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	Avril 2023	Chiffrage éclairage	LJO	MLA

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 GENERALITES – Présentation du site 4

1.1 Données générales 4

1.2 Déroulement de l'étude 4

1.3 Périmetre 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 Effectif et fonction du bâtiment 5

CHAPITRE 2 état des lieux 6

2.1 Composition des parois du bati 6

2.2 équipements techniques 9

CHAPITRE 3 Analyse des consommations énergétiques 12

3.1 Consommations électriques 12

3.2 Consommations de gaz 12

CHAPITRE 4 Bilan thermique de l'existant 13

4.1 Calcul de déperditions 13

4.2 Hypothèses et Données d'entrée 13

4.3 Modélisation numérique du bâtiment 14

4.4 Etude thermique réglementaire RT Existant 15

4.5 Répartition des déperditions thermiques de l'existant 16

CHAPITRE 5 Simulation thermique dynamique de l'existant 18

5.1 Objet 18

5.2 Hypothèses de calculs 18

5.3 Site pris en compte et fichier météo utilisé 18

5.4 Zoning thermique 20

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 32
6.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet 33
6.7 Contenu carbone 35
6.8 Aides financières 36
6.9 Récapitulatif financier 37
CHAPITRE 7 Scénario 1 : gain énergétique de 35% 40
7.1 Préambule 40
7.2 Composition de l'état projet 40
7.3 Hypothèses de calculs 40
7.4 Bouquets de travaux 41
7.5 Etude thermique réglementaire RT Existant 44
7.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet 45
7.7 Dimensionnement des systèmes 47
7.8 Contenu carbone 48
7.9 Aides financières 49
7.10 Récapitulatif financier 50
CHAPITRE 8 Scénario 2 : Niveau BBC Effinergie rénovation 52
8.1 Préambule 52
8.2 Composition de l'état projet 52
8.3 Hypothèses de calculs 52
8.4 Bouquets de travaux 53
8.5 Etude thermique réglementaire RT Existant 56
8.6 Répartition des déperditions thermiques de l'état projet BBC 57
8.7 Dimensionnement des systèmes 59
8.8 Contenu carbone 60
8.9 Aides financières 61
8.10 Récapitulatif financier 62
CHAPITRE 9 Confort 64
9.1 Confort estival 64
9.2 Confort hivernal 64
CHAPITRE 10 Synthèse 65

CHAPITRE 1 GENERALITES – PRÉSENTATION DU SITE

1.1 DONNÉES GÉNÉRALES

Nom de l'opération : Rénovation d'un bâtiment de bureaux 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 : Mr 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 au bâtiment de bureaux nommé : locaux de service et techniques (LST) de la compagnie de gendarmerie départementale et de la brigade de recherche de Toulouse Mirail.
Les locaux sont constitués de salles de travail, de salles de réunion, de sanitaires, de cellules et de locaux techniques.

1.4 VISITES EFFECTUÉES SUR SITE

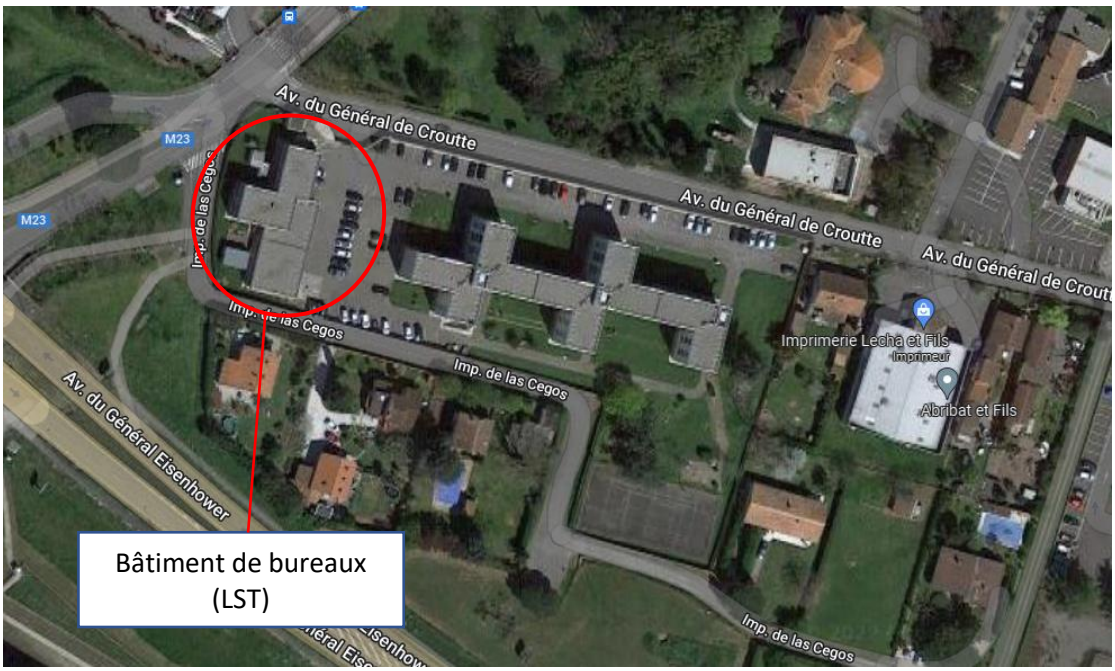
Une visite a été effectuée sur site le lundi 19 septembre 2022 par le bureau d'études BETEM.

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 EFFECTIF ET FONCTION DU BATIMENT

L'effectif relevé sur site, sur la base des postes occupés en journée, est constitué d'environ :

- 12 personnes au rez-de-chaussée (RDC),
- 10 personnes au premier étage (R+1),
- 4 personnes dans un élément modulaire de type algéco.

La nuit, une équipe de 6 à 8 personnes est présente ponctuellement (mais elle est majoritairement en intervention sur le terrain).
D'ici 2024, les bureaux changeront de fonctionnalité mais actuellement nous ne la connaissons pas. Nous conserverons donc ces scénarii d'occupation

CHAPITRE 2 ÉTAT 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 non isolé	Béton aggloméré (30cm)	Murs donnant sur l'extérieur	2,13 W/m².K
2	Refend intérieur	Refends en béton (20 à 30cm)	Intérieur des locaux	-
3	Cloisons intérieures légères	Cloisons composées de 2 plaques de plâtre par parement, avec lame d'air	Intérieur des locaux	-

Commentaires

À la suite de la visite des bâtiments, il a été confirmé que les murs extérieurs ne sont pas isolés. Par conséquent, la performance thermique des parois verticales est mauvaise du point de vue de la réglementation thermique des bâtiments existants. Cependant ils apportent de l'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 12cm, R = 5,22 m².K/W	Toiture	0,19
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 sous-sol	Plancher béton (20cm) isolé en sous-face, PSE (4cm, R = 1,35 m².K/W)	Plancher bas des locaux de service	0,43

Commentaires

Les planchers bas des locaux de service 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 du bâtiment (bureaux)	4
2	Anciennes menuiseries alu simple vitrage	Mur sur cage d'escalier	5
3	Anciennes portes vitrées alu	Portes d'accès principales du bâtiment	6
4	Ancienne porte métallique	Porte arrière (sur salle ingrédient)	5,8
5	Anciennes menuiseries bois simple vitrage	Salle de réunion	5
6	Anciennes portes bois	Salle de réunion	5

Commentaire

Les menuiseries du bâtiment sont en simple ou double vitrage mais anciennes. Elles sont source d'importantes déperditions notamment à cause d'une mauvaise étanchéité à l'air. De plus, les portes bois ne sont pas du tout isolantes.

2.2 ÉQUIPEMENTS 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 et techniques (LST) :
  - Vanne 3 voies montée en mélange de SIEMENS, avec servomoteur de SIEMENS du type SAS31
  - Deux pompes simples montées en parallèles (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 parallèle :
    - Marque WILO, type : MAXO 30/0.5-7
  - Thermomètres, kit manométrique, vanneries…

Depuis le départ en chaufferie, les réseaux sont enterrés jusqu'au bâtiment de bureaux.

2.2.2 Emission de chaleur



Les émetteurs sont des radiateurs à eau chaude.

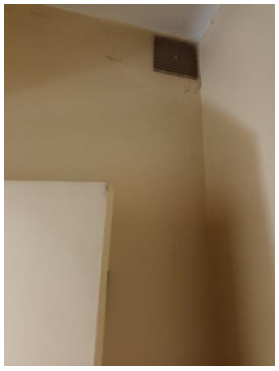
Ces radiateurs sont équipés de robinet à tête thermostatique dans toutes les pièces du bâtiment.

2.2.3 Renouvellement d'air neuf



La ventilation des locaux de service est naturelle. Un conduit maçonné traverse les sanitaires sur les deux niveaux et débouche en toit terrasse.

Dans le bâtiment, des grilles sont installées sur le conduit.





Le bas du conduit maçonné a été rebouché et n'est plus accessible. Le ramonage du conduit n'est donc plus réalisable.

Aucune entrée d'air n'est présente sur les menuiseries.

Dans les cellules, un carottage est réalisé en partie haute.

La salle de réunion (dans le garage) est dépourvue de tout système de ventilation.

2.2.4 Eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire des LST est assurée par un cumulus électrique installé dans les sanitaires du RDC.

- Marque : THERMOR
- Type : 261049
- Volume : 100 L
- Type de résistance : Blindé
- Ballon émaillé
- Groupe de sécurité.

2.2.5 Eclairage

L'installation d'éclairage artificielle des bureaux est majoritairement de type tubes fluorescents dans les salles de travail et ampoules fluorescentes dans les espaces de circulation (couloirs, escaliers).

- Luminaires composés de 4 tubes fluo de 18 W
- Luminaires 2 tubes fluo de 36 W
- Luminaires 2 tubes fluo de 58 W

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.

2.2.6 Bureautique

Les bureaux sont équipés d'ordinateurs (écran avec unité centrale). Des équipements de reprographie sont présents, ce qui implique la présence d'équipements de puissance importante, mais dotés d'appel de puissance très ponctuel.

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

La puissance souscrite pour les locaux de service était de 36 kVA jusqu'à octobre 2022. Depuis, la puissance souscrite est de 72kVA. Ce changement s'explique notamment par l'ajout de bornes de rechargement pour des véhicules électriques.

La nouvelle puissance souscrite correspond à un tarif jaune.

En moyenne, 42 500 kWh d'électricité ont été consommés par an sur les années 2020 à mi 2022.

