



Université de Caen Normandie

60 RUE MAX POL FOUCHET,

50130 CHERBOURG-EN-COTENTIN

IUT GRAND OUEST
CAMPUS CHERBOURG

V2 - Date de diffusion 11/12/2023

alterea
INGÉNIERIE

Audit Energétique « Bâti »

MAITRISE D'OUVRAGE :



Direction du Patrimoine et de la Logistique
Esplanade de la Paix
14000 Caen

M. Antoine MALOT
Responsable Pole Énergie - Manager Énergie
02 31 56 59 29
antoine.malot@unicaen.fr

ASSISTANT MOA :



ALTEREA AGENCE OUEST
26 bd Vincent Gâche – CS 17502
44275 NANTES CEDEX 2
T 02 40 74 24 81

Mathieu Planté
Chef de projets
02 40 74 24 81
mplane@alterea.fr

ALTEREA certifié par l'OPQIBI
Certificat de qualification N° 13 06 25 86

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	05/10/2023	Version initiale	ABAR	BBAC	MPLA
2	11/12/2023	Reprises suite retour UnivCaen	ABAR	BBAC	MPLA

contact@alterea.fr – www.alterea.fr

Agence Ouest (siège)
26 bd Vincent Gâche CS 17502
44275 Nantes Cedex 2
T 02 40 74 24 81
f 02 51 84 16 33

Agence Ile-de-France
23 avenue d'Italie
75013 Paris
T 01 46 28 31 89
f 02 51 84 16 33

Agence Nord
21 rue Pierre Mauroy
59000 Lille
T 03 59 54 21 08
f 02 51 84 16 33

Agence Sud-Ouest
2 rue du Jardin de l'Ars
33800 Bordeaux
T 05 56 64 42 51
f 02 51 84 16 33

Agence Sud – Est
19 rue de la Villette
69003 Lyon
T 04 87 24 90 75
f 02 51 84 16 33


Agence Est
20 place des Halles
67000 Strasbourg
T 03 88 52 26 01
f 02 51 84 16 33

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE	5
1 INTRODUCTION	8
1.1 OBJECTIF DE LA MISSION	8
1.2 METHODOLOGIE EMPLOYEE	8
1.3 LISTE DES DOCUMENTS TRANSMIS PAR LA MOA	9
1.4 ANOMALIES EVENTUELLES A FAIRE REMONTER	9
1.5 POINTS BLOQUANTS	9
1.6 ESTIMATIONS DES QUANTITES POUR LES DIFFERENTES PRESCRIPTIONS	9
2 DESCRIPTION DU SITE	10
2.1 INFORMATIONS GENERALES	10
2.1.1 PERIMETRE DU DIAGNOSTIC	10
2.1.2 COORDONNEES DES INTERLOCUTEURS	10
2.1.3 VISITE	10
2.1.4 TRAVAUX ANTERIEURS OU PROGRAMMES	10
2.1.5 VUE AERIENNE DU SITE	11
2.2 DONNEES D'USAGE DU SITE	12
2.2.1 BATIMENT	12
2.2.2 OCCUPATION DU BATIMENT	12
2.3 ANALYSE DU CONFORT DES USAGERS	13
3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE	14
3.1 USAGES ENERGETIQUES DU SITE	14
3.2 DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN ELECTRICITE	14
3.2.1 ARCHITECTURE DE COMPTAGE	14
3.1 DESCRIPTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN RESEAU DE CHALEUR LOCAL	14
3.1.1 ARCHITECTURE DE COMPTAGE	14
3.2 HISTORIQUE DES CONSOMMATIONS	15
3.2.1 CONSOMMATIONS TOTALES	15
4 DESCRIPTION DU BATIMENT	16
4.1 DESCRIPTION ET PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE	16
4.2 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	22
5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES	23
5.1 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE	23
5.1.1 DESCRIPTION DE LA PRODUCTION DE CHAUFFAGE	23
5.1.2 DESCRIPTION DES SYSTEMES D'EMISSION DE CHAUFFAGE	24
5.2 DESCRIPTION DE LA PRODUCTION DE REFROIDISSEMENT	26
5.3 DESCRIPTION DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	26
6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES	27
6.1 DESCRIPTION DE L'ECLAIRAGE	27
6.1.1 EQUIPEMENTS	27
6.2 DESCRIPTION DES AUTRES USAGES	28

7	ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	29
7.1	ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES DU SITE	29
7.2	ANALYSE DES CONSOMMATIONS SIMULEES	31
7.3	COMPARAISON DES CONSOMMATIONS REELLES ET SIMULEES	32
7.3.1	CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE	32
7.3.2	CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE	32
8	GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE	34
8.1	ANALYSE CRITIQUE ET PROPOSITION D' ACTIONS	34
8.2	TABLEAU DE SYNTHESE	35
8.3	DETAILS DES INTERVENTIONS	37
9	SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	40
9.1	PRESENTATION DES SCENARIOS	40
9.2	SCENARIO 1	40
9.2.1	SYNTHESE	40
9.2.2	RESULTATS ENERGETIQUES	40
9.2.3	EVOLUTION DES DEPERDITIONS	41
9.2.4	EVALUATION DES RESULTATS	42
9.3	SCENARIO 2	42
9.3.1	SYNTHESE	43
9.3.2	RESULTATS ENERGETIQUES	43
9.3.3	EVOLUTION DES DEPERDITIONS	44
9.3.4	EVALUATION DES RESULTATS	45
9.4	SYNTHESE DES RESULTATS	46
9.5	JUSTIFICATION DES SCENARIOS	46
10	ANNEXES	47
10.1	GRANDEURS UTILES AU DIAGNOSTIC	47
10.1.1	CONVERSION DES UNITES ENERGETIQUES	47
10.1.2	ÉMISSIONS DE CO ₂	47
10.1.3	LEXIQUE DE QUELQUES ABREVIATIONS	48
10.1.4	FACTEUR DE CONVERSION ENERGIE FINALE / ENERGIE PRIMAIRE	48
10.2	REGLEMENTATION THERMIQUE	49

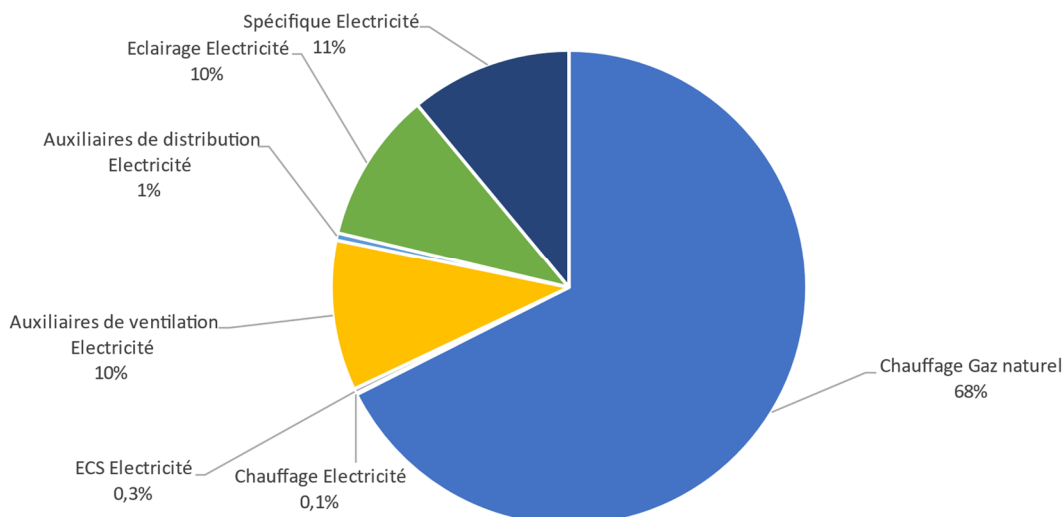
SYNTHESE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

	Année de construction	1997
	Type	Enseignement, administration, ateliers
	Surface utile brute ¹	13 098 m ²
	Surface SRT ¹	15 718 m ²
	Nombre de niveaux	3 niveaux + 1 sous-sol

Performance énergétique simulée ²	<p>ETAT INITIAL</p> <p>Consommation réelle : 97 kWh_{EP}/m².an</p> <p>Estimation des émissions : 14 kg_{eq}CO₂/m².an</p> <div> <div> <p>Bâtiment économe</p> <p>< 51 A</p> <p>51 à 110 B</p> <p>111 à 210 C</p> <p>211 à 350 D</p> <p>351 à 540 E</p> <p>541 à 750 F</p> <p>> 750 G</p> <p>Bâtiment énergivore</p> </div> <div> <p>Bâtiment</p> <p>97</p> <p>kWh_{EP}/m².an</p> </div> </div> <div> <div> <p>Faible émission de GES</p> <p>< 6 A</p> <p>6 à 15 B</p> <p>16 à 30 C</p> <p>31 à 60 D</p> <p>61 à 100 E</p> <p>101 à 145 F</p> <p>> 145 G</p> <p>Forte émission de GES</p> </div> <div> <p>Bâtiment</p> <p>14</p> <p>kg_{eq}CO₂/m².an</p> </div> </div>	
	Coût énergétique simulé au réel	<p>117 669 €^{TTC}/an</p> <p>Dont chauffage (gaz) 51 991 €^{TTC}/an</p> <p>Dont autres usages (électricité) 65 678 €^{TTC}/an</p>

Bilan énergétique (issu de la simulation thermique dynamique)

Répartition des consommations par poste (kWh EF/PCI)



¹ Fournies par la MOA

² Les résultats sont issus de la simulation, réalisée à partir des observations de la visite et des documents fournis. Ces valeurs ne sont pas des étiquettes DPE.

SCENARIOS

Objectif des scénarios proposés :

Les scénarios de travaux sont basés sur une approche technique mêlant besoins énergétiques et fonctionnels. L'audit étant axé uniquement sur l'aspect bâti, les interventions étudiées ne concernent donc que les parois du bâtiment.

Deux scénarios sont présentés et compilent de manière progressive les interventions étudiées. :

- Scénario 1 : « **Travaux légers** » ce scénario intègre les travaux légers et urgents ou ayant des temps de retour sur investissement courts ;
- Scénario 2 : « **Rénovation d'ampleur** » ce scénario consiste à rénover de manière globale l'enveloppe du bâtiment.

