Bureau d'études :

TRANSITION INGENIERIE

6 impasse Alphonse Brémond - 31201 TOULOUSE Cedex

Maitre d'ouvrage :

PRÉFET
DE LA ZONE
DE DÉFENSE
ET DE SÉCURITÉ
SUD
Liberté
Égalité
Fraternité

Ministère de l'intérieur

2 avenue du Général de Croutte – 31000 TOULOUSE

CASERNE GENDARMERIE TREMBLIER

CALCULS THERMIQUES REGLEMENTAIRES TH-C-E ex ET SIMULATIONS ENERGETIQUES DYNAMIQUES

Phase	Indice	Date	Objet	Rédacteur	Relecture
DIAG	A	Novembre 2022	Première diffusion	LJO	MLA
DIAG	B	Mars 2023	Ajout estimations financières	LJO	MLA
DIAG	C	Décembre 2023	Corrections diverses	LJO	MLA

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 GENERALITES – Présentation du site 4

1.1 Données générales 4

1.2 Déroulement de l'étude 4

1.3 Périmètre de l'étude 4

1.4 Visites effectuées sur site 5

1.5 Documents consultés et/ou transmis par la maîtrise d'ouvrage 5

1.6 Localisation du site 5

1.7 Effectifs 5

CHAPITRE 2 Etat des lieux 6

2.1 Composition des parois du bati 6

2.2 Equipements techniques 9

CHAPITRE 3 Analyse des consommations énergétiques 13

3.1 Consommations électriques 13

3.2 Consommations de gaz 13

CHAPITRE 4 Bilan thermique de l'existant 14

4.1 Calcul de déperditions 14

4.2 Hypothèses et données d'entrée 14

4.3 Modélisation numérique du bâtiment 15

4.4 Etude thermique réglementaire RT Existant 16

4.5 Répartition des déperditions thermiques de l'existant 17

4.6 Etiquettes énergies 18

CHAPITRE 5 Simulation thermique dynamique de l'existant 19

5.1 Objet 19

5.2 Hypothèses de calculs 19

5.3 Site pris en compte et fichier météo utilisé 19

5.4 Zoning thermique 21

5.5 Récapitulatif des données d'entrée de la simulation 24

5.6 Résultats des performances énergétiques issus de la simulation du bâtiment existant 25

5.7 Analyse par poste consommateur issu de la simulation de l'existant 26

CHAPITRE 6 Respect du programme 29

6.1 Préambule 29

6.2 Composition de l'état projet 29

6.3 Hypothèses de calculs 29

6.4 Travaux 30
6.5 Etude thermique réglementaire RT Existant 31
6.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet 32
6.7 Etiquettes énergies 33
6.8 Contenu carbone 34
6.9 Aides financières : certificats d'économie d'énergie 35
6.10 Récapitulatif financier 36
CHAPITRE 7 Scénario 1 : respect de la fiche BAR-TH-145 38
7.1 Préambule 38
7.2 Composition de l'état projet 38
7.3 Hypothèses de calculs 38
7.4 Bouquets de travaux 39
7.5 Etude thermique réglementaire RT Existant 41
7.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet 42
7.7 Etiquettes énergies 43
7.8 Dimensionnement des systèmes 44
7.9 Contenu carbone 45
7.10 Aides financières : certificats d'économie d'énergie 46
7.11 Récapitulatif financier 47
CHAPITRE 8 Scénario 2 : Niveau BBC Effinergie rénovation 49
8.1 Préambule 49
8.2 Composition de l'état projet 49
8.3 Hypothèses de calculs 49
8.4 Bouquets de travaux 50
8.5 Etude thermique réglementaire RT Existant 52
8.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet BBC 53
8.7 Etiquettes énergies 54
8.8 Dimensionnement des systèmes 55
8.9 Contenu carbone 57
8.10 Aides financières : certificats d'économie d'énergie 58
8.11 Récapitulatif financier 59
CHAPITRE 9 Confort 61
9.1 Confort estival 61
9.2 Confort hivernal 63
CHAPITRE 10 Synthèse 64

CHAPITRE 1 GENERALITES – PRÉSENTATION DU SITE

1.1 DONNÉES GÉNÉRALES

Nom de l'opération : Rénovation d'un logement collectif de la Caserne de Gendarmerie Tremblier.

Localisation : 2 avenue du Général de Croutte à Toulouse (31100).

Maîtrise d'ouvrage : Ministère de l'Intérieur.

Représentant du pouvoir adjudicateur : Monsieur le préfet de la zone de défense et de sécurité sud.

Conducteur d'opération : Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'Intérieur Sud (SGAMI), Direction de l'Immobilier, Délégation Territoriale de Toulouse, Bureau Régional des Affaires Immobilières Occitanie

Responsable projet : M. Djeff REBNER

1.2 DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

La mission se déroulera sur la base des phases suivantes :

1. Un état des lieux des installations thermiques et du bâti, issu des relevés effectués sur site et des documents consultés sur site ;
2. Un calcul de déperdition pour vérification de l'adéquation de la puissance calorifique de la production de chaleur du bâtiment avec le bilan thermique théorique effectué ;
3. Une simulation thermique dynamique (STD) des bâtiments. L'attendu de l'étude est l'établissement des besoins et des consommations énergétiques du bâtiment ;
4. Le calage du comportement thermique des bâtiments sur la base des consommations réelles du site (via factures de dépenses énergétiques) ;
5. L'établissement des calculs réglementaires Th-C-E ex ;
6. Une étude de niveau APS proposant plusieurs solutions d'amélioration du confort thermique et de diminution des consommations, sur la base des prestations proposées au programme ;
7. L'analyse économique des solutions (investissement, temps de retour, etc.) ;
8. L'impact énergétique et carbone des diverses solutions ;
9. La confection de bouquets de travaux de rénovation énergétique.

1.3 PÉRIMETRE DE L'ÉTUDE

La modélisation de l'existant correspond aux logements collectifs de la Caserne de Gendarmerie Tremblier comprenant les bâtiments A, B et C. Les 3 bâtiments sont accolés, c'est-à-dire qu'ils sont liés par des parois mitoyennes d'une surface supérieure à 50m². Au cours de cette étude, on considère donc les bâtiments A, B et C comme un bâtiment unique.

1.4 VISITES EFFECTUÉES SUR SITE

Une visite a été effectuée sur site le 26 octobre 2022 par le bureau d'études BETEM.

1.5 DOCUMENTS CONSULTÉS ET/OU TRANSMIS PAR LA MAITRISE D'OUVRAGE

Les documents transmis par la MOA sont les suivants :

- Plans de masse des bâtiments (niveaux, coupes, façades),
- Historique des consommations énergétiques (électricité et gaz) de 2020, 2021 et 2022,
- DOE des travaux d'isolation réalisés en 1995 (consultés sur site),
- Données techniques de la chaufferie.

1.6 LOCALISATION DU SITE



Site de la caserne de Gendarmerie Tremblier

1.7 EFFECTIFS

Types de logements (30 au total) :

- Bâtiment A : 3 T3, 6 T4, 3 T5
- Bâtiment B : 9 T4, 3 T5
- Bâtiment C : 3 T4, 3 T5

CHAPITRE 2 ETAT DES LIEUX

2.1 COMPOSITION DES PAROIS DU BATI

2.1.1 Parois verticales

Indice	Dénomination de la paroi	Composition	Emplacement	Up (W/m².K)
1	Mur extérieur en béton aggloméré avec une ITE	- Isolation par l'extérieur : PSE (5cm, R = 1.19 m².K/W) - Béton aggloméré (30cm)	Murs donnant sur l'extérieur	0,60 W/m².K
2	Mur mitoyen	Deux murs en béton aggloméré accolés avec joint (2x30cm)	Murs séparant 2 bâtiments	-
3	Refend intérieur	Refends en béton (20 à 30cm)	Intérieur des locaux	-
4	Cloisons intérieures légères	Cloisons composées de 2 plaques de plâtre par parement, avec lame d'air	Intérieur des logements	-

Commentaires

À la suite de la visite des bâtiments, il a été confirmé que les murs extérieurs ont un doublage en polystyrène expansé blanc (PSE) de 5cm. L'isolant est vieillissant et peu épais mais il assure une isolation correcte.

L'isolation par l'extérieur et les murs en béton permettent d'avoir une bonne inertie, ce qui est favorable au confort thermique estival.

2.1.2 Planchers hauts

Indice	Dénomination de la paroi	Composition	Emplacement	Up (W/m².K)
1	Toiture terrasse	Béton avec isolation en polyuréthane (PU), d'épaisseur 13cm, R = 5,65 m².K/W	Toiture	0,17
2	Plancher intermédiaire	Plancher béton 20cm	Plancher entre étages	3,12

Commentaires

La toiture terrasse est isolée. L'isolant semble en bon état et l'épaisseur est suffisante pour assurer une bonne isolation thermique.

2.1.3 Planchers bas

Indice	Dénomination de la paroi	Composition	Emplacement	Ue (W/m².K)
1	Plancher sur vide sanitaire et sur sous-sol	Plancher béton (20cm) isolé en sous-face, PSE (4cm, R = 1,35 m².K/W)	Plancher bas des logements	0,43

Commentaires

Les planchers bas des logements sont isolés convenablement (Fibra de 5cm).

2.1.4 Menuiseries

Indice	Dénomination de la menuiserie	Emplacement	Uw (W/m².K)
1	Anciennes menuiseries alu double vitrage	Façades des logements	4
2	Anciennes portes vitrées alu	Portes d'accès cages d'escalier	6
3	Fenêtre de toit en polycarbonate	Puits de lumière (cages d'escalier)	4

Commentaire

Les menuiseries du bâtiment sont en double vitrage mais anciennes. Elles sont source d'importantes déperditions notamment à cause d'une mauvaise étanchéité à l'air.

2.2 EQUIPEMENTS TECHNIQUES

2.2.1 Chaufferie

La production de chaleur de l'ensemble du bâtiment est assurée par une chaudière gaz haute température dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Marque VIESSMANN
- Type : PAROMAT-TRIPLEX,
- Puissance 285 kW,
- Réservoir : 402 L,
- Date : 1997,
- Pression maximale de service : 4 bars,
- Bruleur de marque CUENOD du type C28 G507/8
- Rendement (selon contrôle des paramètres) : 94,7 %



La chaudière est raccordée au gaz de ville.

Il y a 3 départs depuis le collecteur principal :

- Un départ à température régulée pour le chauffage des logements :
  - Vanne 3 voies montée en mélange de SIEMENS, avec servomoteur de SIEMENS du type SAS31
  - Deux pompes simples montées en parallèle (débit variable) :
    - Marque SALMSON, type : SCX 50-90
    - Marque SALMSON, type : Siriux 50-80
  - Thermomètres, kit manométrique, vanneries…
  - Régulation : loi d'eau (température à 20°C avec une correction de 1,5°C).



- Un départ à température régulée pour le chauffage des locaux de service :
  - Vanne 3 voies montée en mélange de SIEMENS, avec servomoteur de SIEMENS du type SAS31
  - Deux pompes simples montées en parallèle (débit variable) :
    - Marque WILO, type : MAXO 30/0.5-12
  - Thermomètres, kit manométrique, vanneries…
  - Régulation : loi d'eau (température à 20°C avec une correction de 1,5°C).

- Un départ à température constante pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS) des logements :
  - Deux pompes simples montées en parallèles :
    - Marque WILO, type : MAXO 30/0.5-7
  - Thermomètres, kit manométrique, vanneries…

Depuis le départ en chaufferie, les réseaux cheminent en sous-sol dans la circulation des caves des bâtiments A, B et C. Des piquages sont réalisés sur cette distribution et traversent les caves pour créer les différentes colonnes afin de raccorder les radiateurs des logements. Des vannes d'isolement et de réglage sont installées en pieds de colonne au niveau de la circulation des caves.



Calorifuge des réseaux en sous-sol et vide sanitaire (état ancien). Absence de calorifuge sur certaines portions.

2.2.2 Emission de chaleur

Les émetteurs sont des radiateurs à eau chaude.

Les radiateurs des logements sont posés à la même implantation que celui du logement supérieur, de ce fait, chaque colonne alimente un radiateur par niveau. Ces radiateurs sont équipés de robinet à tête thermostatique dans toutes les pièces du logement et de robinet d'arrêt dans la circulation.

Présence de purgeur en tête de colonne en apparent dans les appartements au dernier niveau de chaque bâtiment des logements.



2.2.3 Renouvellement d'air neuf

Le principe de renouvellement d'air des logements est une Ventilation Mécanique Contrôlée-Hygro A.

L'air vicié des pièces humides (cuisine, salle de bain, toilettes…) est extrait selon l'hygrométrie du local.

Des amenées d'air sont installées dans les pièces de vie pour compenser l'extraction de l'air vicié. Ainsi le flux d'air neuf transite sous les portes intérieures du logement des pièces de vie jusqu'aux pièces humides.

3 caissons d'extraction sont installés en toiture terrasse, chaque caisson assure l'extraction de l'air vicié des logements de chaque bâtiment, leurs caractéristiques techniques sont identiques, à savoir :

- Marque : VIM
- Type : JBHB 20D
- Catégorie C4
- Débit : 500 à 2500 m3/h





Les entrées d'air sont au niveau des murs, débouchant derrière les radiateurs (grilles autoréglables). Cela permet un préchauffage de l'air entrant.



Les bouches d'extraction sont hygroréglables, de la marque ABB VIM.

2.2.4 Eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire des logements est produite par la chaudière gaz puis régulée par un préparateur sanitaire (échangeur) de la marque ATLANTIC de type RUBIS 112 D :

- Date : 2017
- Puissance : 231 kW (température primaire à 80°C),
- Système de régulation intégrée,
- Deux pompes simples de charge au primaire :
  - Sur le départ et sur le retour : Marque WILO de type Stratos PARA 30/1
- Vanne 3 voies au primaire

2.2.5 Eclairage

L'installation d'éclairage artificielle des logements et des communs est majoritairement de type incandescent ou halogène.

Lors de la visite, il a été relevé par local le nombre de luminaires afin de connaître la puissance installée et les apports dissipés par l'éclairage dans chaque local.

CHAPITRE 3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Nous avons récupéré un historique des consommations électriques et de gaz pour les années 2020, 2021 et début 2022.

3.1 CONSOMMATIONS ELECTRIQUES

Pour les parties communes des logements (cages d'escaliers, caves, etc.), il y a actuellement 3 compteurs : deux de 3 kVA et un de 6 kVA.

En moyenne, 11 500 kWh d'électricité sont nécessaires par an pour les communs des logements.

Chaque logement possède ensuite son propre compteur pour les consommations individuelles.

3.2 CONSOMMATIONS DE GAZ

Les consommations de gaz englobent la production de chauffage pour les logements et les locaux de service ainsi que la production d'ECS pour les logements.

	Conso (kWh PCS)		
	2020	2021	2022
Janvier	64893	112967	91798
Février	65897	75514	93534
Mars	60030	70137	72315
Avril	44146	57250	63328
Mai	21348	39273	19249
Juin	13357	11657	8804
Juillet	8394	9651	
Août	7808	8785	
Septembre	8911	9624	
Octobre	46544	28743	
Novembre	60033	74898	
Décembre	82334	107663	
TOTAL :	483695	606162	349028

D'après le calcul RT existant, 85% des consommations correspondent au chauffage des logements et à la production d'ECS, soit en moyenne 489 200 kWhPCS/an.

CHAPITRE 4 BILAN THERMIQUE DE L'EXISTANT

Ce chapitre expose le bilan thermique des bâtiments, qui s'appuie sur la composition des parois issues de la visite effectuée sur site et des documents transmis par la SGAMI.

