

Des compétences qualifiées



CAF de l'Indre
Siège

***Etude énergétique et de confort d'été
avec simulation thermique dynamique***

Mission d'audit énergétique selon le cahier des charges ADEME



Objet du document	Mission d'audit énergétique selon le cahier des charges ADEME
Mission	Rapport d'étude énergétique ADEME - CAF de l'Indre - Siège
Rédacteur(s)	Patrick BIVONA
Validation	Quentin BAUDON
Version	V6 du 28/01/2025

Révision	Date	Modifications
V6	28/01/2025	Ajout de la section sur la thermographie infrarouge réalisée en janvier 2025. Modification du descriptif des planchers bas dans l'état des lieux et de la préconisation d'isolation des planchers bas sur extérieur.
V5	29/11/2024	Mise à jour de la préconisation solaire PV avec les éléments de l'étude de faisabilité
V4	22/08/2024	- Compléments à la préconisation d'installations de panneaux solaires photovoltaïques - Suppression de l'isolation des faux-plafonds dans les scénarios 1 et 3 et ajout des panneaux solaires - Clarification pour la suppression de l'ECS dans les sanitaires - Correction des calculs pour la préconisation d'isolation des faux-plafonds
V3	14/06/2024	Correction des commentaires sur la consommation de gaz de 2023
V2	11/06/2024	- Correction de la consommation de gaz des factures pour 2023 et ajustement des simulations - Compléments sur la préconisation de panneaux solaires photovoltaïques et correction du productible
V1	06/05/2024	Première édition pour relecture

A. SOMMAIRE

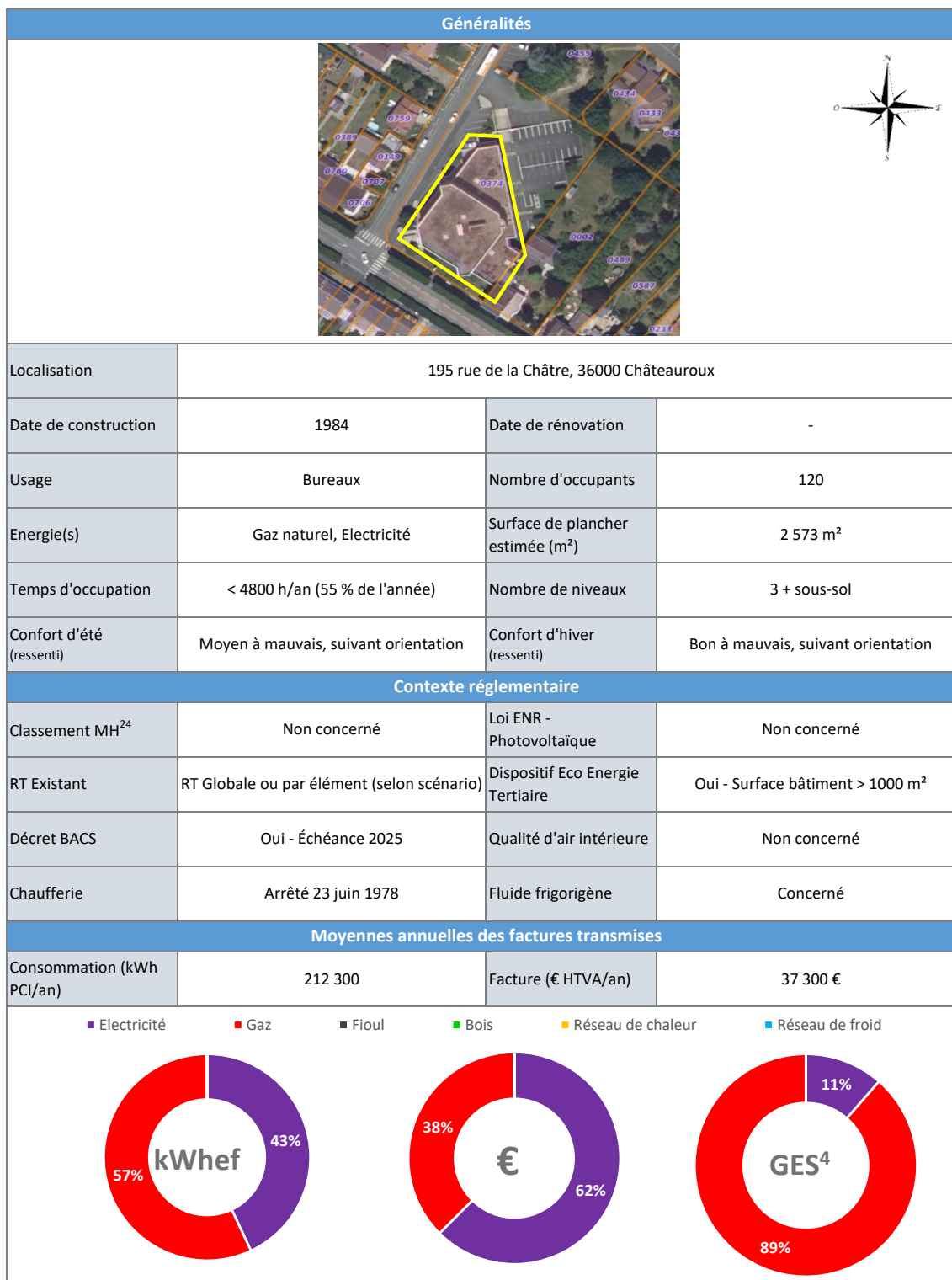
A. SOMMAIRE	2
B. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE	5
B.1. Présentation du site	5
B.2. Synthèse des déperditions et consommations	7
B.3. Synthèse des préconisations	8
B.4. Synthèse des scénarios	9
B.5. Synthèse par énergie	10
B.6. Récapitulatif	10
B.7. Bilan financier	11
B.8. Synthèse dispositif Eco-Energie Tertiaire	11
C. INTRODUCTION	12
C.1. Contexte de la mission	12
C.2. Contexte réglementaire	13
C.2.1. Réglementaire thermique - RT Existant	13
C.2.2. Dispositif Eco-Energie Tertiaire	14
C.2.3. Décret BACS	14
C.2.4. Installation photovoltaïque sur parking	14
C.2.5. Qualité d'air intérieure	15
C.2.6. Chauffage	15
C.2.7. Fluide frigorigène	15
C.3. Déroulement de l'étude	16
C.3.1. Interlocuteurs	16
C.3.2. Visite du site	16
C.3.3. Ressource documentaire	16
C.4. Aides financières considérées	17
D. ÉTAT DES LIEUX	18
D.1. Généralités	18
D.1.1. Description du site	18
D.1.2. Situation géographique et données administratives	18
D.1.3. Occupation	18
D.1.4. Plan et orientation	20
D.2. Description du bâti	22
D.2.1. Planchers bas	22
D.2.2. Murs	23
D.2.3. Planchers hauts	24
D.2.4. Menuiseries extérieures / Protection solaire	25
D.2.5. Thermographie infrarouge	26
D.3. Chauffage	29
D.3.1. Principes de fonctionnement	29
D.3.2. Liste des équipements	29
D.3.3. Régulation	32
D.4. Climatisation	33
D.4.1. Principes de fonctionnement	33
D.4.2. Liste des équipements	33
D.4.3. Régulation	34