APPROCHE ECONOMIQUE

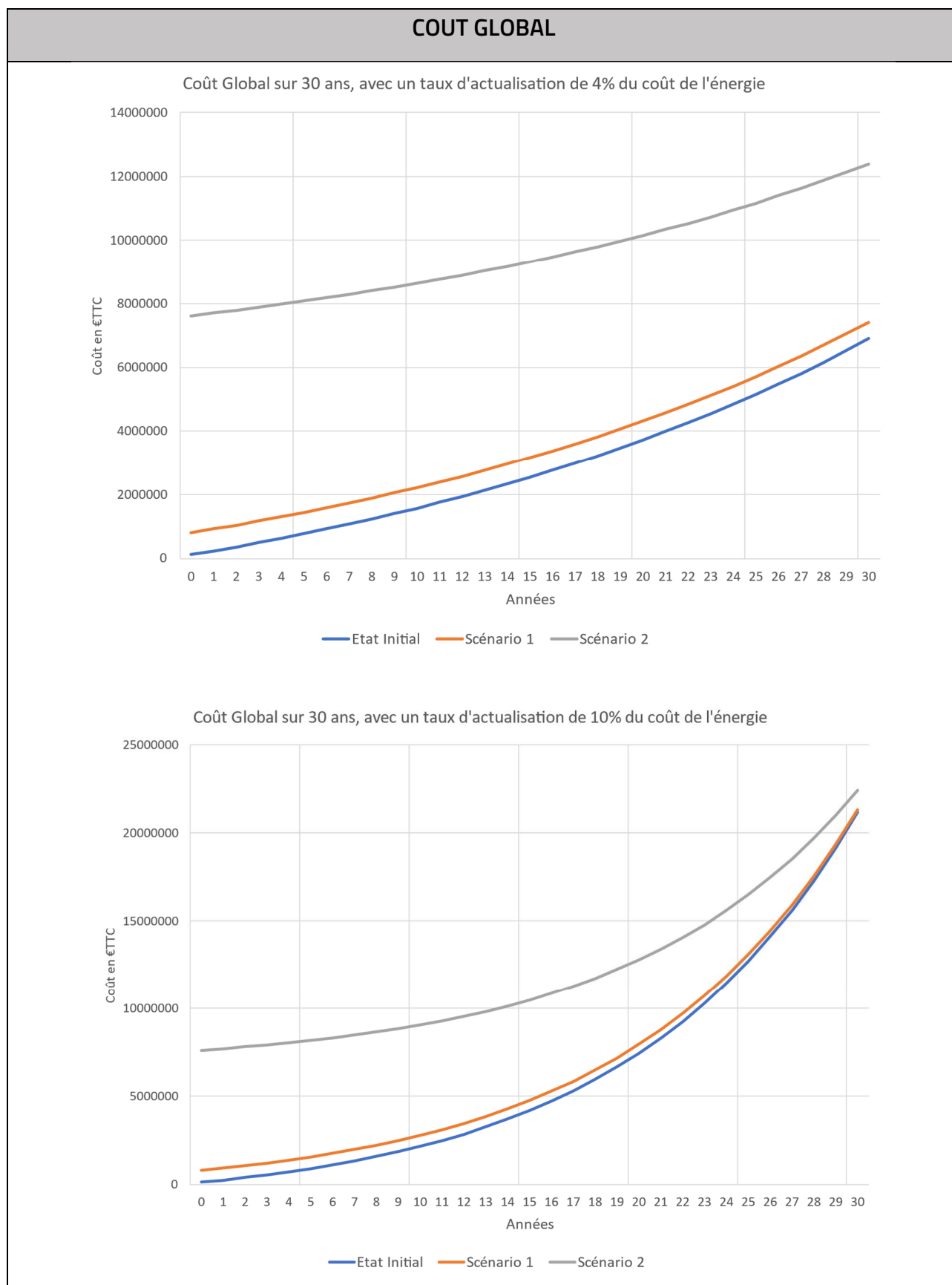
Scénario	Economie annuelle d'énergie					Coût €HT	TRI
	kWh EP/PCI	€TTC	%EP	%EF	%CO ₂		
Scénario 1	39 331	3 002	3%	4%	5%	690 000	59
Scénario 2	451 173	34 606	30%	45%	56%	7 505 000	58

APPROCHE ENERGETIQUE

Scénario	Consommation énergétique simulée		Emissions de CO ₂		Optimisation	Traitement du bâti	
	kWh EP/PCI/m².SRT	kg CO2/M²SRT				léger	lourd
Scénario 1	95	B	11	B	✓	✓	✓
Scénario 2	68	B	5	A	✓	✓	✓

La notion de coût global permet d'intégrer l'ensemble des coûts de fonctionnement du site sur les 30 prochaines années. Cela englobe les coûts liés à la facture énergétique du site, mais également les coûts liés à la maintenance et au renouvellement des équipements (coût P2, P3). L'ensemble est simulé avec un taux d'actualisation de 4% puis de 10%. Les investissements initiaux des différents scénarios sont également intégrés.

Le graphique ci-dessous présente ainsi le calcul en coût global réalisé sur le site étudié.



1 INTRODUCTION

1.1 Objectif de la mission

L'audit énergétique consiste à réaliser un état des lieux du site (sur le bâti et les systèmes) dans le but d'identifier les gisements d'économies d'énergies possibles et de proposer des solutions d'amélioration efficaces et rentables à courts, moyens et longs termes (investissements, gains énergétiques, confort, etc.). L'audit justifie ces propositions alternatives en chiffrant l'investissement nécessaire et en présentant les gains énergétiques qu'il est possible de prétendre. Par conséquent, il est possible de présenter les marges de progrès du site avec une analyse multicritère (TRI, investissements, gains, etc.).

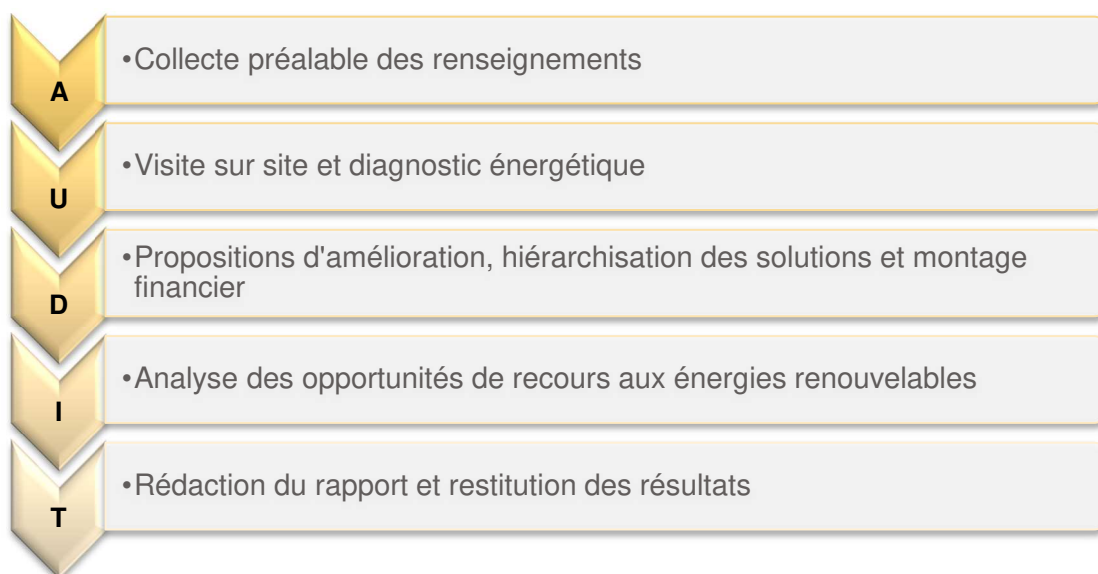
Les principaux objectifs auxquels devra répondre la mission d'audit énergétique sont les suivants :

- Réaliser un état des lieux énergétique du bâtiment,
- Une diminution des consommations à travers la mise en place de systèmes énergétiques performants.
- Une diminution des émissions de gaz à effet de serre.
- Une étude de la possibilité de recours à des matériaux biosourcés pour les travaux de rénovation énergétique.

1.2 Méthodologie employée

Processus de l'audit énergétique

Le diagnostic peut se décomposer en cinq étapes distinctes :



1.3 Liste des documents transmis par la MOA

DOCUMENTS		FORMAT
Plans et surfaces	> Plans de niveaux	PDF
Consommations énergétiques	> Consommations de gaz naturel et d'électricité de 2019	Excel

1.4 Anomalies éventuelles à faire remonter

Rien à signaler.

1.5 Points bloquants

Rien à signaler.

1.6 Estimations des quantités pour les différentes prescriptions

La date de valeur des estimations correspond à la date de notre visite sur site, soit le 06/09/2023.

A noter également que les coûts des préconisations présentés sont :

- Hors base de vie de chantier
- Hors amiante, plomb, structure et autres diagnostics complémentaires
- Hors Maitrise d'Œuvre
- Hors SPS
- Hors Bureau de Contrôle
- Hors TVA
- Etc.

Des DAAT (Diagnostics amiante avant travaux) devront être réalisés en amont de la réalisation des travaux pour affiner le budget en fonction du bouquet de travaux sélectionné.

Les quantités prescrites dans les interventions correspondent à des estimations réalisées à la suite de notre visite sur site.

