions énergétiques par poste



Total : 88.12 kW

BILAN DES DEPERDITIONS

La majorité des déperditions est due aux fenêtres, aux parois extérieures et aux ponts thermiques. Cela s'explique par le fait que le bâtiment n'a jamais fait l'objet de rénovation thermique, et a été conçu selon la réglementation thermique en vigueur à l'époque de sa construction. De fait, bien que les murs extérieurs de l'internat soient pourvus d'un isolant, la performance de ce dernier reste mauvaise, en comparaison des isolants actuels.

8 PROPOSITIONS DE TRAVAUX D'AMELIORATION ENERGETIQUE

Afin de répondre aux exigences de l'INSEE et en cohérence avec les caractéristiques du site, c'est-à-dire, en tenant compte de sa conception, de son système constructif et de ses pathologies, les travaux d'améliorations de la performance énergétique préconisés pour ce bâtiment sont les suivants :

Actions		Estimation coût (€HT)	Valorisation CEE (€)	Investissement (€HT)
Enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	277 500,00 €	18 500,00 €	259 000,00 €
Enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W scénario 3	113 100,00 €	7 600,00 €	105 500,00 €
Enveloppe	Isolation thermique par l'extérieur des murs extérieurs R = 4,4 m².K/W scénario 3	391 700,00 €	10 300,00 €	381 400,00 €
Enveloppe	Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	185 100 €	4 600,00 €	180 500 €
Enveloppe	Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	4 700,00 €		4 700,00 €
Enveloppe	Flocage thermique du plancher bas - sous-sol et chaufferie R = 3 m².K/W	24 200,00 €	1 400,00 €	22 800,00 €
Enveloppe	Remplacement des menuiseries côté studio Uw = 1,3 W/m².K	467 700,00 €	6 700,00 €	461 000,00 €
Enveloppe	Remplacement des menuiseries Uw = 1,3 W/m².K	842 500,00 €	12 100,00 €	830 400,00 €
Systèmes	Mise en place d'une VMC hygroréglable B	54 500,00 €	7 800,00 €	46 700,00 €
Systèmes	Mise en place d'éclairage au LED	42 500,00 €	400,00 €	42 100,00 €
Systèmes	Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	182 200,00 €	800,00 €	181 300,00 €
Systèmes	Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	90 000,00 €	- €	90 000,00 €
Systèmes	Remplacement chaudières gaz par PAC air/eau P = 72kW et 2 chaudières gaz à condens.	248 000,00 €	19 700,00 €	228 300,00 €
Systèmes	Mise en place d'une GTC sur les parties communes	15 000,00 €		15 000,00 €
Systèmes	Remplacement des pompes du circuit chauffage	8 000,00 €		8 000,00 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 9 kWc	19 800,00 €	1 500,00 €[1]	18 300,00 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 10.125 kWc	22 300,00 €	2 000,00 €[1]	20 300,00 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 18 kWc	39 600,00 €	3 500,00 €[1]	36 100,00 €
EnR	Mise en place de solaire thermique	42 000,00 €	4 300,00 €	37 700,00 €

[1]Prime à l'autoconsommation, pas de CEE pour le PV.

Les APE proposées et les prestations comprises dans ce chiffrage sont détaillés dans les fiches APE en annexe.

Les ratios de prix utilisés sont présentés dans le tableau suivant :

Actions		Quantité	Ratio
Enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	2371 m²	117 €
Enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W scénario 3	966 m²	117 €
Enveloppe	Isolation thermique par l'extérieur des murs extérieurs R = 4,4 m².K/W scénario 3	1317 m²	297 €
Enveloppe	Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	758 m²	244 €
Enveloppe	Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	58 m²	80 €
Enveloppe	Flocage thermique du plancher bas - sous-sol et chaufferie R = 3 m².K/W	260 m²	93 €
Enveloppe	Remplacement des menuiseries côté studio Uw = 1,3 W/m².K	360 m²	1 300 €
Enveloppe	Remplacement des menuiseries Uw = 1,3 W/m².K	648 m²	1 300 €
Systèmes	Mise en place d'une VMC hygroréglable B	6 unités	9 083 €
Systèmes	Mise en place d'éclairage au LED	1771 m²	24 €
Systèmes	Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	2369 m²	77 €
Systèmes	Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	2 unités	45 000 €
Systèmes	Remplacement chaudières gaz par PAC air/eau P = 72 kW et 2 chaudières gaz à condens.	2 unités	124 000 €
Systèmes	Mise en place d'une GTC sur les parties communes	174 m²	86 €
Systèmes	Remplacement des pompes du circuit chauffage	2 unités	4 000 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 9 kWc	9 kWc	2 200 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 10.125 kWc	10.125 kWc	2 200 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 18 kWc	18 kWc	2 200 €
EnR	Mise en place de solaire thermique	42 m²	1 000 €

Ci-dessous un récapitulatif des gains apportés par les différentes préconisations simulées lors de l'étude thermique. Le remplacement des pompes du circuit de chauffage n'a pas pu être modélisé car Pléiades ne prend pas en compte la vétusté des circulateurs.

Catégorie	Action	Consommation (kWh)	Gains énergétiques (kWh)	Gains Energétiques (%)	Gains carbones (tCO2/an)	Investissement (€HT)
Etat Initial	Etat Initial	221 341	-	-	-	-
Production chaleur	Remplacement Chaudière à condensation	213 887	7 482	3%	3	280 200
Production chaleur	Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau	124 391	96 950	37%	32	438 200
GTC	Gestion Technique Centralisée	/	/	/	/	15 000
Ventilation	Remplacement de VMC Simple Flux Hygro B	262 647	- 41 161	- 19%	- 8	54 500
Bâti	Remplacement des menuiseries extérieures (studio)	208 692	12 649	5%	3	467 700
Bâti	Remplacement des menuiseries extérieures (studio et couloirs)	207 800	13 541	5%	3	842 500
Bâti	Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI)	208 181	13 160	5%	3	277 500
Bâti	Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) R+1/2 + par l'Intérieur RDC	207 543	13 798	5%	3	504 800
Bâti	Isolation du plancher bas sur parking/ sous-sol et chaufferie	219 708	1 633	1%	0	24 200
Bâti	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de la toiture terrasse	216 648	4 693	2%	1	185 100
Bâti	Isolation du comble perdu	221 089	252	0%	0	4 700
Eclairage	Remplacement luminaires	216 648	4 963	3%	0	42 500
Système ENR	Photovoltaïque (9 kWc)	215 424	5 917	3%	0	19 800
Système ENR	Photovoltaïque (10.125 kWc)	214 940	6 401	3%	0	22 300
Système ENR	Photovoltaïque (18 kWc)	212 097	9 244	4%	1	39 600
Système ENR	Chauffe-eau solaire collectif	198 344	22 997	9%	5	42 000

9 SCENARII DE TRAVAUX

9.1 SCENARIO 1

La liste de travaux à entreprendre pour atteindre un premier palier de réduction des consommations est la suivante :

Actions		Estimation coût (€HT)	Valorisation CEE (€)	Investissement (€HT)
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	277 500,00 €	18 500,00 €	259 000,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	185 100,00 €	4 600,00 €	180 500,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	4 700,00 €	- €	4 700,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Flocage thermique du plancher bas - sous-sol et chaufferie R = 3 m².K/W	24 200,00 €	1 400,00 €	22 800,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Remplacement des menuiseries Uw = 1,3 W/m².K	842 500,00 €	12 100,00 €	830 400,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une VMC hygroréglable B	54 500,00 €	7 800,00 €	46 700,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'éclairage au LED	42 500,00 €	400,00 €	42 100,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	182 200,00 €	800,00 €	140 900,00 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	90 000,00 €	- €	90 000,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une GTC sur les parties communes	15 000,00 €	- €	15 000,00 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement des pompes du circuit chauffage	8 000,00 €	- €	8 000,00 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 9 kWc	19 800,00 €	1 500,00 €[1]	18 300,00 €
TOTAL		**1 746 000 €**	**47 100 €**	**1 698 900 €**

[1]Prime à l'autoconsommation

9.1.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex

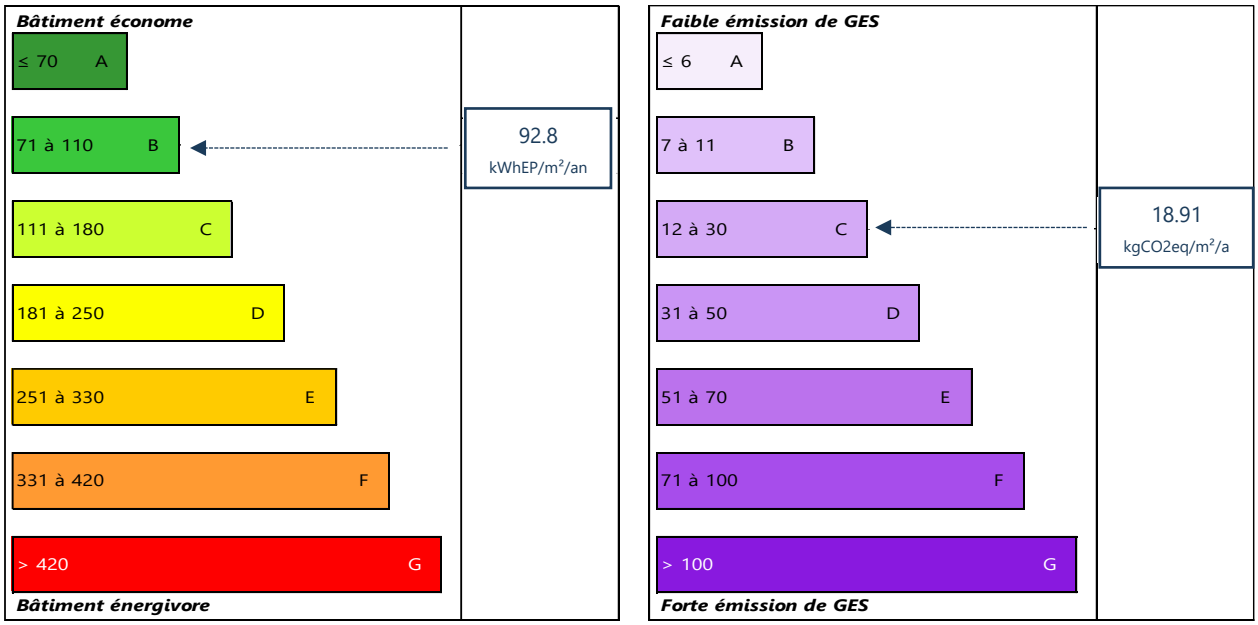
Le tableau suivant récapitule les objectifs fixés par la réglementation :

Etat	Consommation d'énergie primaire (kWhEP/m²)	Ubat	Température intérieure de confort (Tic °C)
Initial	183.3	1.056	/
Projet	**92.8**	**0.497**	**25.44 – 25.42 – 28.70**
Référence	104.7	0.580	32.84 – 33.54– 33.99
Maximale	110.0	0.725	/
Gain énergétique total	**49.4 %**		
Gain énergétique hors PV	**42.6 %**		

BILAN REGLEMENTAIRE

Au vu des résultats précédents, ce projet est bien conforme à la RT existant. De plus, il est éligible aux labels HPE (Haute Performance Energétique en Rénovation) et Promotelec niveau 3*.