C'est un calcul ayant pour finalité la détermination de la puissance d'émission à mettre en œuvre dans un ouvrage dans le but de combattre les puissances de déperdition statiques (issues du phénomène de conduction entre l'ambiance chauffée du bâtiment et de l'extérieur par les parois du bâti) et de déperditions dynamiques (renouvellement d'air).

4.1 CALCUL DE DEPERDITIONS

Ce calcul s'effectue à température extérieure de base, propre à la localisation géographique du site et de son altitude, sans la prise en compte des apports internes et solaires. Ce n'est donc pas un calcul dynamique, qui lui calcule une puissance annuelle, sur la base d'un fichier météorologique horaire et de scénarii de fonctionnement et d'apports internes. C'est un calcul de puissance nominale de chauffage, effectuée dans des conditions dégradées.

Le calcul de déperditions est utilisé pour le dimensionnement des émetteurs et des productions de chaleur.

4.2 HYPOTHESES ET DONNEES D'ENTREE

4.2.1 Conditions extérieures

Pour la commune de Toulouse, la zone climatique correspondante est la zone H2c. Avec une altitude de 150 m, la température extérieure dite de base pour le calcul de déperditions est de -5 °C.

4.2.2 Consignes de température intérieures

La consigne de température utilisée pour le calcul de déperditions est fixée à 20 °C.

4.2.3 Débit d'infiltration

Le débit d'infiltration est caractérisé par l'indice n_{50}, qui est calculé selon la formule suivante :

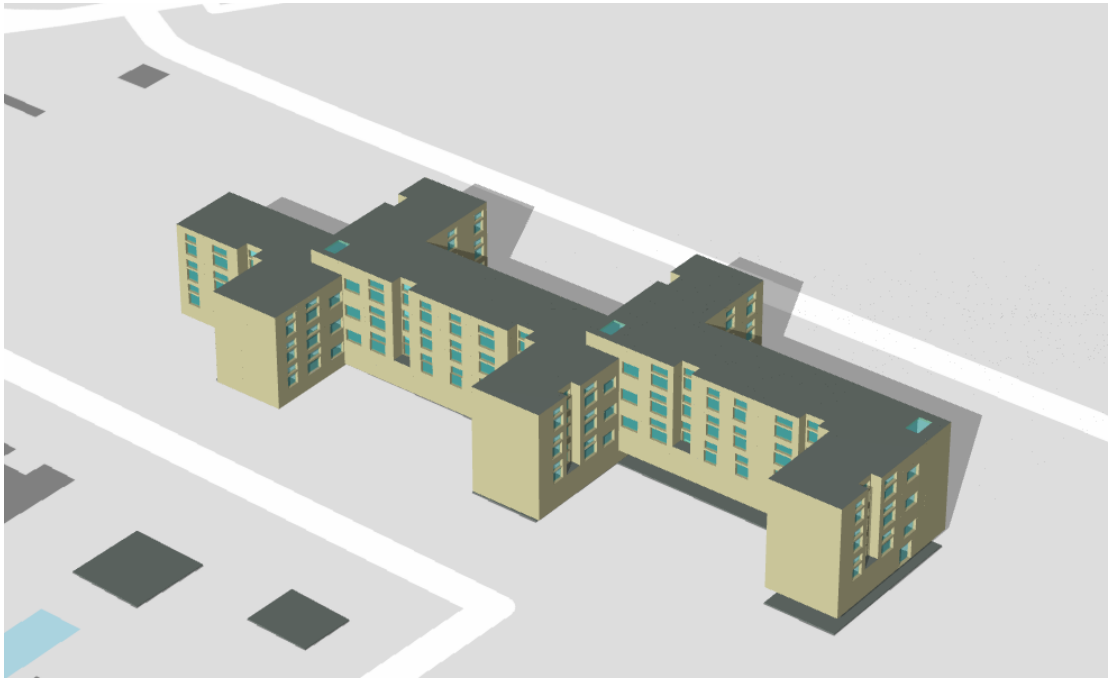
$$n_{50} = 1{,}8 \times p_4 \times (n+1)/n$$

- avec p_4 l'indice de perméabilité à l'air sous 4 Pa en m3/(h.m²), pris égale à 2 pour un degré d'étanchéité moyen (fenêtres à double vitrage, joints normaux)
- n le nombre de niveaux du bâtiment (4 niveaux)
- soit un n_{50} = 4,5 vol/h

4.3 MODELISATION NUMERIQUE DU BATIMENT

Le bâtiment a été modélisé à l'aide du logiciel Pléiades Comfie (version 5.22.10.0) de l'éditeur IZUBA Energies. Le logiciel se base sur une modélisation numérique en trois dimensions, et est en mesure d'effectuer les calculs suivants :

- Calculs de déperditions selon norme EN 12831
- Calculs réglementaires RT Existant
- Simulation thermique dynamique, avec et sans équipements
- Calcul d'éclairement naturel



Modélisation des logements collectifs : bâtiments A, B et C

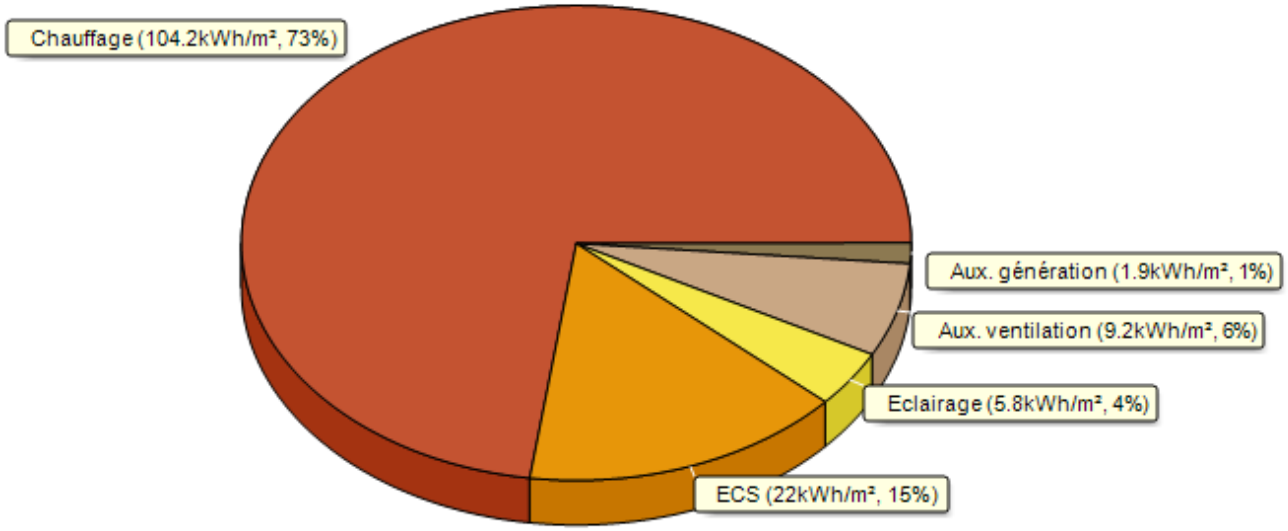
4.4 ETUDE THERMIQUE RÉGLEMENTAIRE RT EXISTANT

L'état existant des logements collectifs a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

Les principaux indicateurs du calcul réglementaire du bâtiment sont les suivants :

- Cep initial = 143,1 $kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an$
- Cef initial = 132,8 $kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an$
- Ubât initial = 1,401 $W/m^2.K$
- Emissions GES : 31,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an$

La répartition des consommations conventionnelles est présentée ci-dessous :



4.5 REPARTITION DES DEPERDITIONS THERMIQUES DE L'EXISTANT

La composition des parois et la géométrie du bâtiment implique les calculs de déperditions et la répartition des postes les plus déperditifs suivants :

Déperditions du logement collectif : Bâtiments A, B et C – Etat existant

	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Logement collectif : bâtiments A, B et C	Murs extérieurs	1 315 W/K	2 015 m²	32,9 kW			
	Menuiseries	2 809 W/K	702 m²	70,2 kW			
	Toiture	158 W/K	924 m²	3,9 kW			
	Planchers	489 W/K	935 m²	12,2 kW			
	Ponts thermiques	1 655 W/K	3 196 m	41,4 kW			
	Infiltrations	337 W/K	990 m3/h		8,4 kW		
	Ventilation	1 059 W/K	3 150 m3/h		26,5 kW		
	TOTAL :	7821,4 W/K		160,6 kW	34,9 kW	195,5 kW	soit : 75 W/m²

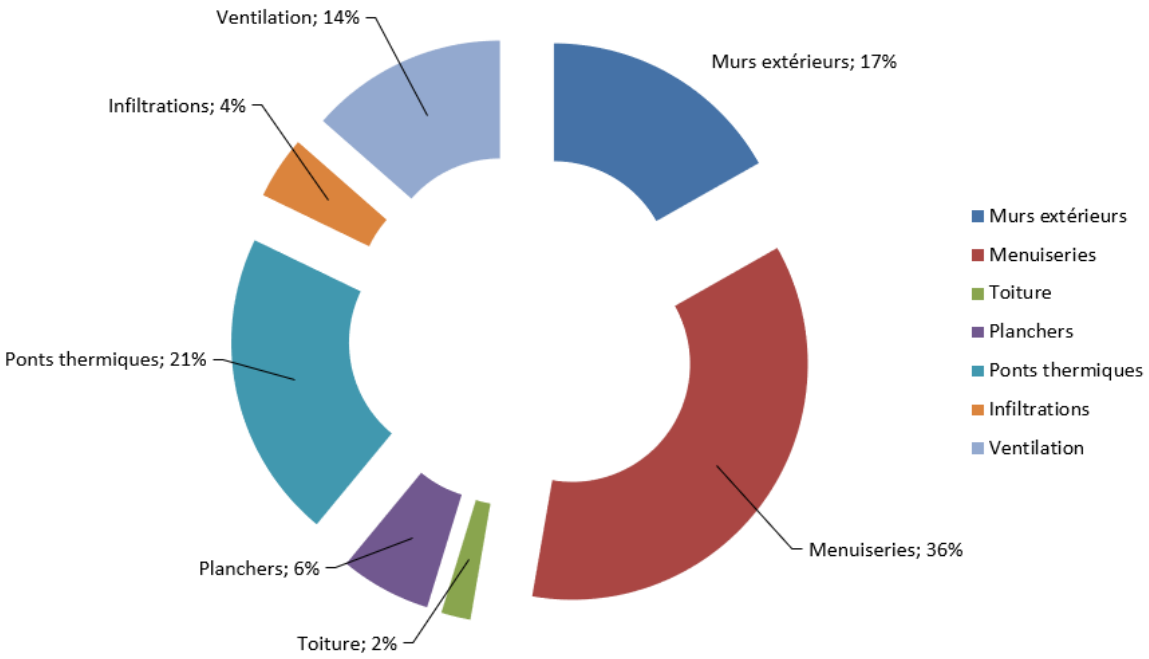
Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 1,40 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment faiblement isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 196 kW environ, sans prise en compte de la surpuissance. La puissance de la chaudière gaz actuelle est de 285 kW. Cette différence de puissance peut être expliquée par :

- La production d'ECS par la chaudière pour les 30 logements,
- La production de chauffage pour les logements et les locaux de service,
- Le manque de modèle avec des puissances nominales variées,
- Possible prise en compte des pertes thermiques des réseaux enterrés entre les logements et les locaux de service,
- Les habitudes de sur dimensionnement opéré par le passé.

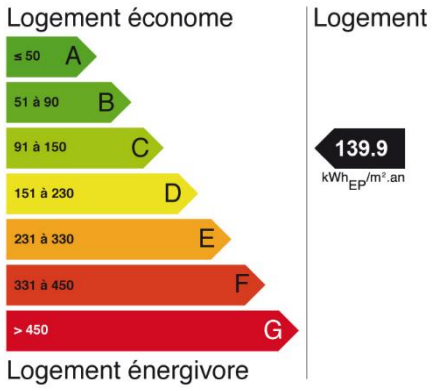
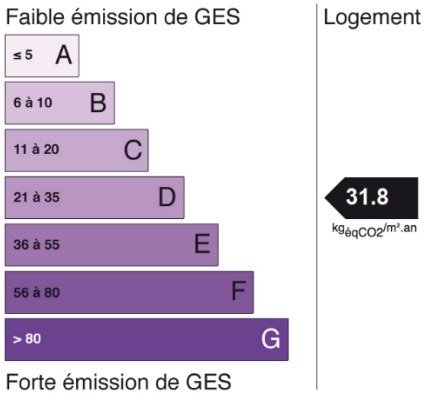
Logement collectif : bâtiments A, B et C		
Chauffage		
Surface chauffée :	2 594 m²	
Volume chauffé :	8 090 m3	
Surface de déperditions A:	4 577 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	2 015 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	20°C	
Déperditions dites "Statiques" :	160,6 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	34,9 kW	**soit : 196 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	75 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,967 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	7 821 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,78	
Facteur de compacité (A/V) :	0,57	

Répartition des déperditions des Bâtiments A, B et C



Les postes de déperditions brutes les plus significatives sont ceux des postes « menuiseries » et « ponts thermiques ». Ce résultat est cohérent avec les constats effectués sur site. Les menuiseries sont vieillissantes et non performantes malgré un double vitrage. Les ponts thermiques sont très importants notamment à cause d'une isolation par l'extérieur sans retour d'isolant sur les contours des menuiseries et d'absence d'isolant au niveau des acrotères.

4.6 ETIQUETTES ENERGIES

Etiquette énergie		Emissions GES	
139,9 $kWh_{EP}/m^2_{Shab}.an$	Classe C	31,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an$	Classe D
			

A noter : Méthode de calcul 3CL-DPE. L'étiquette énergie s'exprime en kWh/m^2_{SHAB} (surface habitable) et prend en compte 3 usages alors que le Cep s'exprime en kWh/m^2_{SRT} (surface réglementaire thermique) pour 5 usages.

CHAPITRE 5 SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE DE L'EXISTANT

5.1 OBJET

L'objectif de la simulation est de modéliser le comportement thermique des bâtiments sur une année complète, sur la base du fichier météorologique de la station la plus proche du site. La finalité est l'estimation des consommations des bâtiments, qui devra être la plus représentative des consommations réelles des bâtiments.

Pour donner suite à l'établissement des consommations théoriques du bâtiment, il sera possible de quantifier l'impact des travaux d'amélioration énergétique à mettre en œuvre et d'en déduire les économies d'énergie qui en découlent.

5.2 HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les hypothèses prises en compte pour les coûts de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :

	Coût de l'énergie (€ HT/kWh) (1)	GES ($kgCO_{2eq}$/kWh)
Energie électrique chauffage	0,185	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,062	0,227

L'inflation sur le prix de l'énergie a été fixée à 3,5 %/an.