D.5. Eau chaude sanitaire	34
D.5.1. Liste des équipements	34
D.6. Ventilation - Traitement d'air	35
D.6.1. Principes de fonctionnement	35
D.6.2. Liste des équipements	35
D.6.3. Régulation	36
D.7. Eclairage	36
D.7.1. Liste des luminaires	36
D.7.2. Liste des zones	37
D.7.3. Reportage photographique	37
D.8. Gestion technique centralisée	38
D.8.1. Principes de fonctionnement	38
D.8.2. Descriptif des éléments pilotés	38
D.8.3. Reportage photographique	38
D.9. Usages spécifiques	39
D.9.1. Bureautique, électroménager et divers	39
D.10. Production d'énergie renouvelable	39
D.11. Analyse des mesures	39
D.11.1. Information	39
D.11.2. Débit d'air	40
D.12. Problèmes d'inconfort	40
E. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DES FACTURES	41
E.1. Points de comptage	41
E.2. Contrat d'exploitation	41
E.3. Consommations détaillées	41
E.3.1. Compteur 1 - Gaz	41
E.3.2. Compteur 2 - Electricité	42
E.4. Synthèse des consommations	42
E.5. Sensibilité de la consommation de chauffage au climat	44
E.6. Coûts moyens des énergies	44
E.7. Dispositif Eco Energie Tertiaire - Définition de l'année de référence	45
E.7.1. Méthode relative	45
E.7.2. Méthode absolue	46
E.7.3. Définition de la méthode	46
F. RESULTATS DE SIMULATION DE L'ETAT EXISTANT	48
F.1. Données météorologiques	48
F.2. Vues 3D de la modélisation thermique	48
F.3. Déperditions thermiques - Site	49
F.4. Consommations énergétiques	50
F.4.1. Répartition mensuelle des consommations par énergie	50
F.4.2. Répartition des consommations par usage	50
F.4.3. Comparaison simulation / réel	51
F.4.4. Etiquette Energie/Climat simulée avant travaux	52
F.5. Analyse du confort d'été	52
F.5.1. Méthodologie	52
F.5.2. Analyse de l'état existant	53
G. PRECONISATIONS DE TRAVAUX	54
G.1. Orientations avant préconisation	54
G.1.1. Enveloppe	54
G.1.2. Chauffage	54
G.1.3. Equipements	55
G.1.4. Production d'électricité renouvelable	55
G.1.5. Confort d'été	55
G.2. Préambule aux préconisations	56
G.3. Bonnes pratiques	57
G.3.1. Management de l'énergie	57
G.3.2. Sensibilisation des occupants	57
G.4. Préconisations : enveloppe	58
G.4.1. Isolation des murs par l'extérieur	58
G.4.2. Isolation des faux-plafonds	59
G.4.3. Isolation du plancher bas sur extérieur (bureau paysager)	60
G.4.4. Remplacement des menuiseries	61
G.5. Préconisations : équipements	62
G.5.1. Remplacement de la seconde chaudière gaz	62
G.5.2. Chaudière bois à granulés	63
G.5.3. Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques verticales	64
G.5.4. Pompe à chaleur air/air type DRV	65
G.5.5. Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	66
G.5.6. Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	67
G.5.7. Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	68
G.5.8. Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	69

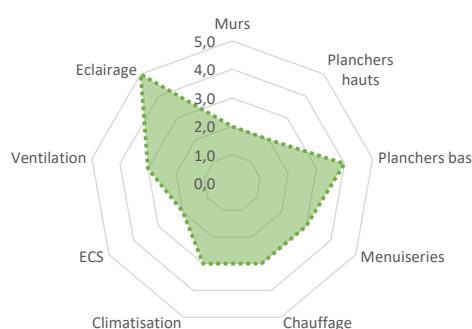
G.5.9. Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	70
G.6. Préconisations : Usages spécifiques, régulation et suivi énergétique	72
G.6.1. Remplacement des robinets thermostatiques	72
G.6.2. Installation d'une GTC	73
H. BILANS ENERGETIQUES ET FINANCIERS	74
H.1. Définition des bouquets de travaux	74
H.2. Analyse des scénarios proposés	75
H.3. Projection financière	76
H.3.1. Part de gros entretien	76
H.3.2. Hypothèses générales	76
H.3.3. Analyse financière	76
H.4. Projection dispositif Eco Energie Tertiaire	78
H.4.1. Modulation des objectifs - Temps de retour disproportionné	78
H.4.2. Modulation des objectifs - Autres contraintes	79
H.4.3. Vérification des objectifs	79
I. BILAN CONFORT ESTIVAL	81
I.1. Récapitulatif scénario	81
J. CONCLUSION	83
K. ANNEXES	84
K.1. Détails des consommations et factures par usage	84
K.2. Méthodologie notation énergie	85
K.3. Méthodologie	87
L. GLOSSAIRE	88

B. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

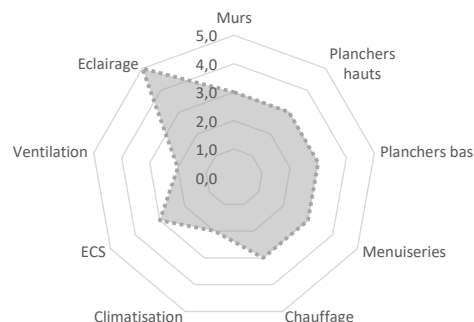
B.1. Présentation du site



Bâti			
Poste	Descriptif	Performance (sur 5)	Vétusté (sur 5)
Murs	Structure et panneaux en béton, supposés non isolé.	2	3
Planchers hauts	Hourdis béton supposés isolés par l'extérieur sous l'étanchéité.	2	3
Planchers bas	Planchers bas sur parking ou extérieur, isolé en sous-face. Sous-sol sur terre plein supposé faiblement isolé.	4	3
Menuiseries et protections solaires	Menuiseries double vitrage sur châssis aluminium moyennement performantes et en état correct. Protections solaires extérieures motorisées et stores intérieurs.	3	3
Synthèse	Une enveloppe de performance moyenne en état correct.	3	3
Equipements			
Poste	Descriptif	Performance (sur 5)	Vétusté (sur 5)
Chauffage	Radiateurs acier raccordés à deux chaudières gaz en cascade avec régulation sur loi d'eau et sonde d'ambiance. Pompes à chaleur réversibles servant principalement à la climatisation utilisées comme appoint en cas d'inconfort hivernal localisé. Une des chaudières et la régulation sont récentes.	3	3
Climatisation	Climatisation de l'ensemble des bureaux par PAC DRV ou split. Régulation terminale avec gestion centralisée des seuils de consignes des émetteurs raccordés aux PAC DRV.	3	2
ECS	L'eau chaude sanitaire est exclusivement produite par des chauffe-eaux électriques à accumulation. Il n'y a pas de bouclage grâce à la proximité des ballons avec les points de puisage.	2	3
Ventilation	Une centrale de traitement d'air vétuste localisée au sous-sol assure un renouvellement d'air (insuffisant) dans l'ensemble des locaux, avec balayage depuis les bureaux vers les circulations et les pièces humides.	3	2
Eclairage	Eclairage LED majoritaire. Détection de présence dans les circulations et les sanitaires.	5	5
Usages spécifiques	Equipements de bureautique majoritaires.		
Synthèse	Equipements de performances contrastées devant être remplacés prochainement.	3	3
Légende - performance		Equivalent performance énergétique	Equivalent vétusté
5 - Très bon		RE2020 et après	Très bon état - < 7 ans
4 - Bon		Niveau R2012	Bon état - < 12 ans
3 - Moyen		Niveau RT2000/RTExistant	Etat convenable - < 25 ans
2 - Mauvais		Année 1990	Ancien - > 25 ans
1 - Critique		Avant 1990	Hors service - > 30 ans ou remplacement immédiat