2 DESCRIPTION DU SITE

2.1 Informations générales

2.1.1 Périmètre du diagnostic

<p>Bâtiment IUT Grand Ouest site de Cherbourg Université de Caen, Campus de Cherbourg, 60 Rue Max Pol Fouchet, 50130 Cherbourg-En-Cotentin</p>
--

2.1.2 Coordonnées des interlocuteurs

	Chargé d'exploitation
Nom	Antoine MALOT
Téléphone	02 31 56 59 29
E-mail	antoine.malot@unicaen.fr

2.1.3 Visite

La visite du bâtiment a été réalisée dans les conditions suivantes :

Situation	
Date de la visite :	6 septembre 2023
Diagnostiqueur :	Alexis BARBOTIN abarbotin@alterea.fr
Accompagnateur :	M. LEQUILBEC
Conditions climatiques :	Ensoleillé – 28°C







2.1.4 Travaux antérieurs ou programmés

Les travaux antérieurs signalés ou constatés lors de la visite sont les suivants :

Travaux	Date
Remplacement de la verrière pyramidale	2022
Remplacement des menuiseries du hall	2021
Réfection de la toiture de la circulation GEA / TC (isolation + étanchéité)	2017

2.1.5 Vue aérienne du site



Désignation	
	IUT– Bâtiment GEII
	IUT– Bâtiment GEA
	IUT– Bâtiment SG
	IUT– Bâtiment TC
	IUT– Bâtiment GIM
	IUT– Circulation principale

2.2 Données d'usage du site

2.2.1 Bâtiment

Bâtiment	Année de Construction	Niveau	SUB ³	Surface SRT	Usage
Campus Cherbourg – IUT Grand Ouest Normandie	1997	3 niveaux + 1 sous-sol	13 098 m2	15 718 m2	Enseignement, administration, ateliers



Commentaire :

- Le bâtiment a été construit en 1997.
- Le site est réparti sur 3 niveaux (+ 1 sous-sol) comprenant des salles de cours, des bureaux d'administration et des ateliers.

2.2.2 Occupation du bâtiment











	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Ouverture	8h00	8h00	8h00	8h00	8h00	-	-
Fermeture	18h00	18h00	18h00	18h00	18h00	-	-

Le site comprend environ 800 personnes en général. Il est fermé aux étudiants 1 semaine en novembre, 2 semaines en décembre, 1 semaine en février et 2 mois l'été. Les bureaux de l'administration restent occupés (sauf à Noël et 3 semaines l'été).

³ Fournies par la MOA

2.3 Analyse du confort des usagers

Les usagers rencontrés lors de la visite ont été questionnés et il ressort les analyses suivantes sur le confort :

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires
Hivernal		Le confort hivernal est moyen sur le site. Des sensations de parois froides sont ressenties au niveau des parois vitrées, notamment toutes les façades situées au nord. De plus, les menuiseries sont sujettes à des problématiques d'étanchéité à l'air qui provoque de l'inconfort chez les occupants.
Estival		Le confort estival est généralement bon sur le site. Aucune problématique n'est remontée.
Lumineux		Le confort lumineux est bon. Les apports naturels sont relativement importants du fait de surfaces vitrées importantes.
Acoustique		Aucune source d'inconfort n'a été relevée lors de la visite.
Renouvellement d'air (ventilation)		Le bâtiment est équipé de ventilation mécanique dans tous les locaux ce qui permet une renouvellement d'air hygiénique pour les occupants.
Etanchéité à l'air		L'étanchéité des ouvrants est mauvaise. Les menuiseries sont d'origine et ne sont plus très étanches à l'air.
Légende :		Confort faible
		Confort moyen
		Confort bon
		Confort très bon

3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DU SITE

3.1 Usages énergétiques du site

Les usages énergétiques du site sont les suivants :

	Electricité	Gaz naturel
Chauffage		X
Eau chaude sanitaire	X	
Eclairage	X	
Bureautique	X	
Auxiliaires de chauffage	X	
Autres usages élec.	X	

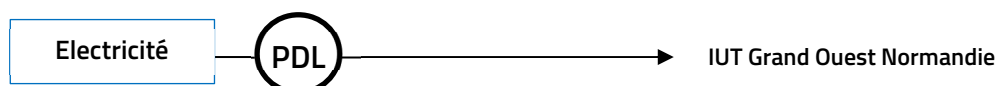
3.2 Description de l'approvisionnement en électricité

3.2.1 Architecture de comptage

Le site possède son propre compteur électrique. Aucun sous comptage n'est réalisé.

Zone	Energie	Type de compteur	Matricule compteur	PDL	Fournisseur	Puissance souscrite
Campus Cherbourg – IUT Grand Ouest Normandie	Électricité	Electronique	-	-	-	-

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :



PDL : Point de livraison

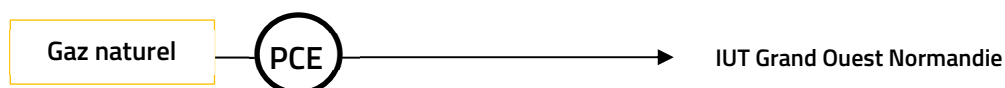
3.1 Description de l'approvisionnement en réseau de chaleur local

3.1.1 Architecture de comptage

Le site possède son propre compteur de gaz. Aucun sous comptage n'est réalisé.

Zone	Energie	Type de compteur	Matricule compteur	PDL	Fournisseur	Puissance souscrite
Campus Cherbourg – IUT Grand Ouest Normandie	Gaz naturel	Compteur gaz	-	-	-	-

Le schéma ci-dessous présente le système de comptage actuel :



PCE : Point d'estimation de comptage

3.2 Historique des consommations

3.2.1 Consommations totales

Les consommations présentées correspondent aux consommations réelles de gaz et d'électricité.

Consommations énergétiques réelles		2019	Moyenne corrigée DJU
Gaz naturel	Consommations (kWhEF)	687 838	706 604
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	160 954	165 345
	Dépenses (€ ^{TTC})	52 276	53 702
	Coût unitaire (€TTC/kWh)	0,08	
Electricité	Consommations (kWhEF)	320 526	320 526
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	26 924	26 924
	Dépenses (€ ^{TTC})	64 105	64 105
	Coût unitaire (€TTC/kWh)	0,20	

Année	2019	DJU Décennale
Degrés Jours Unifiés (DJU) CHERBOURG	2 392	2 457




Commentaires :
<ul style="list-style-type: none"> > Les consommations de gaz naturel et d'électricité représentées ci-dessus proviennent directement des compteurs généraux de l'IUT Grand Ouest Normandie du site de Cherbourg. Aucun sous comptage n'est réalisé par aile du bâtiment. > Dans cette étude, la consommation prise en compte pour représenter l'état initial sera la consommation de l'année 2019. Des travaux de rénovation ont permis la réfection d'une partie des menuiseries du hall (2021) ainsi que la verrière en toiture du hall (2022). Le calage de l'état initial sera effectué sans considérer ces travaux ayant eu lieu après 2019. Ces interventions seront proposées mais leur coût sera nul.

4 DESCRIPTION DU BATIMENT




4.1 Description et performance de l'enveloppe

Les surfaces présentées et prises en compte dans les calculs sont les surfaces thermiques. Ces surfaces correspondent aux surfaces déperditives des locaux chauffés donnant sur l'extérieur ou sur des locaux non chauffés. Les surfaces des murs sont calculées au nu intérieur et ne prennent pas en compte les menuiseries. Les performances thermiques des parois et la vétusté des éléments constitutifs sont évaluées selon l'échelle de notation suivante :

Performance	0	Très peu performant	1	Peu performant	2	Performant	3	Très performant
Vétusté	0	A remplacer	1	Etat d'usage	2	Bon état	3	Très bon état

Paroi opaque					
ITI laine de verre		Surface	U	P	V
	Type :	Béton plein	579 m²	0,52	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur			
	Isolant :	Laine de verre			
	Epaisseur d'isolation :	6 cm			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3.2			
	Localisation :		Amphithéâtres		
ITI polystyrène		Surface	U	P	V
	Type :	Béton plein	1 426 m²	0,47	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur			
	Isolant :	Polystyrène expansé			
	Epaisseur d'isolation :	8 cm			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3.2			
	Localisation :		Allèges RDC		
ITE		Surface	U	P	V
	Type :	Béton plein	730 m²	0,36	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'extérieur			
	Isolant :	Laine de verre			
	Epaisseur d'isolation :	10 cm			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3.2			
	Localisation :		GIM		

Plancher bas						
Plancher bas sur local non chauffé		Surface	Ueq	P	V	
	Type :	Dalle béton	2 330 m²	0,25	3	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Fibrastyrène				
	Epaisseur d'isolation :	8 cm				
	Année :	1997				
	Position :	Sur vide sanitaire enterré				
	Ventilation du local non chauffé :	Local peu ventilé				
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	3				
Localisation :		GIM, GEA, TC				
Plancher bas sur terre-plein		Surface	Ueq	P	V	
	Type :	Dalle béton	4 649 m²	0,10	3	2
	Epaisseur :	20 cm				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Polystyrène expansé				
	Epaisseur d'isolation :	4 cm				
Année :		1997				

Menuiserie						
Aluminium 4/8/4			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage : Aluminium / Double vitrage lame d'air 8 mm		388 m²	3.7	1	1
	Etanchéité : Faible					
	Remplissage : Air					
	Année : 1997					
	Occultation : Stores intérieurs					
	Matériau occultation : Textile					
	Position : Nu intérieur					
	Fermeture : Basculante					
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) : 1.9					
	Localisation : GIM					
Façade rideau			Surface	Uw	P	V
	Paroi opaque :	Lame de verre isolé par 3,5cm de Polystyrène extrudé	2 903 m²	0.97	0	1
	Paroi vitrée :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 6 mm		4.10		
	Année : 1997					
	Occultation : Stores intérieurs					
	Matériau occultation : Textile					
	Position : Nu intérieur					
	Fermeture : Basculante					
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) : 1.9					
	Localisation : Façades rideaux					
	Velux bois 4/10/4			Surface	Uw	P
	Matériau et vitrage : Bois / Double vitrage lame d'air 10 mm		48 m²	2.10	2	2
	Etanchéité : Moyenne					
	Remplissage : Air					
	Occultation : Stores intérieurs					
	Matériau occultation : Textile					
	Position : Nu intérieur					
	Fermeture : Basculante					
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) : 1.9					
Localisation : SG						

Menuiserie					
Verrière toiture		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 6 mm	437 m²	4.1	0
	Etanchéité :	Faible			
	Remplissage :	Air			
	Année :	1997			
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) :	2.5			
Polycarbonate		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Bois / Polycarbonate double-peau	115 m²	2.80	2
	Etanchéité :	Faible			
	Année :	1997			
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) :	1.9			
Aluminium 4/6/4 Circulations		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Aluminium / Double vitrage lame d'air 6 mm	388 m²	4.1	0
	Etanchéité :	Faible			
	Remplissage :	Air			
	Année :	1997			
	Garde-fou RTex 2023 (Uw) :	1.9			
	Localisation :	Circulations			