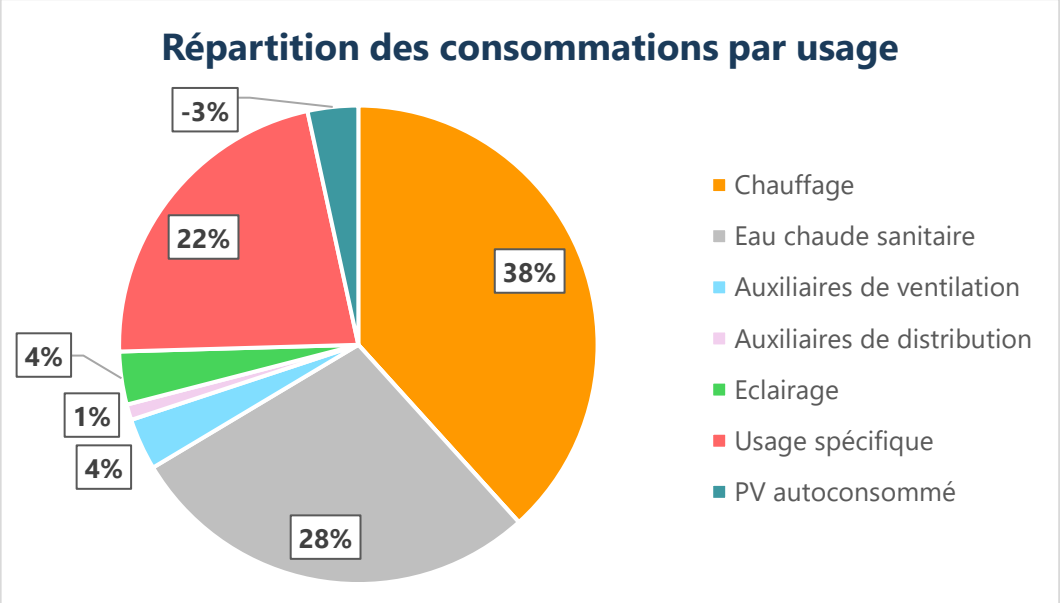
Etiquette énergétique de type DPE du scénario 1 (méthode TH-C-Ex)



Attention, cette étiquette ne représente pas la performance du bâtiment selon la méthode de calcul réglementaire DPE. Elle est fonction d'un calcul TH C Ex et est donc simplement donnée à titre indicatif et comparatif.

9.1.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 1
Gaz Chauffage	100 805 kWh	74 758 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	54 909 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	/	6 826 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	2 135 kWh	2 064 kWh
Eclairage (EF)	17 200 kWh	6 976 kWh
Elec spécifique(EF)	43 769 kWh	43 016 kWh
Photovoltaïque(EF)	/	-6 665 kWh
Total gaz	158 237 kWh	129 667 kWh
Total électricité	63 104 kWh	52 217 kWh
TOTAL	**221 341 kWh**	**181 884 kWh**

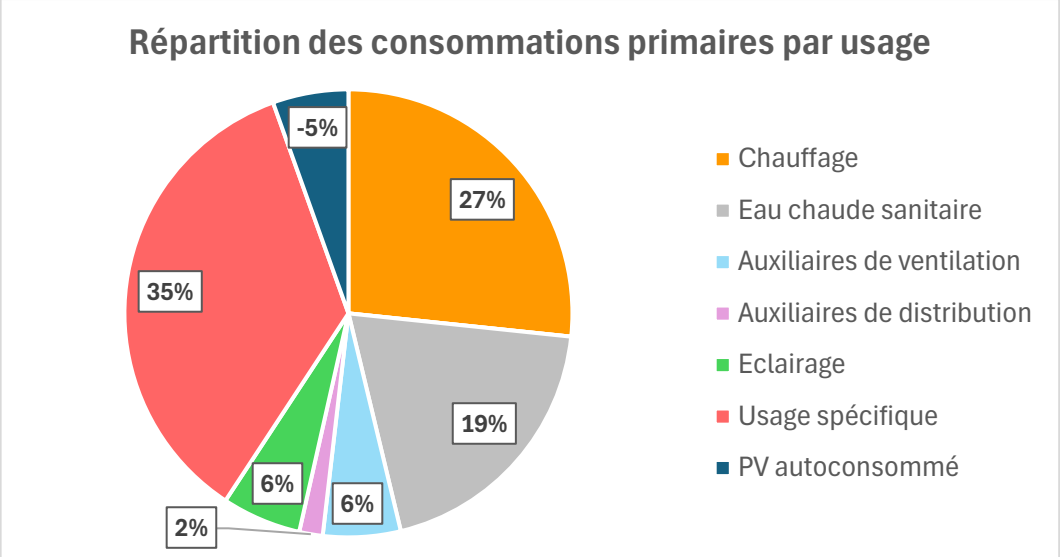


BILAN DU SCENARIO

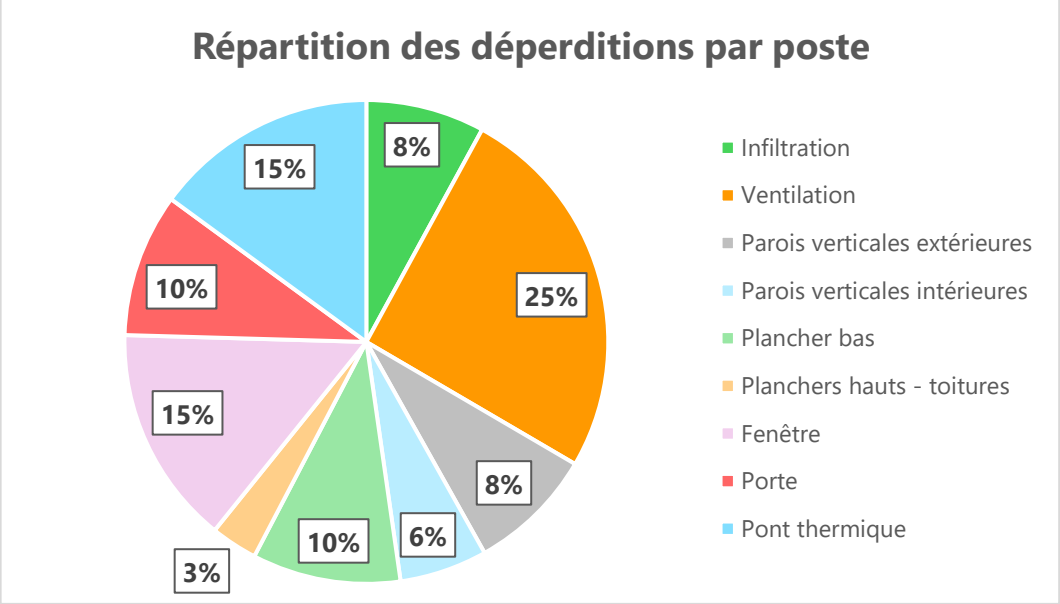
D'après les modélisations réalisées, ce scénario permet d'effectuer 18 % d'économies d'énergie par rapport à l'état initial.

9.1.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 1
Gaz Chauffage	100 805 kWh	74 758 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	54 909 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	0 kWh	15 700 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	4 911 kWh	4 747 kWh
Eclairage (EF)	39 560 kWh	16 045 kWh
Elec spécifique(EF)	100 669 kWh	98 937 kWh
Photovoltaïque(EF)	0 kWh	-15 330 kWh
Total gaz	100 805 kWh	129 667 kWh
Total électricité	145 139 kWh	120 099 kWh
TOTAL	**303 376 kWh**	**249 766 kWh**



9.1.4 Déperditions énergétiques par poste



Total : 62.41 kW

REMARQUE

L'ajout d'un système de ventilation, qui n'était pas modélisé sur l'état initial, entraîne l'apparition de nouvelles déperditions (de l'ordre de 15,9 kW). Ainsi, ce système entraîne des consommations supplémentaires à la fois sur la partie ventilation, et sur la partie chauffage (pour réchauffer l'air neuf).

9.2 SCENARIO 2

La liste de travaux à entreprendre pour atteindre le deuxième palier de réduction des consommations est la suivante :

Actions		Estimation coût (€HT)	Valorisation CEE (€)	Investissement (€HT)
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	277 500 €	18 500 €	259 000 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	185 100 €	4 600 €	180 500 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	4 700 €	- €	4 700 €
Travaux sur l'enveloppe	Flocage thermique du plancher bas - sous sol et chaufferie R = 3 m².K/W	24 200 €	1 400 €	22 800 €
Travaux sur l'enveloppe	Remplacement des menuiseries côté studio Uw = 1,3 W/m².K	467 700 €	6 700 €	461 000 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une VMC hygroréglable B	54 500 €	7 800 €	46 700 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'éclairage au LED	42 500 €	400 €	42 100 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	182 200 €	800 €	140 900 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement chaudières gaz par PAC air/eau P = 72 kW et 2 chaudières gaz à condens.	248 000 €	19 700 €	228 300 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un système de GTC sur les parties communes	15 000 €	- €	15 000 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement pompes circuits chauffage	8 000 €	- €	8 000 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 10.125 kWc	22 300 €	2 000 €[1]	20 300 €
TOTAL		**1 531 700 €**	**61 900 €**	**1 469 800 €**

[1]Prime à l'autoconsommation

9.2.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex

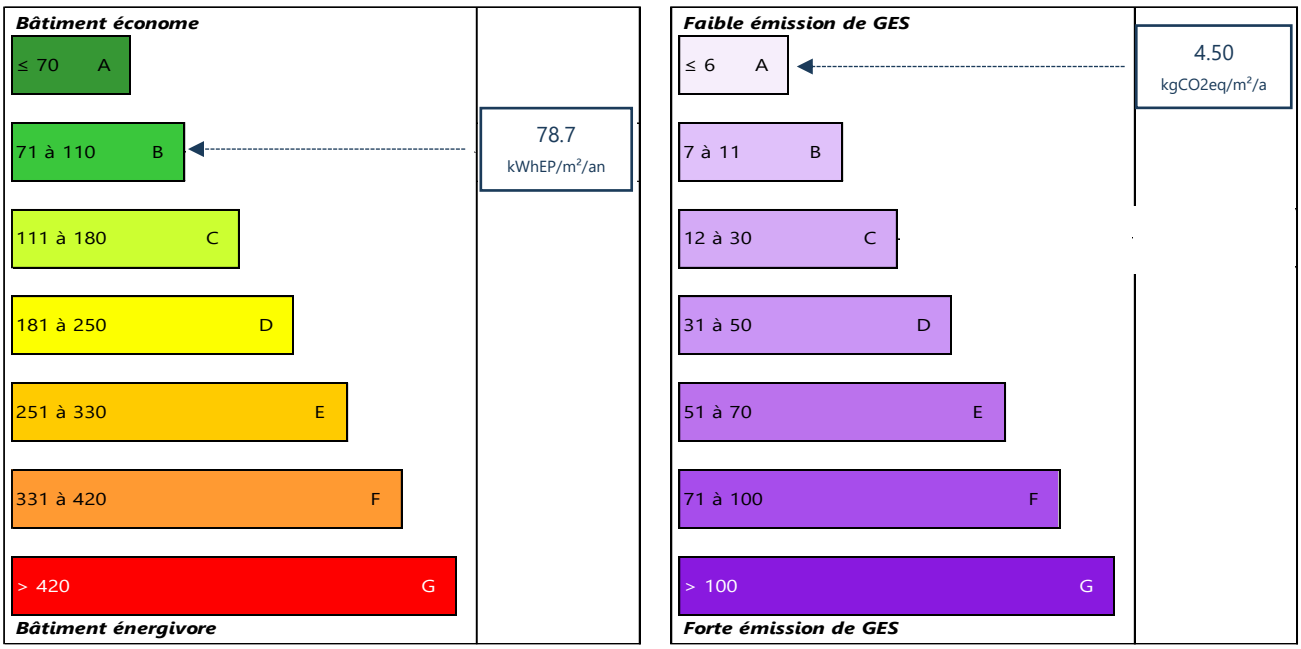
Le tableau suivant récapitule les objectifs fixés par la réglementation :

Etat	Consommation d'énergie primaire (kWhEP/m²)	Ubat	Température intérieure de confort (Tic °C)
Initial	183.3	1.056	/
Projet	**78.7**	**0.512**	**25.49 – 25.39 – 28.18**
Référence	142.2	0.578	32.84 – 33.55 – 33.88
Maximale	145.0	0.723	/
Gain énergétique total	**57.1 %**		
Gain énergétique hors PV	**43.4 %**		

BILAN REGLEMENTAIRE

Au vu des résultats précédents, ce projet est bien conforme à la RT existant. De plus, il est éligible aux labels HPE (Haute Performance Energétique en Rénovation) et Promotelec niveau 3*.