PERFORMANCE



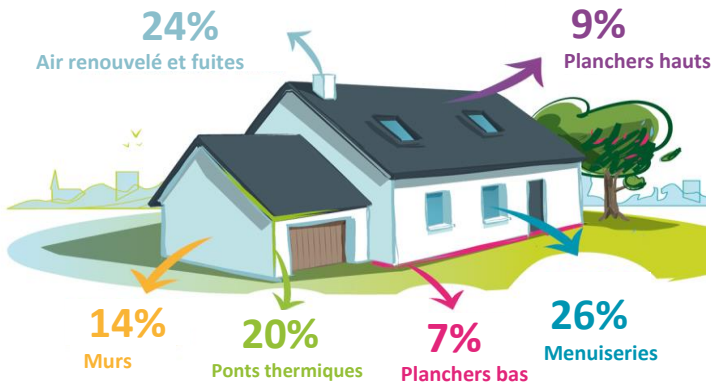
VETUSTE

B.2. Synthèse des déperditions et consommations

La répartition des déperditions est résumée dans le schéma simplifié ci-dessous :

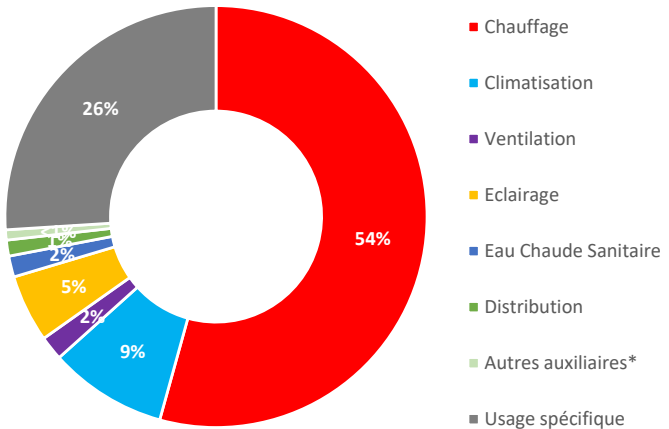
Déperditions thermiques (hors surpuissance équipements)	
113 kW	
Soit	46,3 W/m²

En règle générale, les déperditions sont comprises entre 120 W/m² (peu performant) et 30 W/m² (très performant).



La répartition des consommations énergétiques simulées est la suivante :

Usages	Conso énergie finale (kWh PCI)	Energie finale kWh/m².SHON
Chauffage	111 100	43
Climatisation	18 500	7
Ventilation	3 800	1
Eclairage	10 600	4
Eau Chaude Sanitaire	3 300	1
Distribution	2 500	1
Autres auxiliaires*	1 600	1
Usage spécifique	53 200	21
Restauration et industriel	0	0



* ventilateurs locaux des émetteurs, consommations d'auxiliaire des PAC sur air, etc.

	Total	Surfacique (/m².SHON)
Conso (kWh/ef PCI) (hors usage spe.)	151 400	59
Conso (kWh/ef PCI) (avec usage spe.)	204 600	80
Facture (€ HTVA)	38 700	15
Emission GES (kg CO2 éq.)	30 400	12

Les étiquettes ci-dessous sont établies en fonction des consommations théoriques d'énergie primaire à partir des besoins pour les postes chauffage, ECS, ventilation, éclairage et auxiliaires (hors habitations). Les étiquettes présentées ici ne sont pas des étiquettes DPE au sens de la réglementation et ne sont pas utilisables en tant que telles.

Type de bâtiment :			Bureau ou Enseignement			
Consommation		138	Emission de GES		12	kg éq. CO ₂ /m ² .an
BATIMENT ECONOME			FAIBLE EMISSION DE GES			
≤ 50	A	138	≤ 5	A	12	
51 à 110	B		6 à 15	B		
111 à 210	C		16 à 30	C		
211 à 350	D		31 à 60	D		
351 à 540	E		61 à 100	E		
541 à 750	F		101 à 145	F		
≥ 751	G		≥ 146	G		
BATIMENT ENERGIVORE			FORTE EMISSION DE GES			

B.3. Synthèse des préconisations

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque préconisation, les gains sur les trois postes (facture, consommation en énergie finale kWhEF¹ émission de gaz à effet de serre kg éq. CO₂⁴).

La colonne priorité permet d'identifier les actions soit avec un TRB faible, soit nécessitant une intervention pour assurer un bon fonctionnement du site (1 = prioritaire, 3 = non prioritaire).

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Gains annuels				TRB
			€ HTVA	kWhef PCI	% (EF)	kg éq. CO ₂	
ENVELOPPE							
2	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 163 400 € Bios. : 163 400 €	1 900 €	16 700	8%	4 000	> 50 années
3	Isolation des faux-plafonds	Conv. : 119 900 € Bios. : 129 300 €	1 100 €	9 800	5%	2 300	> 50 années
2	Isolation des plancher bas sur extérieur	Conv. : 24 500 € Bios. : 28 200 €	100 €	700	0%	200	> 50 années
3	Remplacement des menuiseries	Conv. : 385 000 € Bios. : 570 800 €	1 400 €	9 300	5%	1 800	> 50 années
EQUIPEMENTS							
2	Remplacement de la seconde chaudière gaz	62 000 €	0 €	0	0%	0	-
2	Chaudière bois à granulés	125 500 €	4 400 €	-11 800	-6%	24 100	29 années
2	Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques	293 500 €	200 €	64 400	31%	18 000	> 50 années
1	Pompe à chaleur air/air type DRV	161 000 €	3 000 €	74 100	36%	19 200	> 50 années
1	Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	13 500 €	-800 €	-5 200	-3%	-1 000	-
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	53 000 €	-2 100 €	-11 100	-5%	-1 700	-
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	70 000 €	-2 000 €	-7 200	-4%	-700	-
3	Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	2 500 €	700 €	2 000	1%	-100	3 années
2	Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	47 000 €	8 000 €	29 000	14%	1 200	7 années
USAGES SPÉCIFIQUES, RÉGULATION ET SUIVI ÉNERGÉTIQUE							
1	Remplacement des robinets thermostatiques	18 000 €	2 400 €	19 900	10%	4 500	8 années
1	Installation d'une GTC	29 500 €	0 €	0	0%	0	-

Tableau de synthèse des préconisations (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

B.4. Synthèse des scénarios

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
ENVELOPPE							
2	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 163 400 € Bios. : 163 400 €		Conv.	Conv.	Conv.	
3	Isolation des faux-plafonds	Conv. : 119 900 € Bios. : 129 300 €				Conv.	
2	Isolation des plancher bas sur extérieur	Conv. : 24 500 € Bios. : 28 200 €	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	
3	Remplacement des menuiseries	Conv. : 385 000 € Bios. : 570 800 €				Conv.	
EQUIPEMENTS							
2	Remplacement de la seconde chaudière gaz	62 000 €	✓				
2	Chaudière bois à granulés	125 500 €		✓			
2	Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques	293 500 €				✓	
1	Pompe à chaleur air/air type DRV	161 000 €	✓	✓	✓	✓	
1	Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	13 500 €	✓	✓	✓		
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	53 000 €	✓	✓			
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	70 000 €			✓	✓	
3	Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	2 500 €		✓	✓	✓	
2	Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	47 000 €	✓		✓		
USAGES SPÉCIFIQUES, RÉGULATION ET SUIVI ÉNERGÉTIQUE							
1	Remplacement des robinets thermostatiques	18 000 €	✓	✓	✓	✓	
1	Installation d'une GTC	29 500 €	✓	✓	✓	✓	
Investissement travaux et MOE (12%) (€ HTVA)			457 500 €	661 700 €	592 800 €	1 419 300 €	
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)			1 000 €	200 €	1 000 €	100 €	
CEE (€)			33 300 €	48 400 €	44 500 €	73 100 €	
Aides et subventions			6 840 €	0 €	6 840 €	0 €	
Reste à charge (€ HTVA)			417 360 €	613 300 €	541 460 €	1 346 200 €	
Temps de retour dynamique ¹⁹ avec aides (années)			19 ans	21 ans	18 ans	21 ans	
Gains	Energie finale (kWhef)		24%	7%	60%	44%	
	Energie primaire (kWhep)		26%	4%	40%	17%	
	Emissions de GES ⁴ (kg éq. CO ₂)		22%	81%	75%	72%	
	Facture (€ HTVA)		26%	16%	41%	19%	
Etiquette Energie (kWhep/m ² /an)			B - 103	C - 133	B - 84	C - 115	
Etiquette Climat (kg éq. CO ₂ /m ² /an)			B - 10	A - 3	A - 3	A - 4	