Plancher haut					
Toiture-terrasse rénovée		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	432 m²	0,25	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Polystyrène extrudé			
	Epaisseur d'isolation :	15 cm			
	Etanchéité :	Bitumineuse			
	Année :	2017			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	4.5			
Localisation :		Circulations GEA/TC			
Toiture-terrasse ancienne		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton	1 946 m²	0,37	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Polystyrène extrudé			
	Epaisseur d'isolation :	10 cm			
	Etanchéité :	Bitumineuse			
	Année :	1997			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	4.5			
Localisation :		GIM			
Rampants		Surface	U	P	V
	Type :	Charpente bois	194 m²	0,31	1
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Laine de verre			
	Epaisseur d'isolation :	12 cm			
	Année :	1997			
	Etanchéité :	Ardoise sans pare-pluie			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	5.2			
	Localisation :				
Combles perdus		Surface	Ueq	P	V
	Type :	Dalle béton	3 309 m²	0,28	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Laine de verre			
	Epaisseur d'isolation :	12 cm			
	Année :	1997			
	Etanchéité :	Zinc			
	Garde-fou RTex 2023 (R) :	5.2			
Localisation :		GEA, TC, GEII, circulations SG			

Commentaires :

- > La performance thermique du bâtiment est moyenne dans l'ensemble. Très peu d'intervention ont été réalisées sur le bâti depuis la construction.
- > Les épaisseurs d'isolation des murs, des combles perdus et des planchers bas sur vide sanitaire ont été mesurées sur site.
- > Les épaisseurs d'isolation des toitures terrasses et des planchers bas sur terre-plein n'ont pu être mesurées sur site, une hypothèse a été prise selon l'année de construction du bâtiment.
- > Les menuiseries sont d'origine et leurs performances thermiques sont faibles.
- > Pour rappel, le calage de l'état initial ne prend pas en compte les menuiseries du hall remplacées en 2021 ni la verrière en toiture rénovée en 2022. Ces travaux seront pris en compte dans les interventions mais leur coût sera nul.

4.2 Description des installations de ventilation

4.2.1.1 Description des équipements de ventilation

Équipement de ventilation			
CTA sans mélange d'air		P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et sans caisson de mélange	
	Locaux desservis :	Classes et bureaux	
	Nombre :	5	
CTA avec mélange d'air		P	V
	Technologie :	CTA DF avec récupération d'énergie et avec caisson de mélange	
	Locaux desservis :	Amphithéâtres et réunion	
	Nombre :	3	
	Localisation :	Locaux CTA	

4.2.1.2 Descriptions de la régulation de la ventilation


Régulation centrale ventilation			
Sonde CO2		P	V
	Technologie :	Sonde CO2	
	Locaux desservis :	CTA amphithéâtre	
Horloge simple		P	V
	Technologie :	Horloge simple	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Locaux desservis :	CTA classes et bureaux	



Commentaires :	
<ul style="list-style-type: none"> > Tous les locaux sont ventilés mécaniquement en double flux et les CTA sont sur programmation horaire. > Aucune régulation horaire n'a pu être constatées sur site et aucune donnée n'a été fournie par la MOA. La ventilation est supposée allumée du lundi au vendredi de 6h00 à 20h00. > Ces systèmes sont performants et permettent de récupérer les calories de l'air vicié afin de réduire les déperditions par la ventilation. 	


5 DESCRIPTION DES SYSTEMES THERMIQUES

5.1 Description de l'installation de chauffage

5.1.1 Description de la production de chauffage

Production de chaleur			
Chaudière		P	V
	Energie :	Gaz naturel	
	Puissance thermique :	320 kW	
	Classement ICPE :	Non	
	Rendement :	98.5 %	
	Technologie :	Condensation	3
	Fonction :	Chaudière principale	2
	Position :	Au sol	
	Année :	2014	
	Nombre :	3	
Localisation :		Chaufferie	



Auxiliaire de chauffage			
Pompe débit constant		P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Nombre :	3	
		1	1
Pompe débit variable		P	V
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Nombre :	7	
		3	2


Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage		P	V
	Technologie :	Présence de calorifuge sur l'ensemble des réseaux	
	Année réseau :	1997	
	Localisation :	Chaufferie	
		3	2

Commentaires :

- > Le site compte une chaufferie ainsi qu'une sous-station.
- > Les chaudières ont été remplacées en 2014 lors de la réfection de la chaufferie.
- > Les réseaux sont correctement calorifugés et permettent de réduire les pertes thermiques.

5.1.2 Description des systèmes d'émission de chauffage


Emission de chaleur			
Plafond chauffant		P	V
	Locaux desservis :	Hall technique	
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiant	
		3	2
Radiateur		P	V
	Locaux desservis :	Classes, bureaux, circulations, amphithéâtre	
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiateur	
		3	2

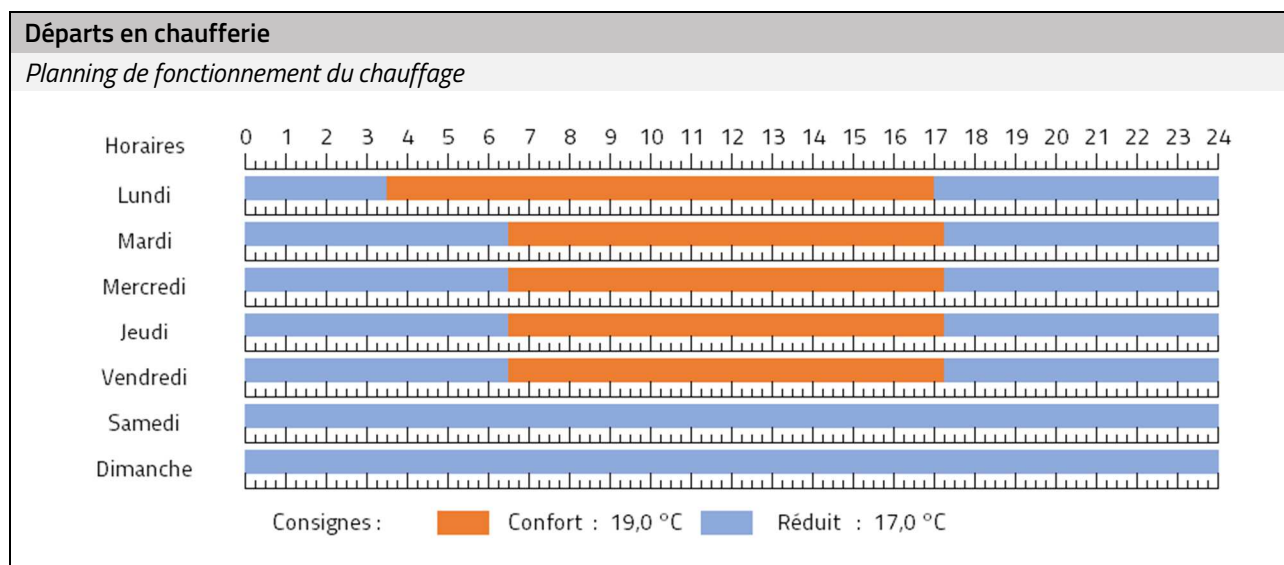
Régulation terminale chauffage			
Robinet thermostatique		P	V
	Technologie :	Robinets thermostatiques récents	
	Locaux desservis :	70% du bâtiment	
		3	2
Sans régulation terminale		P	V
	Technologie :	Sans régulation terminale	
	Locaux desservis :	30 % du bâtiment	
		0	1

Commentaires :

- > Le site est chauffé en très grande majorité par des radiateurs hydrauliques équipés à 70% par des robinets thermostatiques. Ce type d'émission est performant et permet une régulation au plus proche des besoins.
- > La halle technique est équipée de plafond chauffant hydraulique.

5.1.2.1 Description de la régulation de chauffage

Régulation centrale chauffage			
Régulation centrale		P	V
	Technologie :	3	3
	Programmation :		
	GTC sur Loi d'eau avec thermostat d'ambiance par zone et horloge Hebdomadaire		



Commentaires :
<ul style="list-style-type: none"> > Le système de chauffage est géré depuis une GTC. > Ce type régulation permet d'avoir un contrôle à distance du système de chauffage et permet d'adapter la régulation en fonction des besoins réels du bâtiment. > Le planning de chauffage est adapté à l'occupation. > Pendant la période où le bâtiment est longuement inoccupé, la consigne est mise en hors gel

5.2 Description de la production de refroidissement

Aucun équipement de production de froid n'est présent dans ce bâtiment.

5.3 Description de la production d'Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Ballon électrique		P	V
	Nombre :	5	
	Volume :	100 L	

Commentaires :	
>	Ces équipements sont adaptés à l'usage du bâtiment.

6 DESCRIPTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES

6.1 Description de l'éclairage

6.1.1 Equipements

Source d'éclairage			
Luminaire LED		P	V
	Technologie : Luminaires LED	3	3
	Locaux desservis : Sanitaires, classes rénovées		
Lampe fluocompacte		P	V
	Technologie : Lampe fluocompacte	2	1
	Locaux desservis : Amphithéâtre		
Tube fluorescent T8		P	V
	Technologie : Tube fluorescent T8	1	1
	Locaux desservis : Classes, circulations		

Pilotage terminal éclairage			
Détection de présence		P	V
	Technologie : Détection de présence	3	2
	Locaux desservis : Sanitaires		
Interrupteur minuterie		P	V
	Technologie : Interrupteur avec minuterie	2	1
	Locaux desservis : Circulations		
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie : Interrupteur manuel	1	1
	Locaux desservis : Amphithéâtre, classes		

Commentaires :	
<ul style="list-style-type: none"> > Diverses typologies d'éclairage sont installées dans le bâtiment. La majorité du bâtiment est éclairé par des éclairage d'ancienne génération. > Le pilotage d'éclairage s'effectue par les interrupteurs sur tout le site. 	

6.2 Description des autres usages

Autres usages			
Autres usages		P	V
-	<ul style="list-style-type: none"> - Equipement de bureautique - Machine d'atelier - Cafétéria - etc... 	2	2

Commentaires :

- > Plusieurs équipements pouvant impactés la consommation énergétique sont aussi présents sur le site. Ils ont un impact majoritairement sur les consommations électriques.