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, 15% des consommations correspondent au chauffage des locaux de service, soit en moyenne 86 300 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 19 °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 :

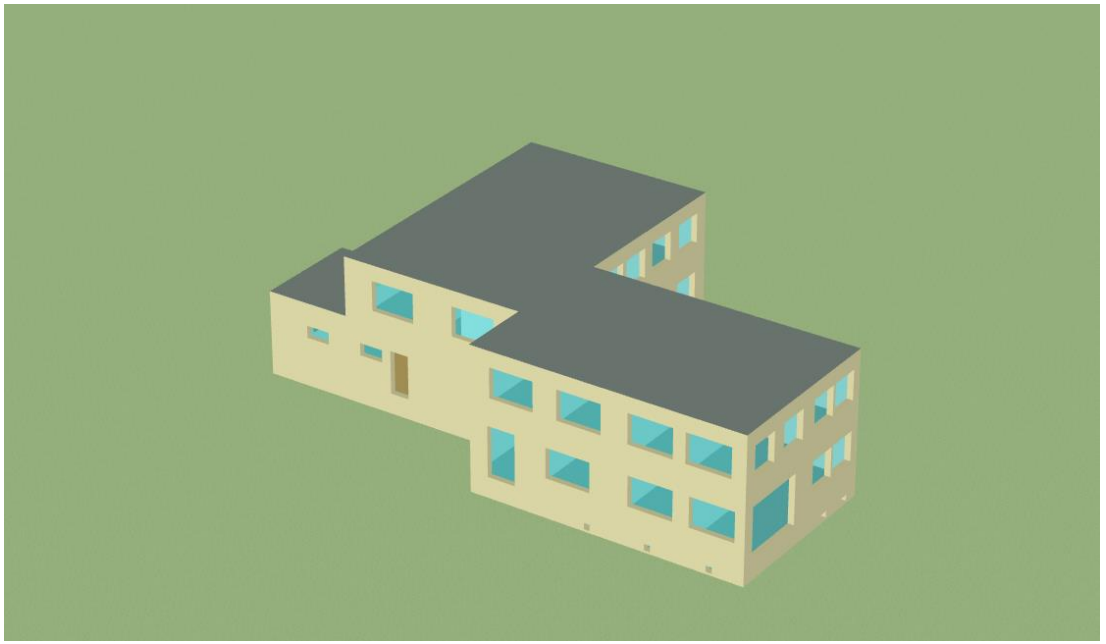
$$n_{50} = 1{,}8 \times p_4 \times (n+1)/n$$

- 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 (2 niveaux)
- soit un n_{50} = 5,4 vol/h

4.3 MODELISATION NUMERIQUE DU BATIMENT

Le bâtiment a été modélisé à l'aide du logiciel PLEIADES (version 5.22.10.0) de l'éditeur IZUBA. 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 de charges de climatisation
- Calculs réglementaires RT Existant
- Simulation thermique dynamique, avec et sans équipements
- Calcul d'éclairement naturel



Modélisation des locaux de service et techniques

Remarque : le garage n'est pas modélisé car il n'est pas chauffé. Il correspond à un espace tampon, pris en compte dans les paramètres de « contacts ».

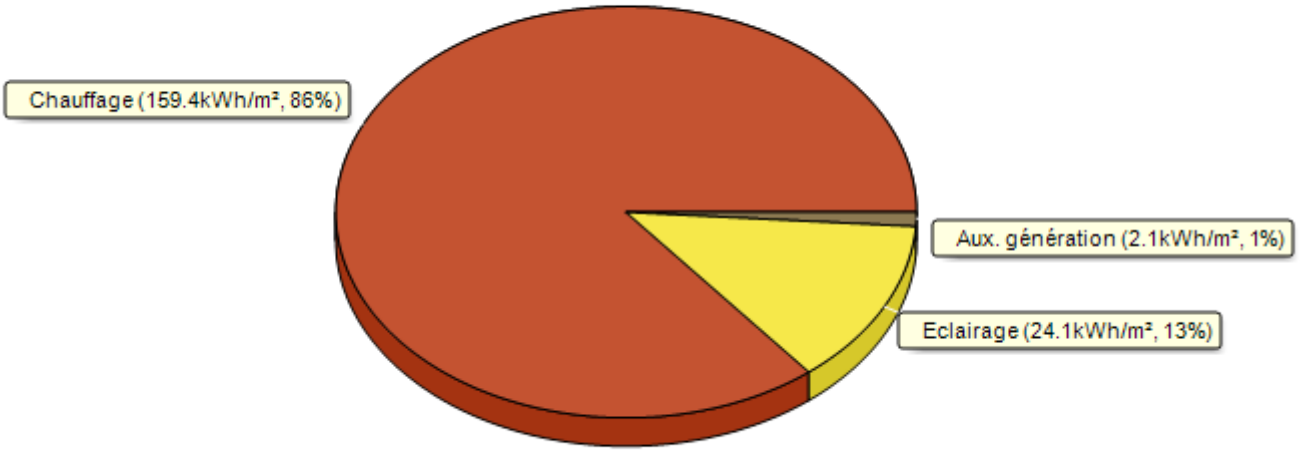
4.4 ETUDE THERMIQUE RÉGLEMENTAIRE RT EXISTANT

L'état existant des locaux de service 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 = 185,6 $kWh_{EP}/m^2.an$
- Cef initial = 169,6 $kWh_{EF}/m^2.an$
- Ubât initial = 1,718 $W/m^2.K$
- Emissions GES : 36,8 $kgéqCO_2/m^2.an$

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 des Locaux de service et techniques – Etat existant

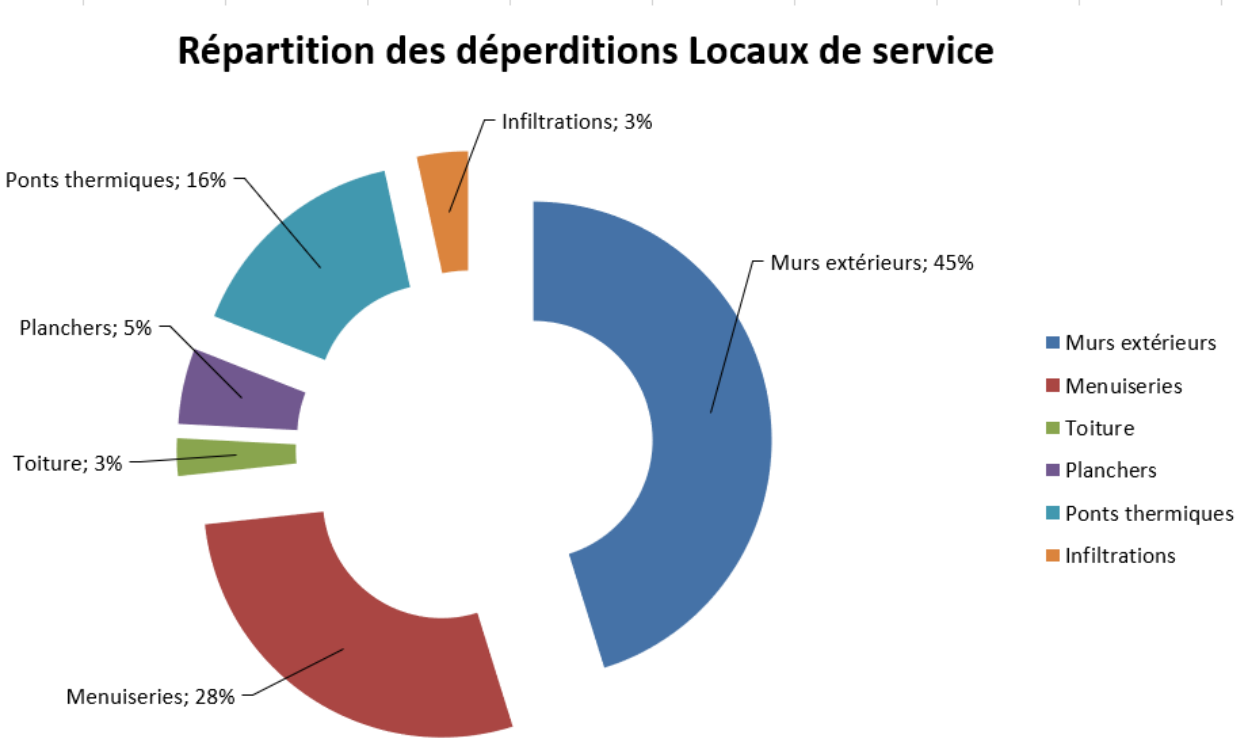
	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Locaux de service et techniques	Murs extérieurs	796 W/K	415 m²	19,1 kW			
	Menuiseries	495 W/K	115 m²	11,9 kW			
	Toiture	45 W/K	243 m²	1,1 kW			
	Planchers	91 W/K	238 m²	2,2 kW			
	Ponts thermiques	274 W/K	593 m	6,6 kW			
	Infiltrations	61 W/K	180 m3/h		1,5 kW		
	TOTAL :	**1762,5 W/K**		**40,8 kW**	**1,5 kW**	**42,3 kW**	**soit : 80 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 1,72 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment très faiblement isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 42,3 kW environ, sans prise en compte de la surpuissance. La puissance de la chaudière gaz actuelle est de 285 kW. Cette différence de puissance s'explique par :

- La production de chauffage pour les bâtiments A, B et C et les locaux de service,
- La production d'ECS par la chaudière pour les 30 logements des bâtiments A, B et C,
- 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.

Locaux de service et techniques		
Chauffage		
Surface chauffée :	531 m²	
Volume chauffé :	1 429 m3	
Surface de déperditions A:	1 011 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	415 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	40,8 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	1,5 kW	**soit : 42,3 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	80 W/m²	
Coefficient "G1" :	1,233 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	1 763 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,78	
Facteur de compacité (A/V) :	0,71	



Les postes de déperditions brutes les plus significatives sont ceux des postes « murs extérieurs » et « menuiseries ». Ce résultat est cohérent avec les constats effectués sur site. Les murs extérieurs ne sont pas isolés et les menuiseries, vieillissantes, ne sont pas performantes malgré une majorité de double vitrage.

Les ponts thermiques ne sont pas négligeables notamment en raison du système constructif.

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	0,157	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,0635	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

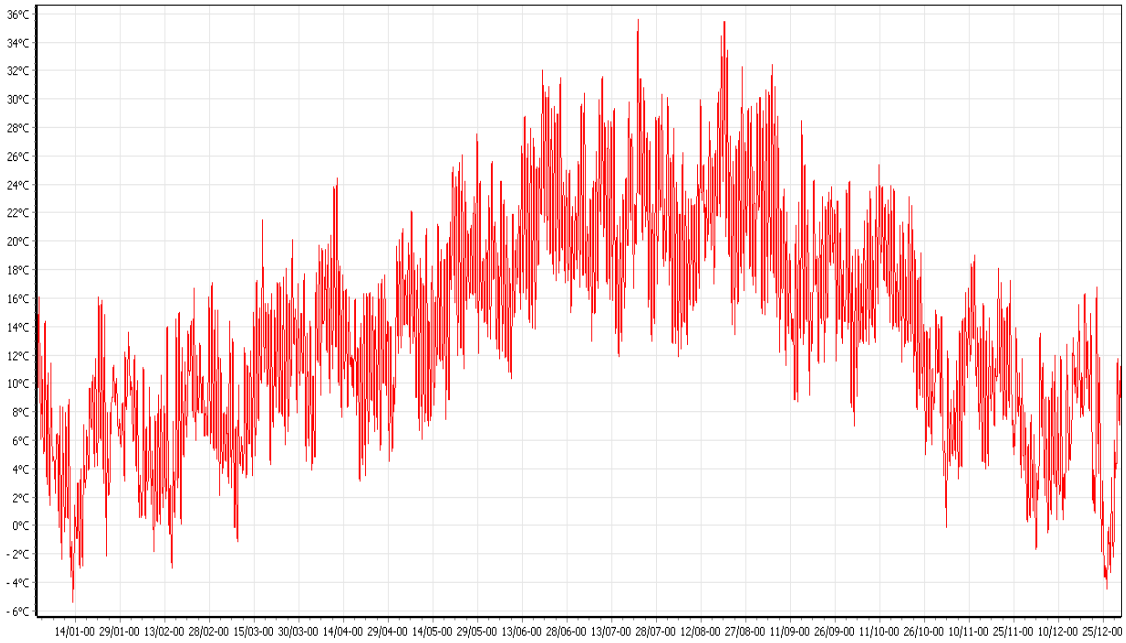
Station météorologique utilisée

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**

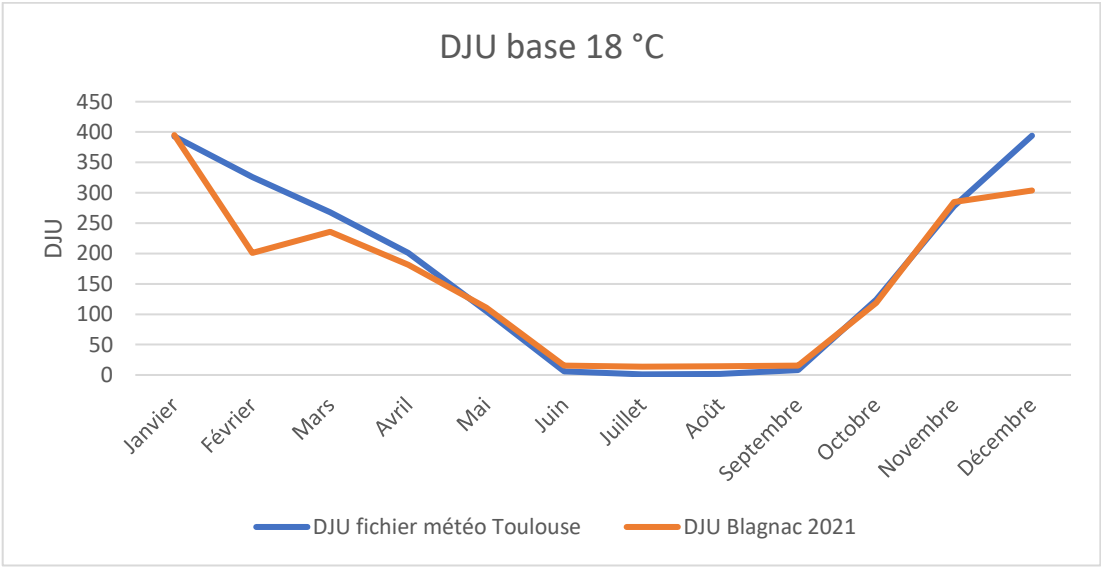
La courbe ci-dessous présente les températures pour le fichier météo utilisé :



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 locaux de service et techniques.