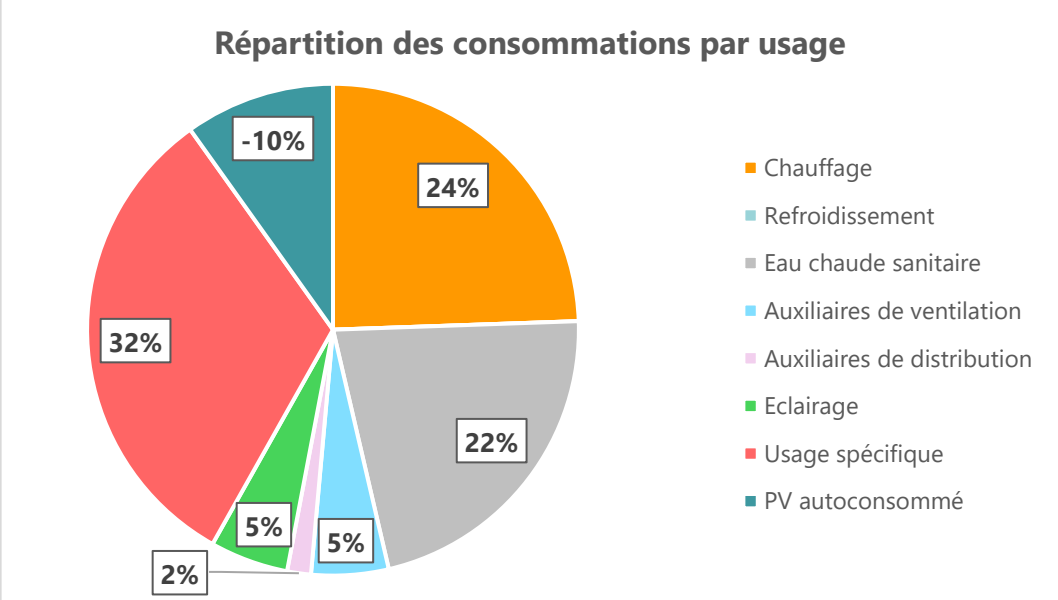
Etiquette énergétique de type DPE du scénario 2 (méthode TH-C-Ex)



Attention, cette étiquette ne représente pas la performance du bâtiment selon la méthode de calcul réglementaire DPE. Elle est fonction d'un calcul TH C Ex et est donc simplement donnée à titre indicatif et comparatif.

9.2.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 2
Gaz Chauffage	100 805 kWh	223 kWh
Elec(EF) Chauffage	/	32 650 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	658 kWh
Elec(EF) ECS	/	28 803 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	/	6 826 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	2 135 kWh	2 104 kWh
Eclairage (EF)	17 200 kWh	6 935 kWh
Elec spécifique(EF)	43 769 kWh	43 009 kWh
Photovoltaïque(EF)	/	-13 264 kWh
Total gaz	158 237 kWh	881 kWh
Total électricité	63 104 kWh	107 063 kWh
TOTAL	**221 341 kWh**	**107 944 kWh**

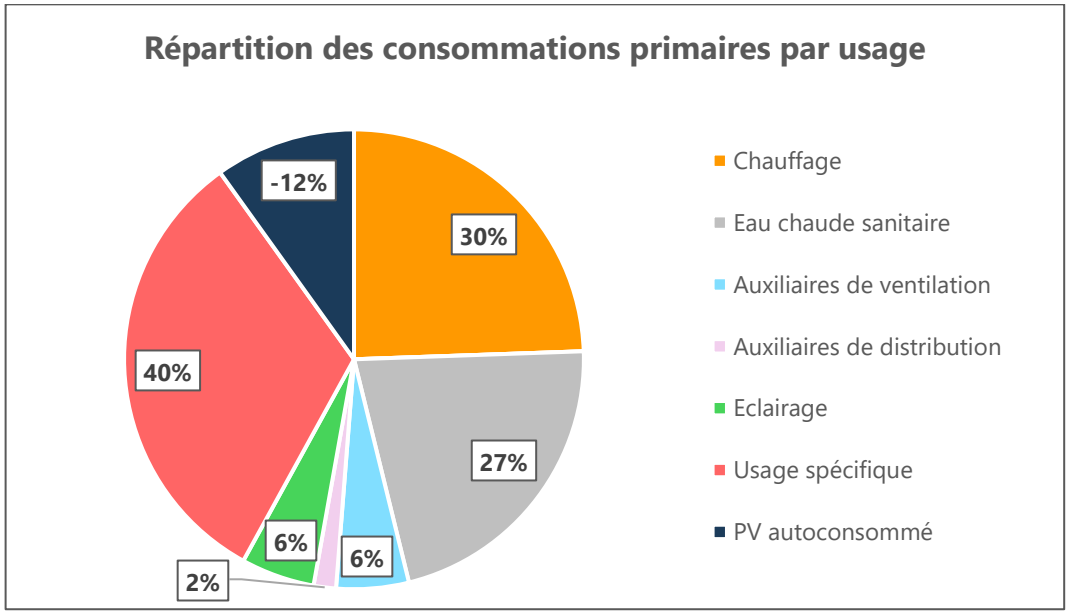


BILAN DU SCENARIO

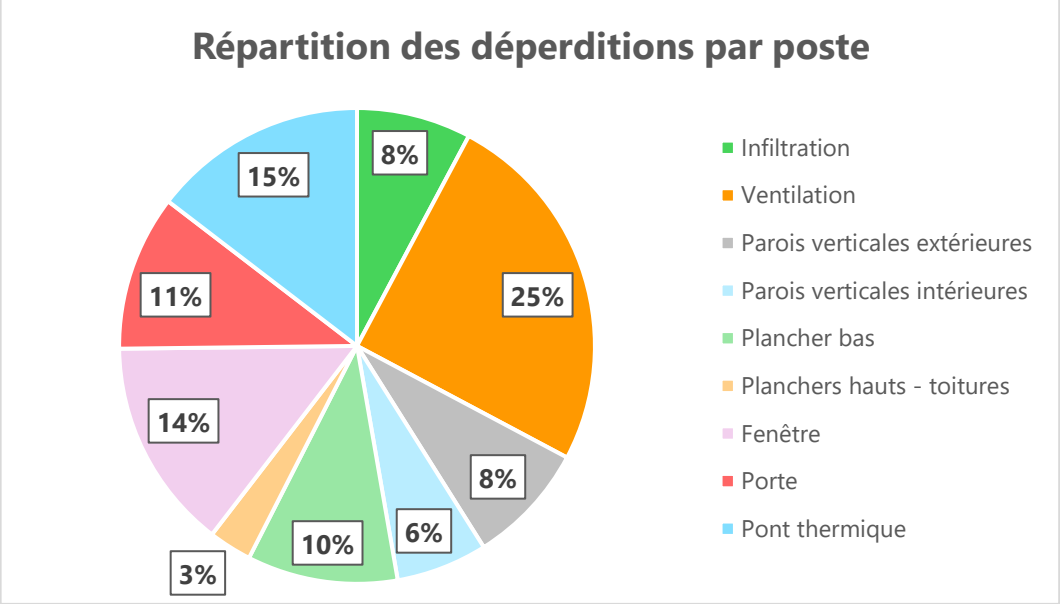
D'après les modélisations réalisées, ce scénario permet d'effectuer 51 % d'économies d'énergie par rapport à l'état initial.

9.2.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 2
Gaz Chauffage	100 805 kWh	223 kWh
Elec(EF) Chauffage	0 kWh	75 095 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	658 kWh
Elec(EF) ECS	0 kWh	66 905 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	0 kWh	15 700 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	4 911 kWh	4 839 kWh
Eclairage (EF)	39 560 kWh	15 951 kWh
Elec spécifique(EF)	100 669 kWh	98 921 kWh
Photovoltaïque(EF)	0 kWh	-30 507 kWh
Total gaz	158 237 kWh	881 kWh
Total électricité	145 139 kWh	246 245 kWh
TOTAL	**303 376 kWh**	**247 126 kWh**



9.2.4 Déperditions énergétiques par poste



Total : 63.65 kW

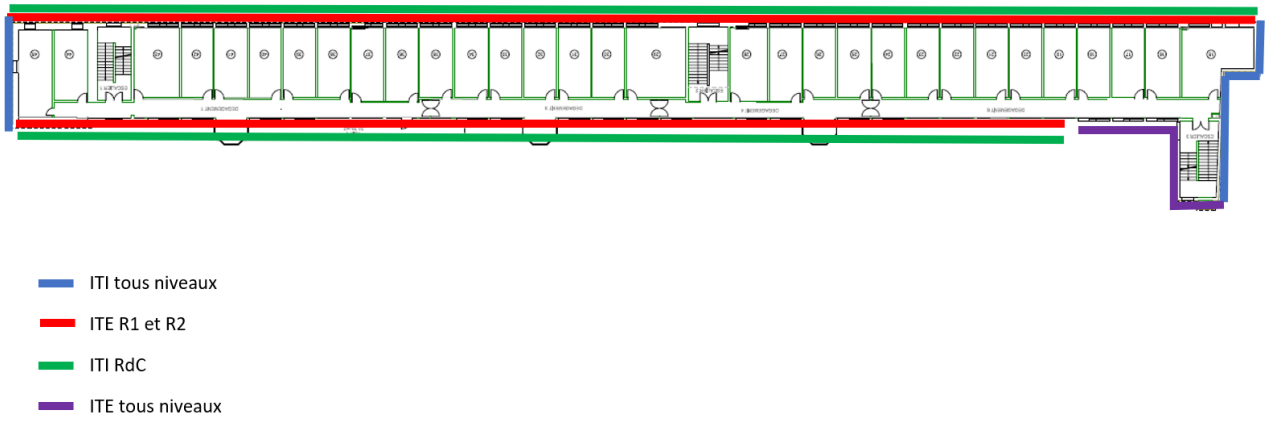
9.3 SCENARIO 3

La liste de travaux à entreprendre pour atteindre le deuxième palier de réduction des consommations est la suivante :

Actions		Estimation coût (€HT)	Valorisation CEE (€)	Investissement (€HT)
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W scénario 3	113 100,00 €	7 600,00 €	105 500,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique par l'extérieur des murs extérieurs R = 4,4 m².K/W scénario 3	391 700,00 €	10 300,00 €	381 400,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	185 100,00 €	4 600,00 €	180 500,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	4 700,00 €	- €	4 700,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Flocage thermique du plancher bas - sous sol et chaufferie R = 3 m².K/W	24 200,00 €	1 400,00 €	22 800,00 €
Travaux sur l'enveloppe	Remplacement des menuiseries Uw = 1,3 W/m².K	842 500,00 €	12 100,00 €	830 400,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'une VMC hygroréglable B	54 500,00 €	7 800,00 €	46 700,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'éclairage au LED	42 500,00 €	400,00 €	42 100,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	141 700,00 €	800,00 €	140 900,00 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	90 000,00 €	- €	90 000,00 €
Travaux sur les systèmes	Mise en place d'un système de GTC sur les parties communes	15 000,00 €	- €	15 000,00 €
Travaux sur les systèmes	Remplacement pompes circuits chauffage	8 000,00 €	- €	8 000,00 €
EnR	Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 18 kWc	39 600,00 €	3 500,00 €[1]	36 100,00 €
EnR	Mise en place de solaire thermique	42 000,00 €	4 300,00 €	37 700,00 €
TOTAL		**2 035 100 €**	**52 800 €**	**1 982 300 €**

[1]Prime à l'autoconsommation

La répartition entre ITI et ITE est détaillée ci-dessous :



Remarque : La solution mixte ITI + ITE a été proposée seulement dans le scénario 3 afin de pouvoir la comparer à la solution seulement ITI. A noter qu'elle devra être soumise à une autorisation de la mairie dans le cadre du dépôt de PC (dépassement de limite de propriété pour les niveaux 1 et 2).