7 ETUDE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

7.1 Analyse des déperditions thermiques du site

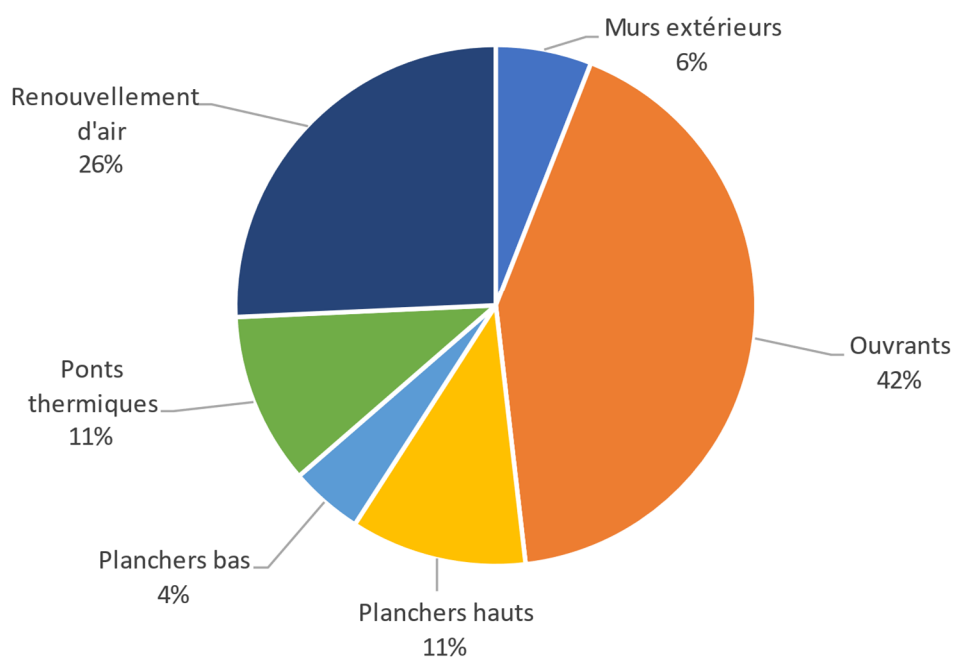
A partir des relevés effectués sur le bâti et sur les installations techniques, une étude des déperditions a été réalisée. La perméabilité à l'air du bâtiment a été prise en compte et est intégrée dans la partie « renouvellement d'air ». En effet les défauts d'étanchéité participent indirectement au renouvellement d'air du bâtiment.

Pour ce bâtiment la perméabilité à l'air a été prise en compte à 0,15 vol/h soit un équivalent Q4 de 4,0 m³/h/m².

Les résultats sont exposés ci-après.

Déperditions en kW							Pertes totales en kW
Murs extérieurs	Ouvrants	Murs intérieurs sur locaux non chauffés	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	Renouvellement d'air	
32 6%	223 42%	0 0%	58 11%	24 5%	56 11%	136 26%	529

Répartition des déperditions du Bâtiment



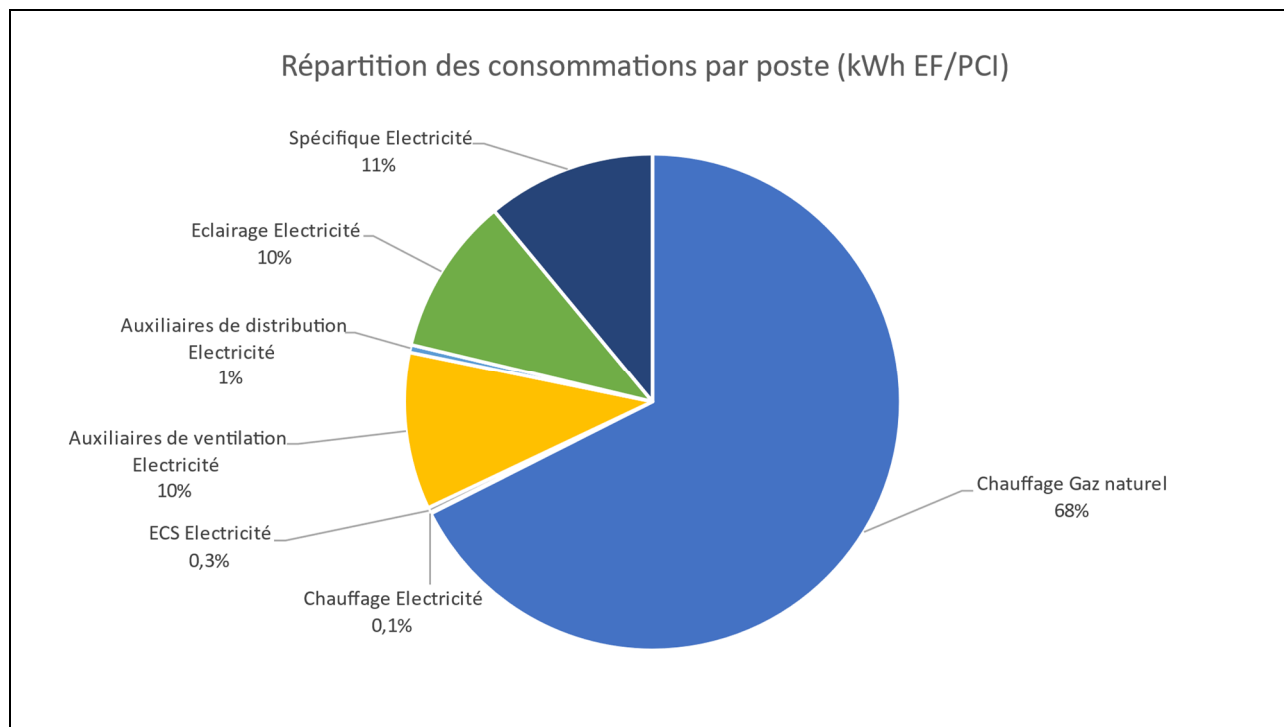
Commentaires :

- > L'un des premiers poste de déperditions du site est engendré par les menuiseries (42%). En effet, les menuiseries du site ont de faibles performances. De plus, 53% de parois verticales du bâtiment donnant sur l'extérieur sont vitrées, notamment dû aux façades rideaux. Le remplacement des menuiseries apportera un gain conséquent sur les consommations de chauffage.
- > Le renouvellement d'air représente 26% des déperditions totales du site. Le bâtiment est ventilé mécaniquement en extraction double flux dans tous les locaux. Ce système permet un bon renouvellement d'air pour les occupants et permet de récupérer les calories sur l'air extrait.
- > Les planchers hauts causent 11% des déperditions totales du site. La performance thermique des toitures est moyenne mais la surface de toiture est importante. La reprise de l'isolation réduira la facture énergétique du site.
- > Les ponts thermiques engendrent 11% des déperditions totales du site. La majorité des ponts thermiques est causée par les liaisons murs / planchers bas, les liaisons murs / planchers hauts ainsi que les liaisons de la façade rideau.
- > Les murs donnant sur l'extérieur sont isolés et sont peu performants. Une reprise de l'isolation des murs permettra de réduire les consommations de chauffage.
- > Enfin, 4% des déperditions totales concernent le plancher bas. Celui-ci donne sur un terre-plein en grande partie ce qui limite l'impact des déperditions.

7.2 Analyse des consommations simulées

Le récapitulatif des simulations est présenté dans le tableau suivant :

Répartition des consommations		kWh EF/PCI	kWh EP/PCI	kg CO ₂	€TTC
Usage	Energie				
Chauffage	Gaz naturel	684 094	684 094	160 078	51 991
Chauffage	Electricité	821	2 117	148	164
ECS	Electricité	3 296	8 503	132	659
Auxiliaires de ventilation	Electricité	103 842	267 912	8 723	20 768
Auxiliaires de distribution	Electricité	5 055	13 043	425	1 011
Eclairage	Electricité	103 977	268 261	8 734	20 795
Spécifique	Electricité	111 397	287 405	9 357	22 279
TOTAL		1 012 482	1 531 335	187 596	117 669



Campus Cherbourg – IUT Grand Ouest Normandie	Etiquette Energie - DJU Moyenne classique		Etiquette Climat	
	97	B	14	B

Commentaires :

- > Le poste de chauffage est le poste le plus consommateur de ce bâtiment. En effet, le chauffage représente 68% de la consommation car l'enveloppe du bâtiment et le système de ventilation sont peu performants.
- > La consommation électrique ne représente que 32% de la consommation totale. Cette consommation est répartie sur ces postes : ventilation, éclairage, ECS, les auxiliaires de chauffage et autres usages.
- > L'étiquette énergétique du bâtiment peut sembler faible en comparaison avec les autres bâtiments du campus de Cherbourg. Cette valeur peut s'expliquer par la présence de circulations chauffées à seulement 16°C en température de consigne. Comparable à un atrium, ces circulations possèdent des besoins en chauffage plus faible grâce à cette consigne de température relativement basse et grâce aux apports solaires importants dans ces zones (surfaces vitrées importantes). Sur 15 700m² de surface chauffée, les circulations représentent plus de 4 300m².

7.3 Comparaison des consommations réelles et simulées

Les consommations simulées ont été obtenues à partir du logiciel de modélisation Pléiades, elles sont basées sur des informations et scénarios réels. Ces derniers ont été adaptés au plus juste afin d'obtenir l'écart le plus faible entre les consommations réelles et les consommations simulées.

7.3.1 Consommations de chauffage

Les scénarios simulés sont basés sur les données réelles, afin de se rapprocher au mieux des consommations de chauffage issues des factures.

Ces données permettent de simuler les consommations réelles du site, Il est alors possible de les comparer aux consommations réelles recueillies sur les factures.

L'objectif est d'obtenir un écart minimal entre les consommations simulées sous l'outil Pléiades et les consommations réelles.

Consommations totales	kWh EF	Ecart
Consommations réelles de chauffage	687 838	-3,18%
Consommations simulées de chauffage	665 997	

Commentaires :

- > Les écarts entre les consommations réelles et les consommations simulées du bâtiment sont cohérents pour estimer, par la suite, les économies d'énergie des interventions,

7.3.2 Consommations d'électricité

De la même manière, afin de se rapprocher au mieux des consommations d'électricité réelles, les données réelles ont été ajustées.

L'objectif est d'obtenir un écart minimal entre les consommations simulées sous l'outil Pléiades et les consommations réelles.