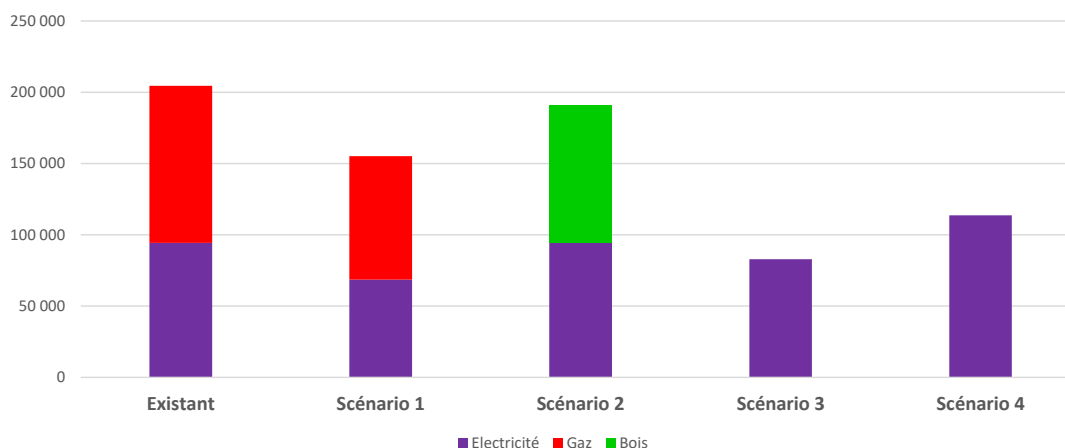
Préconisations proposées pour chaque scénario (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

B.5. Synthèse par énergie

Le tableau ci-dessous synthétise les consommations après travaux du site par type d'énergie.

SYNTHESE PAR ENERGIE	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Electricité						
Energie finale (kWh PCI)	94 400	68 600	94 700	82 800	113 700	
Energie primaire (kWh PCI)	243 700	176 900	244 300	213 600	293 300	
Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	4 600	3 600	4 600	7 600	8 400	
Facture(€ HTVA)	25 900 €	18 800 €	26 000 €	22 700 €	31 200 €	
Gaz						
Energie finale (kWh PCI)	110 100	86 500	0	0	0	
Energie primaire (kWh PCI)	110 100	86 500	0	0	0	
Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	25 800	20 200	0	0	0	
Facture(€ HTVA)	12 700 €	10 000 €	0 €	0 €	0 €	
Bois						
Energie finale (kWh PCI)	0	0	96 600	0	0	
Energie primaire (kWh PCI)	0	0	96 600	0	0	
Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	0	0	1 300	0	0	
Facture(€ HTVA)	0 €	0 €	6 400 €	0 €	0 €	

Consommation annuelle en kWhEF



B.6. Récapitulatif

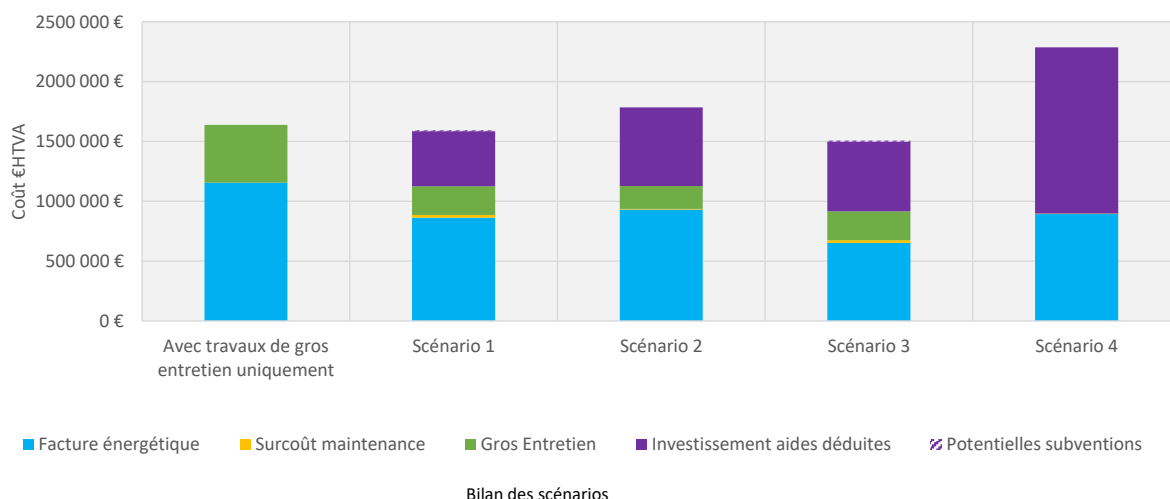
Le tableau ci-dessous synthétise les consommations après travaux du site par type d'énergie.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Investissement travaux et MOE (€ HTVA)	457 500 €	661 700 €	592 800 €	1 419 300 €	
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)	1 000 €	200 €	1 000 €	100 €	
Gains	Energie finale (kWhEF)	49 600	13 300	121 800	90 900
	Energie finale (%)	24%	7%	60%	44%
	Facture (€ HTVA)	9 900	6 300	16 000	7 500
	Facture (%)	26%	16%	41%	19%
Amélioration	Enveloppe	✓	✓	✓	✓
	Chauffage / Climatisation	✓	✓	✓	✓
	Qualité d'air	✓	✓	✓	✓
	Confort visuel	✗	✗	✗	✗
	Apparence extérieure	✗	✓	✓	✓
Impact sur le confort	Saison estivale	↗	↗	↗	↗
	Saison hivernale	↘	↘	↘	↘

B.7. Bilan financier

Le diagramme ci-dessous montre un bilan financier des différents scénarios de travaux par rapport à celui du bâtiment existant pour lequel uniquement les travaux de gros entretiens sont réalisés.

Analyse des scénarios sur 21 ans



B.8. Synthèse dispositif Eco-Energie Tertiaire

La méthode retenue pour définir la référence et les objectifs du DEET est :

Relative

Avec la méthode relative, les objectifs sont [consommation existante] < consommation ref x -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050. L'année de référence retenue est : 01/2015 -> 12/2015

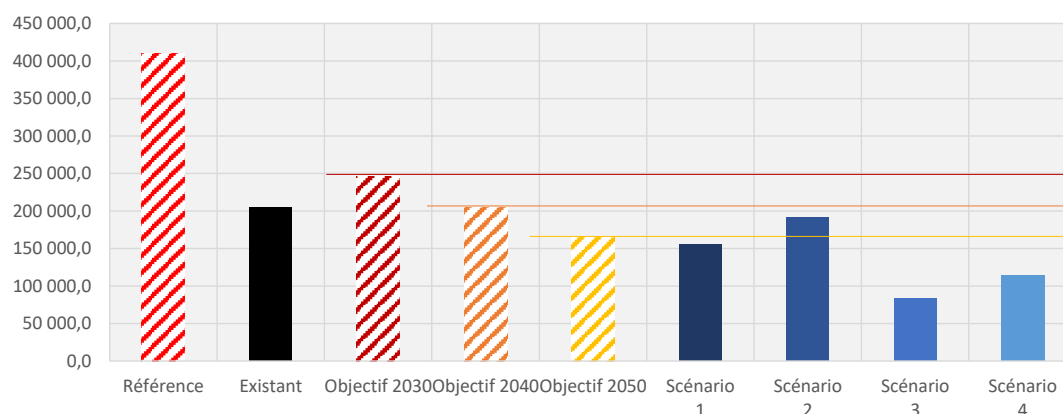
Avec la méthode absolue, les objectifs sont [consommation existante] < Cabs2030, Cabs2040 (non connu), Cabs2050 (non connu), Cabs étant un ratio de consommation /m² défini par arrêté selon l'usage du bâtiment.