9.3.1 Calcul réglementaire TH-C-Ex

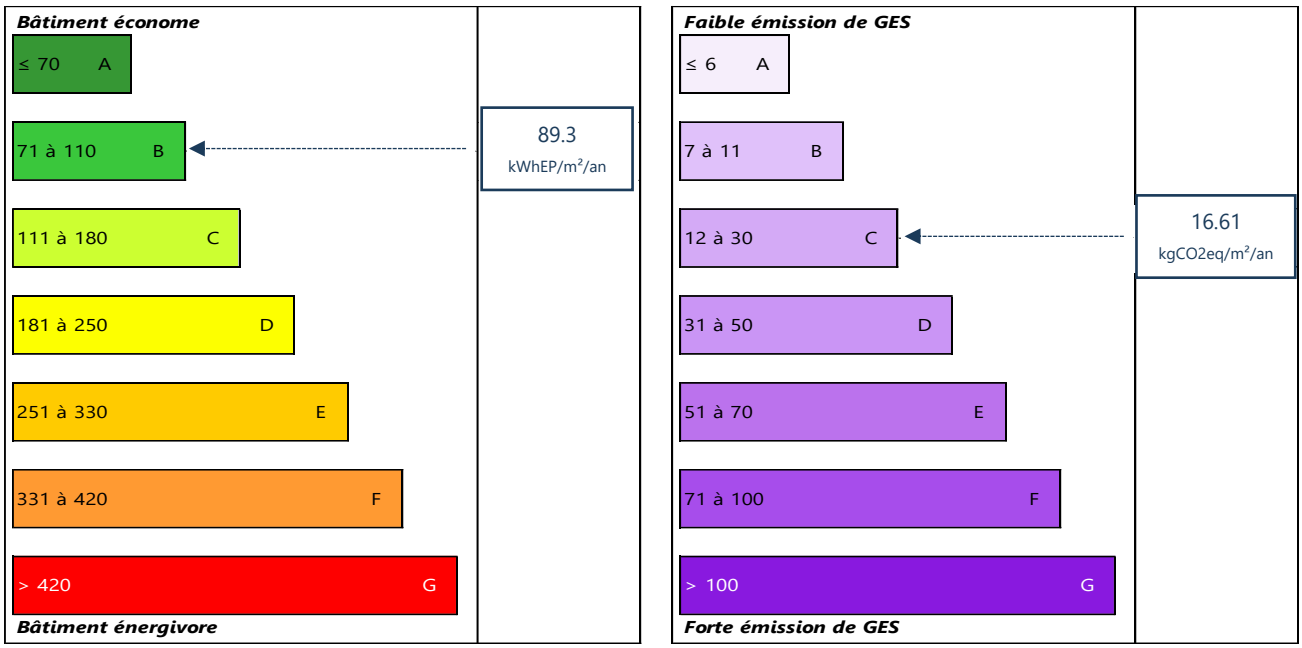
Le tableau suivant récapitule les objectifs fixés par la réglementation :

Etat	Consommation d'énergie primaire (kWhEP/m²)	Ubat	Température intérieure de confort (Tic °C)
Initial	183.3	1.056	/
Projet	**89.3**	**0.494**	**25.55 – 25.33 – 26.60**
Référence	113.3	0.587	32.40 – 33.65 – 34.43
Maximale	110.0	0.734	/
Gain énergétique total	**51.2 %**		
Gain énergétique hors PV	**42.8 %**		

BILAN REGLEMENTAIRE

Au vu des résultats précédents, ce projet est bien conforme à la RT existant. De plus, il est éligible aux labels HPE (Haute Performance Energétique en Rénovation) et Promotelec niveau 3*.

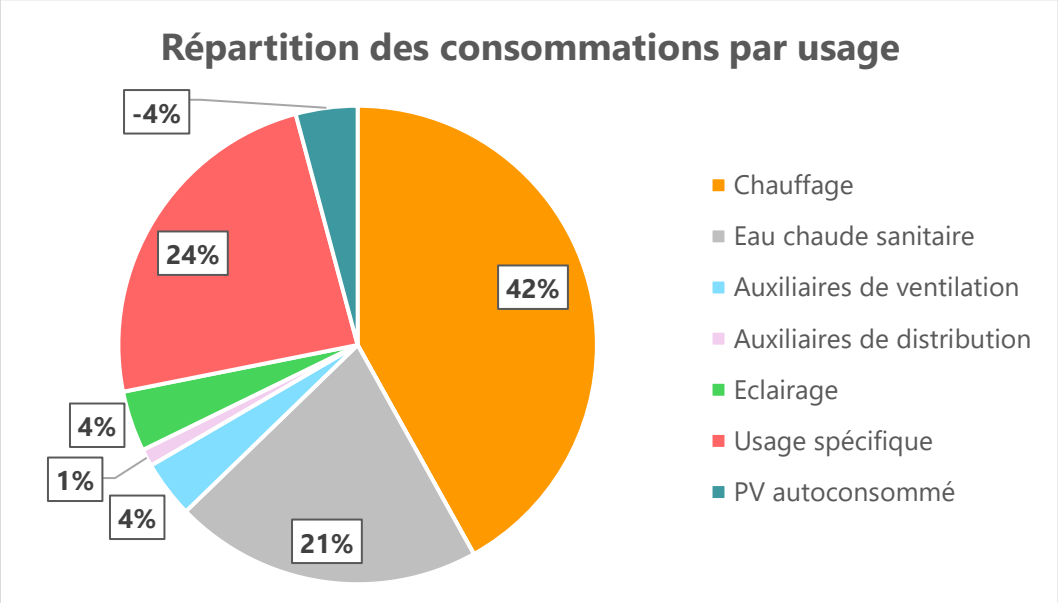
Etiquette énergétique de type DPE du scénario 3 (méthode TH-C-Ex)



Attention, cette étiquette ne représente pas la performance du bâtiment selon la méthode de calcul réglementaire DPE. Elle est fonction d'un calcul TH C Ex et est donc simplement donnée à titre indicatif et comparatif.

9.3.2 Analyse des consommations d'énergie finales (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 3
Gaz Chauffage	100 805 kWh	74 388 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	36 441 kWh
Elec ECS	0 kWh	515 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	/	6 826 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	2 135 kWh	2 075 kWh
Eclairage (EF)	17 200 kWh	7 270 kWh
Elec spécifique(EF)	43 769 kWh	42 511 kWh
Photovoltaïque(EF)	/	-7 407 kWh
Total gaz	158 237 kWh	110 829 kWh
Total électricité	63 104 kWh	51 790 kWh
TOTAL	**221 341 kWh**	**162 619 kWh**

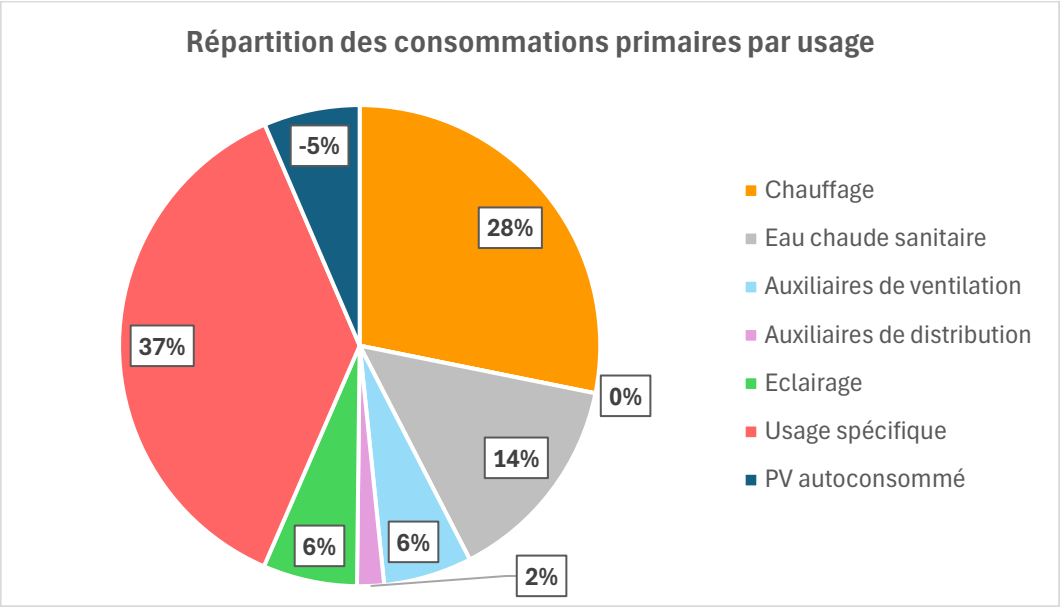


BILAN DU SCENARIO

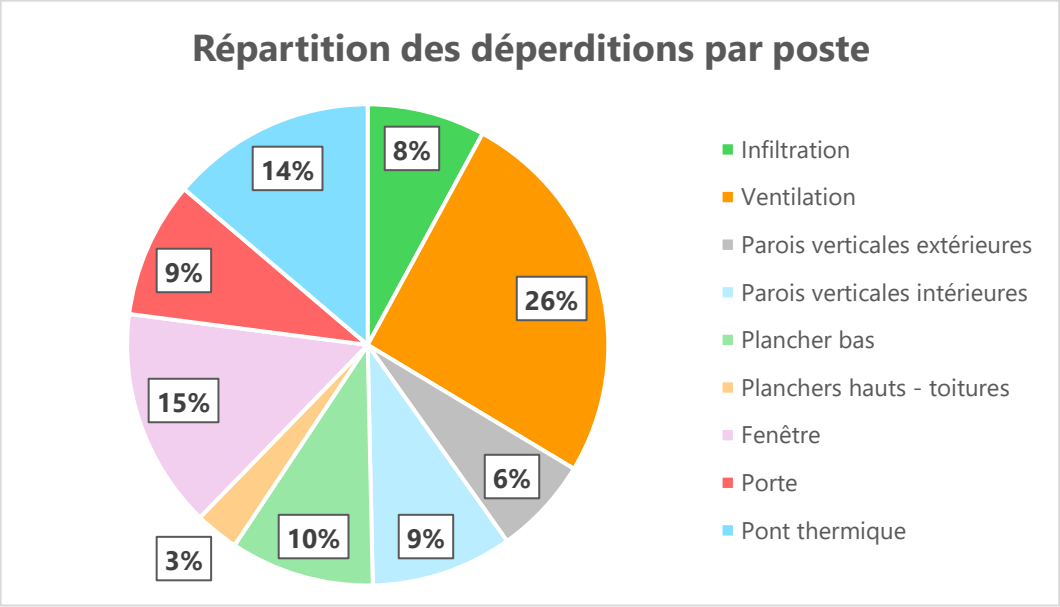
D'après les modélisations réalisées, ce scénario permet d'effectuer 27 % d'économies d'énergie par rapport à l'état initial.