Les locaux sont chauffés excepté le sous-sol.

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

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

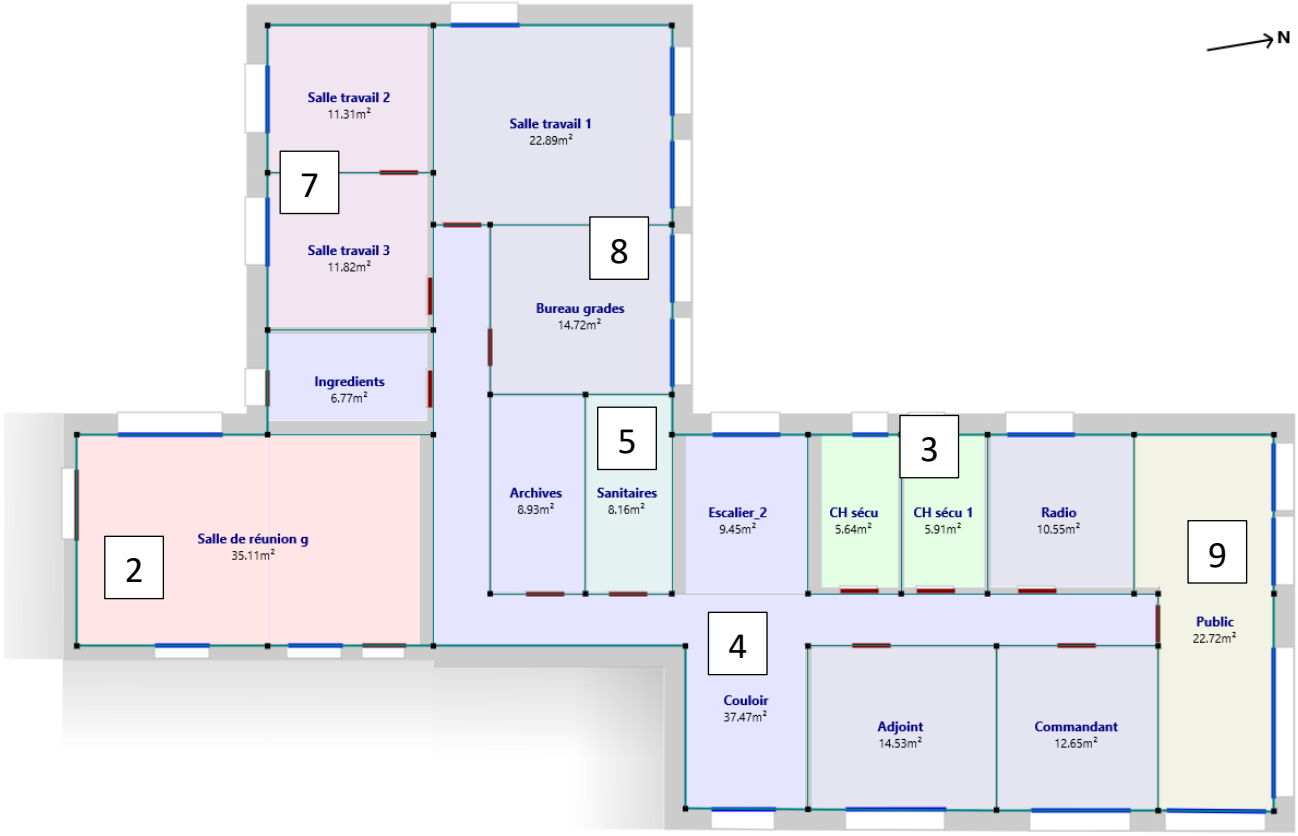
Le site est découpé en zones "thermiquement homogènes", c'est-à-dire en groupes de locaux ayant une température de consigne de chauffage, une occupation, ainsi que des apports internes et externes similaires.

Dans le cadre de ce bâtiment, la détermination des zones a été majoritairement motivée sur le critère de principes de chauffage, climatisation, ventilation, et d'apports internes similaires.

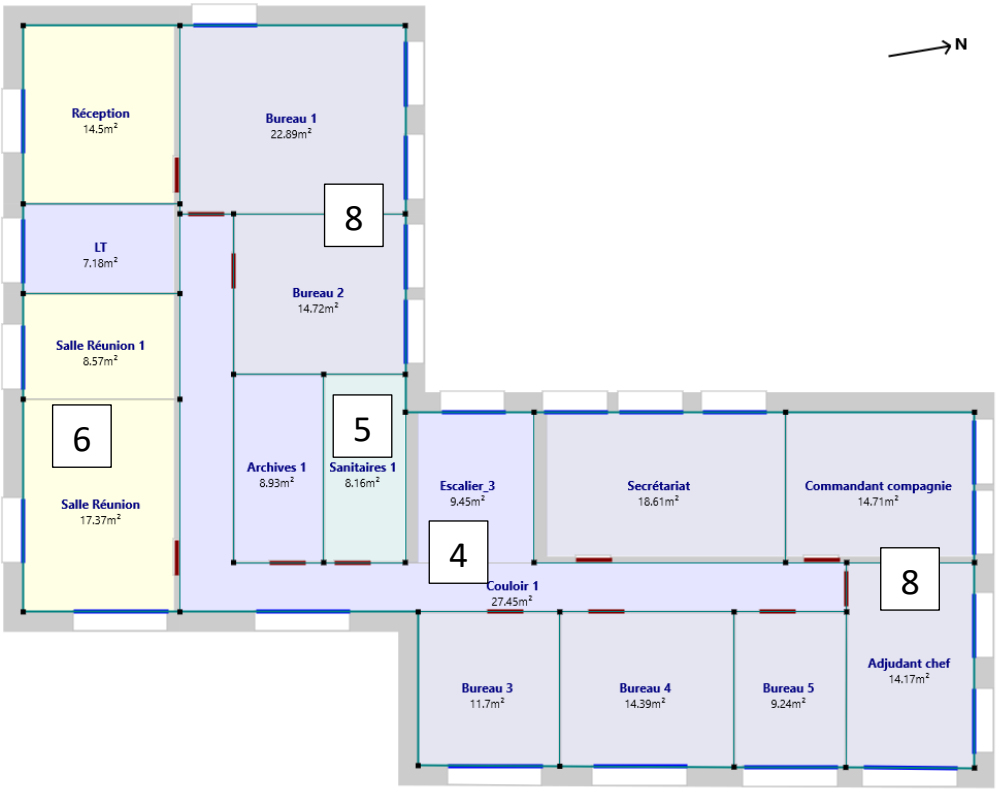
Le zonage effectué est présenté ci-après :

N° zone	Nom de la zone	Surface (m^2)	Volume (m^3)
1	Sous-sol non chauffé	187,8	394,2
2	Salle réunion garage	35,1	136,9
3	Cellules RDC	11,6	33,5
4	Circulations	115,5	319,9
5	Sanitaires	16,3	47,3
6	Salle réunion R+1	40,4	117,3
7	Bureaux RDC sud	23,1	67,1
8	Bureaux	195,8	567,8
9	Accueil	22,7	65,9

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



Plan du rez-de-chaussée



Plan du premier étage

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

5.4.3 Occupation

Les bureaux sont occupés de 8h à 18h. Les scénarii d'occupation varient selon les différentes zones.

5.4.4 Ventilation

Le renouvellement d'air se fait par ventilation naturelle (conduits maçonnés). Les débits pris en compte reprennent les hypothèses explicitées au chapitre 5.5.

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) : 5,4 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	Sous-sol non chauffé	187,8	394,2	-	-	-	-	-	0,30
2	Salle réunion garage	35,1	136,9	0	0	351	87,8	0,75	0,30
3	Cellules RDC	11,6	33,5	2	140	116	-	0,75	0,30
4	Circulations	115,5	319,9	0	0	1155	-	-	0,30
5	Sanitaires	16,3	47,3	0	0	163	-	0,80	0,30
6	Salle réunion R+1	40,4	117,3	0	0	404	101,1	0,75	0,30
7	Bureaux RDC sud	23,1	67,1	3	210	231	4 857,3	0,75	0,30
8	Bureaux	195,8	567,8	19	1 330	1 958	41 111,7	0,75	0,30
9	Accueil	22,7	65,9	0	1	227	-	-	0,30

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

5.6.1.1 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 n'en fait pas partie). A partir de ces besoins de chauffage sont calculés les besoins surfaciques :

N° zone chauffée	Nom de la zone	Surface (m^2)	Volume (m^3)	Besoins en chauffage (kWhu)	Besoins chauffage surfaciques (kWhu)
2	Salle réunion garage	35,1	136,9	4 903	139,6
3	Cellules RDC	11,6	33,5	-	-
4	Circulations	115,5	319,9	-	-
5	Sanitaires	16,3	47,3	-	-
6	Salle réunion R+1	40,4	117,3	7 917	195,8
7	Bureaux RDC sud	23,1	67,1	3 893	168,3
8	Bureaux	195,8	567,8	36 603	187,0
9	Accueil	22,7	65,9	-	-
TOTAL (DJU fichier météo simulation)		437,8	1 289,7	53 316	107,0
TOTAL (DJU réels)				54 541	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.