Le tableau ci-dessous synthétise l'atteinte des objectifs en fonction des scénarios :

Consommation (kWhPCI)	Référence	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Consommation	410 482,1	204 600,0	155 000,0	191 300,0	82 800,0	113 700,0	
Réduction		-50%	-62%	-53%	-80%	-72%	
2030 : Objectif initial	246 289	✓	✓	✓	✓	✓	
2030 : Objectif modulé	246 289	✓	✓	✓	✓	✓	
2040 : Objectif initial	205 241	✓	✓	✓	✓	✓	
2040 : Objectif modulé	205 241	✓	✓	✓	✓	✓	
2050 : Objectif initial	164 193	✗	✓	✗	✓	✓	
2050 : Objectif modulé	164 193	✗	✓	✗	✓	✓	

Le graphique suivant présente l'évolution des consommations selon les scénarios de travaux :

Evolutions des consommations (kWhEF PCI)



C. INTRODUCTION

C.1. Contexte de la mission

La principale motivation de la réalisation de cet audit est la mise en conformité avec le Dispositif Eco Energie Tertiaire (DEET) et la planification des travaux pour y parvenir.

Les objectifs de l'étude sont multiples :

- **Réduire les besoins** en énergie du bâtiment et améliorer le confort des occupants (été/hiver) ;
- Proposer **des solutions techniques adaptées** au contexte et aux possibilités qu'offre le site ;
- **Comparer les différentes solutions** en termes de coût d'investissement et de coût d'exploitation ;
- Rechercher des solutions visant à **assurer la pérennité de l'approvisionnement et favorisant une logique de développement local** ;
- Faire ressortir **les qualités environnementales des différents scénarios énergétiques**, notamment en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'économies d'énergies fossiles.

Les préconisations et les scénarios seront adaptés au contexte et aux possibilités qu'offre le site. Un scénario de travaux regroupe différentes préconisations que ce soit sur l'enveloppe ou les équipements pour atteindre les objectifs définis par le maître d'ouvrage.

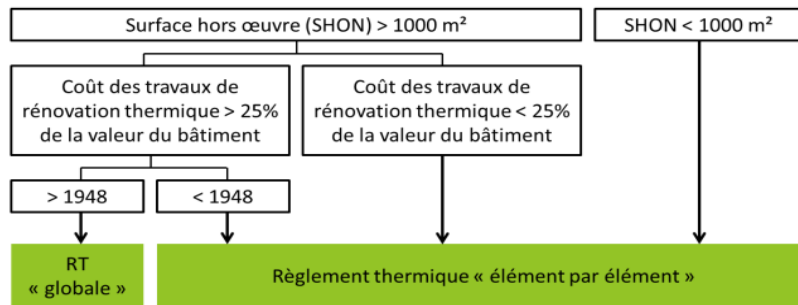
La démarche associée à chaque scénario est la suivante :

- Sobriété énergétique, qui consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus. Exemple : correction de la régulation, correction d'un défaut d'isolation
- L'efficacité énergétique, qui permet de réduire les consommations d'énergie pour un besoin donné. Exemple : Renforcement de l'isolation, amélioration des équipements.
- Les énergies renouvelables, qui répondent à nos besoins énergétiques avec un faible impact environnemental et une gestion décentralisée. Exemple : Installation de panneaux photovoltaïques.

C.2. Contexte réglementaire

C.2.1. Réglementaire thermique - RT Existant

La réglementation RT Bâtiment Existant (mise en place en 2007) s'applique dès lors que des travaux de rénovations concernant l'enveloppe, le CVC, l'ECS, l'éclairage ou la mise en place d'ENR sont prévus sur un bâtiment existant. Selon l'importance des travaux prévus, deux cadres réglementaires sont possibles. La figure suivante schématise le cadre réglementaire des travaux de rénovation :



Au 1er janvier 2022, la valeur de construction française (définie par arrêté) était de 1 718 € HT/m² SDP pour les bâtiments résidentiels et 1 466 € HT pour les bâtiments non résidentiels.

Dans le cas de l'audit :

- La surface de plancher est de 2 573 m²
- La valeur du bâtiment est de 3 771 300 € HT, le seuil des 25% est donc fixé à 942 825 € HT
- La date de construction du bâtiment est 1984



La réglementation qui s'applique est donc la RT dite "Globale" pour les scénarios 1 à 3 et la RT dite "Elément par Elément" pour le scénario 4.

La RT Globale impose au projet de respecter différentes exigences relatives à la performance thermique du bâtiment rénové. La vérification de respect des exigences est justifiée par un calcul réglementaire à l'aide d'un logiciel équipé du moteur Th-CE ex. Ce logiciel ressort les valeurs suivantes :

- Cepini, Cepapt, Cepref : Consommation en énergie primaire du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence (consommation qu'aurait le même bâtiment avec une performance standard).
- Ubatini, Ubatapt, Ubatref : Coefficient de déperditions de chaleur global du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence
- TICini, TICapt, TICref : Température intérieure du bâtiment pour son état initial, après-travaux et de référence, permettant de 'quantifier' le confort d'été

Les exigences à respecter sont les suivantes :

- Cepapt < Cepref
- TICapt < TICref
- Respect des gardes fous : Des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...), lorsque ceux-ci sont modifiés par les travaux de rénovation.

La RT Elément par Elément impose d'installer des produits de performance supérieure aux caractéristiques minimales mentionnées dans l'arrêté du 3 mai 2007 (modifié à compter du 1er janvier 2018).

Les exigences concernent :

- L'enveloppe : murs, toitures, planchers, menuiseries

C.2.2. Dispositif Eco-Energie Tertiaire

La loi 2010-788 du 12 juillet 2010, dite loi « Grenelle II » a fixé les orientations et les engagements environnementaux de la France. En 2018, l'article 175 de la loi ELAN précise les objectifs de réduction de consommation pour les bâtiments tertiaires. Le Décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019, dit « décret tertiaire » ou « Dispositif éco énergie tertiaire », précise les modalités d'application. Ce décret est complété par plusieurs arrêtés, publiés ou en cours de publication.

Il en ressort les éléments suivants :

- sont concernés tous les bâtiments, parties de bâtiments ou ensemble de bâtiments hébergeant des activités tertiaires du secteur public et du secteur privé, quelle que soit leur année de mise en service, dans les configurations suivantes (Cf. II de l'article R. 174-22 du code de la construction et de l'habitation), dès lors que la surface de plancher cumulée des activités tertiaires (SP) $\geq 1\,000\text{ m}^2$
- dans le cas d'un ensemble de bâtiments, il faut entendre les établissements qui regroupent plusieurs bâtiments sur une même unité foncière (un ou plusieurs parcelle formant un îlot d'un seul tenant appartenant à un même propriétaire) ou à défaut sur un même site (lien fonctionnel entre bâtiment ou un seul gestionnaire)
- les obligations sont portées à l'échelle de chaque 'Entité fonctionnelle' du site (notion assez proche du SIREN)



Le bâtiment est assujéti : il contient une activité tertiaire sur une surface de plus 1000 m².