9.3.3 Analyse des consommations d'énergie primaires (calcul SED)

Type d'énergie	Etat initial	Scénario 3
Gaz Chauffage	100 805 kWh	74 758 kWh
Gaz ECS	57 432 kWh	54 909 kWh
Elec ECS	0 kWh	1 185 kWh
Elec ventilation suivant scenarios(EF)	0 kWh	15 700 kWh
Auxiliaires de distribution (EF)	4 9113 kWh	4 773 kWh
Eclairage (EF)	39 560 kWh	16 721 kWh
Elec spécifique(EF)	100 669 kWh	97 775 kWh
Photovoltaïque(EF)	0 kWh	-17 036 kWh
Total gaz	158 237 kWh	110 829 kWh
Total électricité	145 139 kWh	119 117 kWh
TOTAL	**303 376 kWh**	**229 946 kWh**



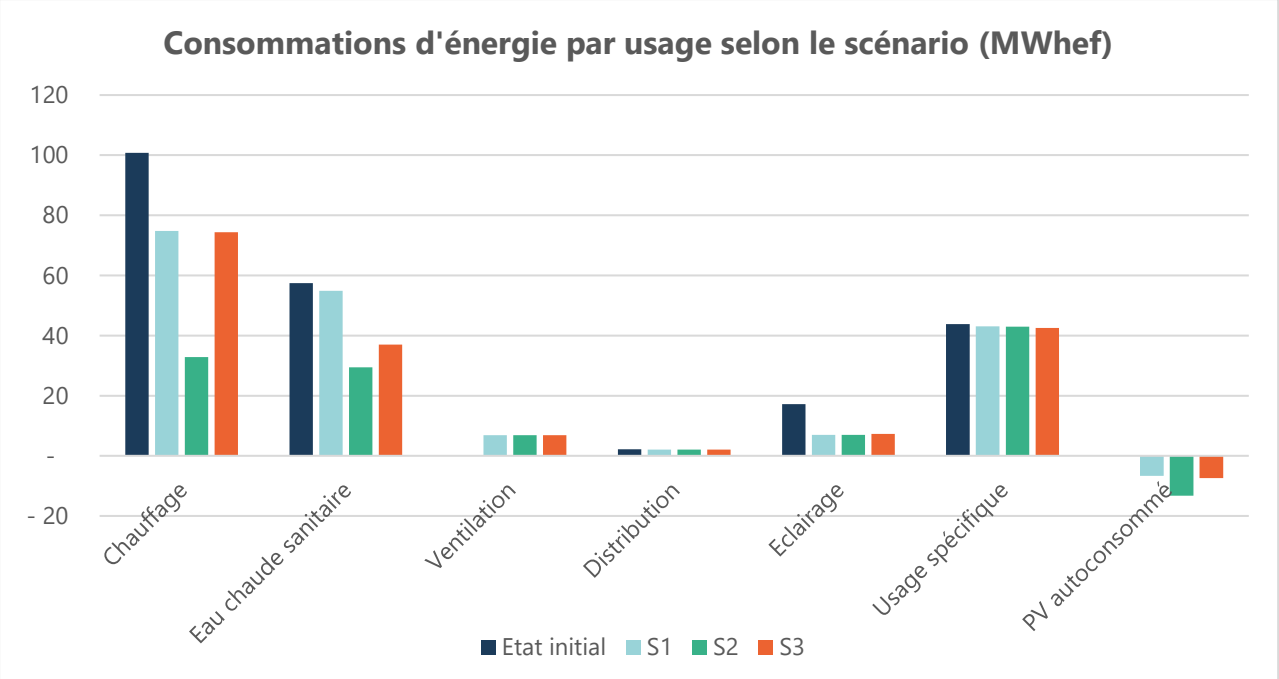
9.3.4 Déperditions énergétiques par poste



Total : 61.92 kW

9.4 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS PAR USAGE (SED)

Le graphique suivant permet la comparaison des consommations énergétiques par poste pour que scénario :



10 LES AIDES FINANCIERES

10.1 CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE

- **CEE mobilisable pour une rénovation thermique globale (fiche BAR-TH-145)**

Cette opération n'est pas cumulable avec d'autres opérations pouvant donner lieu à la délivrance de certificats d'économies d'énergie pour des travaux effectués sur les principaux postes de consommations d'énergie.

L'octroi de ce certificat d'économie d'énergie ne se fait que si les travaux permettent d'atteindre une performance énergétique globale minimale du bâtiment qui satisfait aux critères suivants :

- Réalisation d'un audit énergétique répondant aux dispositions de l'article 8 de l'arrêté du 17/11/2020 modifié par l'article 2 de l'arrêté du 29 décembre 2023 ;
- La consommation conventionnelle annuelle en énergie primaire après travaux, rapportée à la surface habitable des logements est inférieure à 331 kWh/m².an pour les usages de chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et ventilation ;
- Gain énergétique d'au moins 35 % par rapport à la consommation conventionnelle annuelle en énergie primaire avant travaux pour les usages définis ci-dessus. Les émissions annuelles de gaz à effet de serre après rénovation, rapportée à la surface habitable du bâtiment sont inférieures ou égales à la valeur initiale de ces émissions avant travaux.

Conditions d'éligibilité	CEP ≤331 kWh/m².an	Gain énergétique RT ≥35% par rapport à l'état initial	GES projet ≤ GES état initial
Scénario 1	OUI	OUI	OUI
Scénario 2	OUI	OUI	OUI
Scénario 3	OUI	OUI	OUI

Travaux Rénovation thermique globale d'un bâtiment résidentiel collectif existant	Fiches	MWhcumac	Prime CEE mobilisable
Scénario 1	BAR-TH-145	4 540	27 200 €
Scénario 2	BAR-TH-145	6 433	38 600 €
Scénario 3	BAR-TH-145	4 842	29 000 €

- **CEE mobilisables pour une rénovation poste par poste**

Les CEE sont calculés ligne par ligne puis sommés pour avoir le montant de la subvention :

Scénario 1 :

Actions	Fiches	MWhcumac	Prime CEE mobilisable	Remarques
Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	BAR-EN-102	3 082	18 500 €	R ≥ 3 m².K/W
Isolation thermique de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	BAR-EN-105	767	4 600 €	R ≥ 4.5 m².K/W
Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	/	/	/	/
Flocage thermique du plancher bas - sous-sol et chaufferie R = 3 m².K/W	BAR-EN-103	233	1 400 €	R ≥ 3 m².K/W
Remplacement des menuiseries côté studio et couloir Uw = 1,3 W/m².K	BAR-EN-104	2 009	12 100 €	Uw ≤ 1,3 W/m² .K et Sw ≥ 0,3 OU Uw ≤ 1,7 W/m².K et Sw ≥ 0,36.
Mise en place d'une VMC hygroréglable B	BAR-TH-127	1 300	7 800 €	
Mise en place d'éclairage au LED	BAR-EQ-110	67	400 €	Dispositif de contrôle pour les parties communes
Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	BAR-TH-110	133	800 €	Delta de température nominal ≤ 40 K
Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	/	/	/	/
Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC) sur les parties communes	/	/	/	/
Remplacement pompes circuits chauffage	/	/	/	/
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 9 kWc	/	/	/	/

L'estimation budgétaire de la valorisation des CEE à date est d'environ 45 000 €.

Scénario 2 :

Actions	Fiches	MWhcumac	Prime CEE mobilisable	Remarques
Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	BAR-EN-102	3 082	18 500 €	R ≥ 3 m².K/W
Isolation thermique par l'extérieur de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	BAR-EN-105	767	4 600 €	R ≥ 4.5 m².K/W
Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	/	/	/	/
Flocage thermique du plancher bas - sous-sol R = 3 m².K/W	BAR-EN-103	233	1 400 €	R ≥ 3 m².K/W
Remplacement des menuiseries côté studio Uw = 1,3 W/m².K	BAR-EN-104	1 117	6 700 €	Uw ≤ 1,3 W/m² .K et Sw ≥ 0,3 OU Uw ≤ 1,7 W/m².K et Sw ≥ 0,36.
Mise en place d'une VMC hygroréglable B	BAR-TH-127	1 300	7 800 €	
Mise en place d'éclairage au LED	BAR-EQ-110	67	400 €	Dispositif de contrôle pour les parties communes
Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	BAR-TH-110	133	800 €	Delta de température nominal ≤ 40 K
Remplacement chaudières gaz par PAC air/eau P = 72 kW et 2 chaudières gaz à condens. P = 84 kW	BAR-TH-166	3 268	19 700 €	Efficacité énergétique saisonnière : 111 % ≤ Etas <120 % Ou Etas ≥ 120 %
Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC) sur les parties communes	/	/	/	/
Remplacement pompes circuits chauffage	/	/	/	/
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 10.125 kWc	/	/	/	/

L'estimation budgétaire de la valorisation des CEE à date est d'environ 60 000 €.

Scénario 3 :

Actions	Fiches	MWhcumac	Prime CEE mobilisable	Remarques
Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W RDC	BAR-EN-102	1 267	7 600 €	R ≥ 3 m².K/W
Isolation thermique par l'extérieur des murs extérieurs R = 4,4 m².K/W R+1/2	BAR-EN-102	1 717	10 300 €	R ≥ 3 m².K/W
Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m²/K	/	/	/	/
Isolation thermique par l'extérieur de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	BAR-EN-105	767	4 600 €	R ≥ 4.5 m².K/W
Flocage thermique du plancher bas - sous-sol R = 3 m².K/W	BAR-EN-103	233	1 400 €	R ≥ 3 m².K/W
Remplacement des menuiseries côté studio et couloir Uw = 1,3 W/m².K	BAR-EN-104	2 017	12 100 €	Uw ≤ 1,3 W/m² .K et Sw ≥ 0,3 OU Uw ≤ 1,7 W/m².K et Sw ≥ 0,36.
Mise en place d'une VMC hygroréglable B	BAR-TH-127	1 300	7 800 €	
Mise en place d'éclairage au LED	BAR-EQ-110	67	400 €	Dispositif de contrôle pour les parties communes
Mise en place d'un réseau de radiateur basse température	BAR-TH-110	133	800 €	Delta de température nominal ≤ 40 K
Mise en place de solaire thermique	BAR-TH-102	717	4 300 €	
Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC) sur les parties communes	/	/	/	/
Remplacement pompes circuits chauffage	/	/	/	/
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 18 kWc	/	/	/	/

L'estimation budgétaire de la valorisation des CEE à date est d'environ 49 000 €.

11 COMPARAISON DES SCENARII

11.1 FOCUS SUR L'ENVELOPPE DU BATIMENT

Le tableau suivant récapitule les améliorations touchant à l'enveloppe du bâti, pour chaque scénario :

Actions	Scénario 1 (€HT)	Scénario 2 (€HT)	Scénario 3 (€HT)
Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W	277 500,00 €	277 500,00 €	
Isolation thermique par l'intérieur des murs extérieurs R = 3,9 m².K/W scénario 3			113 100,00 €
Isolation thermique par l'extérieur des murs extérieurs R = 4,4 m².K/W scénario 3			391 700,00 €
Isolation et réfection de l'étanchéité de la toiture terrasse R = 7,5 m².K/W	185 100 €	185 100 €	185 100 €
Isolation thermique des rampants R = 7,5 W/m².K	4 700,00 €	4 700,00 €	4 700,00 €
Flocage thermique du plancher bas - sous-sol et chaufferie R = 3 m².K/W	24 200,00 €	24 200,00 €	24 200,00 €
Remplacement des menuiseries studios Uw = 1,3 W/m².K		467 700,00 €	
Remplacement des menuiseries studios et couloirs Uw = 1,3 W/m².K	842 500,00 €		842 500,00 €
Sous-total bâti	**1 334 000 €**	**959 200 €**	**1 561 300 €**

Ces améliorations sont globalement les mêmes dans l'ensemble des scénarii, **à l'exception de l'isolation des murs extérieurs et du remplacement des menuiseries.** L'impact sur la consommation énergétique de chacune de ces améliorations a été étudié :

Action	Consommation (kWh)	Gains énergétiques (kWh)	Investissement (€HT)	Pertinence économique
Etat Initial	221 341	-	-	
Remplacement des menuiseries extérieures (studios)	208 692	12 649	467 700	✔
Remplacement des menuiseries extérieures (studios et couloirs)	207 800	13 541	842 500	✘
Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI)	208 181	13 160	277 500	✔
Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) R+1/2 + par l'Intérieur RDC	207 543	13 798	504 800	✘

Certaines actions d'améliorations énergétiques (APE) étudiées engendrent des différences de coûts substantielles entre les différents scénarii :

- **Le changement des menuiseries côté couloir représente un surinvestissement de 375 k€, pour un gain énergétique de moins d'1 MWh** par an en plus, par rapport à l'APE proposant de ne changer que les menuiseries côté studio. En effet, puisque les couloirs ne sont pas chauffés, et que les murs des studios donnant sur ces derniers sont considérés comme isolés, il y a peu de déperditions par ces fenêtres. De plus, les couloirs n'étant qu'une zone de passage, le changement des menuiseries dans ces derniers n'a aucun impact sur le confort des occupants.

- **La solution mixte ITI + ITE**, n'est finalement pas si avantageuse économiquement puisqu'elle ne permet de faire que **700 kWh d'économies de plus que la solution ITI, pour un investissement supérieur de 227 k€.** Bien que les ponts thermiques soient réduits dans le cas de l'ITE, cela n'est vrai que si l'ensemble du bâtiment était traité par l'extérieur. Dans notre cas, cela n'est pas possible sur certaines parties du bâtiment (RDC, extrémités). Or, les jonctions entre 2 types d'isolation (angles de bâtiment, planchers, …) créent des ruptures dans l'enveloppe thermique, favorisant les pertes thermiques. Ainsi, les ponts thermiques des angles de murs entre ITE et ITI sont plus importants que ceux entre deux murs isolés par l'intérieur.