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 bureaux (Shon : 556,31 m²) :

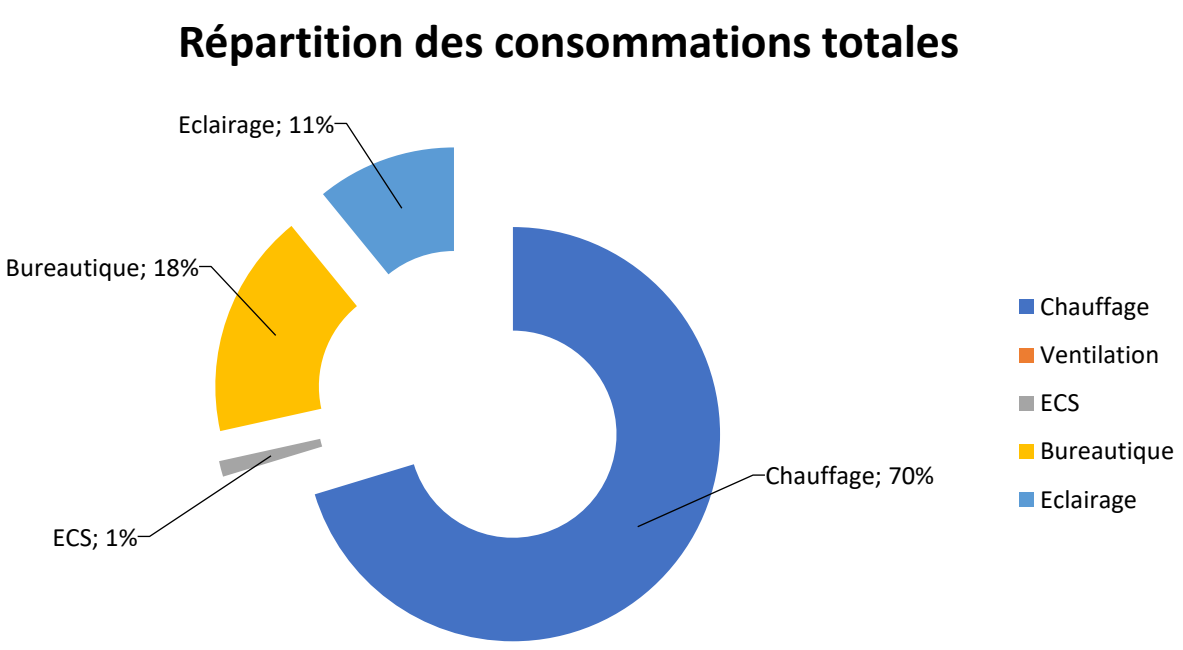
Energie	Postes consommateurs	Consommations EF (kWh/an)	Consommations EP (kWh/an)	Coût HT (en €)	Emission de GES (kgeqCO_2)
Electricité	Chauffage élec	3 974	10 253	624 €	254
	Auxiliaires de chauffage	278	717	44 €	18
	Ventilation	-	-	- €	-
	ECS	1 565	4 038	246 €	100
	Bureautique	22 419	57 842	3 520 €	1 435
	Eclairage	13 908	35 882	2 184 €	890
	Sous total élec	42 144	108 732	6 617 €	2 697
Gaz	Chauffage	85 477	85 477	6 025 €	19 403
	Sous total gaz	85 477	85 477	6 0245 €	19 403
Total	Chauffage	89 729	96 447	6 692 €	19 675
	Ventilation	-	-	- €	-
	ECS	1 565	4 038	246 €	100
	Bureautique	22 419	57 842	3 520 €	1 435
	Eclairage	13 908	35 882	2 184 €	890
	Total énergie	127 621	194 209	12 641 €	22 101
	Ratio (/an/m²)	229,4	349,1	22,7 €	39,7

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

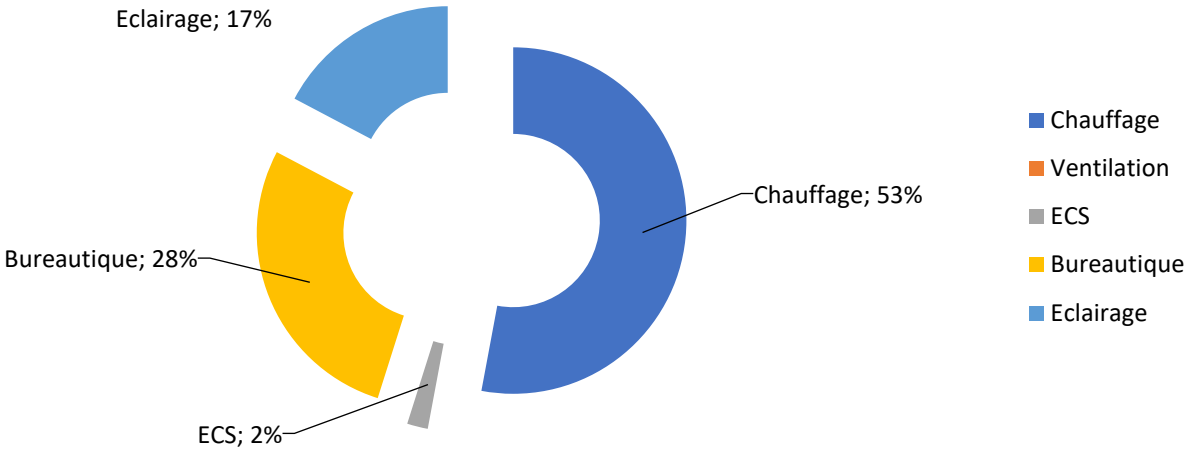
Consommations	Factures [2]	Simulations [3]	Ecart relatif
Gaz	86 333 kWh PCS	87 442 kWh	-1,3%
Electricité [1]	42 452 kWh	42 235 kWh	0,5%

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] L'usage de voitures électriques est récent sur le site. Les consommations électriques liées au rechargement des véhicules ne sont pas prises en compte dans ce rapport.
[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 15% des consommations de gaz sont associées aux locaux de service.
[3] Consommations de chauffage rapportées aux DJU réels.

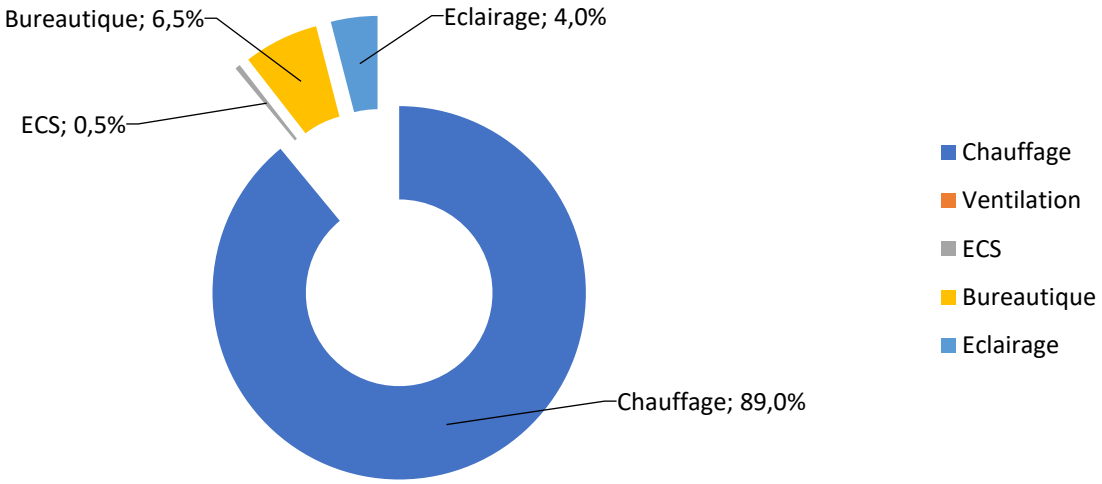


Répartition des coûts



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, 70 %
- Bureautique, 18 %
- Eclairage, 11 %
- ECS, 1 %

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

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. Par la suite, les différents indicateurs exposés plus haut seront 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,
- Installation d'une ventilation simple flux,

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	0,157	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,0635	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, en double ou simple vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les occupants.

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 : 48 (comprenant les 2 portes vitrées et 2 portes isolantes)
- Surface totale de fenêtres et portes-fenêtres : 105 m²
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K)
  - Sw ≤ 0,35
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-EN-104 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 800 x 0,6 x S x P / 1 000 = 1 161 €

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

Remarque : Les menuiseries devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

6.4.2 Isolation par l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ne sont pas isolés. Ils sont source d'importantes déperditions et d'inconfort pour les occupants (effet paroi froide).

Nous préconisons un isolant biosourcé de type laine de bois.

Cette préconisation prend en compte la fourniture et la pose d'un isolant par l'extérieur avec finition enduit.

- Surface impliquée : 320 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 BAT-EN-102 pour bâtiment tertiaire

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 290 ml
- L'isolation des acrotères : 80 ml

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 500 x 0,6 x S x P / 1 000 = 3 158 €

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

Remarque 1 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 2 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé.

6.4.3 Installation d'une ventilation simple flux

Actuellement, l'air des locaux de service est renouvelé par ventilation naturelle avec un conduit maçonné. Ce type de ventilation n'est pas contrôlé donc il dépend entièrement des conditions climatiques (température extérieure, vents…) et il ne prend pas en compte l'occupation des locaux.

Nous préconisons l'installation d'une VMC simple flux à débit d'air constant :

- Fourniture et pose du caisson de ventilation et des réseaux
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-TH-125 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec ventilation simple flux à débit d'air constant :

330 x 0,4 x S x P / 1 000 = 461 €

S : surface ventilée, 531 m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

Remarque : Les entrées d'air autoréglables sont comprises dans le lot menuiserie.

6.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

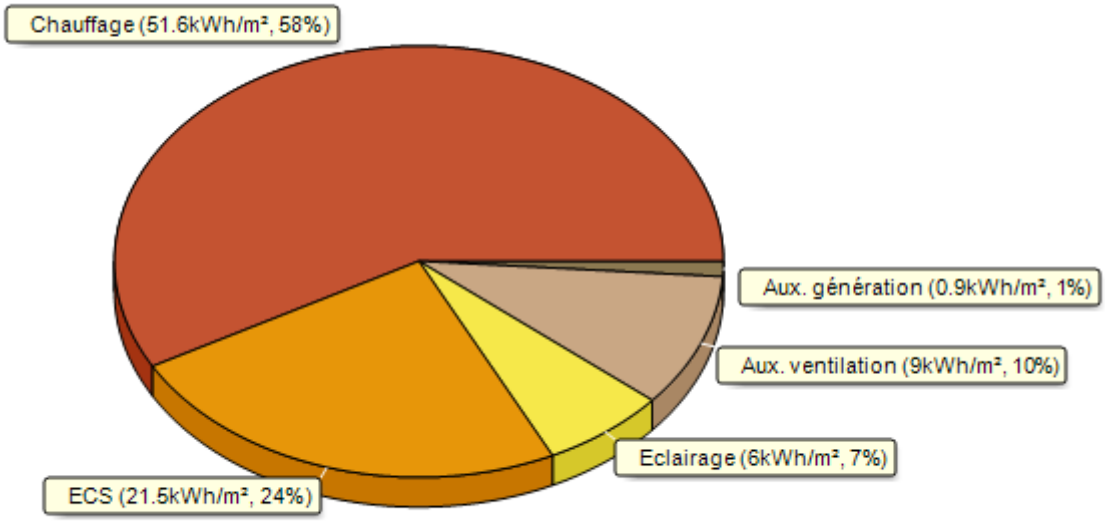
L'état projet des locaux de service, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

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

- Pour rappel :
  - Cep initial = 185,6 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 169,6 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,718 W/m².K
  - Emissions GES : 36,8 kgéqCO_2/m^2_{SHAB}.an

- Indicateurs du scénario 1 :
  - Cep projet = 95,6 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cep réf = 97,4 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 68,6 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,637 W/m².K
  - Ubât max = 1,023 W/m².K
  - Emissions GES : 4,4 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 de 48 % 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 :