Les objectifs d'économies sont déclinées sur 3 échéances : 2030, 2040 et 2050, selon deux méthodes possibles :

> Relative : Réduction des consommations par rapport à une année de référence (entre 2010 et 2020) - par entité fonctionnelle- de -40% d'ici 2030, -50% à 2040 et - 60% avant 2050

> Absolue : Atteinte d'une consommation inférieure à un seuil en 2030, 2040 et 2050, calculé en fonction de l'usage et de la typologie du bâtiment selon des valeurs normatives publiées ou en cours de publication

Le suivi des consommations se fait via la plateforme OPERAT (ADEME), une saisie annuelle est à réaliser.

C.2.3. Décret BACS

A la suite du décret tertiaire, est paru au JO le 21 juillet 2020 le décret BACS (Building Automation & Control Systems). Il a été ensuite modifié par l'**arrêté du 7 avril 2023**. Ce décret impose la mise en place d'une GTB (gestion technique du bâtiment) pour les bâtiments tertiaires, neufs et existants, d'un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments selon un critère de puissance chauffage+climatisation installée.

L'objectif est de voir tous les bâtiments existants concernés de s'équiper de systèmes d'automatisation et de contrôle :

- **D'ici le 1er janvier 2025** pour les sites équipés de systèmes d'une **puissance supérieure à 290 kW**
- **D'ici le 1er janvier 2027** dans le cas où leur **puissance est comprise entre 70 kW et 290 kW**.



Le bâtiment est donc soumis au décret BACS. Une GTC devra être installée avant le 1er janvier 2025.

La GTB doit être au minimum de Classe B (NF EN15232-1 = EN ISO 52120-1) et permettra au minimum les fonctions suivantes :

- Pilotage des équipements chauffage/ventilation/ECS/climatisation en fonction des conditions intérieures et extérieures
- Suivi et historisation des mesures (température, hygrométrie, puissance, état, ...) et compteurs (chaud, électricité)
- Présenter des indicateurs de performance par rapport à des valeurs de références
- Protocole de communication ouverts

C.2.4. Installation photovoltaïque sur parking

L'article 11 de la loi ENR qui est relative à l'accélération de la production d'énergie renouvelable introduit le fait que 50% de la surface totale des parkings extérieurs devra être couverte par des ombrières photovoltaïques, et ce, à l'horizon 2026. Cette exigence s'applique principalement aux parkings nouvellement construits ou rénovés dont la surface totale dépasse le seuil de 1500 m².

Des dérogations sont possibles pour les parkings :

- concernés « des contraintes techniques, de sécurité, architecturales, patrimoniales et environnementales ou alors relatives aux sites et aux paysages »
- dont 50% de leur superficie sont déjà ombragées par des arbres
- soumis à modification ou suppression future.



Le bâtiment n'est pas concerné, la surface de parking est inférieure à 1500 m².

C.2.5. Qualité d'air intérieure

L'obligation de mesure de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les établissements publics a été instaurée par la loi Grenelle 2 et appliquée par le décret 2015-1926 du 30 décembre 2015 et modifiée par le décret 2022-1689 du 27 décembre 2022. Elle s'applique sur les établissements recevant du public, sont exclus les locaux à pollution spécifique mentionnés à l'article R. 4222-3 du code du travail (type piscines).

Le périmètre d'action et d'échéance est le suivant :

Etablissements accueillant du publics concernés :

Accueil collectif d'enfants de moins de six ans	1 ^{er} janvier 2018
Accueil de loisirs	1 ^{er} janvier 2020
Enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degré	1 ^{er} janvier 2023
Structures sociales et médico-sociales rattachées aux établissements de santé, structures de soins longue durée Etablissements ou services d'aide sociale à l'enfance Etablissements ou services, y compris foyers d'accueil médicalisé, qui accueillent les personnes handicapées Etablissements ou services à caractère expérimental	1 ^{er} janvier 2023
Etablissements pénitenciers pour mineurs	1 ^{er} janvier 2025



Le bâtiment n'est donc pas concerné.

C.2.6. Chauffage

Pour les bâtiments équipés d'un ou plusieurs locaux de production de chaleur pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire est soumis à une réglementation en fonction de sa puissance. La puissance de production est calculée en kW pour l'ensemble des équipements à l'échelle de chaque local. Tous les équipements sont concernés (chaudière combustible ou électrique, échangeur sur réseau, pompe à chaleur, chauffe-eau électrique).

Les conditions de puissance sont les suivantes, avec P_{totale} = somme des puissances chauffage/ECS :

- $P_{totale} \geq 30$ kW ET bâtiment ERP : Articles CH de l'arrêté du 25 juin 1980
- $P_{totale} \geq 70$ kW : Arrêté du 23 juin 1978
- $P_{totale} \geq 400$ kW : Arrêté du 23 juin 1978
- $P_{totale} \geq 1$ MW : Arrêté du 3 août 2018 (classement ICPE)



La réglementation qui s'applique est donc l'arrêté du 23 juin 1978 pour les chaufferies d'une puissance totale supérieure à 70 kW.

C.2.7. Fluide frigorigène

Le règlement européen F-Gas met en place un calendrier d'interdiction qui élimine au fur et à mesure les fluides dotés d'un fort GWP (Global Warming Potential) ou PRG (Potentiel de Réchauffement Global). Le potentiel de réchauffement global est un indice représentant l'action des composés chimique sur le réchauffement de la planète (effet de serre). Les interdictions sont réalisés en fonction de cette valeur.

Les propriétaires et détenteurs d'installations de climatisation et réfrigération utilisant tous types de fluides frigorigènes sont tenues de respecter la réglementation en vigueur.

La chronologie ci-dessous résume la mise en place de réglementation :

- 2015 : limitation du PRG à 150 pour la réfrigération domestique. Il est interdit de stocker du R22, ainsi que de réparer ou entretenir les installations contenant du R22.
- 2020 : interdiction des fluides avec PRG > 2500 pour la réfrigération commerciale neuve et la climatisation. Il est interdit de recharger ces installations avec du fluide neuf. Seuls les fluides recyclés ou régénérés pourront être utilisés jusqu'à 2030. Fluide concerné : R404A, R422D, R422A, R507.
- 2022 : interdiction des fluides avec PRG > 150 pour la réfrigération commerciale neuve et la climatisation si $P > 40$ kW. Fluide concerné : R32, R134A, R407A, R407F, R448A, R449A, R452A.
- 2025 : limitation du PRG à 750 pour les climatisations résidentielles inférieures à 3 kg.
- 2030 : il sera interdit de réparer ou d'entretenir toute installation avec un Potentiel de réchauffement Global supérieur à 2500, même avec du fluide régénéré



L'ensemble des pompes à chaleur sur site utilise du frigorigène R410A. Son pouvoir de réchauffement global est de 2088. Le bâtiment n'est pas concerné par le règlement F-Gaz pour ce qui est du rechargement de ces unités.

C.3. Déroulement de l'étude

C.3.1. Interlocuteurs

Nom	Prénom	Entreprise/entité	Fonction	Courriel	Téléphone
BIVONA	Patrick	Energio	Chargé d'étude	pbivona@energio.fr	02 47 88 02 02
DELCOMBEL	Sébastien	CAF de l'Indre	Responsable Patrimoine	sebastien.delcombel@cafchateauroux.cnafmail.fr	02 54 53 28 69

C.3.2. Visite du site

Le relevé sur site a été effectué le 15 mars 2024. Ce relevé a permis de visiter et de caractériser l'ensemble des locaux et équipements, à l'exception des salles d'archives et des salles d'entretien individuelles au niveau de l'accueil du public.