Autres contraintes administrative :

l'ITE entraîne un dépassement de la limite de propriété du bâtiment (côte Rue Jules Favre) sur les niveaux 1 et 2, il faudra obtenir une autorisation auprès de la mairie, en plus de l'autorisation des ABF pour l'ensemble des travaux impactant l'aspect extérieur du bâtiment (fenêtres, ITE).

11.2 FOCUS SUR LES SYSTEMES

Le tableau suivant récapitule les améliorations touchant aux système, pour chaque scénario :

Actions	Scénario 1 (€HT)	Scénario 2 (€HT)	Scénario 3 (€HT)
Mise en place d'une VMC hygroréglable B	54 500,00 €	54 500,00 €	54 500,00 €
Mise en place d'éclairage au LED	42 500,00 €	42 500,00 €	42 500,00 €
Mise en place d'un réseau de radiateurs basse température	182 200,00 €	182 200,00 €	182 200,00 €
Remplacement chaudières gaz par chaudières gaz condens. P = 150 kW	90 000,00 €		90 000,00 €
Remplacement chaudières gaz par PAC air/eau P = 72 kW et 2 chaudières gaz à condens.		248 000,00 €	
Mise en place d'un système de GTC sur les parties communes	15 000,00 €	15 000,00 €	15 000,00 €
Remplacement pompes circuits chauffage	8 000,00 €	8 000,00 €	8 000,00 €
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 9 kWc	19 800,00 €		
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 10.125 kWc		22 300,00 €	
Mise en place de panneaux photovoltaïques P = 18 kWc			39 600,00 €
Mise en place de solaire thermique			42 000,00 €
Sous-total systèmes	**412 000 €**	**572 500 €**	**473 800 €**

En termes de systèmes (hors photovoltaïque), seuls les systèmes de production de chauffage et d'ECS changent d'un scénario à l'autre.

Le scénario 2 est celui pour lequel l'investissement est le plus important, puisqu'il comprend la mise en place de pompes à chaleur mais aussi de chaudières gaz en secours. De plus, il s'agit également de la solution la plus contraignante d'un point de vue technique. En effet, outre le surcoût induit par l'installation des pompes à chaleur en toiture (grutage, blocage de la voirie, habillage acoustique), et la création de nouveaux réseaux hydrauliques reliant les pompes à chaleur à la chaufferie, il faut également prendre en compte le fait que cette solution va entraîner une forte augmentation de la consommation électrique. Par conséquent la puissance électrique souscrite devra également être augmentée, ce qui provoquera un surcoût sur l'abonnement. Enfin, il faudra s'assurer que le point de livraison d'électricité du site pourra bien supporter cette augmentation de puissance souscrite. Dans le cas contraire, des travaux devront être engagés par ENEDIS, provoquant un investissement supplémentaire et allongeant fortement les délais de mise en service des pompes à chaleur. Par ailleurs, les PAC étant installées en toiture, les ABF devront approuver le projet, et une étude structure sera nécessaire.

Concernant les systèmes photovoltaïques et solaire thermique, présents sur l'ensemble des scénarii, une étude structure sera également nécessaire afin de déterminer si la toiture terrasse sera à même ou non de supporter le poids additionnel induit par la mise en place de ces derniers. Ces APE sont également soumises à la validation des ABF.

12 CONCLUSION

Critères	Scénario 1 : Gaz + PV	Scénario 2 : PAC + gaz appoint + PV	Scénario 3 : Gaz + solaire thermique
Investissement bâti (k€)	1,334 k€	0,959 k€	1,561 k€
Investissement systèmes (k€)	0,412 k€	0,573 k€	0,474 k€
Investissement global (k€)	**1,746 k€**	**1,532 k€**	**2,035 k€**
Gains énergétiques EF % (SED)	18%	51%	27%
Gains énergétiques EP % (SED)	17%	18%	24%
Etiquette CEP	B	B	B
Etiquette GES	C	A	C
Contraintes techniques	• Etude structure du toit pour installation des panneaux PV	• Etude structure du toit pour ajout des PAC + des panneaux PV • Contraintes acoustiques des PAC • Réseaux hydrauliques plus complexes • Prise en charge de la puissance électrique additionnelle	• Etude structure du toit pour installation des panneaux solaires thermiques + PV • Emprise ITE sur espace public validé par la mairie
Contraintes d'urbanisme	Autorisation des ABF pour mise en place de PV	Autorisation des ABF pour mise en place de PV et des PAC en toiture	Autorisation des ABF pour mise en place de solaire thermique
Label HPE	✓	✓	✓
Label Promotelec 3*	✓	✓	✓
Label BBC Rénovation	✗	✗	✗

Le scénario 1 est le scénario « minimum » permettant de se mettre en conformité avec la réglementation. Il respecte ainsi l'ensemble des critères pour une rénovation globale selon la RT existant.

Les scénarii 2 et 3 proposent quant à eux des APE permettant d'aller plus loin dans l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment, réduisant ainsi davantage les consommations de ce dernier. Le tableau suivant dresse une comparaison économique des scénarii 2 et 3 par rapport au scénario 1 « minimum » et à l'état initial.

	Etat initial	Réf. Sc1	Sc2	Sc3
Couts des solutions (Budget en k€ HT)	**GAZ**	**GAZ**	**PAC**	**GAZ et Chauffe-eau Solaire**
Investissement (hors CEE)	**/**	**1 746 k€**	**1 532 k€**	**2 035 k€**
Coût fourniture ELEC	19 k€	16 k€	32 k€	16 k€
Coût fourniture GAZ	23 k€	19 k€	0,1 k€	16 k€
Cout fourniture énergie année 0	**42 k€**	**35 k€**	**32 k€**	**32 k€**
Gain la 1ère année	/	7 k€	10 k€	10 k€
Gain la 1ère année par rapport au S1	**Réf.**	**Réf.**	**2 k€**	**3 k€**
Temps de retour brut (années)	/	234	156	197
Temps de retour brut par rapport au S1	**/**	**/**	**640**	**705**

Au regard des observations et analyses réalisées dans la partie « Focus sur l'enveloppe du bâtiment », il est important de rappeler **qu'il existe une grosse différence dans les investissements liés à l'amélioration du bâti entre nos scénarii, qui ne se répercute pas significativement sur les consommations énergétiques.** Le bouquet de travaux sur le bâti du scénario 2 apparait le plus pertinent économiquement avec un impact énergétique marginal.

Le choix du scénario de travaux retenu par la maitrise d'ouvrage devra donc se faire en 2 temps, en choisissant d'un côté, les améliorations du bâti à implémenter et de l'autre, les systèmes en fonction des différentes contraintes identifiées (règlementaires, techniques, économiques, administratives, environnementales, surface habitable, ….).

Il est rappelé que les coûts d'investissement proposés dans ce document sont destinés à situer l'importance des travaux, mais ils ne peuvent être considérés comme des coûts d'objectif. Ils ne comprennent pas les honoraires liés aux missions de maîtrise d' œuvre, de contrôle technique, SPS, OPC nécessaires à la réalisation de ces travaux.

13 ANNEXES

13.1 ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR

Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI)

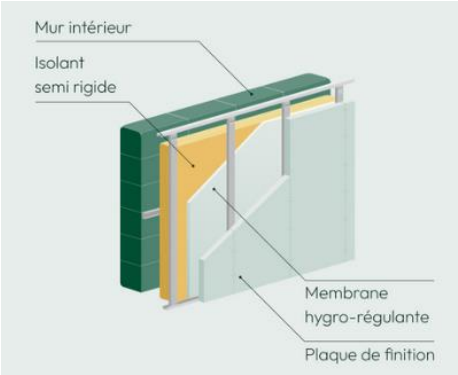
Principe :

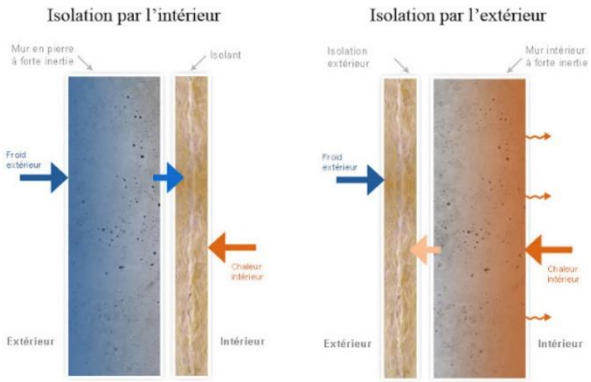
- Amélioration des performances thermiques des parois verticales ;
- Diminution de la consommation énergétique du site.

Mise en œuvre :

- Dépose de l'isolant actuel ;
- Dépose et repose d'un doublage après intervention ;

Solution choisie : une isolation thermique intérieure avec pare-vapeur ;
L'isolant possède une épaisseur de 16cm et une résistance thermique R = 3,9 K.m²/W.





Remarque/Point de vigilance :

- Le plan du bâtiment étant voué à être modifié entièrement, l'ITI devra se faire avant la création des nouvelles cloisons de séparation des studios afin de limiter les ponts thermiques.
- La mise en place de l'isolation côté intérieur diminue la surface utile des pièces.
- L'isolation par l'intérieur entraine également une augmentation des ponts thermiques, notamment au niveau des planchers intermédiaires.
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une résistance minimale de 3,7 K.m²/W.

13.2 ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR

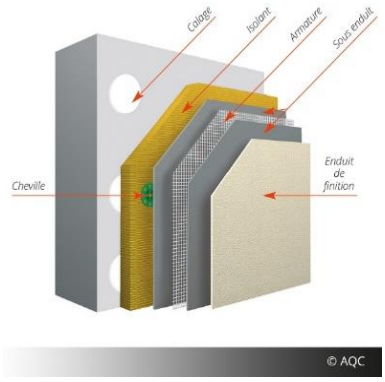
Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE)

Principe :

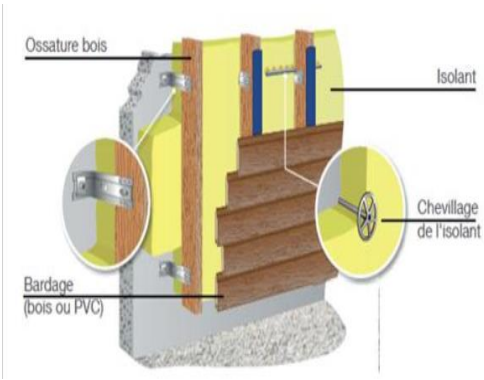
- Amélioration des performances thermiques des parois verticales ;
- Garantir une continuité d'isolant sur la périphérie du bâtiment ;
- Embellir l'architecture du bâtiment.

Mise en œuvre :

- Pose d'un échafaudage ;
- Préparation des surfaces (lavage et décontamination) des supports et réparation des dégradations ;
- La solution choisie est une isolation thermique extérieure sous enduit ;
- L'isolant possède une épaisseur de 19 cm et une résistance thermique R = 4.4 K.m^2/W ;
- Traitement des encadrements de baies par retour de l'isolation des façades courantes. L'isolation sera plus fine (quelques centimètres d'épaisseur) en fonction du cadre des menuiseries extérieures.



ITE sous enduit



ITE sous bardage

Remarque/Point de vigilance :

- Afin de limiter au maximum les ponts thermiques au niveau des fenêtres, le remplacement des menuiseries doit être réalisé en même temps que l'isolation par l'extérieur. Les menuiseries devront être positionnées au nu extérieur.
- Avec des menuiseries au nu intérieur, la mise en place de retours d'isolant sur les fenêtres aura pour conséquence de diminuer la surface claire des menuiseries.
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une résistance minimale de 3,7 K.m^2/W.

13.3 ISOLATION THERMIQUE DE LA TOITURE TERASSE

Isolation de la toiture-terrasse

Principe :

- Diminution des déperditions thermiques par l'enveloppe ;
- Réduction des consommations de chauffage ;
- Rénovation de l'étanchéité de la toiture.