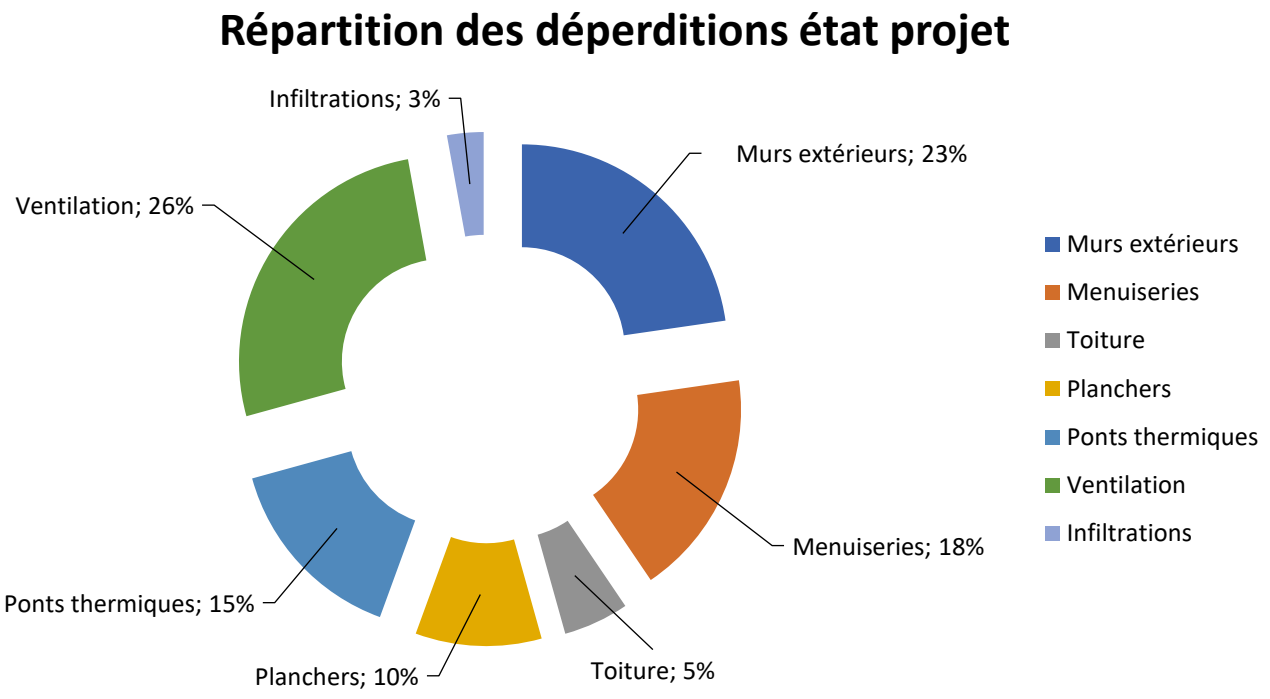
Déperditions des locaux de service – Etat projet

	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Locaux de service et techniques (état projet)	Murs extérieurs	189 W/K	410 m²	4,7 kW			
	Menuiseries	149 W/K	115 m²	3,7 kW			
	Toiture	43 W/K	242 m²	1,1 kW			
	Planchers	83 W/K	238 m²	2,1 kW			
	Ponts thermiques	126 W/K	578 m	3,2 kW			
	Ventilation	220 W/K	675 m3/h		5,5 kW		
	Infiltrations	24 W/K	73 m3/h		0,6 kW		
	TOTAL :	**834,1 W/K**		**14,7 kW**	**6,1 kW**	**20,9 kW**	**soit : 39 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,64 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 21 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 l'isolation par l'extérieur.

Locaux de service et techniques (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	531 m²	
Volume chauffé :	1 429 m²	
Surface de déperditions A:	1 005 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	410 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	14,7 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	6,1 kW	**soit : 21 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	39 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,608 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	869 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,70	



Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont désormais ceux des postes « ventilation », « murs extérieurs » et « menuiseries ».
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.

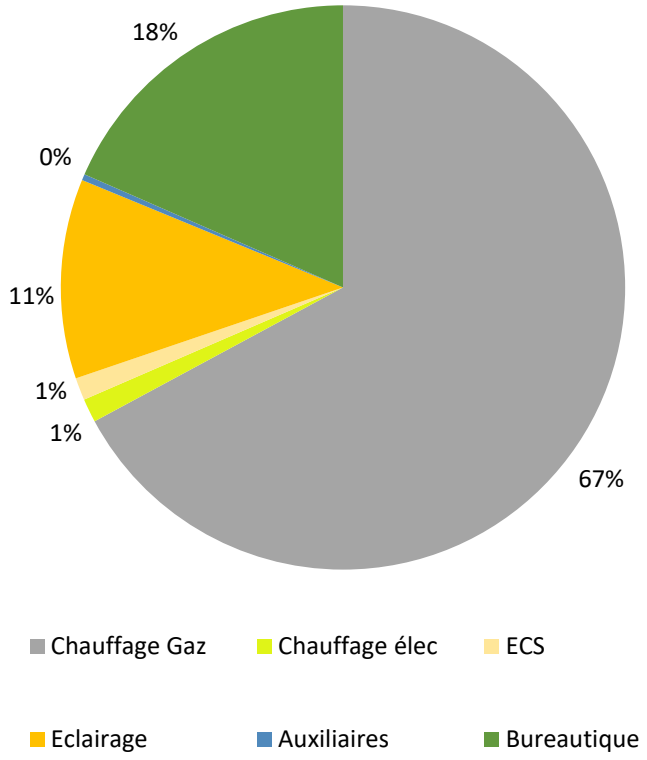
6.7 CONTENU CARBONE

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)
Chauffage Gaz	25 551	23 019	0,227	5,2
Chauffage élec	1 655	1 655	0,064	0,1
ECS	1 565	1 565	0,064	0,1
Eclairage	13 908	13 908	0,064	0,9
Auxiliaires	426	426	0,064	0,0
Bureautique	22 419	22 419	0,064	1,4
TOTAL ENERGIES		**62 992**	**7,8**	
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)			**0,12**	

Contenu carbone de la solution

Ce scénario permet une économie de 12,8 tonnes de CO_2 par an.



Répartition des émissions carbone

6.8 AIDES FINANCIERES

Il est possible de bénéficier de certificats d'économies d'énergie :

- Fiche BAT-EN-104 : menuiseries
- Fiche BAT-EN-102 : isolation murs
- Fiche BAT-TH-125 : ventilation mécanique simple flux

Montant total estimé : 4 700 €.

Remarque : Il n'existe pas d'aide CEE à la rénovation globale pour les bâtiments tertiaires, seulement des aides travaux par travaux.

6.9 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 aluminium à rupture de ponts thermiques, à double vitrage faible émissivité, disposant d'un Uw ≤ 1,3 W/(m².K) et d'un Sw ≤ 0,35. Prévoir des entrées d'air.

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 (pose en rénovation).

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Dépose, fourniture et pose des menuiseries			74 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		5 180	€ H.T.
Aléas	5%		3 959	€ H.T.
		TOTAL	**83 139**	**€ HT**
		TOTAL	**87 712**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	87 442	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	42 235	kWh/an
Consommations gaz après travaux	75 692	kWh/an
Consommations électriques après travaux	42 235	kWh/an
Gain énergétique énergie gaz	11 750	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	0	kWh/an
Gain financier total	862	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	1 161	€ HT
Gain GES	2 667	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	96	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	42	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 Coût de l'énergie bas ne mettant pas en avant un retour sur investissement intéressant

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

Murs extérieurs non isolés.

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. (Exemple de référence : Pavawall smart Soprema). 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 fourniture et pose du nouvel isolant.

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose d'une ITE			68 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		4 760	€ H.T.
Aléas	5%		3 638	€ H.T.
		TOTAL	**76 398**	**€ HT**
		TOTAL	**80 600**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	87 442	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	42 235	kWh/an
Consommations gaz après travaux	57 311	kWh/an
Consommations électriques après travaux	42 235	kWh/an
Gain énergétique énergie gaz	30 131	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	0	kWh/an
Gain financier total	2 211	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	3 158	€ HT
Gain GES	6 840	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	35	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	23	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Renforcement de l'isolation du bâti Amélioration du confort thermique	Coût de l'énergie bas ne mettant pas en avant un retour sur investissement intéressant

Fiche N°3 — Installation d'une VMC simple flux — Système

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Bâtiment avec ventilation naturelle.

Impact sur la consommation	Impact sur le confort
Renouvellement d'air non contrôlé, et donc augmentation des consommations.	Inconfort thermique, courants d'air.

Préconisation

Proposition d'amélioration

Mise en place d'une VMC simple flux : caisson de ventilation, entrées d'air autoréglables aux menuiseries.

Objectifs

Réduction des consommations liées au renouvellement d'air.
Amélioration de la qualité de l'air.

Détails des travaux

Le prix prend en compte l'obturation du conduit maçonné existant, fourniture et pose du caisson de ventilation et des réseaux. Remarque : les entrées d'air sont comprises dans le lot menuiserie.

Investissement

Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose d'une VMC simple flux			87 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		6 090	€ H.T.
Aléas	5%		4 655	€ H.T.
		TOTAL	**97 745**	**€ HT**
		TOTAL	**103 120**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	87 442	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	42 235	kWh/an
Consommations gaz après travaux	75 959	kWh/an
Consommations électriques après travaux	42 235	kWh/an
Gain énergétique énergie gaz	11 483	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	0	kWh/an
Gain financier total	843	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	461	€ HT
Gain GES	2 607	kgCO2

Retour sur investissement

Brut (hors aides financières)	116	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	46	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Amélioration du confort thermique Amélioration de la qualité de l'air intérieur	Coût de l'énergie bas ne mettant pas en avant un retour sur investissement intéressant

CHAPITRE 7 SCÉNARIO 1 : GAIN ENERGETIQUE DE 35%

7.1 PREAMBULE

Ce scénario de travaux vise donc un gain énergétique de 35% par rapport à l'existant. L'étude énergétique se base sur la méthode de calcul TH-C-E ex.
La fiche n° BAR-TH-145 rénovation globale s'applique dans le cadre d'une rénovation d'un bâtiment résidentiel. Les locaux de service et techniques sont des bureaux (bâtiment tertiaire). Des CEE pourront être perçus selon les travaux effectués (voir « Fiches CEE Bâtiment tertiaire »).
Le prix moyen pondéré du MWh cumac en octobre 2022 est de 6,58 €/MWh.

Le présent chapitre décrit l'état projeté des locaux de service et techniques. 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,
- Installation d'une ventilation simple flux,
- Remplacement de la chaudière existante par un système DRV.

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	0,157	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,0635	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, en double ou simple vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les occupants.

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 : 48 (comprenant les 2 portes vitrées et 2 portes isolantes)
- Surface totale de fenêtres et portes-fenêtres : 105 m²
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K)
  - Sw ≤ 0,35
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-EN-104 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 800 x 0,6 x S x P / 1 000 = 1 161 €

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

Remarque : Les menuiseries devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

7.4.2 Isolation par l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ne sont pas isolés. Ils sont source d'importantes déperditions et d'inconfort pour les occupants (effet paroi froide).

Nous préconisons un isolant biosourcé de type laine de bois.

Cette préconisation prend en compte la fourniture et la pose d'un isolant par l'extérieur avec finition enduit.

- Surface impliquée : 320 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 BAT-EN-102 pour bâtiment tertiaire

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 290 ml
- L'isolation des acrotères : 80 ml

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 500 x 0,6 x S x P / 1 000 = 3 158 €

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

Remarque 1 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 2 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé.

7.4.3 Installation d'une ventilation simple flux

Actuellement, l'air des locaux de service est renouvelé par ventilation naturelle avec un conduit maçonné. Ce type de ventilation n'est pas contrôlé donc il dépend entièrement des conditions climatiques (température extérieure, vents…) et il ne prend pas en compte l'occupation des locaux.

Nous préconisons l'installation d'une VMC simple flux à débit d'air constant :

- Fourniture et pose du caisson de ventilation et des réseaux
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-TH-125 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec ventilation simple flux à débit d'air constant :

330 x 0,4 x S x P / 1 000 = 461 €

S : surface ventilée, 531 m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

Remarque : Les entrées d'air autoréglables sont comprises dans le lot menuiserie.

7.4.4 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 un système de chauffage plus performant. Une pompe à chaleur réversible de type air/air permet d'avoir une production chaud/froid individuelle pour les locaux de service. Ainsi, la production de chauffage des bâtiments de logements et de bureaux sera découplée.