La météo trop douce le jour de la visite n'a pas permis la réalisation de clichés en thermographie infrarouge. Elle sera réalisée à l'hiver 2024-2025.

C.3.3. Ressource documentaire

Les documents suivants ont été mis à disposition d'Energio :

- Suivi des consommations énergétiques (gaz et électricité de 2015 à 2023)
- Factures de gaz et électricité
- Plans
- Accès à la plateforme OPERAT de l'ADEME
- Factures de travaux réalisés
- Rapport de diagnostic énergétique avec thermographie infrarouge, réalisé en 2011
- Rapport d'audit général, réalisé en 2016
- Rapport de vérification de l'aération et de l'assainissement, réalisé en 2023
- Contrat d'exploitation

C.4. Aides financières considérées

Certificats d'Economies d'Energie (CEE) : Les opérations standardisées d'économies d'énergie correspondent à des opérations couramment réalisées pour lesquelles une valeur forfaitaire de certificats d'économies d'énergie (CEE) a été définie.

Élaborées par la Direction générale de l'énergie et du climat, l'ADEME et l'Association Technique Énergie et Environnement (ATEE), elles font l'objet de fiches publiées, par arrêté ministériel, au Journal Officiel après consultation du Conseil supérieur de l'énergie. (source : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie>)

La valorisation calculée dans le cadre de notre étude est susceptible de connaître des modifications à la hausse comme à la baisse en fonction de l'évolution des calculs issus des fiches standardisées et de l'évolution du cours du kWhcumac.

Fonds chaleur : Les aides calculées sont une note fournie par l'ADEME et actualisée régulièrement. Montant pour la biomasse :

Aide forfaitaire par tranche marginale de MWh EnR produits :

Tranche (MWh)		aide collectif/tertiaire en € / MWhENR sortie sur 20ans	aide industrie/agricole** en € / MWhENR sortie sur 20ans
0	600	21	12
601	3 000	10	6
3 001	6 000	5	3
6 001	20 000	4	1

Montant pour la géothermie :

	Production de CHAUD	Production de FROID
Technologie	Aide forfaitaire en €/MWh EnR/an (sur 20 ans) en mode chaud	Aide forfaitaire en €/MWh EnR/an (sur 20 ans)
PAC sur sondes et géostructures énergétiques	50 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR
PAC sur échangeurs compacts géothermiques	44 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR
PAC sur eau de nappe, sur eau de mer et sur eaux usées	25 €/MWh EnR	13 €/MWh EnR

Les montants d'aides calculés dans cette étude sont des estimatifs et sont basés sur les règlements financiers en vigueur, susceptibles de changer. Seuls les dossiers déposés et instruits par les financeurs permettront de calculer les aides potentielles.

D. ETAT DES LIEUX

D.1. Généralités

D.1.1. Description du site

Le site est le siège de la Caisse d'Allocations Familiales de l'Indre, un bâtiment de bureaux construit en 1984 sur 4 niveaux. Il fournit environ 120 postes de travail et accueille du public dans une partie du bâtiment. Depuis la crise sanitaire, le télétravail s'est développé et l'occupation des bureaux est plus variable.

Le tableau ci-dessous présente l'historique des travaux réalisés sur le site :

Période	Travaux réalisés	Commentaire
2022-23, 2017	Remplacement de l'éclairage par des luminaires LED	
2022	Remplacement des lanterneaux de toiture	
?	Nettoyage de la toiture	
2019	Remplacement du conduit de fumée	
?	Remplacement d'une des deux chaudières gaz	
2012	Remplacement des menuiseries	

D.1.2. Situation géographique et données administratives

SITUATION GEOGRAPHIQUE ET URBANISME	
Département	36 Indre
Zone climatique	H2b
Adresse	195 rue de la Châtre
Code Postal / Commune	36000 Châteauroux
Classement MH / ABF	Non concerné
Zone bruyante	Non

DONNEES ADMINISTRATIVES	
Usage	Bureaux
Année construction	1984
Année de réhabilitation	-
Nombre d'occupants	120
Catégorie DPE ¹⁴	Bureau ou Enseignement
Catégorie d'ERP	5
Type d'ERP	W
Propriétaire	CAF de l'Indre

TABLEAU DES SURFACES ²¹	
Surface de plancher (m²)	2 573 m²
Surface chauffée (m²)	2 432 m²

*Les surfaces sont estimées sur la base de notre modélisation.
Pour une valeur réelle, nous vous conseillons de faire appel à un géomètre.*

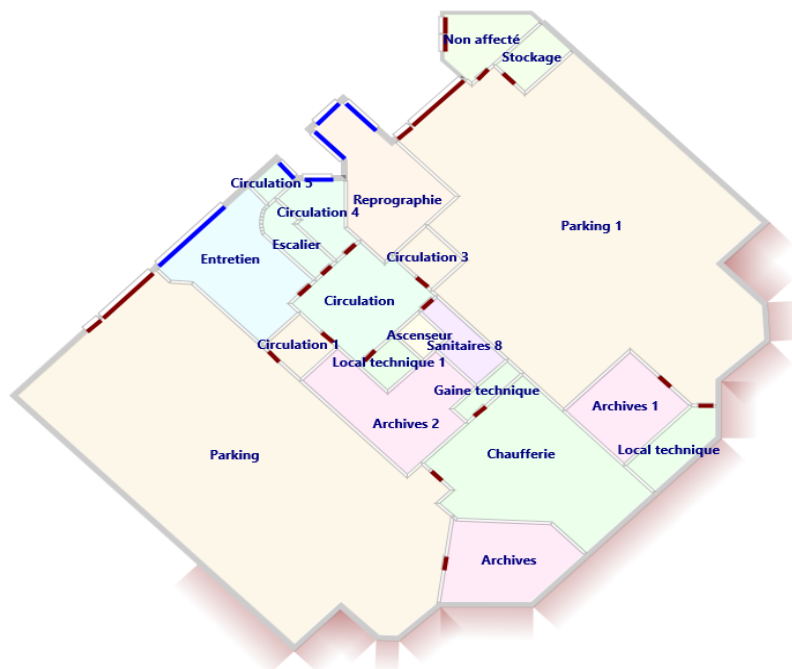


Vue d'ensemble du site - Source : Energio

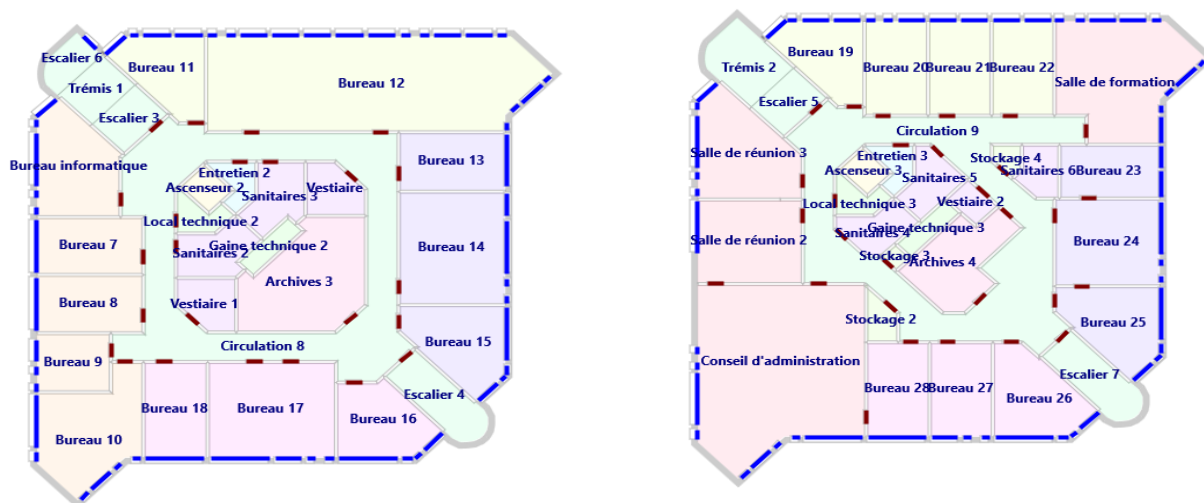
D.1.3. Occupation

Les horaires d'ouverture du site en semaine sont présentés ci-dessous, il s'agit des amplitudes d'occupation moyenne.