Mise en œuvre :

- Dépose de l'étanchéité actuelle et des équipements ;
- Mise en place de panneaux isolants rigides ;
- L'isolant possède une épaisseur de 31cm et une résistance thermique résultante jusqu'à R = 7,5 K.m²/W ;
- Mise en place d'une étanchéité de type bitume avec protection lourde ;
- Réhausse des acrotères par des profilés métalliques ;
- Réalisation des étanchéités des relevés et des couvertines.

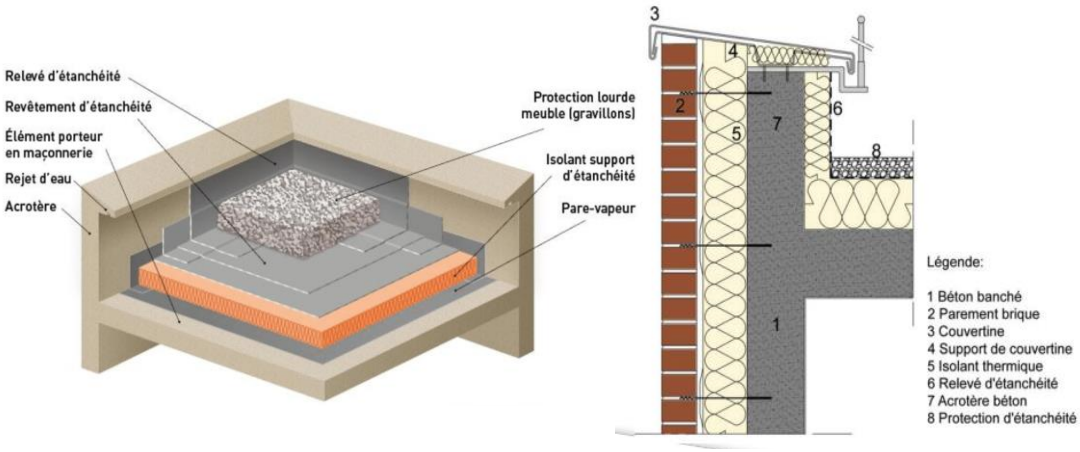


Schéma de principe de l'isolation d'une toiture-terrasse

Remarque/Point de vigilance :

- Une hauteur d'acrotère minimum de 15 cm devra être conservée après l'ajout de la nouvelle isolation (DTU 43.1) ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une résistance minimale de 4,5 K.m²/W.

13.4 ISOLATION THERMIQUE DES RAMPANTS

Isolation des rampants de toiture

Principe :

- Réduction des déperditions par l'enveloppe ;
- Amélioration du confort thermique ;

Mise en œuvre :

- Retrait des cloisons pour accès à l'isolant ;
- Pose en coffrage de panneaux/ rouleaux isolants ;
- L'isolant possède une épaisseur de 31cm et une résistance thermique résultante de R = 7.5 m^2.K/W ;
- Mise en place d'un pare-pluie si nécessaire coté extérieur ;
- Mise en place d'un pare-vapeur coté intérieur ;
- Pose d'un habillage avec plaques de plâtre / OSB.



ITE sous enduit

Remarque/Point de vigilance :

- Le pare-pluie doit être positionné côté froid ;
- Le pare-vapeur doit être positionné côté chaud ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma Prime Rénov etc…) est de satisfaire une résistance thermique minimale de 6 m^2.K/W.

13.5 ISOLATION THERMIQUE DU PLANCHER BAS

Isolation du plancher bas

Principe :

- Isolation en sous-face du plancher bas donnant sur sous-sol accessible et de la chaufferie ;
- Réduits les déperditions thermiques par le plancher bas ;
- Améliore le confort thermique par suppression de l'effet des parois froides ;

Mise en œuvre :

- Dépose et repose des éventuels systèmes (éclairage et autres) ;
- Isolation par flocage avec projection d'isolant ;
- Isoler les poutres en contact avec le plancher pour traiter un maximum les ponts thermiques ;
- L'isolant possède une épaisseur de 18cm et une résistance thermique R = 3,00 K.m²/W ;



Isolation du plancher bas par flocage

Remarque/Point de vigilance :

- S'assurer qu'il n'y a pas de problématiques d'humidité (Hr>80%) auquel cas il doit être envisagé de déshumidifier l'espace ou de choisir un isolant « nu »
- Garantir un accès aux organes de manœuvre des réseaux (si présence)
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une résistance minimale de 3 K.m²/W

13.6 REMPLACEMENT DES MENUISERIES

Remplacement des menuiseries extérieures

Principe :

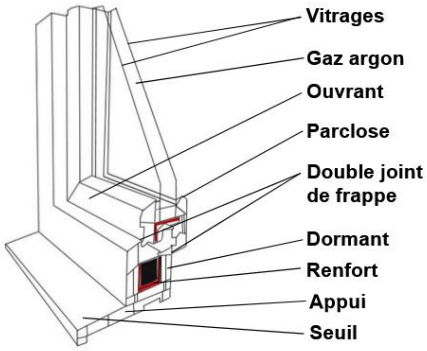
- Réduire les déperditions thermiques par les menuiseries ;
- Améliorer le confort thermique par suppression de l'effet de parois froides ;
- Amélioration de l'étanchéité à l'air.

Mise en œuvre :

- Dépose totale des menuiseries avec le châssis.
- Remplacement par un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant un coefficient de transmission surfacique Uw ≤ 1,3 W/m².K et un facteur solaire Sw ≥ 0,3.



Coupe d'une fenêtre en double vitrage



Légende de la vue en coupe

Remarque/Point de vigilance :

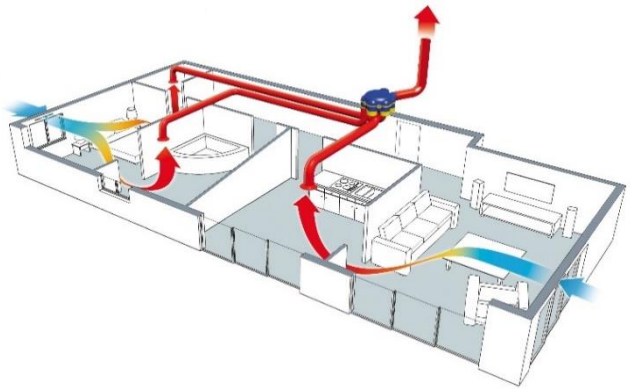
- Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie de la fenêtre afin de ne pas altérer le confort des occupants.
- La pose de menuiseries étanches nécessite la rénovation du système de ventilation. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel.
- Les conditions pour bénéficier des subventions (CEE, Ma Prime Rénov etc…) sont :
  - Uw ≤ 1,70 W/m².K et Sw ≥ 0,36 ;
  - OU Uw ≤ 1,30 W/m².K et Sw ≤ 0,3.

13.7 MISE EN PLACE D'UNE VMC SIMPLE FLUX HYGROREGLABLE B

Mise en place d'une ventilation simple flux

Principe :

- Mise en place d'une ventilation une ventilation mécanique contrôlée (VMC) de type hygro B qui permet le contrôle de débit d'air extrait et du débit entrant ;
- Limite les pertes thermiques comparé à une VMC autoréglable ;
- Améliore la qualité de l'air intérieur ;



Renouvellement d'air par VMC Simple Flux



Bouche Hygro B

Mise en œuvre :

- Dépose des caissons VMC et des réseaux existants ;
- Mise en place d'un caisson de VMC simple flux ;
- Création d'un réseau aéraulique pour l'air extrait et raccordement au caisson ;
- Mise en place de pièges à son ;
- Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO2, détecteur de présence, horloge…) dans les pièces ;
- Réalisation et mesure de l'équilibrage de l'installation de renouvellement d'air ;

Remarque/Point de vigilance :

- Prévoir un contrat de maintenance pour l'entretien des VMC ;
- Les débits de renouvellement d'air à respecter sont précisés dans la réglementation sanitaire départementale ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une puissance électrique absorbée inférieure ou égale à 0,3 W/m3/h au débit nominal.

13.8 MISE EN PLACE D'ECLAIRAGE AU LED

Remplacement des luminaires

Principe :

- Les luminaires LED ont une très bonne efficacité, pour une même luminosité la puissance appelée sera bien plus faible ;
- Réduit la consommation d'électricité et permet donc de faire des économies d'énergie ;
- La durée de vie des LED est très longue ce qui réduit le coût de maintenance.

Mise en œuvre :

- Remplacement des luminaires existants par des ampoules/pavés LED avec plaque diffusante, selon les pièces ;



Exemple de bureaux équipés par des LED



Différents types d'éclairage LED

Remarque/Point de vigilance :

- Un calcul d'éclairement devra être effectué afin de valider l'implantation des luminaires ;
- Il peut être envisagé d'opter également pour un fonctionnement sur détection de présence dans les circulations pour diminuer encore la consommation ;
- Les conditions pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) sont :
  - Une durée de vie supérieure à 50 000 heures (40 000 si IK*=10) ;
  - Chute de flux lumineux à l'issue de cette durée de vie ≤ 30% ;
  - Une efficacité lumineuse 90 (65 si IK=10) ;
  - Doit être équipé d'un dispositif de contrôle (détection de présence/mouvement, détection de niveau d'éclairement).

** IK désigne l'indice de protection aux chocs d'un luminaire*

13.9 MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE RADIATEUR BASSE TEMPERATURE

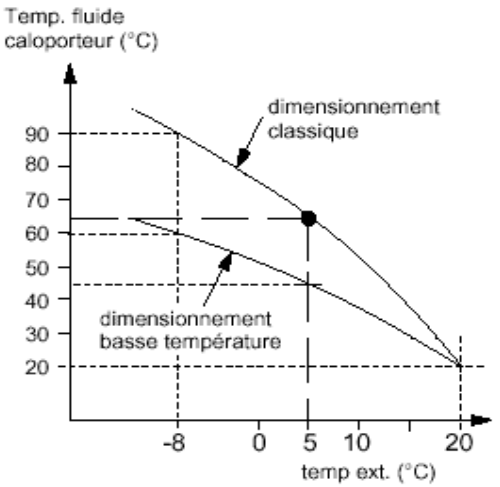
Mise en place de Radiateurs Basses Températures

Principe :

- Les systèmes d'émission basses températures nécessitent une température de production moins élevées que les radiateurs hautes températures ;
- Réalisent des économies d'énergies car les chaudières sont moins sollicitées pour un même besoin ;
- Améliorent le confort thermique de par leurs grandes surfaces ;



Radiateurs basses températures



Loi d'eau pour radiateurs basses et hautes températures

- **Mise en œuvre :**
- Dépose des radiateurs et réseaux existants ;
- Mise en place des radiateurs basses températures et vannes thermostatiques pour l'ensemble du bâtiment ;
- Mise en place de nouveaux réseaux hydrauliques et raccordement aux radiateurs ;
- Équilibrage des réseaux de chauffage par contrôle de l'ouverture des différentes vannes de réglage.

Remarque/Point de vigilance :

- Peut être associé à une PAC du fait de son régime de température plus bas ;
- Plus encombrants qu'un radiateurs hautes températures ;
- Les radiateurs basses températures ne sont envisageable que dans le cas d'un bâtiment bien isolé ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire un dimensionnement des radiateurs pour un delta de température nominal inférieur à 30K.

13.10 MISE EN PLACE DE CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION

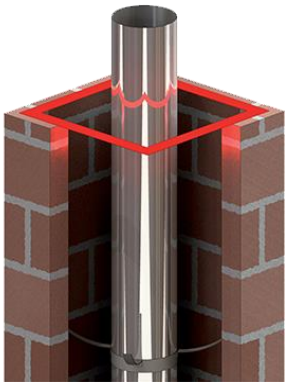
Mise en place de chaudières gaz à condensation

Principe :

- Remplacement des chaudières gaz actuelle par des chaudières gaz à condensation ;
- Améliore le rendement de production de chauffage et permet, pour des besoins de chauffage similaire, de réduire la consommation de gaz ;
- Diminue les pertes en récupérant la chaleur disponible dans les fumées.