Nous préconisons l'installation d'un système DRV qui assure le chauffage en hiver et le refroidissement en été :

- Dépose chaudière existante
- Fourniture et pose de l'unité extérieure
- Fourniture et pose des unités intérieures
- Nombre d'unités intérieures : 20
- Mode : chauffage et refroidissement
- Besoins de chauffage : 25 kW pour -5°C avec surpuissance
- COP ≥ 4
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-TH-158 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec PAC air/air réversible de puissance calorifique nominale supérieure à 12 kW :

760 x 1,2 x S x P / 1 000 = 3 187 €

S : surface chauffée par la PAC, 531 m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

7.4.5 Eclairage LED

Actuellement, l'éclairage artificiel du bâtiment est de type fluorescent. Nous recommandons de remplacer les tubes fluorescents par un éclairage LED. Les consommations d'éclairage seront considérablement réduites (environ de 50%).

- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-EQ-127 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE selon les hypothèses suivantes :

- IRC < 90 ;
- Efficacité lumineuse entre 120 et 139 lm/W ;
- Puissance totale des luminaires à LED : 2 000 W.

35 x 2 000 x P / 1 000 = 460 €

P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

7.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

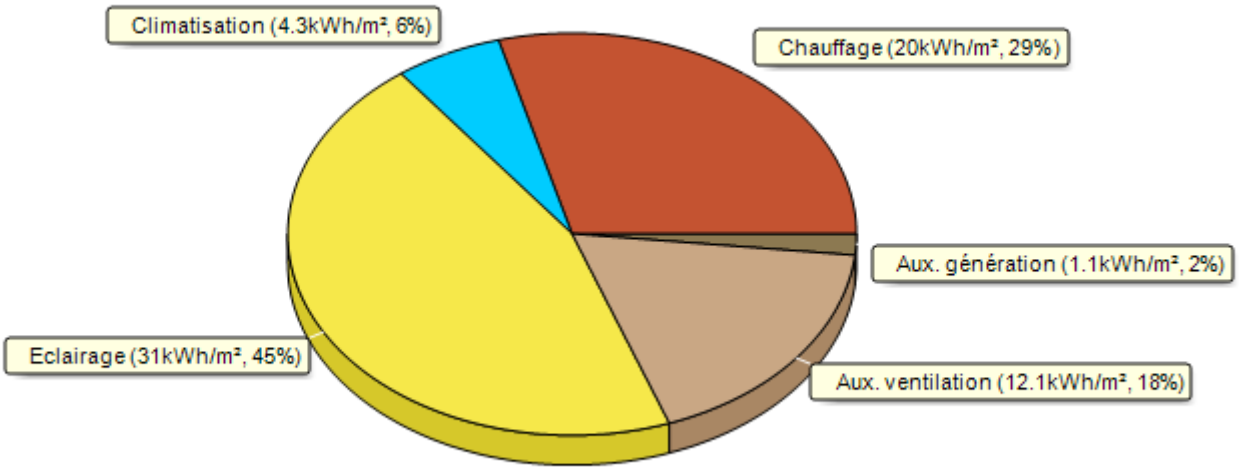
L'état projet des locaux de service, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

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

- Pour rappel :
  - Cep initial = 185,6 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 169,6 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,718 W/m².K
  - Emissions GES : 36,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

- Indicateurs du scénario 1 :
  - Cep projet = 68,5 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cep réf = 97,4 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 26,6 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,637 W/m².K
  - Ubât max = 1,023 W/m².K
  - Emissions GES : 1,7 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.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 de 63 % par rapport au Cep initial, et d'un Ubât inférieur ou égale au Ubât max.

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 :

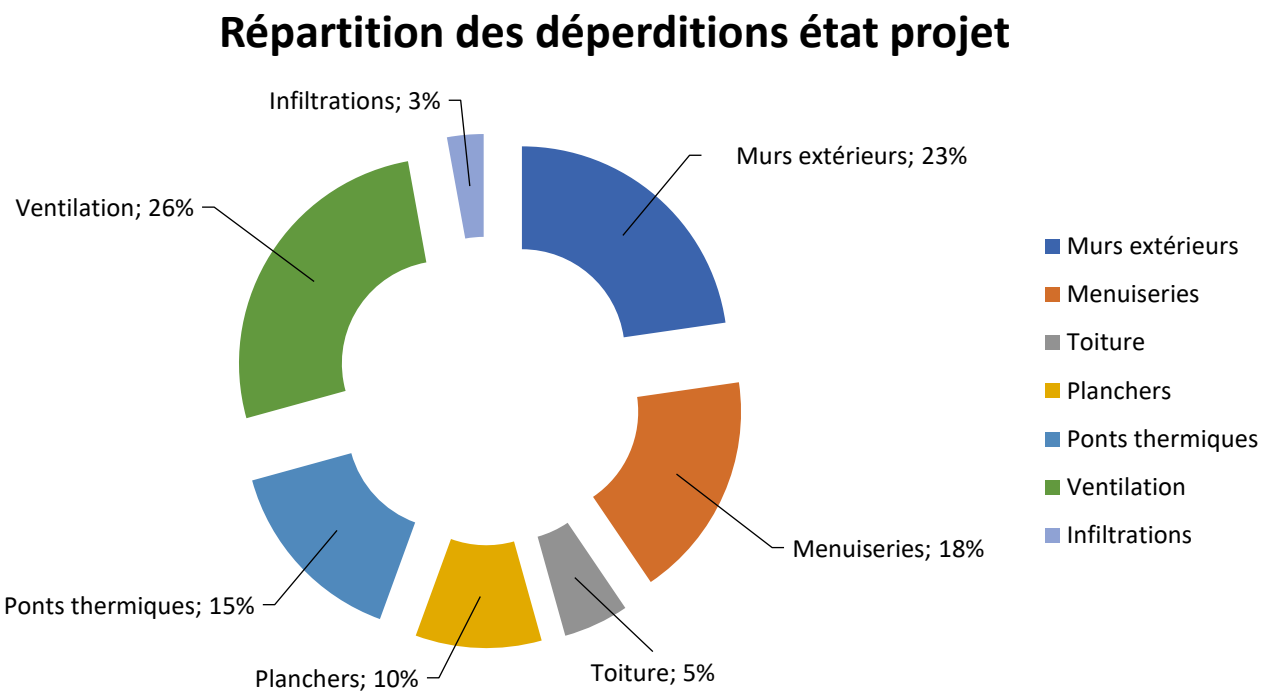
Déperditions des locaux de service – Etat projet

	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Locaux de service et techniques (état projet)	Murs extérieurs	189 W/K	410 m²	4,7 kW			
	Menuiseries	149 W/K	115 m²	3,7 kW			
	Toiture	43 W/K	242 m²	1,1 kW			
	Planchers	83 W/K	238 m²	2,1 kW			
	Ponts thermiques	126 W/K	578 m	3,2 kW			
	Ventilation	220 W/K	675 m3/h		5,5 kW		
	Infiltrations	24 W/K	73 m3/h		0,6 kW		
	TOTAL :	**834,1 W/K**		**14,7 kW**	**6,1 kW**	**20,9 kW**	**soit : 39 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,64 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 21 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 l'isolation par l'extérieur.

Locaux de service et techniques (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	531 m²	
Volume chauffé :	1 429 m²	
Surface de déperditions A:	1 005 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	410 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	14,7 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	6,1 kW	**soit : 21 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	39 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,608 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	869 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,70	



Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont désormais ceux des postes « ventilation », « murs extérieurs » et « menuiseries ».
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 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

7.7.1 Caractéristiques techniques

La vieille chaudière gaz est remplacée afin d'avoir une production chaud/froid individuelle pour les locaux de service. Nous préconisons un système DRV à détente directe. La pompe à chaleur est dimensionnée pour répondre à 100% des besoins de chauffage du bâtiment avec surpuissance, soit 25kW. Elle permet également de rafraichir en été.

Pompe à chaleur air/air	
Système	Groupe DRV réversible
Mode	Chauffage et refroidissement
Puissance nominale chaud	25 kW
Puissance nominale froid	22,5 kW
COP à +7°C	≥ 4
SEER	≥ 5
Nombre d'unités intérieures	≈20
Emplacement	Extérieur

7.7.2 Régulation de l'installation

La régulation se fait avec un thermostat d'ambiance pour chaque pièce. Un programme horaire peut être installé afin d'abaisser la température de consigne à 16°C en période d'inoccupation (nuit et weekend).

Une gestion centralisée sera installée afin de contrôler l'ensemble des unités intérieures.

Il est possible d'installer un système de gestion technique du bâtiment pour le chauffage (voir fiche BAT-TH-116).

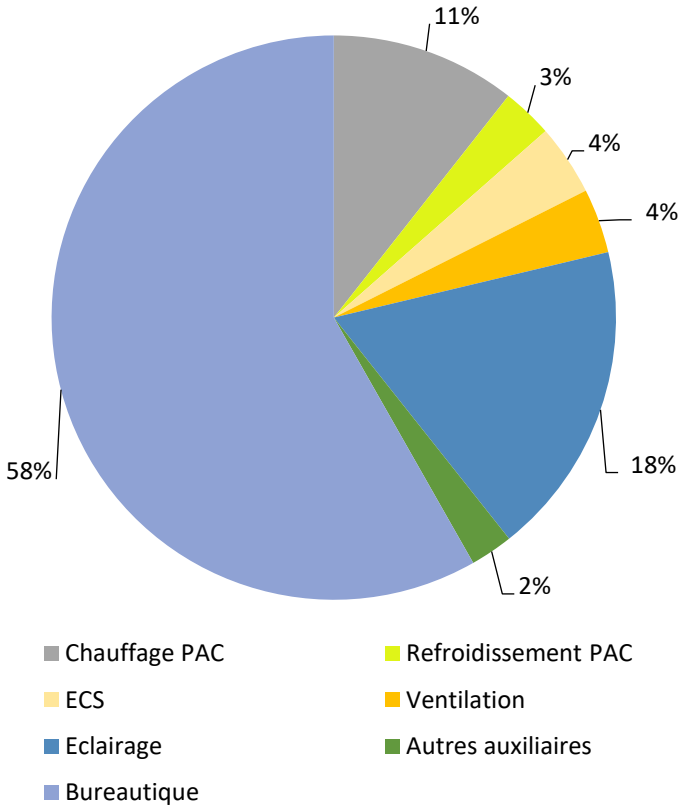
7.8 CONTENU CARBONE

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)
Chauffage PAC	4 088	4 088	0,064	0,3
Refroidissement PAC	1 113	1 113	0,064	0,1
ECS	1 565	1 565	0,064	0,1
Ventilation	1 424	1 424	0,064	0,1
Eclairage	6 954	6 954	0,064	0,4
Autres auxiliaires	941	941	0,064	0,1
Bureautique	22 419	22 419	0,064	1,4
TOTAL ENERGIES		**38 504**	**2,5**	
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)			**0,06**	

Contenu carbone de la solution

Ce scénario permet une économie de 18,1 tonnes de CO_2 par an.



Répartition des émissions carbone

7.9 AIDES FINANCIERES

Il est possible de bénéficier de certificats d'économies d'énergie :

- Fiche BAT-EN-104 : menuiseries
- Fiche BAT-EN-102 : isolation murs
- Fiche BAT-TH-125 : ventilation mécanique simple flux
- Fiche BAT-TH-158 : pompe à chaleur réversible type air/air
- Fiche BAT-TH-116 : système de gestion technique du bâtiment pour le chauffage
- Fiche BAT-EQ-127 : luminaire d'éclairage général à modules LED

Montant total estimé : 8 000 et 9 000 €.

Remarque 1 : le coup de pouce « Chauffage pour les bâtiments tertiaires » est attribué uniquement pour l'installation de PAC de type air/eau ou eau/eau.
Remarque 2 : Il n'existe pas d'aide CEE à la rénovation globale pour les bâtiments tertiaires, seulement des aides travaux par travaux.

7.10 RÉCAPITULATIF FINANCIER

Fiche N°4	Amélioration du bâti + système DRV	Thermique & systèmes

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Absence ou isolation insuffisante sur certaines parois du bâtiment
Vieille chaudière gaz émettrice de gaz à effet de serre.