(1) Basé sur le Catalogue Dido

5.3 SITE PRIS EN COMPTE ET FICHIER MÉTÉO UTILISÉ

Les données générales du site pris en compte dans la simulation sont les suivantes :

Nom	Toulouse	**Altitude**	150 m
Longitude	1°23'13''E	**Latitude**	43°34'22''N

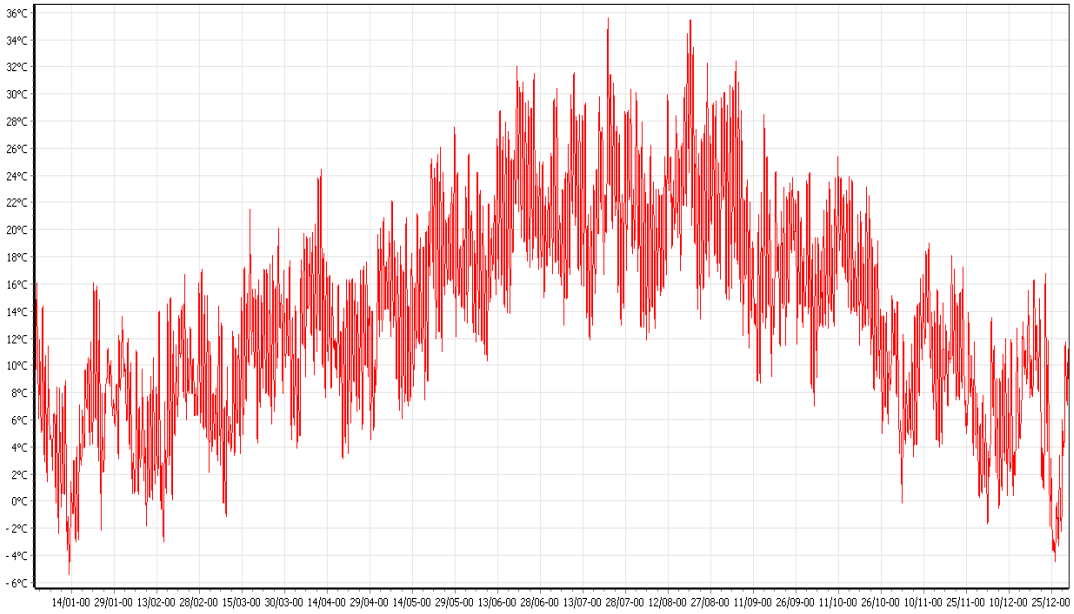
Station météorologique utilisée

Nom	Toulouse (TRY) fichier Toulouse.try

Le fichier climat pris en compte est le fichier TRY de la Ville de Toulouse définit à l'aide du logiciel Météocalc sur la base des données Météo France.

***Températures**

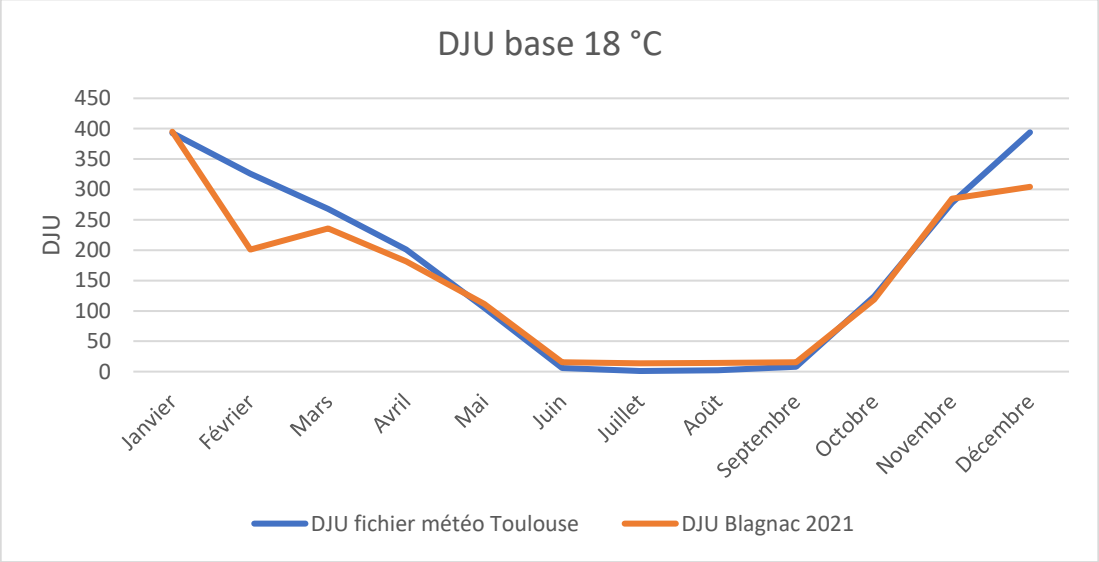
La courbe ci-dessous présente les températures pour le fichier météo utilisé :



Graphique de températures sur l'année de la station météo de référence (Toulouse TRY)

***Degrés Jours Unifiés base 18°C**

La répartition des DJU (indicateur de la rigueur climatique) dans l'année pour le site est la suivante :



Pour le site en question, les factures de consommation d'énergie utilisées sont celles de 2020, 2021 et début 2022. Par conséquent, les consommations réelles du bâtiment étant corrélées avec la rigueur climatique, les consommations calculées via la simulation devront être ramenées au nombre de DJU réels de ces années-là.

Masques proches et masques lointains

Le site est localisé en milieu urbain dans une zone avec peu de relief véritablement significatif. Les masques lointains ont très peu d'influence.
Les bâtiments entourant le site sont suffisamment éloignés et leur influence est négligeable.

5.4 ZONING THERMIQUE

L'étude porte sur l'évaluation des consommations des bâtiments A, B et C.

Les locaux sont chauffés, excepté le sous-sol.

Chaque zone est associée aux scénarii décrits dans les chapitres à suivre, à savoir :

- Scénario d'occupation ;
- Scénario de ventilation ;
- Scénario de puissances dissipées.

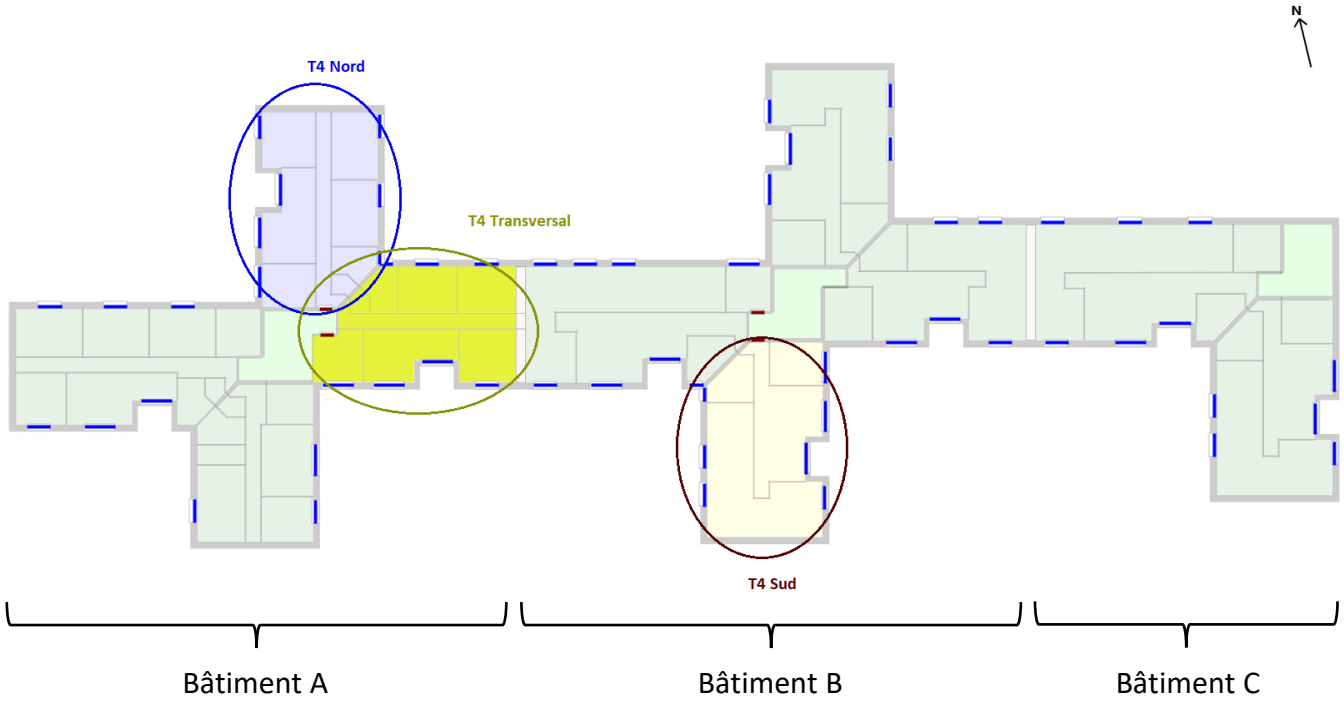
Le site est découpé en zones "thermiquement homogènes", c'est-à-dire en groupes de locaux ayant une température de consigne de chauffage, une occupation, ainsi que des apports internes et externes similaires.

Dans le cadre des logements, la détermination des zones a été majoritairement motivée selon l'orientation des appartements et l'étage auquel ils se trouvent.

Le zonage effectué est présenté ci-après :

N° zone	Nom de la zone	Surface (m^2)	Volume (m^3)
1	Caves/Chaufferie	916,7	1 364,7
2	Escaliers	131,4	196,5
3	R+1 T4 Nord	83,3	112,5
4	R+1 T4 transversal	79,8	10 767,0
5	R+1 T4 Sud	84,0	113,4
6	RDC T4 Sud	84,0	113,4
7	R+2 T4 Sud	84,0	113,4
8	Autres appartements	2 178,6	2 942,2

Les zones non chauffées ont également été saisies afin de prendre en compte les phénomènes de conduction entre zones.



5.4.1 Températures de consigne

La période de chauffe est définie de mi-octobre à mi-mai.

5.4.2 Consignes de chauffage

La consigne de température retenue pour réaliser l'étude est la suivante :

- Etat initial : température à 20°C sans réduit.
- Etat projet (avec remplacement de la chaudière) : température à 19°C avec réduit à 16°C en période d'inoccupation.

5.4.3 Occupation

Le scénario d'occupation saisi est un scénario standard d'occupation en habitat collectif (inoccupation des appartements de 10h à 17h les jours ouvrés).

5.4.4 Ventilation

Les débits pris en compte reprennent les hypothèses explicitées au chapitre 5.5. La ventilation est présente est une VMC hygroréglable de type A.

5.4.5 Infiltrations

La perméabilité à l'air prise en compte est de 0,30 vol/h. Elle est calculée selon la norme EN 12831 et est fonction :

- Du taux d'infiltration d'air n_{50} (fonction du nombre de niveau du bâtiment et de son usage) : 4,5 vol/h
- Du coefficient d'exposition du bâtiment, relatif au nombre de façades exposées et de la situation géographique du bâtiment dans son milieu urbain : 0,03
- Du facteur correctif de hauteur du bâtiment (plus le bâtiment est élevé, plus la vitesse du vent est importante) : 1,0
- Du volume intérieur des locaux considérés.

5.4.6 Interactions entre zones

Les interactions thermiques entre les zones sont prises en compte par la modélisation des parois entre elles, mais également par l'échange de flux d'air à la température de la zone voisine. Les hypothèses d'échange d'air sont les suivantes :

- Porte généralement fermée : 5 m³/h,
- Porte généralement ouverte : 20 m³/h,
- Aucune paroi entre deux zones : 1 vol/h de la plus petite des deux zones.

5.4.7 Apports internes

La puissance dissipée est exprimée en W/m².

Les scénarii de puissance dissipée sont calqués sur les scénarii d'occupation des locaux concernés.

Chaque appareil consommant de l'électricité pour fonctionner dégage automatiquement de la chaleur par effet joule. Elle doit donc être prise en compte dans la simulation thermique dynamique.

Les hypothèses prisent en compte dans la simulation thermique dynamique sont reprises de celles du chapitre 5.5.

5.5 RÉCAPITULATIF DES DONNÉES D'ENTRÉE DE LA SIMULATION

N° zone	Nom de la zone	Surface (m²)	Volume (m³)	Occupation standard	Apports occupation standard (W)	Apports éclairage (W)	Apports appareils électriques (W)	Débit d'air neuf max (vol/h)	Infiltrations (vol/h)
1	Caves/Chaufferie	916,7	1364,7	-	-	-	-	-	0,30
2	Escaliers	131,4	196,5	-	-	-	-	-	0,30
3	R+2 T4 Nord	83,3	112,5	2	147	117	475	0,30	0,30
4	R+2 T4 transversal	79,8	10767,0	2	140	112	455	0,30	0,30
5	R+2 T4 Sud	84,0	113,4	2	148	118	479	0,30	0,30
6	R+1 T4 Sud	84,0	113,4	2	148	118	479	0,30	0,30
7	R+3 T4 Sud	84,0	113,4	2	148	118	479	0,30	0,30
8	Autres appartements	2 178,6	2 942,2	48	3 834	3 050	12 418	0,30	0,30

5.6 RÉSULTATS DES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES ISSUS DE LA SIMULATION DU BÂTIMENT EXISTANT

5.6.1 Résultats principaux des besoins thermiques

Ce chapitre a pour but de présenter les principaux résultats de la simulation thermique dynamique réalisée dans le cadre de cette étude.

Le tableau ci-après expose les besoins de chauffage de chaque zone (le sous-sol et les communs n'en font pas partie). A partir de ces besoins de chauffage sont calculés les besoins surfaciques :

N° zone chauffée	Nom de la zone	Surface (m²)	Volume (m³)	Besoins en chauffage (kWhu)	Besoins chauffage surfaciques (kWhu)
3	R+2 T4 Nord	83,3	112,5	7 247	87,0
4	R+2 T4 transversal	79,8	10 767,0	7 148	89,6
5	R+2 T4 Sud	84,0	113,4	7 946	94,6
6	R+1 T4 Sud	84,0	113,4	10 546	125,6
7	R+3 T4 Sud	84,0	113,4	9 538	113,6
8	Autres appartements	2 178,6	2 942,2	234 959	107,8
TOTAL (DJU fichier météo simulation)		2 593,6	14 161,8	277 384	107,0
TOTAL (DJU réels)				283 759	109,5

Méthodologiquement, ces résultats sont confrontés aux relevés réels des consommations du bâtiment, afin de pouvoir caler son comportement thermique issu de la modélisation, et de le confronter aux factures énergétiques.

On remarque que les appartements au R+1 ont des besoins de chauffage supérieurs, tout comme les appartements au dernier étage (R+3). Cela s'explique par leurs surfaces déperditives qui sont plus importantes. En effet les appartements en R+1 ont leur plancher bas sur le sous-sol non chauffé (RDC) et les appartements en R+3 ont des déperditions par la toiture.