Mise en œuvre :

- Vidange de l'installation et dépose des chaudières actuelles ;
- Mise en place de chaudières gaz à condensation de puissance équivalente à l'existant, la puissance devra être revue à la baisse si des travaux d'isolation sont entrepris ;
- Mise en place d'un tubage double peau pour le traitement de l'évacuation des fumées ;
- Mise en place d'un système de traitement des condensats avant l'évacuation vers les égouts.



Mise en place d'un tubage dans le boisseau existant

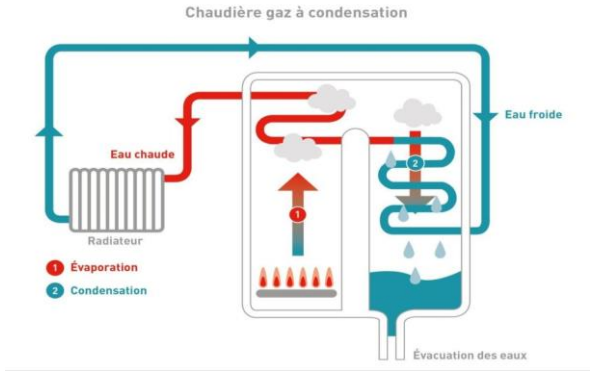


Schéma de principe d'une chaudière gaz à condensation

- Mise en place du système de régulation des chaudières ;
- Remplacement des panoplies de pompes du circuit chauffage (ligne à part dans le chiffrage) ;
-

Remarque/Point de vigilance :

- L'usage d'une chaudière à condensation est optimale pour des températures de retour d'eau basses, soit avec des émetteurs basses températures ;
- Le rendement de production attendu est supérieur à 100% sur PCI ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire :
  - une efficacité énergétique saisonnière pour les chaudières ≤ 70 kW : ≥ 90 % ;
  - une efficacité énergétique utile pour les chaudières > 70 kW et ≤ 400 kW : ≥ 87% à 100% de charges et ≥ 95,5% à 30% de charge ;
  - une efficacité énergétique utile pour les chaudières > 400 kW : ≥ 92% à 100% et à 30% de charge.

13.11 MISE EN PLACE D'UNE POMPE A CHALEUR (PAC)

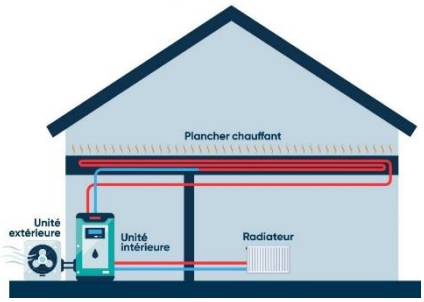
Mise en place d'une Pompe à Chaleur (PAC)

Principe :

- Remplacer une chaudière gaz/fioul ancienne par une PAC plus performante ;
- Diminue l'émission de gaz à effet de serre ;
- Allège les factures d'énergies.

Mise en œuvre :

- Fourniture, grutage et pose des PAC et de la clôture acoustique ;
- Raccordement au réseau hydraulique ;
- Équilibrage, tests de bon fonctionnement.



Intégration d'une PAC

Remarque/Point de vigilance :

- Cette solution ne peut intervenir qu'après l'isolation complète du bâtiment (parois et fenêtres) afin de minimiser les consommations ;
- Selon la puissance de la PAC, une augmentation de l'abonnement électrique est à envisager ;
- L'entretien de la PAC est indispensable (échangeur externe, filtres internes…), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du code de l'Environnement).
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire une efficacité énergétique :
  - 111 % pour les PAC moyenne et haute température ;
  - 126 % pour les PAC basse température.

Préalable / besoin d'accompagnement

- Il conviendra d'évaluer la faisabilité vis-à-vis de la réserve de puissance sur le compteur existant et le cheminement des câbles électriques.
- Il conviendra de réaliser une étude acoustique pour valider le confort acoustique de jour comme de nuit et intégrer au travaux les solutions éventuelles d'atténuation de l'émergence sonore.
- Il conviendra de réaliser une étude structure pour étudier et chiffrer la reprise de charge supplémentaire en toiture.

13.12 MISE EN PLACE D'UNE GESTION TECHNIQUE CENTRALISEE (GTC)

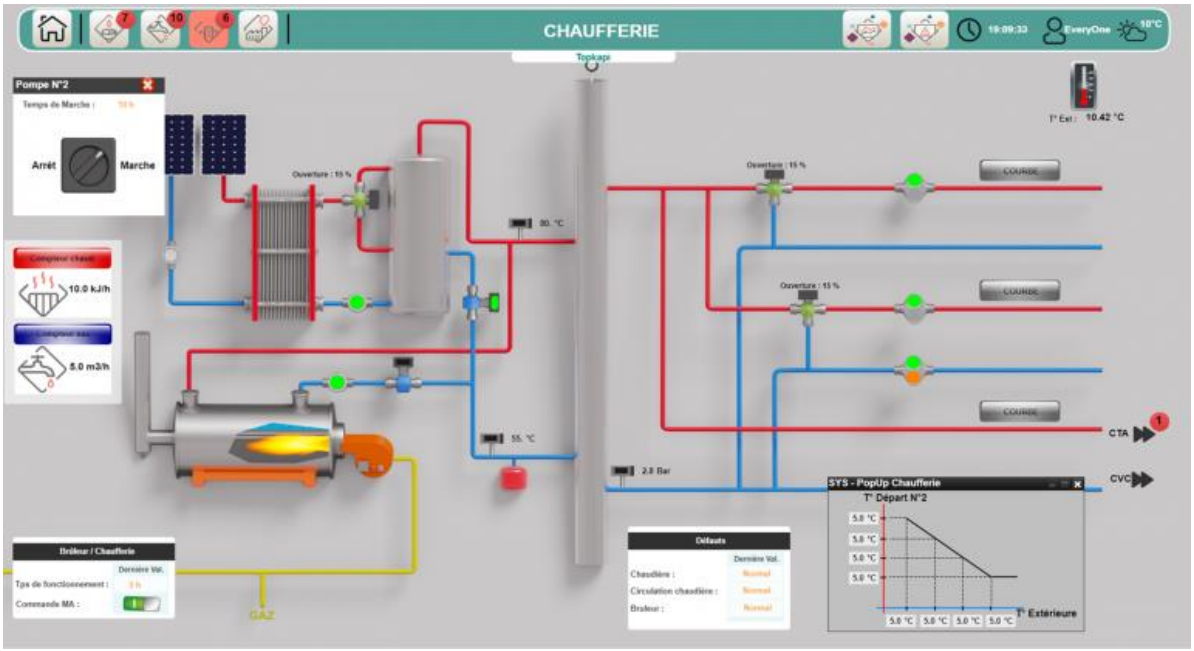
Mise en place d'une Gestion Technique Centralisée (GTC)

Principe :

- La GTC est un outil/système de gestion informatique ;
- Permet de surveiller et piloter un certain type d'installations énergétiques (Climatisation, Chauffage, Equipements électriques) et ce à partir d'informations reçues en direct.

Mise en œuvre :

- Mise en place d'une GTC dans la chaufferie et sur les équipements de ventilation pour les pièces communes du RDC;
- Mise en place d'une connexion ADSL/WIFI dans les locaux techniques ;
- Mise en place et programmation d'un automate central et de son interface ;
- Mise en place et branchement des capteurs et des actionneurs adéquats (aquastat chaudière, sonde de température, registres de motorisation de la ventilation…),
- Réalisation d'un plan de comptage.



Exemple de l'interface et des contrôles d'une GTC

Remarque/Point de vigilance :

- Pour une réelle optimisation, il est nécessaire d'exploiter les données de la GTC de façon régulière.

13.13 MISE EN PLACE DE SOLAIRE THERMIQUE

Installation solaire thermique

Principe :

- Mise en place de panneaux solaire thermique permettant la production d'eau chaude grâce au rayonnement solaire ;
- Diminue les consommations de gaz/d'électricité destiné à l'ECS au profit de la production solaire ;
- Valorise une énergie renouvelable et diminue donc l'empreinte carbone.

Mise en œuvre :

- Dépose des ballons existants ;
- Mise en place de panneaux solaire thermique en toiture. Pour un rendement optimal, les panneaux seront orientés plein Sud avec une inclinaison entre 50 et 55° ;
- Création d'un réseau hydraulique calorifugé entre les panneaux et le local technique;
- Mise en place d'un ballon tampon. Le ballon disposera d'un appoint hydraulique au gaz permettant de réchauffer l'eau à 60°C.

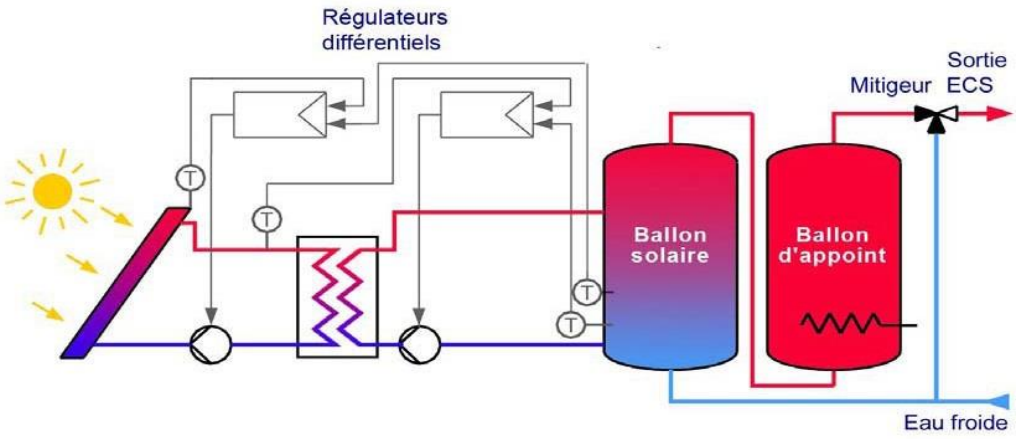


Schéma de principe d'une installation de solaire thermique

Remarque/Point de vigilance :

- Il conviendra de réaliser une étude structure pour étudier et chiffrer la reprise de charge supplémentaire en toiture.
- Prévoir un coût de maintenance supplémentaire (nettoyage des panneaux, maintenance des équipements du réseau) ;
- La condition pour bénéficier des subventions (CEE, Ma prime Rénov, etc…) est de satisfaire :
  - Une certification CSTBat ou Solarkeymark des capteurs solaires ;
  - Ou des caractéristiques de performance et de qualité équivalentes selon la norme NF EN 45011.

13.14 MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

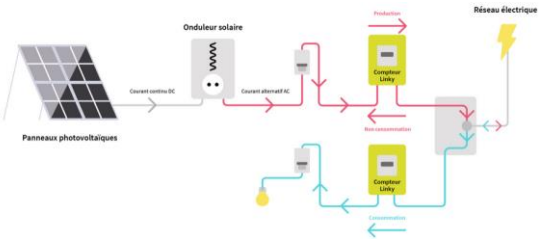
Installation solaire photovoltaïque

Principe :

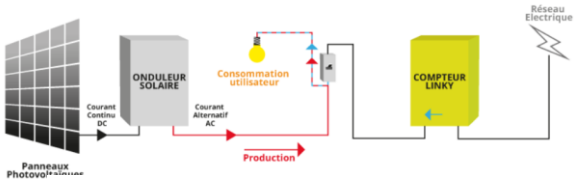
- Une partie de la toiture présente un potentiel intéressant pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque ;
- Valorisation d'une énergie renouvelable.

Mise en œuvre :

- Mise en place de panneaux photovoltaïques polycristallins ;
- Mise en place d'un local ventilé permettant d'accueillir les onduleurs ;
- Raccordement au réseau de distribution électrique.



Revente totale



Autoconsommation

Remarque/Point de vigilance :

- Il conviendra de réaliser une étude structure pour étudier et chiffrer la reprise de charge supplémentaire en toiture.
- La faisabilité de cette intervention pourrait être compromise si le bâtiment est classé ou situé à proximité d'un bâtiment classé ;
- Une attention particulière devra être portée à l'accessibilité des panneaux pour la maintenance ;
- Un surcout de maintenance est à prévoir.