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, installation d'une VMC simple flux, isolation des murs extérieurs (ITE) comme décrit dans les précédentes préconisations. Remplacement de la chaudière gaz par un système DRV.

Objectifs

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			74 000	€ H.T.
Fourniture et pose d'une VMC simple flux			87 000	€ H.T.
Fourniture et pose d'une ITE			68 000	€ H.T.
Dépose chaudière gaz + fourniture et pose système DRV			188 000	€ H.T.
Installation de luminaires LED			45 000	€ H.T.
Total			**462 000**	**€ H.T.**
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		32 340	€ H.T.
Aléas	5%		24 717	€ H.T.
		TOTAL	**519 057**	**€ HT**
		TOTAL	**547 605**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	87 442	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	42 235	kWh/an
Consommations gaz après travaux	0	kWh/an
Consommations électriques après travaux	38 504	kWh/an
Gain énergétique énergie de chauffage	87 442	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	3 731	kWh/an
Gain financier total	7 001	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	7 967	€ HT
Gain GES	20 088	kgCO2

Retour sur investissement

Brut	74	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	37	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Amélioration du confort thermique en hiver Amélioration de la qualité de l'air intérieur Réduction des émissions de GES Diminution des consommations d'éclairage	Prix de l'électricité est supérieur à celui du gaz, malgré les économies d'énergie induites par l'isolation du bâti et un système plus performant. La mise en place d'une VMC contribue à la hausse des déperditions dynamiques et des consommations électriques.

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 des bâtiments de bureaux, il faut atteindre les performances suivantes :

- Cep ≤ 0,6 Cep réf, soit Cep ≤ 57,7 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
- Ubât projet ≤ Ubât base
- Emissions GES ≤ 10 $kgeqCO_2/m^2$.an

Le présent chapitre décrit l'état projeté des locaux de service. 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,
- Installation d'une VMC,
- Remplacement de la chaudière existante par un système DRV,
- Installation de panneaux solaires photovoltaïques.

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	0,157	0,079
Gaz naturel (PCI)	0,0635	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, en double ou simple vitrage, sont vieillissantes et peu étanches à l'air. Elles sont source de déperditions importantes et d'inconfort pour les occupants.

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 : 48 (comprenant les 2 portes vitrées et 2 portes isolantes)
- Surface totale de fenêtres et portes-fenêtres : 105 m²
- Performances thermiques (conforme CEE) :
  - Uw ≤ 1,3 W/(m².K)
  - Sw ≤ 0,35
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-EN-104 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 800 x 0,6 x S x P / 1 000 = 1 161 €

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

Remarque : Les menuiseries devront être équipées d'entrées d'air autoréglables.

8.4.2 Isolation par l'extérieur

Les murs donnant sur l'extérieur ne sont pas isolés. Ils sont source d'importantes déperditions et d'inconfort pour les occupants (effet paroi froide).

Nous préconisons un isolant biosourcé de type laine de bois.

Cette préconisation prend en compte la fourniture et la pose d'un isolant par l'extérieur avec finition enduit.

- Surface impliquée : 320 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 BAT-EN-102 pour bâtiment tertiaire

Cette préconisation prend également en compte :

- Le retour d'isolation des contours menuiseries pour réduire le pont thermique : 290 ml
- L'isolation des acrotères : 80 ml

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec chauffage électrique :

2 500 x 0,6 x S x P / 1 000 = 3 158 €

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

Remarque 1 : la laine de bois peut être remplacée par un autre isolant, en respectant une résistance thermique minimale de 3,7 m².K/W.
Remarque 2 : il est possible de faire une ITE avec finition bardage, mais le coût sera plus élevé.

8.4.3 Installation d'une ventilation simple flux

Actuellement, l'air des locaux de service est renouvelé par ventilation naturelle avec un conduit maçonné. Ce type de ventilation n'est pas contrôlé donc il dépend entièrement des conditions climatiques (température extérieure, vents…) et il ne prend pas en compte l'occupation des locaux.

Nous préconisons l'installation d'une VMC simple flux à débit d'air constant :

- Fourniture et pose du caisson de ventilation et des réseaux
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-TH-125 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec ventilation simple flux à débit d'air constant :

330 x 0,4 x S x P / 1 000 = 461 €

S : surface ventilée, 531 m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

Remarque : Les entrées d'air autoréglables sont comprises dans le lot menuiserie.

8.4.4 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 un système de chauffage plus performant, soit une pompe à chaleur réversible de type air/air.

Nous préconisons l'installation d'un système DRV qui assure le chauffage en hiver et le refroidissement en été :

- Dépose chaudière existante
- Fourniture et pose de l'unité extérieure

- Fourniture et pose des unités intérieures
- Nombre d'unités intérieures : 20
- Mode : chauffage et refroidissement
- Besoins de chauffage : 25 kW pour -5°C avec surpuissance
- COP ≥ 4
- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-TH-158 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE pour la zone climatique H2 avec PAC air/air réversible de puissance calorifique nominale supérieure à 12 kW :

760 x 1,2 x S x P / 1 000 = 3 187 €

S : surface chauffée par la PAC, 531 m²
P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

8.4.5 Installation de panneaux solaires photovoltaïques

Afin d'atteindre le niveau BBC Effinergie rénovation, il est possible d'ajouter des panneaux pour produire de l'électricité solaire. Cette électricité produite sur site pourra être autoconsommée avec revente de surplus.

Nous préconisons l'installation de panneaux solaires photovoltaïques :

- Fourniture et pose des panneaux
- Puissance : 3 kWc minimum
- Surface panneaux : environ 20 m²
- Emplacement : en toiture terrasse

8.4.6 Eclairage LED

Actuellement, l'éclairage artificiel du bâtiment est de type fluorescent. Nous recommandons de remplacer les tubes fluorescents par un éclairage LED. Les consommations d'éclairage seront considérablement réduites (environ de 50%).

- CEE travaux par travaux : respect de la fiche BAT-EQ-127 pour bâtiment tertiaire

Montant des CEE selon les hypothèses suivantes :

- IRC < 90 ;
- Efficacité lumineuse entre 120 et 139 lm/W ;
- Puissance totale des luminaires à LED : 2 000 W.

35 x 2 000 x P / 1 000 = 460 €

P : prix moyen pondéré MWh cumac (octobre 2022) : 6,58 €/MWh

8.5 ETUDE THERMIQUE REGLEMENTAIRE RT EXISTANT

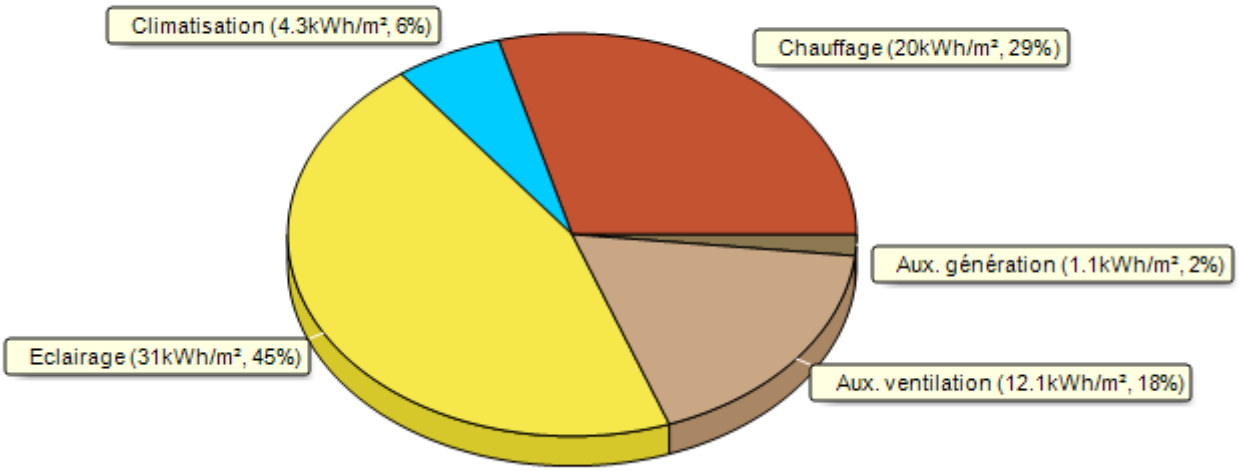
L'état projet des locaux de service, prenant en compte la présente solution, a été soumis à la méthode de calcul Th-C-E ex afin de le positionner par rapport à la réglementaire thermique dans l'existant.

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

- Pour rappel :
  - Cep initial = 185,6 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef initial = 169,6 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât initial = 1,718 W/m².K
  - Emissions GES initial : 36,8 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

- Indicateurs du scénario 2 BBC Effinergie rénovation :
  - Cep projet = 51,6 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an
  - Cef projet = 20,0 kWh_{EF}/m^2_{SRT}.an
  - Ubât projet = 0,637 W/m².K
  - Ubât max = 1,023 W/m².K
  - Ubât base = 0,682 W/m².K
  - Emissions GES projet : 1,3 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an

La répartition des consommations conventionnelles est présentée ci-dessous :



Production photovoltaïque : 16,2 kWh_{EP}/m^2_{SRT}.an

Le présent état projet respecte les exigences du niveau BBC Effinergie rénovation car disposant d'un Cep projet inférieur à 57,7 kWhEP/m^2_{SRT}.an, d'un Ubât inférieur ou égale à Ubât base et d'émissions GES inférieures ou égales à 10 $kgéqCO_2/m^2_{SHAB}$.an.
Ce niveau permet un gain énergétique de 72% 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 des locaux de service – Etat projet

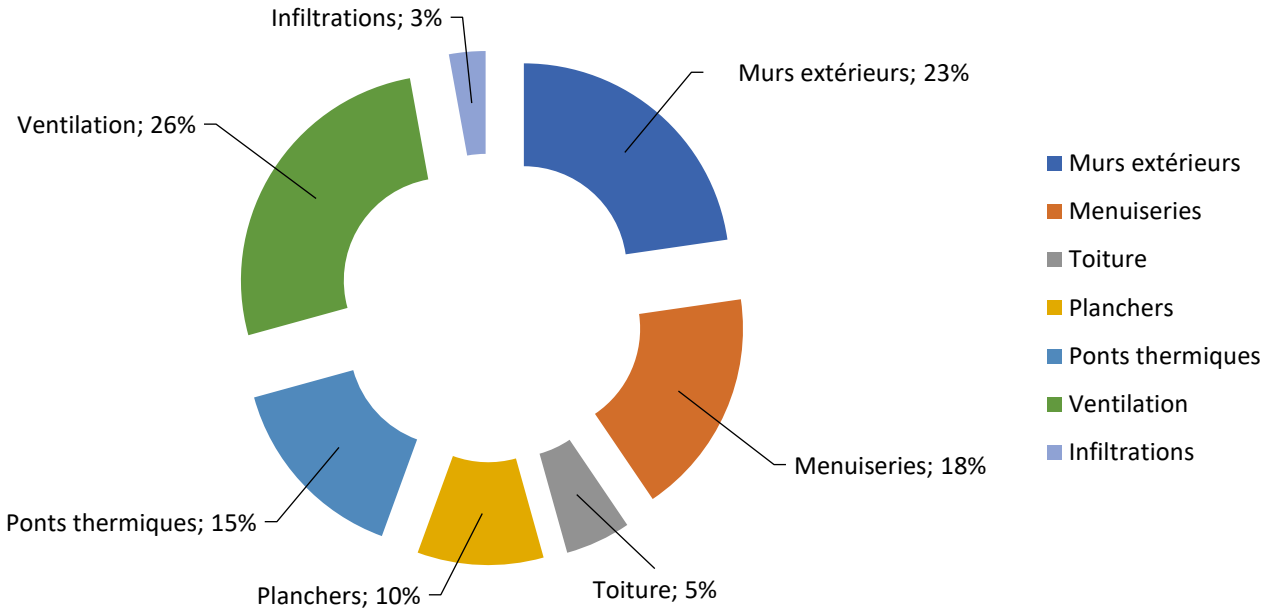
	Nature Paroi Déperditive	Déperditions (W/K)	Surfaces déperditives	Déperd, Statiques	Déperd. Dynamiques	Déperd. Totales	Ratios
Locaux de service et techniques (état projet)	Murs extérieurs	189 W/K	410 m²	4,7 kW			
	Menuiseries	149 W/K	115 m²	3,7 kW			
	Toiture	43 W/K	242 m²	1,1 kW			
	Planchers	83 W/K	238 m²	2,1 kW			
	Ponts thermiques	126 W/K	578 m	3,2 kW			
	Ventilation	220 W/K	675 m3/h		5,5 kW		
	Infiltrations	24 W/K	73 m3/h		0,6 kW		
	TOTAL :	**834,1 W/K**		**14,7 kW**	**6,1 kW**	**20,9 kW**	**soit : 39 W/m²**

Le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâti calculé est estimé à 0,64 W/m².K, ce qui correspond à un bâtiment bien isolé.