5.7 ANALYSE PAR POSTE CONSOMMATEUR ISSU DE LA SIMULATION DE L'EXISTANT

5.7.1 Consommations énergétiques

La répartition des consommations énergétiques par poste est basée sur la simulation et concerne l'ensemble des logements (surface chauffée : 2 593,6 m²) :

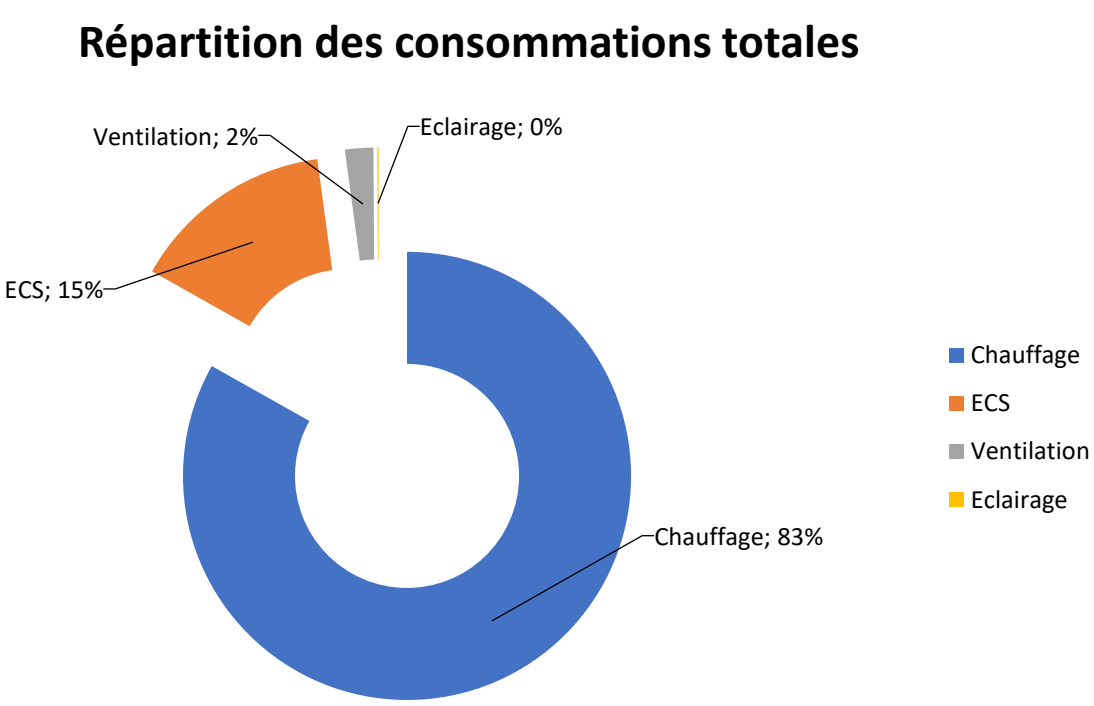
Energie	Postes consommateurs	Consommations EF (kWh/an)	Consommations EP (kWh/an)	Coût HT (en €)	Emission de GES (kgeqCO_2)
Electricité	Auxiliaires de chauffage	798	2 059	148 €	63
	Auxiliaires d'ECS	143	369	26 €	9
	Ventilation	10 512	27 121	1 945 €	673
	Eclairage	505	1 302	93 €	35
	Sous total élec	11 958	30 851	2 212 €	780
Gaz	Chauffage	427 389	427 389	29 413 €	97 017
	ECS	75 570	75 570	5 201 €	17 154
	Sous total gaz	502 959	502 959	34 614 €	114 172
Total	Chauffage	428 187	429 448	29 561 €	97 080
	ECS	75 713	75 939	5 227 €	17 164
	Ventilation	10 512	27 121	1 945 €	673
	Eclairage	505	1 302	93 €	35
	Total énergie	514 917	533 810	36 826 €	114 952
	Ratio (/an/m²)	198,5	205,8	14,2 €	44,3

Les écarts relatifs entre les factures réelles et les consommations issues de la simulation sont les suivants :

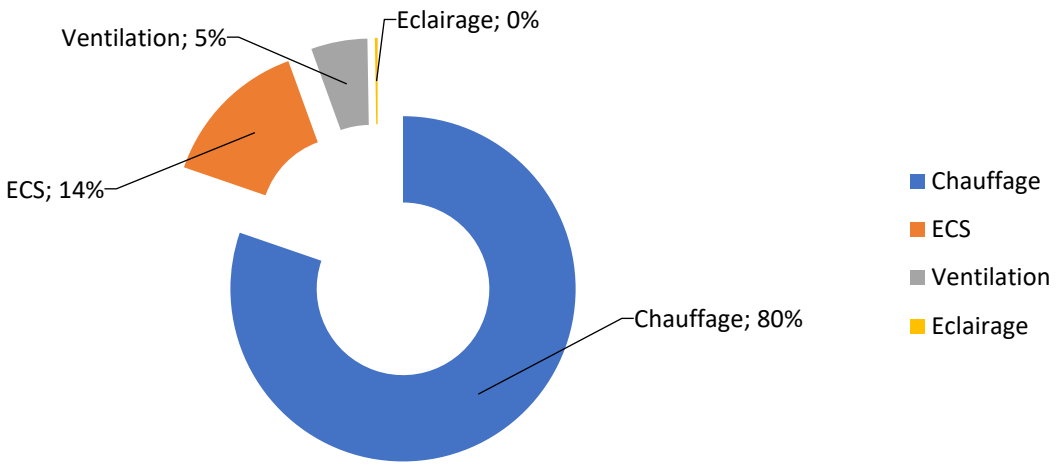
Consommations	Factures [2]	Simulations [3]	Ecart relatif
Gaz	489 221 kWh PCS	512 782 kWh	-4,8%
Electricité [1]	11 544 kWh	11 958 kWh	-3,6%

L'écart relatif entre les consommations issues de la simulation et les factures réelles étant à plus ou moins 5%, on peut postuler que le modèle thermique est valide.

[1] Ces consommations correspondent uniquement aux communs. Chaque foyer a son propre abonnement électrique.
[2] Moyenne basée sur les factures 2020, 2021 et mi-2022. Les factures de gaz représentent les consommations des logements et des locaux de service. Un ratio a été calculé à partir du calcul conventionnel RT Existant, soit 85% des consommations de gaz sont associées au bâtiment de logement.
[3] Consommations de chauffage rapportées aux DJU réels.

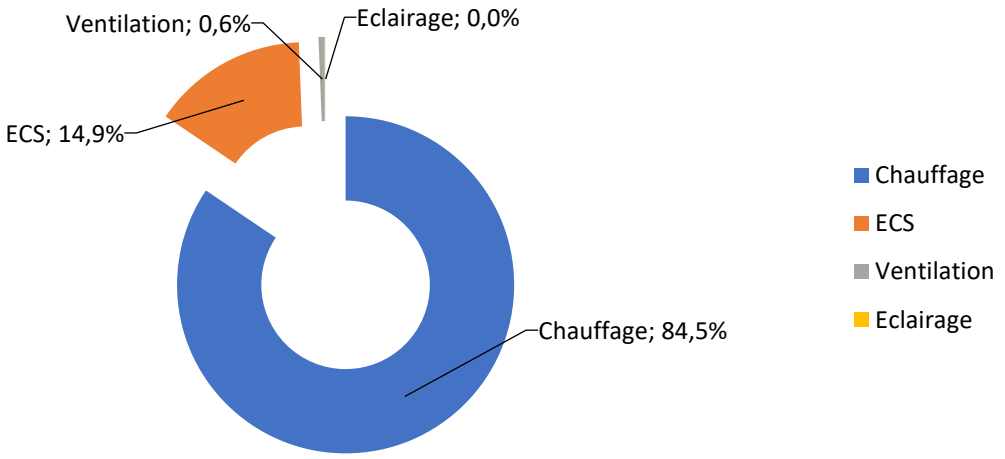


Répartition des coûts



Hypothèses de calcul (coût du kWh) en partie 5.2.

Répartition des émissions GES



Les postes les plus consommateurs toute énergie confondue et par ordre décroissant sont les suivants :

- Chauffage, 83 %
- ECS, 15 %
- Ventilation, 2 %
- Eclairage, moins de 1 %

Ces résultats sont cohérents au regard de l'isolation du bâti, et de son usage d'habitation.

CHAPITRE 6 RESPECT DU PROGRAMME

6.1 PRÉAMBULE

Le comportement thermique du bâtiment défini, et ses consommations existantes estimées, il convient, lors de ce chapitre, d'étudier l'impact sur ses consommations de diverses améliorations thermiques apportées sur le bâti. Les fiches exposées ci-après définissent :

- L'impact de la proposition sur les consommations du bâtiment ;
- L'économie d'énergie engendrée ;
- Les gaz à effet de serre évités ;
- L'investissement de la préconisation, avec prise en compte d'une TVA de 5,5 % rencontrée dans le cadre de travaux de rénovation énergétique ;
- Le gain financier qui en découle ;
- Le temps de retour de la préconisation (brut et avec prise en compte de l'inflation de l'énergie) ;
- Les CEE engendrés.

En premier lieu, des préconisations d'améliorations thermiques seront étudiées, et leurs impacts seront appréciées isolement des autres préconisations. Les différents indicateurs exposés plus haut seront par la suite décrits pour l'état projet du bâtiment sous la forme de bouquets de travaux, regroupant améliorations thermiques du bâti et remplacement de la production énergétique.

6.2 COMPOSITION DE L'ÉTAT PROJET

L'état dit projet prend en compte les prestations suivantes :

- Remplacement des menuiseries,
- Isolation des murs par l'extérieur,
- Conservation de la chaudière existante.

6.3 HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les hypothèses prises en compte pour les coûts de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :

	Coût de l'énergie (€ HT/kWh) [(1)]	GES ($kgCO_{2eq}$/kWh)
Energie électrique chauffage	0,185	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,062	0,227

L'inflation sur le prix de l'énergie a été fixée à 3,5 %/an.

[(1)] Basé sur le Catalogue Dido

6.4 TRAVAUX

6.4.1 Remplacement des menuiseries existantes

Les menuiseries actuelles, bien qu'en double vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les habitants.

La première préconisation prend donc en compte la dépose des menuiseries actuelles ainsi que la fourniture et la pose en rénovation des nouvelles menuiseries PVC :

- Pose en rénovation
- Nombre de menuiseries : 216 (comprenant les 3 portes vitrées en bas des cages d'escalier)
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K) et Sw ≥ 0,30
  - Ou Uw ≤ 1,7 W/(m².K) et Sw ≥ 0,36
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAR-EN-104 pour bâtiment résidentiel
- Prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

Remarque : Les menuiseries des pièces de vie (séjour et chambre) devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

6.4.2 Isolation de l'ensemble des murs donnant sur l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ont été isolés par l'extérieur lors de travaux d'amélioration thermique en 1995. L'isolant en PSE blanc est vieillissant, donc peu performant, et d'épaisseur insuffisante pour assurer une bonne isolation.
De plus, il n'y a pas de retour d'isolant sur les contours des menuiseries (applique au nu intérieur), ce qui engendre de gros ponts thermiques au niveau des menuiseries.

Nous préconisons un isolant biosourcé de type laine de bois.

Cette préconisation prend en compte la dépose de l'isolation extérieure existante, la fourniture et la pose d'un nouvel isolant par l'extérieur avec finition enduit.

- Surface impliquée : 1700 m²
- Résistance thermique de l'isolant (conforme CEE) : 3,7 m².K/W en 14,5 cm
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAR-EN-102 pour bâtiment résidentiel
- Prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 1400 ml
- L'isolation des acrotères : 310 ml

Remarque 1 : l'ancienne ITE devra être conservée au niveau des loggias par manque de place de part et d'autre de la porte-fenêtre. Cependant le retour d'isolant sur le contour menuiserie peut être réalisé pour réduire le pont thermique.
Remarque 2 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 3 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé et l'isolant devra être de type minéral

6.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

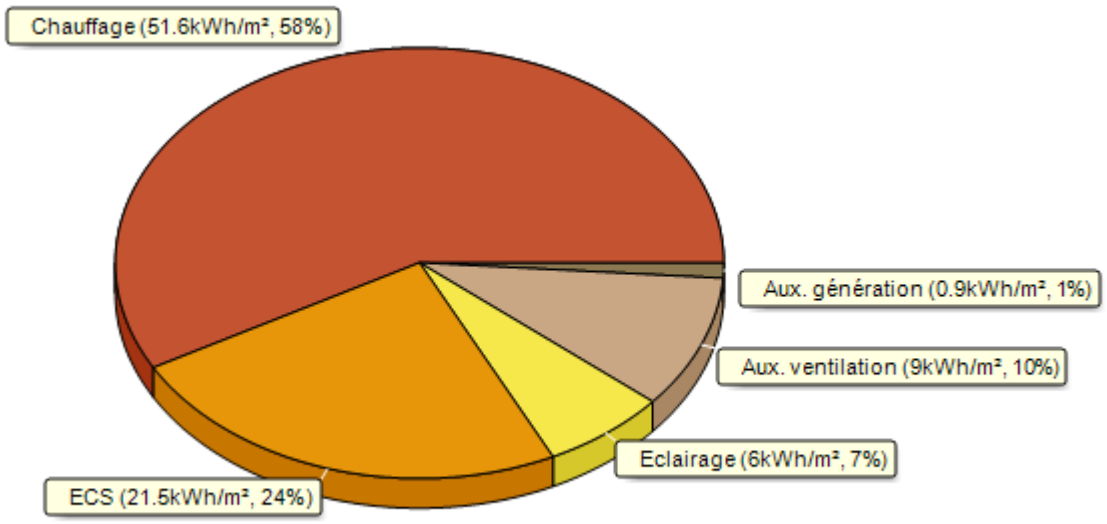
L'état projet des logements, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

Les principaux indicateurs du calcul réglementaire du bâtiment sont les suivants :

- Pour rappel :
  - Cep initial = 143,05 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 132,8 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,40 W/m².K
  - Emissions GES : 31,8 kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an

- Indicateurs du scénario 1 BAR-TH-145 :
  - Cep projet = 89,0 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cep réf = 79,1 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 79,3 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,649 W/m².K
  - Ubât max = 0,935 W/m².K
  - Emissions GES : 18,4 kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an

La répartition des consommations conventionnelles est présentée ci-dessous :



Le présent état projet ne respecte pas les exigences de la RT Existant car disposant d'un Cep supérieur au Cep réf.
Néanmoins, ces travaux permettent un gain énergétique de 38% par rapport au Cep initial, et d'un Ubât inférieur ou égale au Ubât max.

6.6 REPARTITION DES DEPERDITIONS THERMIQUES DE L'ETAT PROJET

La composition des parois et la géométrie du bâtiment implique les calculs de déperditions et la répartition des postes les plus déperditifs suivants :

Déperditions du logement collectif : Bâtiments A, B et C – Etat projet

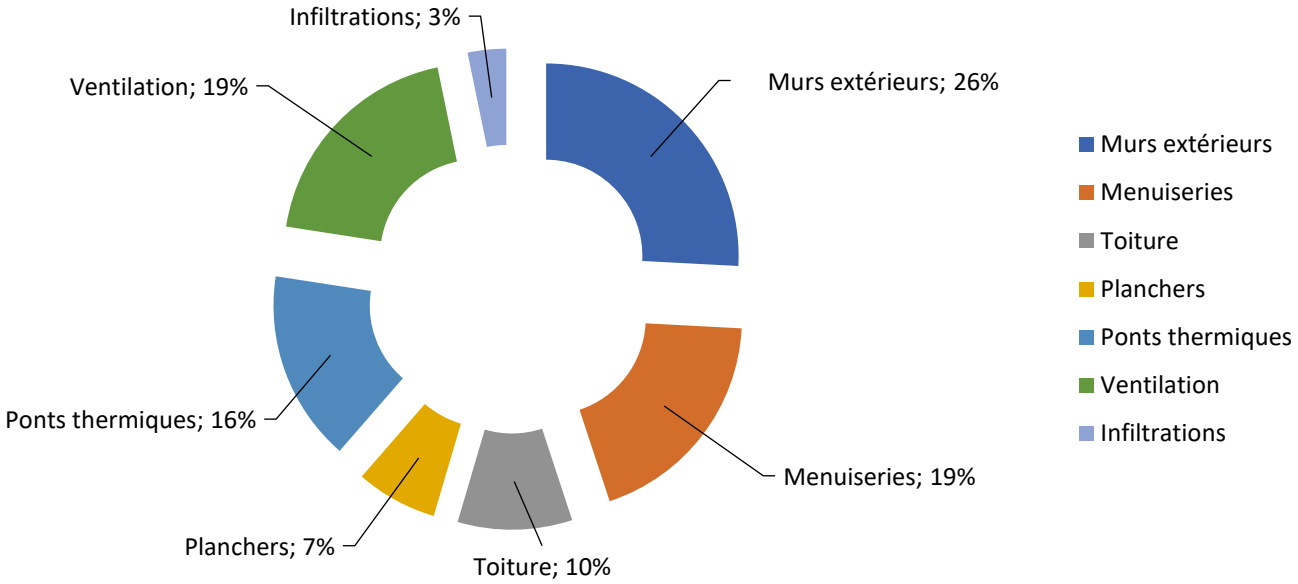
	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)	Murs extérieurs	743 W/K	2 002 m²	17,8 kW			
	Menuiseries	980 W/K	702 m²	23,5 kW			
	Toiture	164 W/K	923 m²	3,9 kW			
	Planchers	504 W/K	937 m²	12,1 kW			
	Ponts thermiques	651 W/K	3 190 m	15,6 kW			
	Infiltrations	139 W/K	392 m3/h		3,3 kW		
	Ventilation	1 101 W/K	3 150 m3/h		26,4 kW		
	TOTAL :	**3182,0 W/K**		**73,0 kW**	**29,8 kW**	**103 kW**	**soit : 185 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,65 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 103 kW environ, sans prise en compte de la surpuissance. Le remplacement des menuiseries permet d'améliorer l'étanchéité à l'air et donc de diminuer les infiltrations. Les déperditions de l'enveloppe sont également réduites avec le changement des menuiseries et la nouvelle isolation par l'extérieur.

Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	2 594 m²	
Volume chauffé :	8 090 m3	
Surface de déperditions A:	4 565 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	2 002 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	73,0 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	29,8 kW	**soit : 103 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	40 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,529 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	4 283 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,56	

Répartition des déperditions état projet

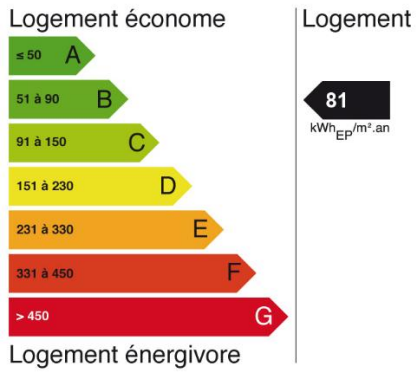


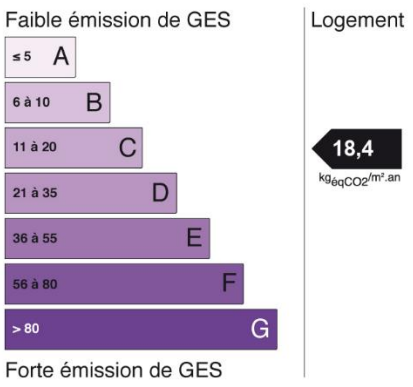
Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont désormais ceux des postes « murs extérieurs », « menuiserie » et « ventilation ».
Le poste « ponts thermiques » a considérablement baissé grâce au traitement des ponts thermiques menuiseries avec l'ajout d'un retour d'isolant et des ponts thermiques de plancher haut avec l'isolation des acrotères.

La répartition de l'ensemble des postes est assez équilibrée, ce qui signifie que le bâtiment est bien isolé. Ce résultat est cohérent au vu des travaux d'isolation préconisés.

6.7 ETIQUETTES ENERGIES

Etiquette énergie		Emissions GES	
81,0 kWh_{EP}/m^2_{Shab}.an	Classe B	18,4 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an	Classe C





A noter : Méthode de calcul 3CL-DPE. L'étiquette énergie s'exprime en kWh/m^2_{SHAB} (surface habitable) et prend en compte 3 usages alors que le Cep s'exprime en kWh/m^2_{SRT} (surface réglementaire thermique) pour 5 usages.

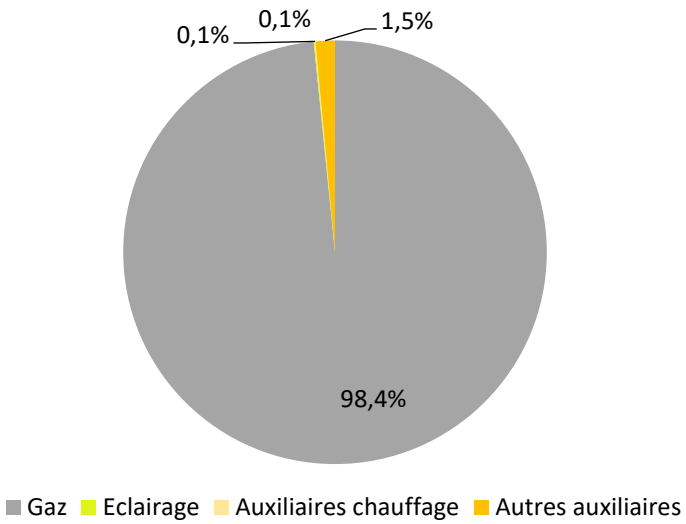
6.8 CONTENU CARBONE

Sur la base des éléments décrits à travers les chapitres précédents, il a été estimé le contenu carbone de la nouvelle production énergétique :

	Energie (kWh PCS)	Energie (kWh PCI)	Valeur CO_2 (t/MWh PCI)	CO_2 (tonnes)
Gaz	352 356	317 437	0,227	72,1
Eclairage	505	505	0,069	0,0
Auxiliaires chauffage	313	313	0,079	0,0
Autres auxiliaires	10 774	10 774	0,064	0,7
TOTAL ENERGIES		**329 029**		**72,8**
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)				**0,22**

Contenu carbone de la solution

Ce scénario permet de réaliser une économie de 32,8 tonnes de CO_2 par an.



Répartition des émissions carbone

6.9 AIDES FINANCIÈRES : CERTIFICATS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Le présent état projet ne respecte pas les exigences de la RT Existant car disposant d'un Cep supérieur au Cep réf.

Cependant, il est possible de bénéficier des aides CEE travaux par travaux. Les travaux devront être réalisés par des artisans certifiés RGE (reconnu garant de l'environnement).

6.9.1 Respect de la fiche BAR-EN-104 pour bâtiment résidentiel : remplacement des menuiseries avec vitrage isolant

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec du combustible comme énergie de chauffage (conservation de la chaudière gaz) :

6 700 x S x P / 1 000 = 10 500 €

S : surface totale de fenêtres et portes-fenêtres en m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

6.9.2 Respect de la fiche BAR-EN-102 pour bâtiment résidentiel : isolation des murs

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec du combustible comme énergie de chauffage (conservation de la chaudière gaz) :

3 100 x S x P / 1 000 = 38 300 €

S : surface d'isolant en m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

6.10 RÉCAPITULATIF FINANCIER

Fiche N°1	Remplacement des menuiseries	Thermique

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Anciennes menuiseries double vitrage, peu performantes thermiquement et peu perméables à l'air.

Impact sur la consommation	Impact sur le confort
Hausse des déperditions, et donc des consommations	Sensation de paroi froide pour les usagers Inconfort thermique lié à des courants d'air froids

Préconisation

Proposition d'amélioration

Remplacement des menuiseries actuelles par des menuiseries PVC, à double vitrage faible émissivité, disposant d'un Uw ≤ 1,3 W/(m².K) et d'un Sw ≥ 0,30 (ou Uw ≤ 1,7 W/m².K et Sw ≥ 0,36).
Prévoir des entrées d'air autoréglables pour les pièces de vie (séjour et chambre).

Objectifs

Réduire les déperditions, les ponts thermiques et l'effet paroi froide liés aux menuiseries.
Amélioration de l'étanchéité à l'air et à l'eau des menuiseries.

Détails des travaux

Le prix prend en compte la dépose des menuiseries actuelles, la fourniture et la pose des nouvelles menuiseries, avec entrées d'air autoréglables (pose en rénovation).

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Dépose, fourniture et pose des menuiseries			483 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		33 810	€ H.T.
Aléas	5%		25 841	€ H.T.
		TOTAL	**542 651**	**€ HT**
		TOTAL	**572 496**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	512 782	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	11 958	kWh/an
Consommations gaz après travaux	367 199	kWh/an
Consommations électriques après travaux	11 958	kWh/an
Gain énergétique énergie gaz	145 583	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	0	kWh/an
Gain financier total	11 958	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	9 500	€ HT
Gain GES	33 047	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	45	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	27	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage. Renforcement de l'isolation du bâti. Traitement des ponts thermiques des menuiseries. Amélioration de l'étanchéité à l'air. Amélioration du confort thermique en hiver.	Complexité technique (vitrage au nu intérieur). Travaux en milieu occupé.

Fiche N°2 — Isolation par l'extérieur de l'ensemble des murs donnant sur l'extérieur — Thermique

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Vieille et faible isolation des murs extérieurs

Impact sur la consommation	Impact sur le confort
Hausse des déperditions, et donc des consommations	Sensation de paroi froide pour les usagers Inconfort thermique Surchauffe en période estivale

Préconisation

Proposition d'amélioration

Mise en place d'une ITE. Fourniture et pose d'un isolant en laine de bois, épaisseur 14,5 cm, résistance thermique supérieure ou égale à R = 3,7 m².K/W (conforme CEE) avec finition enduit.
Prévoir un retour d'isolant pour les contours des menuiseries.
Prévoir l'isolation des acrotères : isolant sous couvertine étanche et isolant en relevé.

Objectifs

Réduction des déperditions par les murs extérieurs, et par conséquent des consommations de chauffage du bâtiment,
Amélioration du confort thermique des occupants, en été et en hiver.

Détails des travaux

Le prix prend en compte la dépose des éléments existants (garde-corps, grilles de ventilation, etc), fourniture et pose du nouvel isolant.

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose d'une surisolation			362 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO...	7%		25 340	€ H.T.
Aléas	5%		19 367	€ H.T.
		TOTAL	**406 707**	**€ HT**
		TOTAL	**429 076**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	512 782	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	11 958	kWh/an
Consommations gaz après travaux	452 930	kWh/an
Consommations électriques après travaux	11 958	kWh/an
Gain énergétique énergie gaz	59 852	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	0	kWh/an
Gain financier total	4 916	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	34 600	€ HT
Gain GES	13 586	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	83	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	39	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Renforcement de l'isolation du bâti Amélioration du confort thermique	

CHAPITRE 7 SCÉNARIO 1 : RESPECT DE LA FICHE BAR-TH-145

7.1 PREAMBULE

La fiche n° BAR-TH-145 s'applique dans le cadre d'une rénovation thermique globale d'un bâtiment résidentiel collectif existant. L'étude énergétique se base sur la méthode de calcul TH-C-E ex.
Les travaux doivent permettre d'atteindre les objectifs ci-dessous :

- Cep < 331 kWh/m²$_{SRT}$.an après travaux pour les usages de chauffage, refroidissement, production d'ECS, éclairage et les auxiliaires de chauffage, refroidissement, d'ECS et de ventilation.
- Gain énergétique ≥ 35% par rapport au Cep avant travaux pour les usages définis ci-dessus.
- Les émissions de gaz à effet de serre après rénovation, rapportées à la surface habitable (S_{hab}), doivent être inférieures ou égales à celles avant travaux.

Le montant des CEE (certificats d'économies d'énergie) se calcule selon la formule suivante (avec P le prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh) :

$$(\text{Cef initial} - \text{Cef projet}) \times S_{hab} \times 18 \times (P/1000)$$

Le présent chapitre décrit l'état projeté des logements : bâtiments A, B et C. L'objectif est d'estimer les consommations énergétiques avec les différentes solutions combinées liées à la performance thermique du bâti et au remplacement de la vieille chaudière.

7.2 COMPOSITION DE L'ÉTAT PROJET

L'état dit projet prend en compte les prestations suivantes :

- Remplacement des menuiseries,
- Isolation des murs par l'extérieur,
- Remplacement de la chaudière existante par une chaudière gaz à condensation pour la production de chauffage et d'ECS.

7.3 HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les hypothèses prises en compte pour les coûts de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :

	Coût de l'énergie (€ HT/kWh) [1]	GES ($kgCO_{2eq}$/kWh)
Energie électrique chauffage	0,185	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,062	0,227

L'inflation sur le prix de l'énergie a été fixée à 3,5 %/an.

[1] Basé sur le Catalogue Dido

7.4 BOUQUETS DE TRAVAUX

7.4.1 Remplacement des menuiseries existantes

Les menuiseries actuelles, bien qu'en double vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les habitants.

La première préconisation prend donc en compte la dépose des menuiseries actuelles ainsi que la fourniture et la pose en rénovation des nouvelles menuiseries alu :

- Pose en rénovation
- Nombre de menuiseries : 216 (comprenant les 3 portes vitrées en bas des cages d'escalier)
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K) et Sw ≥ 0,30
  - Ou Uw ≤ 1,7 W/(m².K) et Sw ≥ 0,36

Remarque : Les menuiseries des pièces de vie (séjour et chambre) devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

7.4.2 Réfection de l'isolation par l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ont été isolés par l'extérieur lors de travaux d'amélioration thermique en 1995. L'isolant en PSE blanc est vieillissant, donc peu performant, et d'épaisseur insuffisante pour assurer une bonne isolation.
De plus, il n'y a pas de retour d'isolant sur les contours des menuiseries (applique au nu intérieur), ce qui engendre de gros ponts thermiques au niveau des menuiseries.

Cette préconisation prend en compte la dépose de l'isolation extérieure existante, la fourniture et la pose d'un nouvel isolant par l'extérieur avec finition enduit (isolant bio sourcé type laine de bois) :

- Surface impliquée : 1700 m²
- Résistance thermique de l'isolant (conforme CEE) : 3,7 m².K/W en 14,5 cm

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 1400 ml
- L'isolation des acrotères : 310 ml

Remarque 1 : l'ancienne ITE devra être conservée au niveau des loggias par manque de place de part et d'autre de la porte-fenêtre. Cependant le retour d'isolant sur le contour menuiserie peut être réalisé pour réduire le pont thermique.
Remarque 2 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 3 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé.

7.4.3 Remplacement de la chaudière gaz

La chaudière gaz actuelle est une chaudière haute température qui date de 1997. Elle assure la production de chauffage et d'ECS pour l'ensemble des logements ainsi que la production de chauffage des locaux de service.

Afin d'atteindre 35% de gain énergétique, il est nécessaire de remplacer cette chaudière par une chaudière plus performante (meilleur rendement).