Consommations totales	kWh EF	Ecart
Consommations réelles d'électricité	320 526	2,45%

Consommations simulées d'électricité	328 366	
--------------------------------------	---------	--

Commentaires :

- > Les écarts entre les consommations réelles et les consommations simulées du bâtiment sont cohérents pour estimer, par la suite, les économies d'énergie des interventions,

8 GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

8.1 Analyse critique et proposition d'actions

Contraintes, inconvénients / Opportunités, avantages

Sur le bâti

- Les murs sont isolés, leur performance thermique est moyenne. La reprise de l'isolation réduira les déperditions par ces surfaces.
- Les menuiseries ont de faibles performances dans l'ensemble. Le remplacement de ces menuiseries par des ouvrants performants ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) permettrait de réduire considérablement les consommations de chauffage et d'améliorer le confort thermique des usagers.
- La reprise de l'isolation des toitures terrasses, des rampants et des combles permettront de réduire les pertes thermiques liées à ce poste représentant une importante surface de déperditions.
- Les déperditions thermiques des planchers bas sont faibles, car la majeure partie donne sur terre-plein.

Sur le renouvellement d'air

- Tout le bâtiment est ventilé en double flux. Ce système est performant.
- L'étanchéité des ouvrants est faible.

8.2 Tableau de synthèse

Les gains présentés dans le tableau ci-dessous sont annuels.

	PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
	Rentabilité énergétique	TRA ans	Coût des travaux		Valorisation CEE	Economie annuelle	Economie annuelle Énergie FINALE		CO ₂ évité annuellement		SC1	SC2
	kWh _{EF} / k€ _{investi}		€HT	€HT/m ²	€	€TTC	kWh EF/PCI	%	t _{eq} -CO ₂	%		
Remplacement des façades rideaux (Uw = 1,3 W/m ² .K)	41	>30	5 221 000	399	54 867	16 543	216 162	21%	50	27%		X
Remplacement des menuiseries aluminium 4/8/4 sur le bâtiment GIM (Uw = 1,3 W/m ² .K)	114	>30	311 000	24	7 333	2 714	35 509	4%	8	4%		X
Remplacement menuiseries donnant sur les circulations principales (Uw = 1,3 W/m ² .K)	97	>30	286 000	22	3 856	2 112	27 630	3%	6	3%		X
Menuiseries de la circulations principales remplacées en 2021 (Uw = 1,3 W/m ² .K)		0	0	0	0	554	7 250	1%	2	1%	X	X
Remplacement des verrières en toiture (Uw = 1,3 W/m ² .K)	262	28	147 000	11	6 143	2 950	38 487	4%	9	5%		X
Verrière pyramidale remplacée en 2022 (Uw = 1,3 W/m ² .K)		0	0	0	0	728	9 577	1%	2	1%	X	X
Remplacement des menuiseries polycarbonate en toiture (Uw = 1,3 W/m ² .K)	96	>30	58 000	4	2 174	424	5 555	1%	1	1%		X
Reprise de l'isolation extérieur des murs du bâtiment GIM (R=5 m ² .K/W)	11	>30	336 000	26	11 957	277	3 630	0%	1	0%		X
Reprise de l'isolation des murs isolés par l'intérieur (R=5 m ² .K/W)	60	>30	456 000	35	0	2 106	27 353	3%	6	3%		X

	PERF.	ECONOMIE					ENVIRONNEMENT				Scénarios	
	Rentabilité énergétique kWh _{EF} / k€ _{investi}	TRA ans	Coût des travaux		Valorisation	Economie annuelle €TTC	Economie annuelle		CO ₂ évité		SC1	SC2
			CEE €	€HT	€HT/m²		Énergie FINALE		annuellement			
							kWh EF/PCI	%	t _{eq} -CO2	%		
Reprise de l'isolation des toitures terrasses non rénovées (R=7 m².K/W)	48	>30	374 000	29	18 750	1 386	18 132	2%	4	2%	X	X
Reprise de l'isolation des rampants (R=7,5 m².K/W)	67	>30	20 000	2	1 702	102	1 334	0%	0	0%	X	X
Reprise de l'isolation des combles perdus (R=7,5 m².K/W)	129	>30	109 000	8	15 902	1 069	14 028	1%	3	2%	X	X
Reprise de l'isolation des planchers bas donnant sur VS (R=4 m².K/W)	32	>30	187 000	14	41 101	453	5 932	1%	1	1%	X	X

Travaux jugés prioritaires

Le taux d'actualisation du cout de l'énergie est retenu à 4%.

Le prix moyen pondéré pour le calcul des CEE est de 7,0 €/MWhcumac.

Les scénarios retenus prennent en compte uniquement des interventions "bâti". L'isolation des parois va entrainer une amélioration de la perméabilité à l'air du bâtiment (diminution des infiltrations d'air) et ainsi modifier son équilibre thermique. Afin d'éviter l'apparition de condensation sur les parois et d'assurer un renouvellement hygiénique de l'air il est fortement conseillé de combiner ces scénarios avec la mise en place de ventilation mécanique.

8.3 Détails des interventions

Interventions	Quantitatif et unité	Prix des travaux (€ ^{HT})		Descriptif des travaux et contenu des travaux	Impact sur la pérennité du bâtiment et la qualité architecturale
		€HT	€ TDC		
Remplacement des façades rideaux (Uw = 1,3 W/m².K)	2 903	5 221 000	8 353 600	Dépose totale des façades rideaux existantes. Remplacement des menuiseries par des menuiseries en aluminium avec un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de Uw = 1,3 W /m².K. Les parties opaques seront en panneaux sandwichs avec une performance thermique de R= 5,0 m².K/W. N'ayant pas les plans de structure de la façade rideau, les vitrages liés à la façade rideau et donnant sur les combles sont compris dans le chiffrage de l'intervention. La performance de ces vitrages n'a pas d'impact sur les consommations mais le coût du remplacement s'élève tout de même à 1 160 000€HT. Dans le cas où le remplacement de la façade rideau n'engage pas la dépose des vitrages donnant sur les combles, cette somme peut être déduite du totale, les gains énergétiques resteraient inchangés.	Oui
Remplacement des menuiseries aluminium 4/8/4 sur le bâtiment GIM (Uw = 1,3 W/m².K)	388	311 000	497 600	Dépose totale des menuiseries existantes du bâtiment GIM. Remplacement des menuiseries par des menuiseries en aluminium avec un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de Uw = 1,3 W /m².K. Des volets roulants seront mis en place sur toutes les menuiseries. En complément, les menuiseries orientées vers le sud devront avoir un facteur solaire faible.	Oui
Remplacement menuiseries donnant sur les circulations principales (Uw = 1,3 W/m².K)	204	286 000	457 600	Dépose totale des menuiseries existantes des circulations. Remplacement des menuiseries par des menuiseries en aluminium avec un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de Uw = 1,3 W /m².K.	Oui
Menuiseries de la circulations principales remplacées en 2021 (Uw = 1,3 W/m².K)	50	-	-	Cette intervention possède un investissement nul car les menuiseries ont été remplacée en 2021. A contrario, les gains énergétiques seront pris en compte dans le scénario car les consommations de l'état initial sont basées sur celles de 2019.	Oui

Remplacement des verrières en toiture ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	325	147 000	235 200	Dépose totale des verrières en toiture non rénovées. Remplacement des menuiseries par des menuiseries en aluminium avec un double-vitrage peu émissif avec remplissage argon, respectant une performance thermique de $U_w = 1,3 \text{ W /m}^2.K$.	Oui
Verrière pyramidale remplacée en 2022 ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	120	-	-	Cette intervention possède un investissement nul car les menuiseries ont été remplacées en 2021. A contrario, les gains énergétiques seront pris en compte dans le scénario car les consommations de l'état initial sont basées sur celles de 2019.	Oui
Remplacement des menuiseries polycarbonate en toiture ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	115	58 000	92 800	Dépose totale des menuiseries polycarbonate en toiture. Remplacement des menuiseries par des menuiseries en polycarbonate double peau respectant une performance thermique de $U_w = 1,3 \text{ W /m}^2.K$.	Oui
Reprise de l'isolation extérieur des murs du bâtiment GIM ($R=5 \text{ m}^2.K/W$)	1 117	336 000	537 600	Pose d'un échafaudage et préparation des surfaces (dépose de l'ancien isolant, lavage et décontamination), des supports et réparation des dégradations. Mise en œuvre d'une isolation thermique extérieure. La solution choisie est une isolation thermique extérieure en laine minérale sous bardage de type trespas. L'isolant possède un $R= 5,0 \text{ m}^2.K/W$. Traitement des encadrements de baies par retour de l'isolation des façades courantes. L'isolation sera plus fine (quelques centimètres d'épaisseur) en fonction du cadre des menuiseries extérieures.	Oui
Reprise de l'isolation des murs isolés par l'intérieur ($R=5 \text{ m}^2.K/W$)	2 070	456 000	729 600	Dépose de l'isolant. Mise en œuvre d'une isolation thermique intérieure. L'isolant possède un $R= 5,0 \text{ m}^2.K/W$.	Oui
Reprise de l'isolation des toitures terrasses non rénovées ($R=7 \text{ m}^2.K/W$)	1 941	374 000	598 400	Dépose et repose des équipements présents sur la toiture terrasse. Dépose de l'étanchéité actuelle et de l'isolant. Mise en place d'un isolant de résistance thermique $R= 7,5 \text{ W/m}^2. K$. Réhausse des acrotères Mise en place d'une étanchéité de type bitume avec couverture graviers. Mise en place de gardes corps fixes sur les toitures n'en étant pas encore équipées.	Oui
Reprise de l'isolation des rampants ($R=7,5 \text{ m}^2.K/W$)	193	20 000	32 000	Dépose de l'isolant. Mise en place d'un isolant de résistance thermique $R= 7,5 \text{ W/m}^2. K$.	Oui
Reprise de l'isolation des combles perdus ($R=7,5 \text{ m}^2.K/W$)	1 803	109 000	174 400	Dépose de l'isolant. Mise en place d'un isolant de résistance thermique $R= 7,5 \text{ W/m}^2. K$.	Oui

Reprise de l'isolation des planchers bas donnant sur VS ($R=4 \text{ m}^2.K/W$)	2 330	187 000	299 200	Mise en place d'une isolation par des panneaux isolants disposant d'un $R=4 \text{ m}^2.K/W$ au plafond du sous-sol. Abaissement des réseaux circulant en plafond (hydrauliques, électriques, ...).	Oui
---	-------	---------	---------	--	-----

Un coefficient de 1,6 a été appliqué entre le montant HT et le montant TDC (toutes dépenses confondues) afin de prendre en compte les honoraires des prestataires de programmation (études préalables, faisabilité, programme), maîtrise d'œuvre (architecte, bureaux d'études), contrôle technique, coordonnateur sécurité et santé, SSI, assistance à maîtrise d'ouvrage, conduite d'opérations, étude de synthèse, autres prestations intellectuelles.