Le calcul de déperditions met en avant un bilan à 21 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 l'isolation par l'extérieur.

Locaux de service et techniques (état projet)		
Chauffage		
Surface chauffée :	531 m²	
Volume chauffé :	1 429 m²	
Surface de déperditions A:	1 005 m²	
Surface de déperditions, parois verticales seules:	410 m²	
Température Extérieure de Base :	-5°C	
Température Ambiante :	19°C	
Déperditions dites "Statiques" :	14,7 kW	
Déperditions dites "Dynamiques" :	6,1 kW	**soit : 21 kW de Déperditions Totales**
Puissance surfacique:	39 W/m²	
Coefficient "G1" :	0,608 W/m3.°C	
Coefficient "GV" :	869 W/°C	
Ratio surfaces verticales/surface utile:	0,77	
Facteur de compacité (A/V) :	0,70	

Répartition des déperditions état projet



Les postes de déperditions brutes les plus significatifs sont désormais ceux des postes « ventilation », « murs extérieurs » et « menuiseries ».
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 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

8.7.1 Caractéristiques techniques

La vieille chaudière gaz est remplacée par un système DRV à détente directe. La pompe à chaleur est dimensionnée pour répondre à 100% des besoins de chauffage du bâtiment avec surpuissance, soit 25kW. Elle permet également de rafraichir en été.

Les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité qui pourra être autoconsommée sur site avec revente de surplus.

Pompe à chaleur air/air	
Système	Groupe DRV réversible
Mode	Chauffage et refroidissement
Puissance nominale chaud	25 kW
Puissance nominale froid	22,5 kW
COP à +7°C	≥ 4
SEER	≥ 5
Emplacement	Extérieur
Nombre d'unités intérieures	≈ 20
Panneaux solaires photovoltaïques	
Kit	Panneaux et onduleur
Puissance	≥ 3 kWc
Surface panneaux	≈ 20 m²
Orientation	10°
Inclinaison	45°
Emplacement	En toiture terrasse

8.7.2 Régulation de l'installation

La régulation se fait avec un thermostat d'ambiance pour chaque pièce. Un programme horaire peut être installé afin d'abaisser la température de consigne à 16°C en période d'inoccupation (nuit et weekend).

Une gestion centralisée sera installée afin de contrôler l'ensemble des unités intérieures.

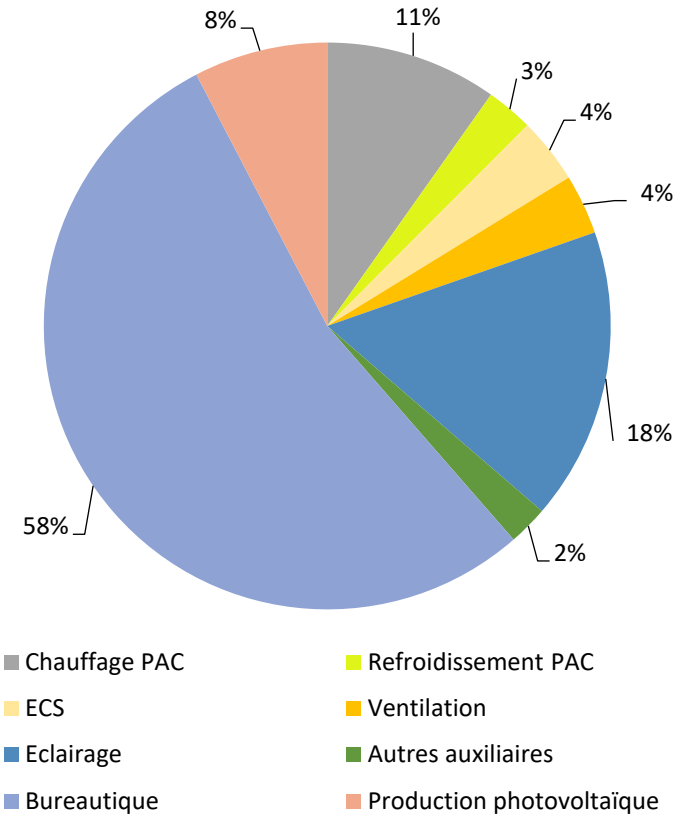
Il est possible d'installer un système de gestion technique du bâtiment pour le chauffage (voir fiche BAT-TH-116).

8.8 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)
Chauffage PAC	4 088	4 088	0,064	0,3
Refroidissement PAC	1 113	1 113	0,064	0,1
ECS	1 565	1 565	0,064	0,1
Ventilation	1 424	1 424	0,064	0,1
Eclairage	6 954	6 954	0,064	0,4
Autres auxiliaires	941	941	0,064	0,1
Bureautique	22 419	22 419	0,064	1,4
Production photovoltaïque	3 186	3 186	0,064	0,2
TOTAL ENERGIES		**35 318**	**2,3**	
CONTENU EN CO2 (kg/kWh)			**0,06**	

Contenu carbone de la solution



Répartition des émissions carbone

Ce scénario permet une économie de 18,3 tonnes de CO_2 par an.

La partie « Production photovoltaïque » est une économie d'émissions carbone.

8.9 AIDES FINANCIERES

Il est possible de bénéficier de certificats d'économies d'énergie :

- Fiche BAT-EN-104 : menuiseries
- Fiche BAT-EN-102 : isolation murs
- Fiche BAT-TH-125 : ventilation mécanique simple flux
- Fiche BAT-TH-158 : pompe à chaleur réversible type air/air
- Fiche BAT-TH-116 : système de gestion technique du bâtiment pour le chauffage
- Fiche BAT-EQ-127 : luminaire d'éclairage général à modules LED

Montant total estimé : 8 000 et 9 000 €.

Remarque 1 : le coup de pouce « Chauffage pour les bâtiments tertiaires » est attribué uniquement pour l'installation de PAC de type air/eau ou eau/eau.
Remarque 2 : Il n'existe pas d'aide CEE à la rénovation globale pour les bâtiments tertiaires, seulement des aides travaux par travaux.

8.10 RÉCAPITULATIF FINANCIER

Fiche N°5	Amélioration du bâti + système DRV + panneaux photovoltaïques	Thermique & systèmes

Défaut technique et/ou d'inconfort

Description du défaut

Absence ou isolation insuffisante sur certaines parois du bâtiment

Vieille chaudière gaz émettrice de gaz à effet de serre.

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, installation d'une VMC simple flux, isolation des murs extérieurs (ITE) comme décrit dans les précédentes préconisations. Remplacement de la chaudière gaz par un système DRV.

Objectifs

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			74 000	€ H.T.
Fourniture et pose d'une VMC simple flux			87 000	€ H.T.
Fourniture et pose d'une ITE			68 000	€ H.T.
Dépose chaudière gaz + fourniture et pose système DRV			188 000	€ H.T.
Installation de luminaires LED			45 000	€ H.T.
Pose de panneaux photovoltaïques (3kWc)			22 000	€ H.T.
Total			**484 000**	**€ H.T.**
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO…	7%		33 880	€ H.T.
Aléas	5%		25 894	€ H.T.
		TOTAL	**543 774**	**€ HT**
		TOTAL	**573 682**	**€ TTC**

Impact potentiel

Consommations gaz avant travaux	87 442	kWh/an
Consommations électriques avant travaux	42 235	kWh/an
Consommations gaz après travaux	0	kWh/an
Consommations électriques après travaux	38 504	kWh/an
Production électricité photovoltaïque	3 186	kWh/an
Gain énergétique énergie de chauffage	87 442	kWh/an
Gain énergétique énergie électrique	6 917	kWh/an
Gain financier total	7 502	€/an
Montant CEE (pour information, non pris en compte dans le TRB)	7 967	€ HT
Gain GES	20 292	kgCO2

Retour sur investissement		
Brut	72	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3,5%)	36	années

Avantages	Inconvénients
Diminution des consommations de chauffage Amélioration du confort thermique en hiver Amélioration de la qualité de l'air intérieur Réduction des émissions de GES Production d'énergie solaire Diminution des consommations d'éclairage	Prix de l'électricité est supérieur à celui du gaz, malgré les économies d'énergie induites par l'isolation du bâti et un système plus performant. La mise en place d'une VMC contribue à la hausse des déperditions dynamiques et des consommations électriques.

CHAPITRE 9 CONFORT

9.1 CONFORT ESTIVAL

Avec la PAC air/air réversible, les bureaux seront parfaitement climatisés en période estivale. La température intérieure pourra être limitée à 28°C.

Cependant, des gestes peuvent être adoptés afin de réduire les apports solaires et donc les consommations liées au refroidissement. En été, les volets des menuiseries exposées au soleil peuvent être fermés (ou partiellement). Un rafraichissement nocturne par ouverture des fenêtres peut être envisagé si cela ne pose pas de problème de sécurité.
Des brises soleil orientables peuvent également être installés. Ils permettent de limiter les apports solaires, donc les surchauffes, tout en laissant passer la lumière.

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 et des entrées d'air permet de réduire les infiltrations et donc les courants d'air froid dans les bureaux.
L'effet paroi froide est également diminué avec le remplacement des menuiseries, l'isolation par l'extérieur et la ventilation.

CHAPITRE 10 SYNTHESE

	Etat initial	Programme initial	Scénario 1	Scénario 2 : BBC
	Existant	Remplacement menuiseries + ITE + ventilation simple flux	Programme initial + Système DRV	Programme initial + Système DRV + Panneaux photovoltaïques
Consommations gaz (kWhef/an)	87 442	25 551	-	-
Consommations électriques PAC chaud (kWhef/an)	-	-	4 088	4 088
Consommations électriques PAC froid (kWhef/an)	-	-	1 113	1 113
Consommations électriques autres usages (kWhef/an)	42 235	39 973	33 303	33 303
Production électrique photovoltaïque (kWhef/an) (1)	-	-	-	3 186
Consommations totales (kWhef/an)	**129 677**	**65 524**	**38 504**	**35 318**
GES (tonnes CO2eq/an)	20,6	7,8	2,5	2,3
GES (kgeqCO2eq/m².an)	36,8	4,4	1,7	1,3
Montant CEE estimé		4 700 €	9 000 €	9 000 €
Investissement (bâti + systèmes) €HT		229 000 €	462 000 €	484 000 €
Retour sur investissement avec inflation (3,5%) (2)		42 années	37 années	36 années
Ubât projet (W/m².K)	1,718	0,637	0,637	0,637
Ubât base (W/m².K)	-	1,023	0,682	0,682
Ubât max (W/m².K)	-	1,023	1,023	1,023
Cep projet (kWhep/m².an)	185,6	95,6	68,5	51,6
Cef projet (kWhef/m².an)	169,6	68,6	26,6	20,0
Gain énergétique	-	-48%	-63%	-72%

(1) Plus surface de panneaux sera importante, plus la production d'électricité photovoltaïque sera importante.
(2) Calculé sans prendre en compte les aides financières.