Nous préconisons l'installation d'une chaudière gaz à condensation :

- Dépose chaudière existante
- Fourniture et pose de la chaudière gaz à condensation
- Mode : chauffage et ECS
- Besoins de chauffage : 130 kW pour -5°C avec surpuissance
- Rendement chaudière ≥ 105%

7.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

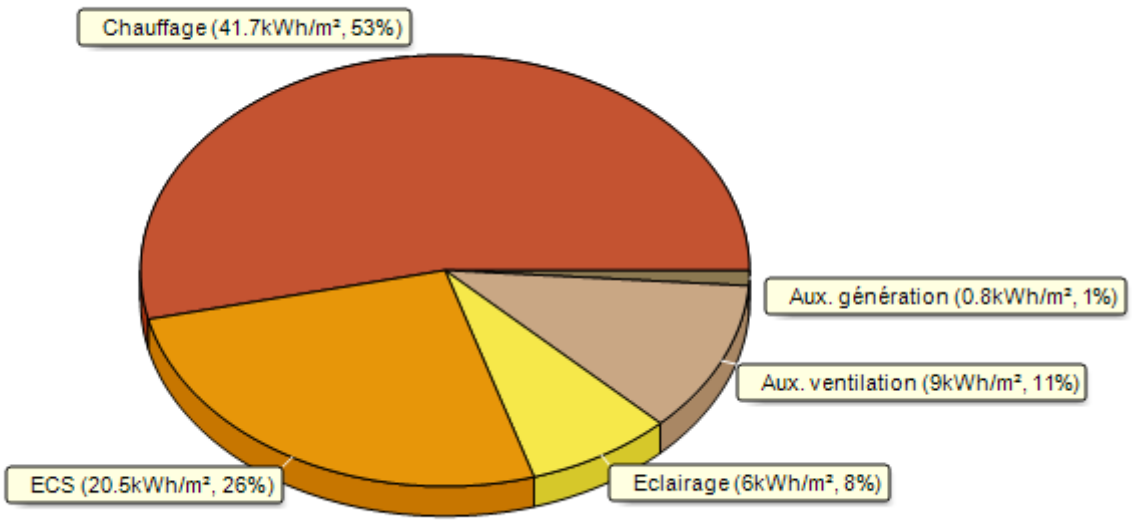
L'état projet des logements, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

Les principaux indicateurs du calcul réglementaire du bâtiment sont les suivants :

- Pour rappel :
  - Cep initial = 143,05 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 132,8 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,40 W/m².K
  - Emissions GES : 31,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

- Indicateurs du scénario 1 BAR-TH-145 :
  - Cep projet = 78,0 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cep réf = 79,1 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 68,3 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,649 W/m².K
  - Ubât max = 0,935 W/m².K
  - Emissions GES : 15,6 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

La répartition des consommations conventionnelles est présentée ci-dessous :



Le présent état projet respecte les exigences de la RT Existant car disposant d'un Cep inférieur au Cep réf, d'un gain supérieur à 30% par rapport au Cep initial, et d'un Ubât inférieur ou égale au Ubât max.

Il est également conforme à la fiche BAT-TH-145 car il permet un gain énergétique de 45% avec un Cep projet largement inférieur à 331 kWh/m^2_{SRT}.an.

7.6 REPARTITION DES DEPERDITIONS THERMIQUES DE L'ETAT PROJET

La composition des parois et la géométrie du bâtiment implique les calculs de déperditions et la répartition des postes les plus déperditifs suivants :

Déperditions du logement collectif : Bâtiments A, B et C – Etat projet

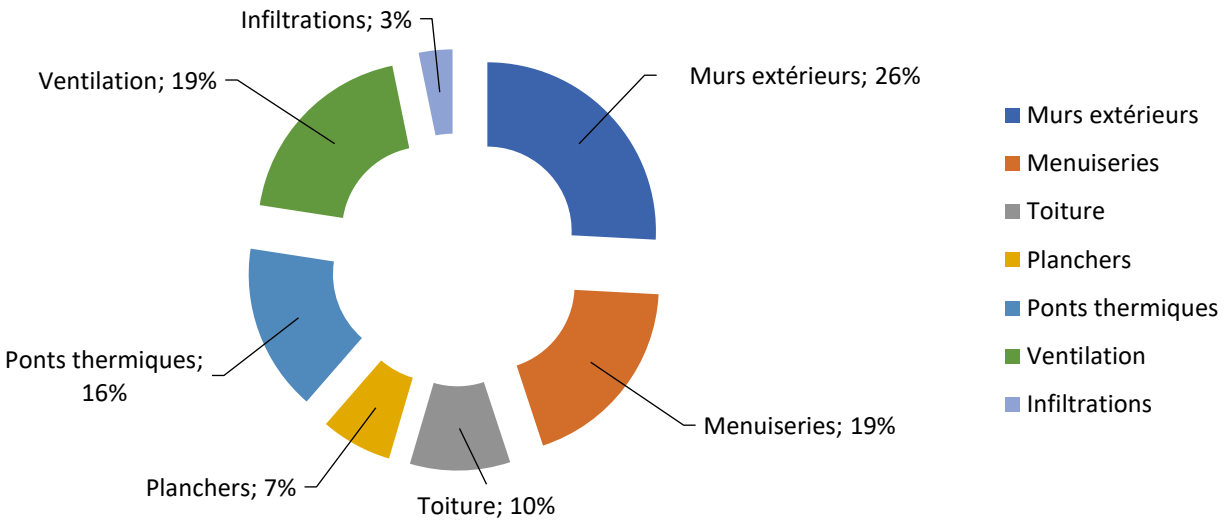
	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)	Murs extérieurs	743 W/K	2 002 m²	17,8 kW			
	Menuiseries	980 W/K	702 m²	23,5 kW			
	Toiture	164 W/K	923 m²	3,9 kW			
	Planchers	504 W/K	937 m²	12,1 kW			
	Ponts thermiques	651 W/K	3 190 m	15,6 kW			
	Infiltrations	139 W/K	392 m3/h		3,3 kW		
	Ventilation	1 101 W/K	3 150 m3/h		26,4 kW		
	TOTAL :	**3182,0 W/K**		**73,0 kW**	**29,8 kW**	**103 kW**	**soit : 185 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,65 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 103 kW environ, sans prise en compte de la surpuissance. Le remplacement des menuiseries permet d'améliorer l'étanchéité à l'air et donc de diminuer les infiltrations. Les déperditions de l'enveloppe sont également réduites avec le changement des menuiseries et la nouvelle isolation par l'extérieur.

Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	2 594 m²	
Volume chauffé :	8 090 m3	
Surface de déperditions A:	4 565 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	2 002 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	73,0 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	29,8 kW	**soit : 103 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	40 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,529 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	4 283 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,56	

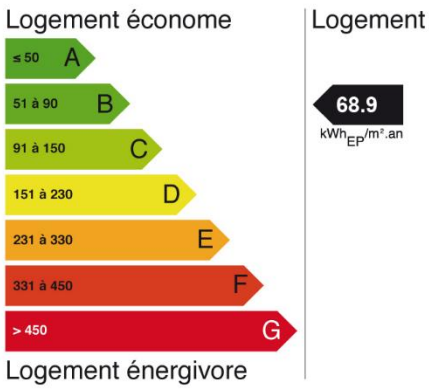
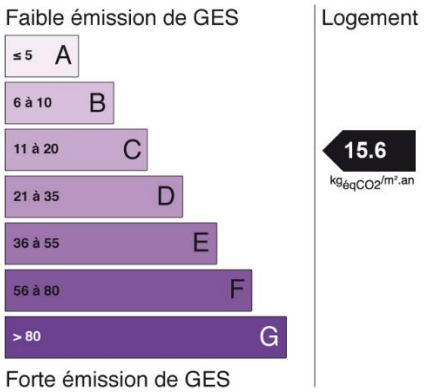
Répartition des déperditions état projet



Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont désormais ceux des postes « murs extérieurs », « menuiserie » et « ventilation ».
Le poste « ponts thermiques » a considérablement baissé grâce au traitement des ponts thermiques menuiseries avec l'ajout d'un retour d'isolant et des ponts thermiques de plancher haut avec l'isolation des acrotères.

La répartition de l'ensemble des postes est assez équilibrée, ce qui signifie que le bâtiment est bien isolé. Ce résultat est cohérent au vu des travaux d'isolation préconisés.

7.7 ETIQUETTES ENERGIES

Etiquette énergie		Emissions GES	
68,9 $kWh_{EP}/m^2_{Shab}.an$	Classe B	15,6 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an$	Classe C
			

A noter : Méthode de calcul 3CL-DPE. L'étiquette énergie s'exprime en kWh/m^2_{SHAB} (surface habitable) et prend en compte 3 usages alors que le Cep s'exprime en kWh/m^2_{SRT} (surface réglementaire thermique) pour 5 usages.

7.8 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

7.8.1 Caractéristiques techniques

La vieille chaudière gaz est remplacée par une chaudière gaz à condensation neuve. La chaudière gaz est dimensionnée pour répondre à 100% des besoins de chauffage du bâtiment avec surpuissance, soit 130kW.
Le préparateur ECS actuel peut être conservé puisqu'il est récent (2017) et performant : échangeur de la marque ATLANTIC de type RUBIS 112 D.

Elle assure également la production d'ECS.

Chaudière gaz à condensation	
Mode	Chauffage et ECS
Combustible	Gaz de ville
Puissance chauffage	130 kW
Puissance totale	200 kW
Rendement	≥ 105%
Préparateur ECS	Echangeur conservé (RUBIS 112 D, ATLANTIC)
Ballon tampon	1 500 L pour l'ECS
Emplacement	Chaufferie existante
Emission	
Émetteurs	Radiateurs à eau existants
Régime de température	80/60°C

7.8.2 Régulation de l'installation

Le chauffage sera régulé selon une loi d'eau. La température au départ du chauffage varie linéairement selon la température extérieure. Une sonde de température extérieure devra être installée. Le boitier de régulation agira sur la vanne 3 voies du départ de chauffage des logements. Une pompe à débit variable sera installée ; les radiateurs possèdent des robinets thermostatiques.

Pour la production de chauffage, des réduits de nuit ou une gestion horaire peut être programmée.

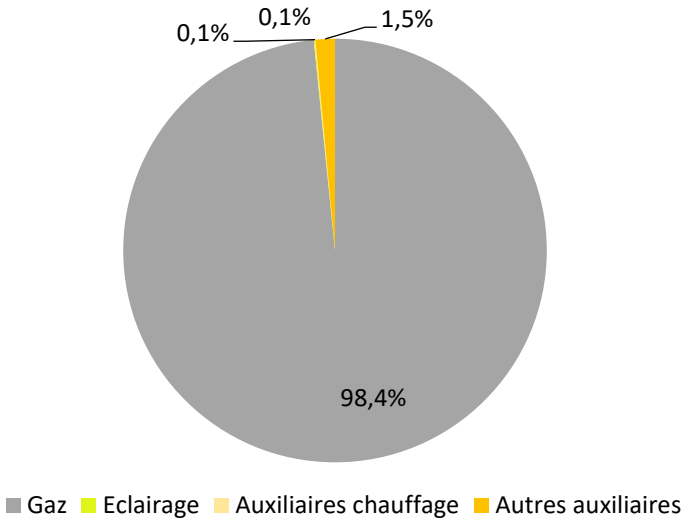
7.9 CONTENU CARBONE

Sur la base des éléments décrits à travers les chapitres précédents, il a été estimé le contenu carbone de la nouvelle production énergétique :

	Energie (kWh PCS)	Energie (kWh PCI)	Valeur CO_2 (t/MWh PCI)	CO_2 (tonnes)
Gaz	221 686	199 717	0,227	45,3
Eclairage	505	505	0,069	0,0
Auxiliaires chauffage	312	312	0,079	0,0
Autres auxiliaires	10 624	10 624	0,064	0,7
TOTAL ENERGIES		**211 158**	**46,1**	
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)			**0,22**	

Contenu carbone de la solution

Ce scénario permet de réaliser une économie de 59,6 tonnes de CO_2 par an.



Répartition des émissions carbone

7.10 AIDES FINANCIÈRES : CERTIFICATS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Le montant des certificats d'économies d'énergie **(CEE) en rénovation globale** est calculé selon la fiche BAR-TH-145 :
Les travaux devront être réalisés par des artisans certifiés RGE (reconnu garant de l'environnement).

- Quantité de MWh cumac : 3 008
- Prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh
- Montant CEE : 19 800 €

Sinon, il est possible de bénéficier des **CEE travaux par travaux** :

- Fiche BAR-EN-104 : menuiseries (cf. partie 6.9.1) → 9 500 €
- Fiche BAR-EN-102 : isolation murs (cf. partie 6.9.2) → 34 600 €
- Fiche BAR-TH-107 : Chaudière collective haute performance → 4 000 € (facteur R=0,5)
- Fiche BAR-TH-123 : Optimiseur de relance en chauffage collectif → 1 900 €

Soit un total de 50 000 €.

Remarque : il semble plus avantageux de bénéficier des CEE travaux par travaux plutôt que des CEE rénovation globale

7.11 RÉCAPITULATIF FINANCIER

Fiche N°3	Amélioration du bâti + Chaudière gaz condensation	Thermique & systèmes

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Anciennes menuiseries double vitrage, peu performantes thermiquement et peu perméables à l'air
Vieille et faible isolation des murs extérieurs
Vieille chaudière gaz

Impact sur la consommation	Impact sur le confort
Hausse des déperditions, et donc des consommations	Sensation de paroi froide pour les usagers
Impact sur le climat	Inconfort thermique

Préconisation

Proposition d'amélioration

Remplacement des menuiseries, de l'isolation des murs extérieurs (ITE) comme décrit dans les précédentes préconisations.
Remplacement de la vielle chaudière gaz par une chaudière gaz à condensation.

Objectifs

Rénovation globale d'un bâtiment résidentiel collectif (BAR-TH-145).
Réduction des consommations et des émissions de GES du bâtiment.

Détails des travaux

Le prix prend en compte la fourniture et la pose des différentes prestations proposées, ainsi que les déposes associées.

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Dépose, fourniture et pose des menuiseries			483 000	€ H.T.
Dépose, fourniture et pose d'une ITE			362 000	€ H.T.
Dépose vieille chaudière gaz, fourniture et pose chaudière gaz condensation			180 000	€ H.T.
Total			**1 025 000**	**€ H.T.**
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		71 750	€ H.T.
Aléas	5%		54 838	€ H.T.
		TOTAL	**1 151 588**	**€ HT**
		TOTAL	**1 214 925**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	512 782	kWh/an
Consommations électriques autres usages avant travaux	11 958	kWh/an
Consommations gaz après travaux	221 686	kWh/an
Consommations électriques autres usages après travaux	11 441	kWh/an
Gain énergétique gaz	291 096	kWh/an
Gain énergétique autres usages électriques	517	kWh/an
Gain financier total	24 016	€/an
Montant CEE (BAR-TH-145) *	19 700	€ HT
Gain GES	66 120	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	43	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	26	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Amélioration du confort thermique en hiver Réduction des émissions de GES	Pas de changement d'énergie (gaz naturel)

* Pour information, non pris en compte dans le TRB (temps de retour sur investissement brut).
Il est possible de cumuler les CEE travaux par travaux (50 000€) plutôt que de bénéficier des CEE en rénovation globale (19 700 €).

CHAPITRE 8 SCÉNARIO 2 : NIVEAU BBC EFFINERGIE RENOVATION

8.1 PREAMBULE

Le niveau BBC Effinergie Rénovation permet d'atteindre des objectifs de sobriété énergétique dans le cadre de certifications ou de dispositifs régionaux.
Pour les logements, il faut atteindre les performances suivantes :

- Cep ≤ 72 kWhEP/m^2_{SRT}.an, Cep modulé selon la zone climatique et l'altitude
- Ubât projet ≤ Ubât base
- Emissions GES ≤ 20 kgeqCO_2/m^2.an

Ce scénario de travaux étant plus exigeant que le précédent, il respecte également la fiche BAR-TH-145. Il est donc possible de bénéficier des CEE en rénovation globale.

Le présent chapitre décrit l'état projeté des logements : bâtiments A, B et C. L'objectif est d'estimer les consommations énergétiques avec les différentes solutions combinées liées à la performance thermique du bâti et au remplacement de la vieille chaudière.

8.2 COMPOSITION DE L'ÉTAT PROJET

L'état dit projet prend en compte les prestations suivantes :

- Remplacement des menuiseries,
- Isolation des murs par l'extérieur,
- Remplacement de la chaudière existante :
  - Installation d'une PAC air/eau,
  - Installation de panneaux solaires thermiques pour la production d'ECS,
  - Installation d'une chaudière gaz à condensation pour l'appoint en production de chauffage et d'ECS.