9 SCENARIOS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

9.1 Présentation des scénarios

Les scénarios de travaux sont basés sur une approche technique mêlant besoins énergétiques et fonctionnels. L'audit étant axé uniquement sur l'aspect bâti, les interventions étudiées ne concernent donc que les parois du bâtiment.

Deux scénarios sont présentés et compilent de manière progressive les interventions étudiées. :

- Scénario 1 : « **Travaux légers** » ce scénario intègre les travaux légers et urgents ou ayant des temps de retour sur investissement courts ;
- Scénario 2 : « **Rénovation d'ampleur** » ce scénario consiste à rénover de manière globale l'enveloppe du bâtiment

9.2 Scénario 1

9.2.1 Synthèse

Dénomination	Coût	
Menuiseries de la circulations principales remplacées en 2021 ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	0	€HT
Verrière pyramidale remplacée en 2022 ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	0	€HT
Reprise de l'isolation des toitures terrasses non rénovées ($R = 7 \text{ m}^2.K/W$)	374 000	€HT
Reprise de l'isolation des rampants ($R = 7,5 \text{ m}^2.K/W$)	20 000	€HT
Reprise de l'isolation des combles perdus ($R = 7,5 \text{ m}^2.K/W$)	109 000	€HT
Reprise de l'isolation des planchers bas donnant sur VS ($R = 4 \text{ m}^2.K/W$)	187 000	€HT
Coût des travaux	690 000	€HT
	1 104 000	€TDC

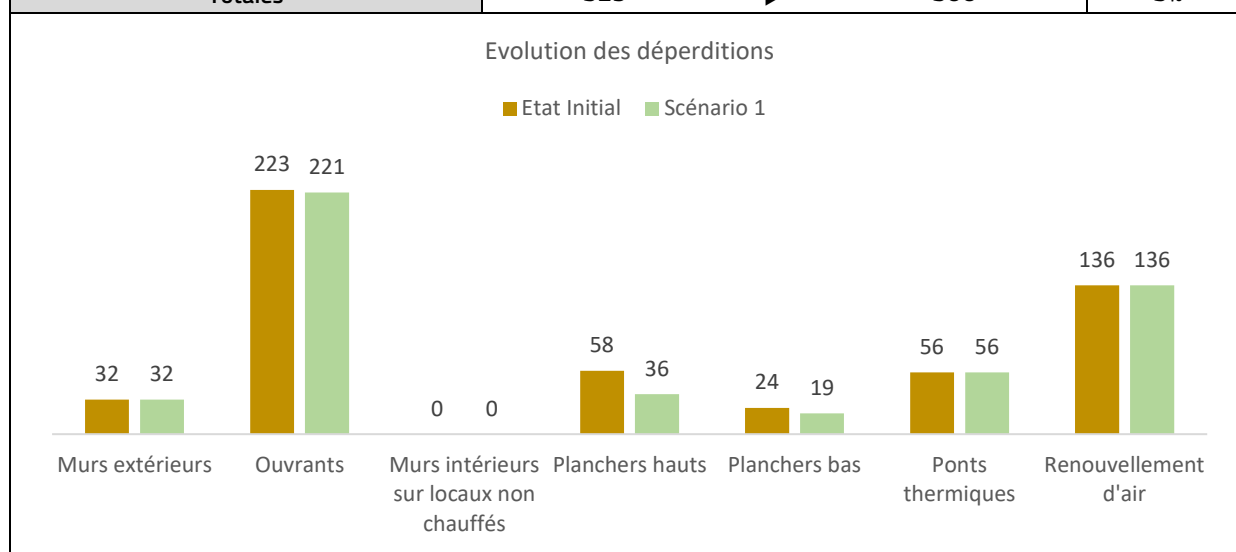
9.2.2 Résultats énergétiques

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart	
Evolution de la classe énergie (kWhEP/m²SRT)	97	B	►	95	B	3%
Evolution de la classe climat (kgCO2/m²SRT)	12	B	►	11	B	6%

9.2.3 Evolution des déperditions

	Etat Initial	Scénario 1	Ecart
UBAT	0,95 ▶	0,88	7%

Déperditions en kW	Etat Initial	Scénario 1	Ecart
<i>Murs extérieurs</i>	32 ▶	32	0%
<i>Ouvrants</i>	223 ▶	221	1%
<i>Murs intérieurs sur locaux non chauffés</i>	0 ▶	0	0%
<i>Planchers hauts</i>	58 ▶	36	37%
<i>Planchers bas</i>	24 ▶	19	21%
<i>Ponts thermiques</i>	56 ▶	56	0%
<i>Renouvellement d'air</i>	136 ▶	136	0%
Totales	529 ▶	500	5%



9.2.4 Evaluation des résultats

Scénario 1	
Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	3% soit 44 999 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	4% soit 44 809 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	6% soit 10,472 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-3 420 €TTC
Impact sur la maintenance (P2)	0 €TTC
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	0 €TTC
CEE Mobilisables	11 065 140 kWh _{CUMAC}
Valorisation CEE	77 456 €
Temps de retour sur investissement actualisé	56 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	15,3 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO ₂ évité	65 889 €HT investi/tCO ₂
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques	112 960 €TTC
Dépenses de maintenance	0 €TTC
Dépenses de renouvellement	0 €TTC

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	1 349 971 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	1 344 285 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées sur 30 ans	314 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	6 701 757 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	0 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	0 €TTC
Coût global (avec investissements)	7 391 757 €TTC

9.3 Scénario 2

9.3.1 Synthèse

Dénomination	Coût	
Remplacement des façades rideaux ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	5 221 000	€HT
Remplacement des menuiseries aluminium 4/8/4 sur le bâtiment GIM ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	311 000	€HT
Remplacement menuiseries donnant sur les circulations principales ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	245 000	€HT
Menuiseries de la circulations principales remplacées en 2021 ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	0	€HT
Remplacement des verrières en toiture ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	147 000	€HT
Verrière pyramidale remplacée en 2022 ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	0	€HT
Remplacement des menuiseries polycarbonate en toiture ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2.K$)	58 000	€HT
Reprise de l'isolation extérieur des murs du bâtiment GIM ($R=5 \text{ m}^2.K/W$)	336 000	€HT
Reprise de l'isolation des murs isolés par l'intérieur ($R=5 \text{ m}^2.K/W$)	456 000	€HT
Reprise de l'isolation des toitures terrasses non rénovées ($R=7 \text{ m}^2.K/W$)	374 000	€HT
Reprise de l'isolation des rampants ($R=7,5 \text{ m}^2.K/W$)	20 000	€HT
Reprise de l'isolation des combles perdus ($R=7,5 \text{ m}^2.K/W$)	109 000	€HT
Reprise de l'isolation des planchers bas donnant sur VS ($R=4 \text{ m}^2.K/W$)	187 000	€HT
Coût des travaux	7 464 000	€HT
	11 942 400	€TDC

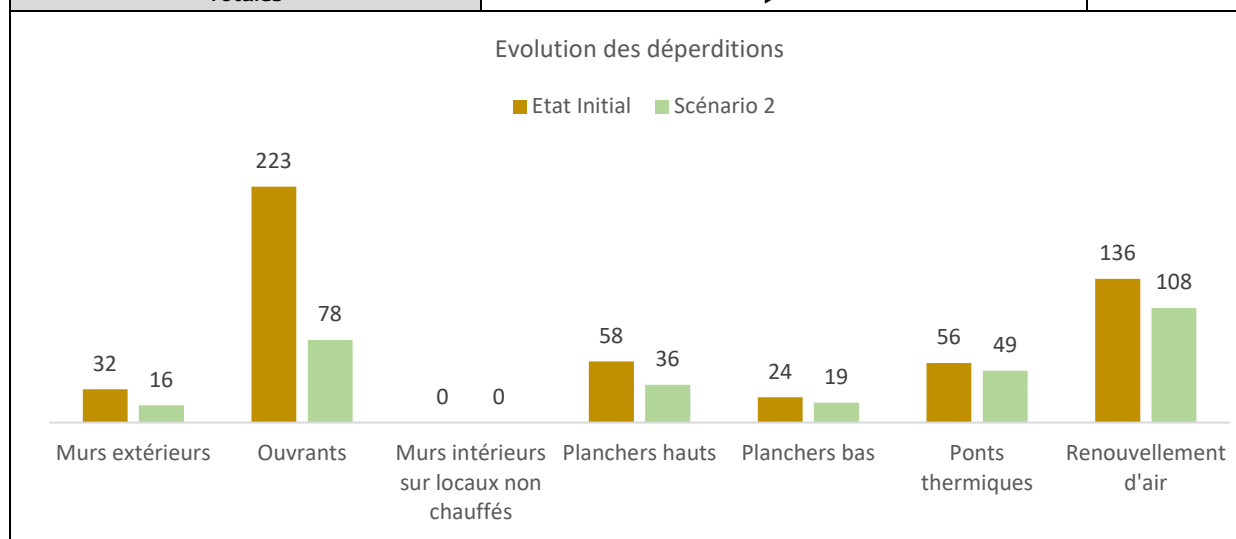
9.3.2 Résultats énergétiques

Evolution des consommations - Résultat selon la méthode réelle					Ecart	
Evolution de la classe énergie (kWhEP/m²SRT)	97	B	►	68	B	30%
Evolution de la classe climat (kgCO2/m²SRT)	12	B	►	5	A	56%