8.3 HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les hypothèses prises en compte pour les coûts de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :

	Coût de l'énergie (€ HT/kWh)	GES (kgCO_{2eq}/kWh)
Energie électrique chauffage	0,185	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,062	0,227

L'inflation sur le prix de l'énergie a été fixée à 3,5 %/an.

(1) Basé sur le Catalogue Dido

8.4 BOUQUETS DE TRAVAUX

8.4.1 Remplacement des menuiseries existantes

Les menuiseries actuelles, bien qu'en double vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les habitants.

La première préconisation prend donc en compte la dépose des menuiseries actuelles ainsi que la fourniture et la pose en rénovation des nouvelles menuiseries alu :

- Pose en rénovation
- Nombre de menuiseries : 216 (comprenant les 3 portes vitrées en bas des cages d'escalier)
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K) et Sw ≥ 0,30
  - Ou Uw ≤ 1,7 W/(m².K) et Sw ≥ 0,36

Remarque : Les menuiseries des pièces de vie (séjour et chambre) devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

8.4.2 Réfection de l'isolation par l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ont été isolés par l'extérieur lors de travaux d'amélioration thermique en 1995. L'isolant en PSE blanc est vieillissant, donc peu performant, et d'épaisseur insuffisante pour assurer une bonne isolation.
De plus, il n'y a pas de retour d'isolant sur les contours des menuiseries (applique au nu intérieur), ce qui engendre de gros ponts thermiques au niveau des menuiseries.

Cette préconisation prend en compte la dépose de l'isolation extérieure existante, la fourniture et la pose d'un nouvel isolant par l'extérieur avec finition enduit (isolant bio sourcé type laine de bois) :

- Surface impliquée : 1700 m²
- Résistance thermique de l'isolant (conforme CEE) : 3,7 m².K/W en 14,5 cm

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 1400 ml
- L'isolation des acrotères : 310 ml

Remarque 1 : l'ancienne ITE devra être conservée au niveau des loggias par manque de place de part et d'autre de la porte-fenêtre. Cependant le retour d'isolant sur le contour menuiserie peut être réalisé pour réduire le pont thermique.
Remarque 2 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 3 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé.

8.4.3 Remplacement de la chaudière gaz

La chaudière gaz actuelle est une chaudière haute température qui date de 1997. Elle assure la production de chauffage et d'ECS pour l'ensemble des logements ainsi que la production de chauffage des locaux de service.

Afin d'atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation, il est nécessaire de remplacer cette chaudière par des systèmes moins consommateurs.

Pour cela, nous préconisons l'installation de panneaux solaires thermiques pour produire de l'ECS solaire. L'énergie solaire, gratuite, permet de réduire considérablement les consommations et les coûts liés à la production d'ECS. L'appoint est assuré par une chaudière gaz à condensation.

Le chauffage est produit par une PAC air/eau (ou plusieurs PAC en série) haute température. Dans les cas de conditions extrêmes en hiver, la chaudière gaz à condensation sera également nécessaire pour assurer l'appoint de la PAC.

Nous préconisons l'installation d'une chaudière gaz à condensation :

- Dépose chaudière existante
- Fourniture et pose de la PAC air/eau
- Fourniture et pose panneaux solaires thermiques avec ballon tampon
- Besoins de chauffage : 130kW pour -5°C avec surpuissance
- COP de la PAC ≥ 3
- Rendement chaudière gaz appoint ≥ 105%
- Rendement panneaux solaires thermiques ≥ 80%
- Surface panneaux : 30 m²
- Ballon tampon pour l'ECS : 2000L

8.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

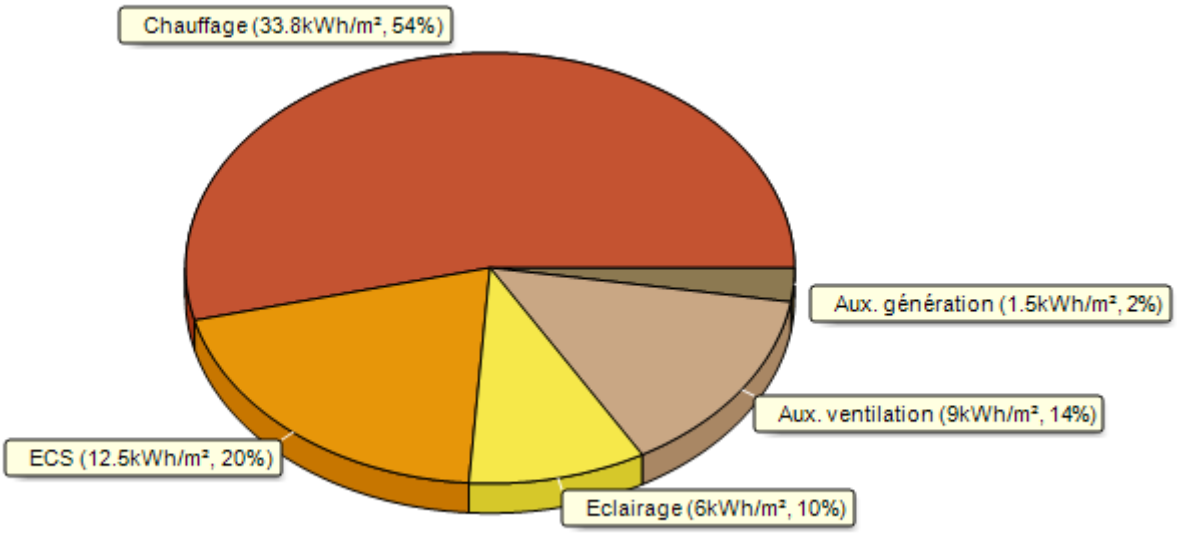
L'état projet des logements, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

Les principaux indicateurs du calcul réglementaire du bâtiment sont les suivants :

- Pour rappel :
  - Cep initial = 143,05 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 132,8 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,40 W/m².K
  - Emissions GES initial : 31,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

- Indicateurs du scénario 2 BBC Effinergie rénovation :
  - Cep projet = 62,8 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 32,0 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,649 W/m².K
  - Ubât max = 0,935 W/m².K
  - Ubât base = 0,748 W/m².K
  - Emissions GES projet : 2,0 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

La répartition des consommations conventionnelles est présentée ci-dessous :



Le présent état projet respecte les exigences du niveau BBC Effinergie rénovation car disposant d'un Cep projet inférieur à 72 $kWhEP/m^2_{SRT}$.an, d'un Ubât inférieur ou égale à Ubât base et d'émissions GES inférieures ou égales à 20 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an.
Ce niveau permet un gain énergétique de 56% par rapport au projet initial.

Le projet respecte également les exigences de la RT existant et de la fiche BAT-TH-145.

8.6 REPARTITION DES DEPERDITIONS THERMIQUES DE L'ETAT PROJET BBC

La composition des parois et la géométrie du bâtiment implique les calculs de déperditions et la répartition des postes les plus déperditifs suivants :

Déperditions du logement collectif : Bâtiments A, B et C – Etat projet BBC

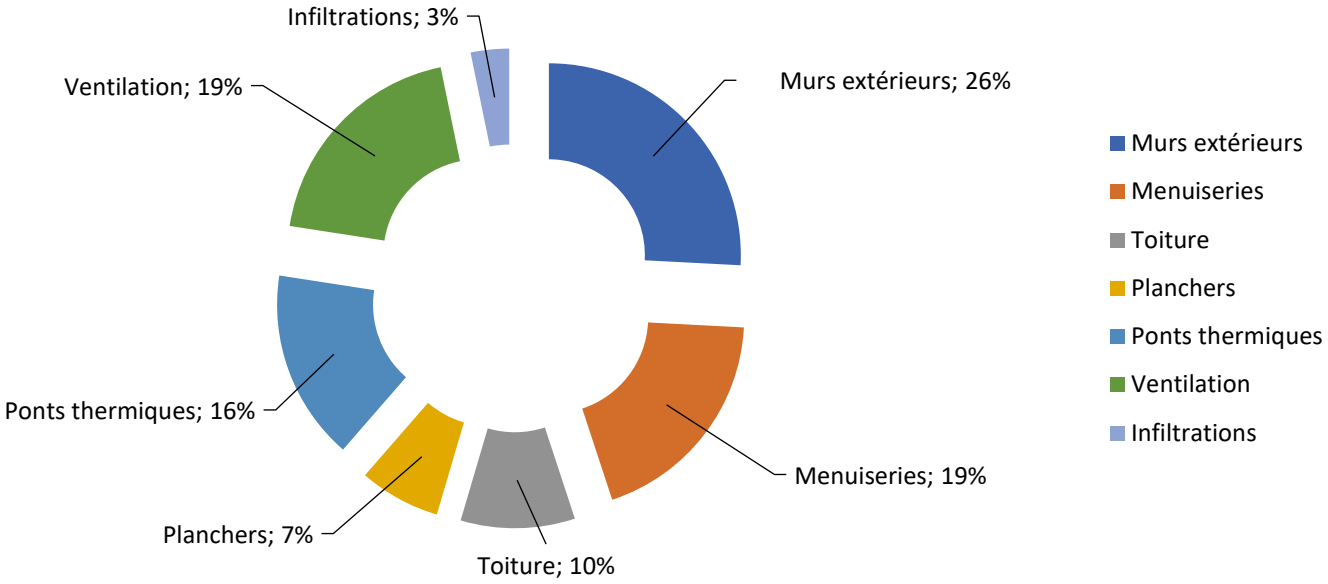
	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)	Murs extérieurs	743 W/K	2 002 m²	17,8 kW			
	Menuiseries	980 W/K	702 m²	23,5 kW			
	Toiture	164 W/K	923 m²	3,9 kW			
	Planchers	504 W/K	937 m²	12,1 kW			
	Ponts thermiques	651 W/K	3 190 m	15,6 kW			
	Infiltrations	139 W/K	392 m3/h		3,3 kW		
	Ventilation	1 101 W/K	3 150 m3/h		26,4 kW		
	TOTAL :	3182,0 W/K		73,0 kW	29,8 kW	103 kW	soit : 185 W/m²

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,65 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 103 kW environ, sans prise en compte de la surpuissance. Le remplacement des menuiseries permet d'améliorer l'étanchéité à l'air et donc de diminuer les infiltrations. Les déperditions de l'enveloppe sont également réduites avec le changement des menuiseries et la nouvelle isolation par l'extérieur.

Logement collectif : bâtiments A, B et C (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	2 594 m²	
Volume chauffé :	8 090 m3	
Surface de déperditions A:	4 565 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	2 002 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	73,0 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	29,8 kW	**soit : 103 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	40 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,529 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	4 283 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,56	

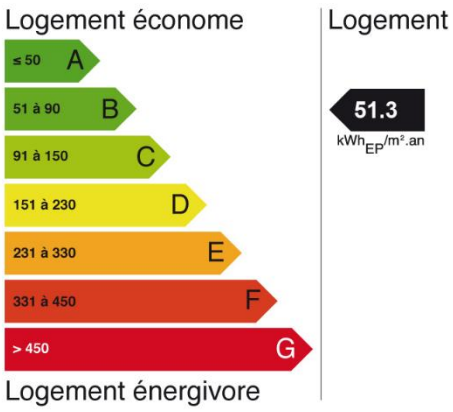
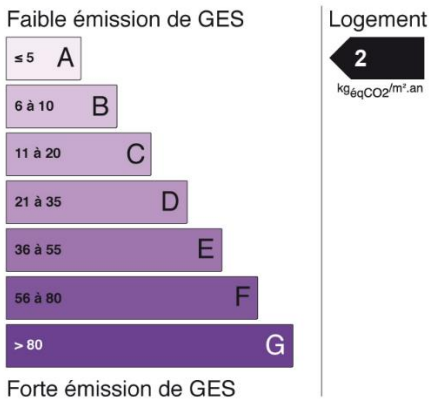
Répartition des déperditions état projet



Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont ceux des postes « murs extérieurs », « menuiserie » et « ventilation ».
Le poste « ponts thermiques » a considérablement baissé grâce au traitement des ponts thermiques menuiseries avec l'ajout d'un retour d'isolant et des ponts thermiques de plancher haut avec l'isolation des acrotères.

La répartition de l'ensemble des postes est assez équilibrée, ce qui signifie que le bâtiment est bien isolé. Ce résultat est cohérent au vu des travaux d'isolation préconisés.

8.7 ETIQUETTES ENERGIES

Etiquette énergie		Emissions GES	
51,3 kWh_{EP}/m^2_{Shab}.an	Classe B	2,0 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an	Classe A
			

A noter : Méthode de calcul 3CL-DPE. L'étiquette énergie s'exprime en kWh/m^2_{SHAB} (surface habitable) et prend en compte 3 usages alors que le Cep s'exprime en kWh/m^2_{SRT} (surface réglementaire thermique) pour 5 usages.

8.8 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

8.8.1 Caractéristiques techniques

La pompe à chaleur air/eau est dimensionnée pour répondre à 75% des besoins du bâtiment, soit 40kW.

La chaudière gaz est dimensionnée pour répondre à 100% des besoins de chauffage du bâtiment avec surpuissance, soit 130kW. Elle viendra en secours et appoint de la pompe à chaleur.
Elle assure également la production d'ECS en appoint des panneaux solaires thermiques.

Le préparateur ECS actuel peut être conservé puisqu'il est récent (2017) et performant : échangeur de la marque ATLANTIC de type RUBIS 112 D.

Pompe à chaleur air/eau	
Puissance thermique totale	40 kW
COP (+7°C/+35°C)	> 4
Température maximale de départ	55°C
Emplacement	Extérieur
Chaudière gaz	
Mode	Chauffage et ECS
Combustible	Gaz de ville
Puissance chauffage	130 kW
Puissance totale	200 kW
Rendement	≥ 105%
Préparateur ECS	Echangeur conservé (RUBIS 112 D, ATLANTIC)
Ballon tampon	1 500 L pour l'ECS
Emplacement	Chaufferie existante
Solaire thermique	
Surface capteurs thermiques	32 m² de surface utile
Rendement	80%
Emplacement	Toiture
Ballon ECS	2 000 L
Température de départ ECS	60°C
Emplacement	Chaufferie existante
Emission	
Émetteurs	Radiateurs à eau existants
Régime de température	80/60°C

8.8.2 Régulation de l'installation

La pompe à chaleur fonctionnera uniquement en période de chauffage.

Fonctionnement de la production de chauffage :
Sur l'automate :
Fonctionnement asservi au commutateur logique Arrêt / Auto de la production de chaleur.
Fonctionnement simultané de la PAC et la chaudière. **Pour Text ≤ 6,5°C (selon gestion des équipements de fabricant et point de bivalence des PAC), c'est la chaudière qui prend le relai sur la PAC. En effet, à partir de cette température, la PAC n'est plus capable de fournir une température et puissance nécessaire pour assurer les besoins de chauffage dans les logements avec les émetteurs existants.**

Le chauffage sera régulé selon une loi d'eau. La température au départ du chauffage varie linéairement selon la température extérieure et la température intérieure souhaitée. Une sonde de température extérieure devra être installée. Le boitier de régulation agira sur la vanne 3 voies du départ de chauffage des logements. Une pompe à débit variable sera installée ; les radiateurs possèdent des robinets thermostatiques.

Pour la production de chauffage des réduits de nuit ou une gestion horaire peut être programmée.
Le fonctionnement de la production de chaleur par les chaudières, la PAC et les panneaux solaires sera effectuées par une gestion propre au fabricant afin d'assurer les rendements des équipements.