9.3.3 Evolution des déperditions

	Etat Initial	Scénario 2	Ecart
UBAT	0,95	0,49	49%

Déperditions en kW	Etat Initial	Scénario 2	Ecart
Murs extérieurs	32	16	48%
Ouvrants	223	78	65%
Murs intérieurs sur locaux non chauffés	0	0	0%
Planchers hauts	58	36	38%
Planchers bas	24	19	22%
Ponts thermiques	56	49	13%
Renouvellement d'air	136	108	20%
Totales	529	306	42%



La perméabilité à l'air retenue pour le scénario est $Q_4 = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

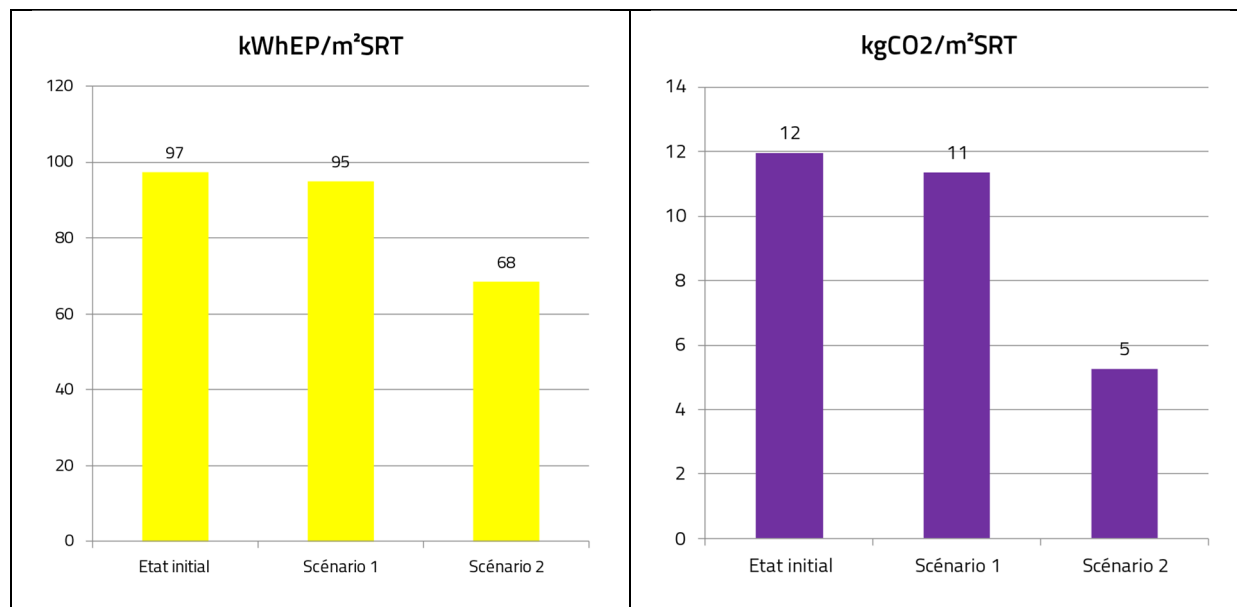
9.3.4 Evaluation des résultats

Scénario 2	
Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire	30% soit 455 211 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale	45% soit 451 173 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées	56% soit 105 Tonnes
Performance économique	
Impact sur les coûts énergétiques la première année (P1)	-34 606 €TTC
Impact sur la maintenance (P2)	0 €TTC
Impact sur les coûts de renouvellement des équipements (P3)	0 €TTC
CEE Mobilisables	23 319 540 kWh _{CUMAC}
CEE Mobilisables	163 237 €
Temps de retour sur investissement actualisé	58 années
Efficience	
Coût du kWh économisé	16,4 €HT investi/kWhEP
Coût de la tonne de CO ₂ évité	70 925 €HT investi/tCO ₂
Dépenses annuelles	
Dépenses énergétiques	81 775 €TTC
Dépenses de maintenance	0 €TTC
Dépenses de renouvellement	0 €TTC

Performance environnementale	
Economie annuelle d'énergie primaire sur 30 ans	13 656 322 kWh EP/PCI
Economie annuelle d'énergie finale sur 30 ans	13 535 190 kWh EF/PCI
Emissions de CO ₂ évitées sur 30 ans	3 157 Tonnes
Performance économique	
Dépenses énergétiques sur 30 ans	4 851 565 €TTC
Dépenses de maintenance sur 30 ans (P2)	0 €TTC
Dépenses de renouvellement des équipements sur 30 ans (P3)	0 €TTC
Coût global (avec investissements)	12 315 565 €TTC

9.4 Synthèse des résultats

Les graphiques suivants présentent l'évolution des scénarios énergétiques étudiés. Les résultats sont ceux de l'étude simulée via la méthode réelle (STD).



9.5 Justification des scénarios

Ces deux bouquets de réalisation des travaux consistent à compiler les propositions d'amélioration proposées dans la partie précédente afin de rendre cohérents tous les travaux sur le bâtiment.

Il est important de comprendre que certains travaux d'amélioration sont en relation directe avec d'autres et que les économies d'énergie vont dépendre de la mise en œuvre de l'ensemble de ces travaux d'amélioration.

Le premier bouquet permet de reprendre une partie du bâti sans paralyser l'usage de l'ensemble du site : la reprise de la toiture et l'isolation des planchers bas donnant aux sous-sols.

Le second bouquet permet de reprendre l'ensemble de l'enveloppe du site afin de réduire au maximum les déperditions pour ainsi réduire la consommation énergétique.

Les travaux de remplacement de la façade rideau vitrage sont néanmoins jugés prioritaires. Cette intervention permettra d'améliorer le confort des occupants tout en réduisant considérablement les consommations de chauffage.

10 ANNEXES

10.1 Grandeurs utiles au diagnostic

10.1.1 Conversion des unités énergétiques

L'ensemble des unités énergétiques sont ramenées en kWh_{EF} dans l'étude afin de pouvoir les comparer :

Énergie	Unité d'origine	Facteur de conversion en kWh _{EF}
Bois, Biomasse	1 T	3 000 à 5 000 (selon type : granulé, pellet...)
Electricité	1 kWh	1
Gaz naturel	1 kWh _{PCS}	0,9
Gaz propane	1 kg	12,8
Fioul domestique	1 litre	9,97
Réseau de chaleur	1 kWh	1

10.1.2 Émissions de CO2

Les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre suivant l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 sont présentés dans le tableau suivant :

Énergie	Conversion [kg _{CO2} /kWh _{EF}]
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Charbon	0,342
Électricité (<i>chauffage</i>)	0,180
Électricité (<i>ECS, refroidissement</i>)	0,040
Électricité (<i>valeur moyenne</i>) autres usages	0,084
Réseau de chaleur	Selon le réseau
Réseau de chaleur	0,342 si non référencé

En ce qui concerne les réseaux de chaleur, l'arrêté du 27 octobre 2014 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

10.1.3 Lexique de quelques abréviations

BBC	Bâtiments Basse Consommation
DF	Double Flux
DV	Double Vitrage
EF, EP	Energie Finale, Energie Primaire (kWh)
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EnR	Energies Renouvelables
DJU	Degrés Jours Unifiés
GTB/GTC	Gestion Technique de Bâtiment/ Gestion Technique Centralisée
K	Degrés Kelvin
LBC	Lampe Basse Consommation
PCI, PCS	Pouvoir Calorifique Inférieur, Pouvoir Calorifique Supérieur
PSE	Polystyrène expansé
R	Résistance thermique des matériaux ($m^2.K/W$)
RT	Réglementation Thermique
SF	Simple Flux
SV	Simple Vitrage
RDC	Rez-de-chaussée
U	Coefficient de transmission surfacique global de la paroi ($W/m^2.K$)
V3V	Vanne 3 Voies
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

10.1.4 Facteur de conversion énergie finale / énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site. L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale. Le facteur de conversion entre ces deux énergies représente les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction ou à la transformation de celle-ci, ou à la production (dans le cas de l'électricité par exemple).

Ces facteurs sont réglementés par type d'énergie. En France, les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique dans l'existant sont les suivants :

Énergie	Conversion kWh _{EP} / kWh _{EF} ⁴
Bois, biomasse	0,60
Gaz naturel	1,00
Gaz propane	1,00
Electricité	2,58
Fioul	1,00

⁴ Ces coefficients ne sont pas valables pour les DPE, ni pour les bâtiments neufs. En effet, dans les deux cas précédents, le coefficient de conversion pour le bois est de 1,00.

10.2 Réglementation thermique

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage.

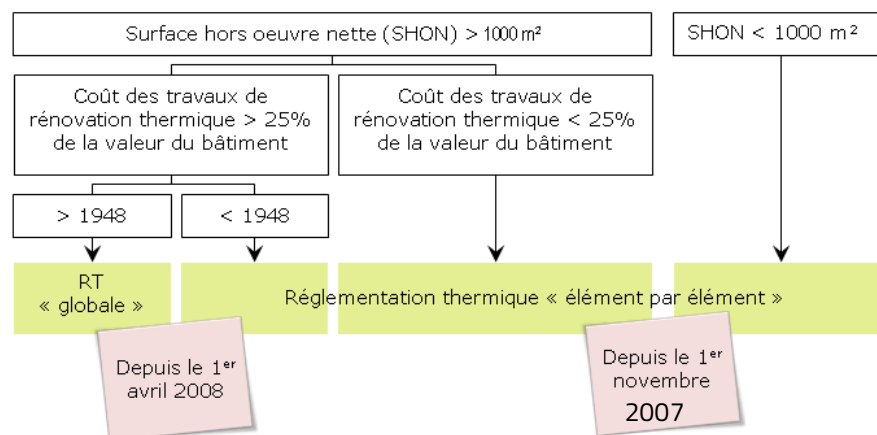
Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

L'objectif général de cette réglementation est de fixer des prérequis et des garde-fous sur la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend telle amélioration. L'objectif global étant d'apporter une amélioration significative de la performance des bâtiments.

Les mesures réglementaires sont différentes (et les contraintes associées également) selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **RT globale** : Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m², achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové. Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire. Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008.
- **RT éléments par éléments** : Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1^{er} novembre 2007.

Note : Le coût conventionnel des bâtiments autres que ceux usage principal d'habitation est de 1 466 €/m²_{SRT} (valeur pour le 1^{er} semestre 2022⁵).



⁵ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.9, mis à jour le 14 janvier 2022.