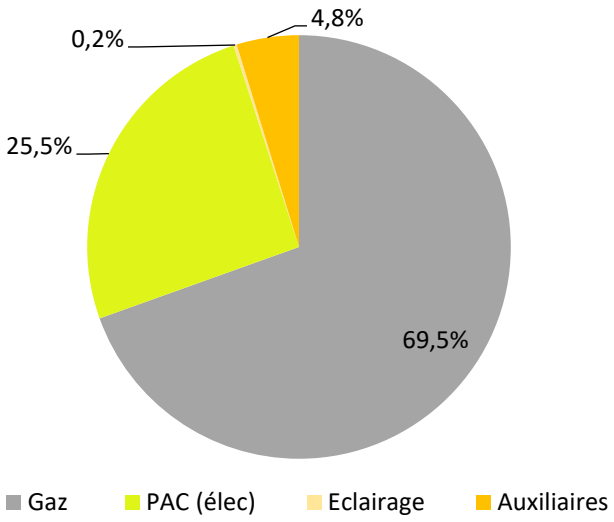
8.9 CONTENU CARBONE

Sur la base des éléments décrits à travers les chapitres précédents, il a été estimé le contenu carbone de la nouvelle production énergétique :

	Energie (kWh PCS)	Energie (kWh PCI)	Valeur CO_2 (t/MWh PCI)	CO_2 (tonnes)
PAC (élec)	46 207	46 207	0,079	3,7
Gaz	48 712	43 884	0,227	10,0
Eclairage	505	505	0,069	0,0
Auxiliaires	10 643	10 643	0,064	0,7
TOTAL ENERGIES		**101 239**		**14,3**
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)				**0,14**

Contenu carbone de la solution

Ce scénario permet de réaliser une économie de 91,3 tonnes de CO_2 par an.



Répartition des émissions carbone

8.10 AIDES FINANCIERES : CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE

Le montant des certificats d'économies d'énergie **(CEE) en rénovation globale** est calculé selon la fiche BAR-TH-145 :

- Quantité de MWh cumac : 4 704
- Prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh
- Montant CEE : 30 950 €

Les travaux devront être réalisés par des artisans certifiés RGE (reconnu garant de l'environnement).
Sinon, il est possible de bénéficier des **CEE travaux par travaux** :

- Fiche BAR-EN-104 : menuiseries → 9 500 €
- Fiche BAR-EN 102 : isolation murs → 34 600 €
- Fiche BAR-TH-102 : chauffe-eau solaire collectif → montant selon l'installation finale.
- Fiche BAR-TH-166 : pompe à chaleur collective de type air/eau → montant selon l'installation finale

L'installation de la **PAC air/eau (fiche BAR-TH-166)** permet de bénéficier du **coup de pouce** « Chauffage pour les bâtiments résidentiels collectifs et tertiaires ».

Remarque : il semble plus avantageux de bénéficier des CEE travaux par travaux plutôt que des CEE rénovation globale.

8.11 RÉCAPITULATIF FINANCIER

Fiche N°4	Amélioration du bâti + PAC air/eau et capteurs solaires thermiques avec appoint gaz	Thermique & systèmes

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Anciennes menuiseries double vitrage, peu performantes thermiquement et peu perméables à l'air / Vieille et faible isolation des murs extérieurs / Vieille chaudière gaz

Impact sur la consommation	Impact sur le confort
Hausse des déperditions, et donc des consommations Impact sur le climat	Sensation de paroi froide pour les usagers Inconfort thermique

Préconisation

Proposition d'amélioration

Remplacement des menuiseries, surisolation des murs extérieurs (ITE) comme décrit dans les précédentes préconisations.
Remplacement de la vielle chaudière gaz par une PAC air/eau et de capteurs solaires thermiques avec appoint chaudière gaz.

Objectifs

Rénovation globale d'un bâtiment résidentiel collectif niveau BBC Effinergie.
Réduction des consommations et des émissions de GES du bâtiment.

Détails des travaux

Le prix prend en compte la fourniture et la pose des différentes prestations proposées, ainsi que les déposes associées.

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Dépose, fourniture et pose des menuiseries			483 000	€ H.T.
Dépose, fourniture et pose d'une ITE			362 000	€ H.T.
Dépose vieille chaudière gaz, fourniture et pose PAC air/eau, fourniture et pose				€ H.T.
capteurs solaires thermiques, fourniture et pose chaudière gaz condensation d'appoint			267 000	€ H.T.
Total			**1 112 000**	**€ H.T.**
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		77 840	€ H.T.
Aléas	5%		59 492	€ H.T.
		TOTAL	**1 249 332**	**€ HT**
		TOTAL	**1 318 045**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	512 782	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	11 958	kWh/an
Consommations gaz après travaux	48 712	kWh/an
Consommations électriques après travaux	57 355	kWh/an
Gain énergétique gaz	464 070	kWh/an
Gain énergétique électricité	-45 397	kWh/an
Gain financier total	28 858	€/an
Montant CEE (BAR-TH-145) *	30 950	€ HT
Gain GES	101 758	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	39	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	24	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Amélioration du confort thermique en hiver Réduction des émissions de GES Utilisation de l'énergie solaire	Remplacement énergie gaz par électricité pour le chauffage (pénalisant pour les CEE rénovation globale)

* Pour information, non pris en compte dans le TRB (temps de retour sur investissement brut).

CHAPITRE 9 CONFORT

9.1 CONFORT ESTIVAL

Ce chapitre a pour vocation d'apprécier le confort thermique des occupants des bâtiments A, B et C. La méthode utilisée est celle du nombre d'heures supérieures à 28 °C rencontrées pendant les heures d'occupation.

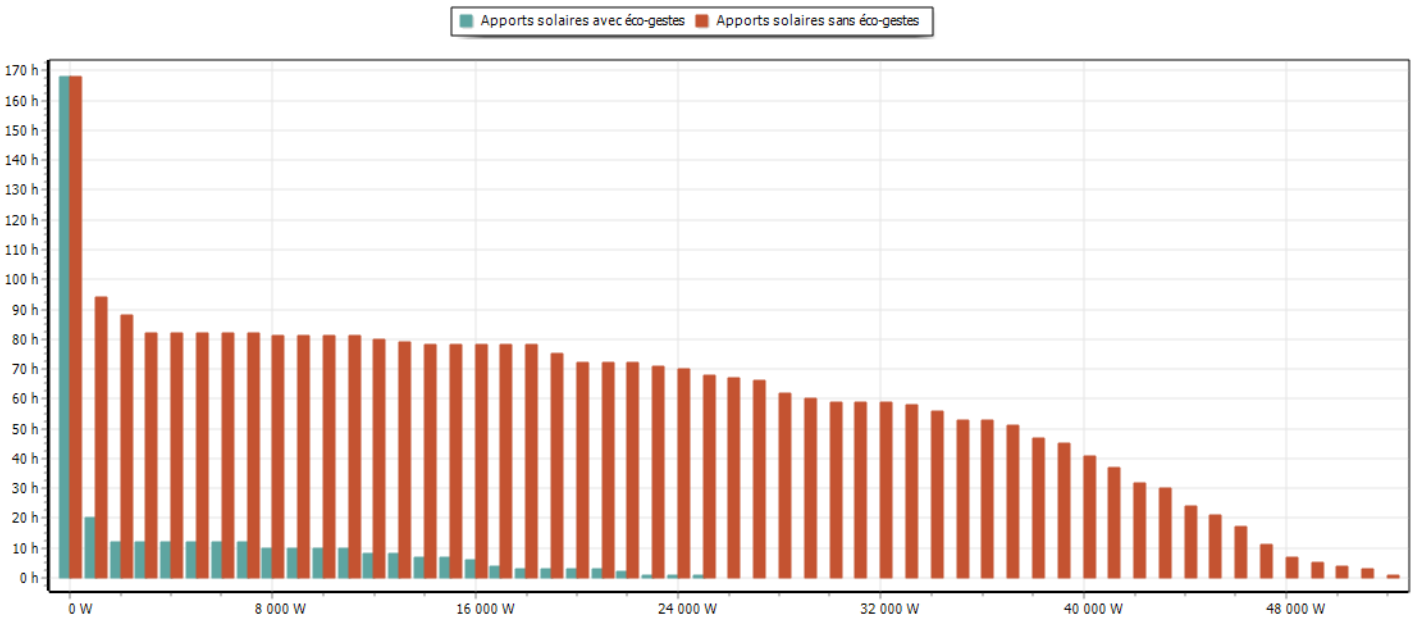
Le fichier météo saisi est le fichier « Toulouse – été chaud », c'est-à-dire qu'il teste le confort d'été en conditions estivales extrêmes. Ce fichier météo reprend les températures maximales mensuelles sur 10 ans pour la période estivale, de mai à septembre.

Il sera indiqué le niveau d'inconfort pour l'état projet du bâtiment sans rafraîchissement. Deux cas sont simulés, un premier cas dit de base et un second cas avec des gestes individuels (écogestes).

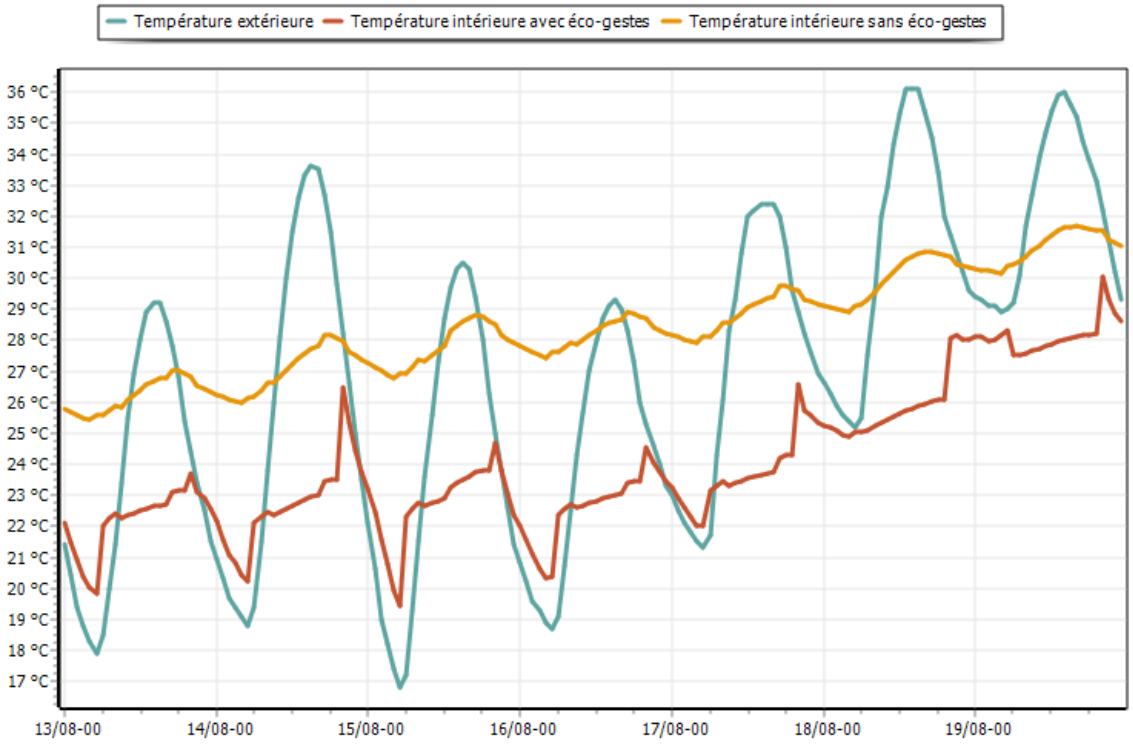
Ces gestes sont des habitudes à adopter de façon individuelle pour prévenir la surchauffe des appartements en été. Nous recommandons de fermer les volets en journée en période estivale. Cela permet de réduire considérablement les apports solaires qui sont source d'inconfort en été. De plus il est conseillé d'ouvrir les fenêtres la nuit pour permettre un rafraîchissement nocturne naturel.
Scénarii saisis :

- Scénario d'occultation des volets : fermeture des volets en journée de mi-juin à mi-septembre.
- Scénario de ventilation nocturne : ouverture des fenêtres la nuit (de 21h à 7h) de juin à août.

Les graphiques ci-dessous illustrent le gain de confort.



Apports solaires durant la semaine la plus chaude de l'année



Températures extérieure et intérieure durant la semaine la plus chaude de l'année

Le tableau ci-dessous compare les heures d'inconfort rencontrées entre les deux états. Le nombre d'heures d'inconfort est calculé en période d'occupation. La température maximale est celle rencontrée toute période confondue :

	Sans écogestes		Avec écogestes	
	Nombre d'heures > 28 °C	Température maximale atteintes	Nombre d'heures > 28 °C	Température maximale atteintes
Bâtiments A, B et C	1330 à 1560h (1)	34,9°C	50 à 600h (1)	30,1°C

(1) Varie selon l'orientation et l'étage des appartements.

D'après les résultats présentés ci-dessus, l'attitude des occupants aura un fort impact sur le confort estival.

9.2 CONFORT HIVERNAL

Le système de régulation du chauffage permet d'assurer un bon confort hivernal. De plus, le confort est amélioré grâce aux travaux d'amélioration du bâti.
Le remplacement des menuiseries permet de réduire les infiltrations et donc les courants d'air froid dans les appartements. La ventilation assure un meilleur renouvellement d'air et une amélioration de la qualité de l'air.
L'effet paroi froide est également diminué avec le remplacement des menuiseries et la réfection de l'isolation par l'extérieur.

CHAPITRE 10 SYNTHESE

	Etat initial	Programme initial	Scénario BAR-TH-145	Scénario BBC
	Existant	Remplacement menuiseries + réfection ITE	Programme initial + Chaudière gaz condensation	Programme initial + PAC air/eau + ECS solaire + chaudière gaz en appoint
Consommations gaz (kWhef/an)	512 782	352 356	221 686	48 712
Consommations électriques PAC (kWhef/an)	-	-	-	46 207
Consommations électriques autres usages (kWhef/an) (1)	11 958	11 592	11 441	11 148
Consommations totales (kWhef/an)	**524 739**	**363 947**	**233 126**	**106 066**
GES (tonnes CO2eq/an)	105,6	72,8	46,1	14,3
GES (kgeqCO2eq/m².an)	31,8	18,4	15,6	2,0
Montant CEE travaux par travaux (2)		44 100 €	50 000 €	44 100 € min *+ coup de pouce*
Montant CEE rénovation globale (2)			19 791 €	30 950 € *+ coup de pouce*
Investissement (bâti + systèmes) €HT		845 000 €	1 025 000 €	1 112 000 €
Retour sur investissement avec inflation (3,5%) (3)		37 ans	26 ans	24 ans
Ubât projet (W/m².K)	1,401	0,649	0,649	0,649
Ubât base (W/m².K)	-	0,748	0,748	0,748
Ubât max (W/m².K)	-	0,935	0,935	0,935
Cep projet (kWhep/m².an)	143,1	89,0	78,0	62,8
Cep réf (kWhep/m².an)	-	79,1	79,1	79,1
Cef projet (kWhef/m².an)	132,8	79,3	68,3	32,0
Gain énergétique	-	-38%	-45%	-56%
Classe énergie	C	B	B	B
Classe climat	D	C	C	A

(1) Prise en compte des consommations électriques communes uniquement.
(2) Quel que soit le scénario de travaux choisi, il est plus avantageux de bénéficier des CEE travaux par travaux.
(3) Calculé sans prendre en compte les aides financières.