Jour	Site	Accès au public
Du lundi au vendredi	7h30 - 18h30	8h30 - 12h30 13h30 - 17h
Week-end	Fermé	Fermé

[illegible]

Plan du rez-de-chaussée



Plan du R+1 (gauche) et du R+2 (droite)

D.2. Description du bâti

Légende - performance	Equivalent performance énergétique	Equivalent vétusté
5 - Très bon	RE2020 et après	Très bon état - < 7 ans
4 - Bon	Niveau R2012	Bon état - < 12 ans
3 - Moyen	Niveau RT2000/RTExistant	Etat convenable - < 25 ans
2 - Mauvais	Année 1990	Ancien - > 25 ans
1 - Critique	Avant 1990	Hors service - > 30 ans ou remplacement immédiat

D.2.1. Planchers bas

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 2,70 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif.
------------------------	---

Synthèse

Planchers bas sur parking ou extérieur, isolé en sous-face. Sous-sol sur terre plein supposé faiblement isolé.

Plan de repérage



Descriptif							
ID	Couleur plan	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface déperditive	R estimé (K.m²/W)	Vétusté
1	Orange	Structure béton	Panneau composite type Fibrastyrene PSE 5 cm + 1 cm fibre de bois	Sous-sol	530 m²	1,6	3
2	Vert	Structure béton	Panneau composite type Fibrastyrene PSE 5 cm + 1 cm fibre de bois	Extérieur	143 m²	1,6	3
3	Jaune	Dalle béton	Isolation mince type PSE 5 cm supposée	Sol	295 m²	1,4	3
4	Rouge	Dalle béton	Aucune	Extérieur	10 m²	0,3	3



Seules les surfaces déperditives sont prises en compte dans le tableau ci-dessus. En particulier, le parking est non-chauffé, la surface du plancher bas correspondante n'est pas comptabilisée, même si elle apparait sur le plan de repérage.



Reportage photographique

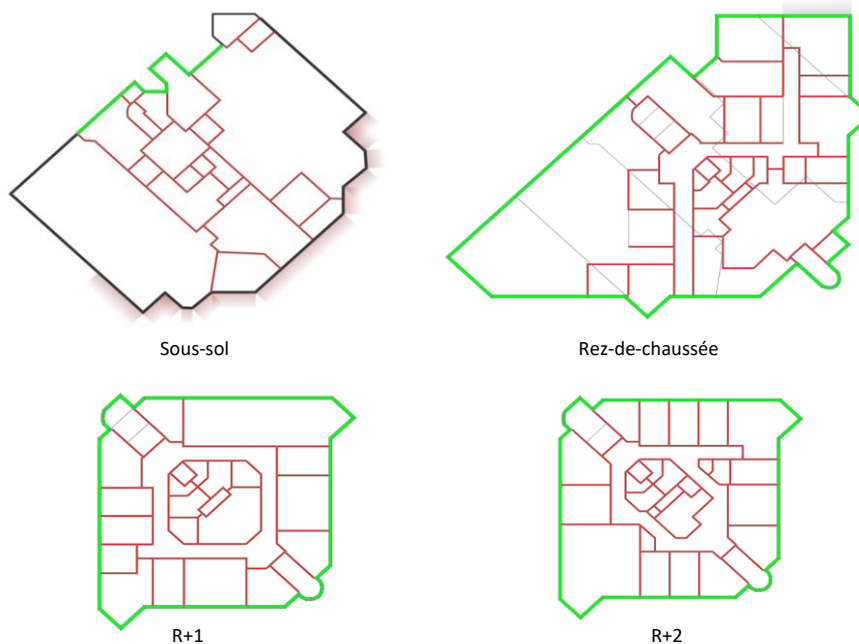
D.2.2. Murs

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 2,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les murs donnant sur l'extérieur.
------------------------	--

Synthèse

Structure et panneaux en béton, supposés non isolé.

Plan de repérage



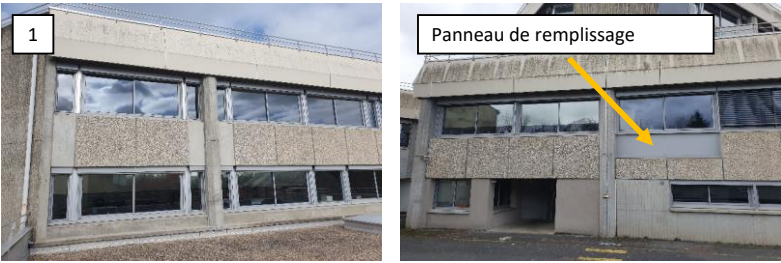
Descriptif

ID	Couleur plan	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface déperditive	R estimé ($\text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$)	Vétusté
1		Structure et panneaux béton	3 cm d'isolant non identifié supposé	Extérieur	540 m^2	1,1	3
2		Cloison béton	Aucune	Local non chauffé	244 m^2	0,3	3



La présence d'isolant dans les murs n'a pu être vérifiée. Une isolation mince est supposée, sur la base de l'année de construction du bâtiment et de l'audit énergétique réalisé par Bureau Veritas en 2011.

Un des panneaux béton n'est pas continu, au niveau du bureau paysager du rez-de-chaussée. Le panneau de remplissage est mince et l'étanchéité à l'air est mauvaise. Les occupants se plaignent de sensation de froid et de courant d'air à cet endroit.



Reportage photographique

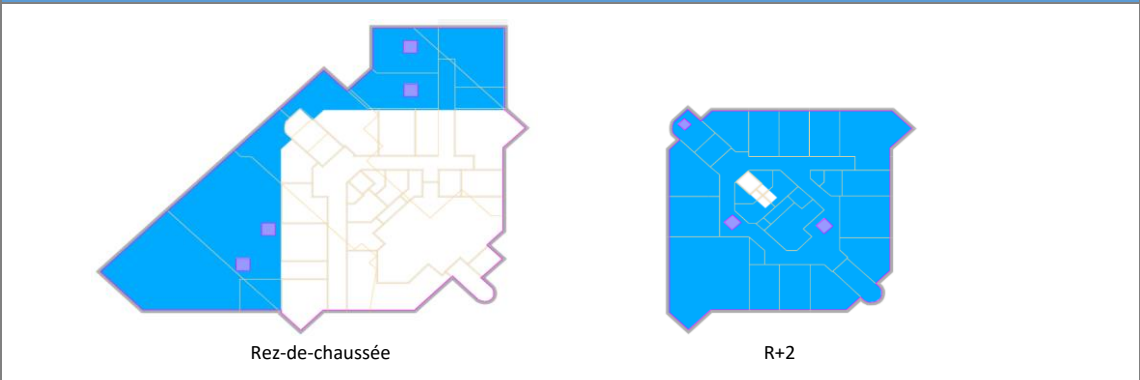
D.2.3. Planchers hauts

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose une résistance thermique minimale $R = 4.4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les rampants de toiture de pente inférieure à 60° , $R = 4.8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les planchers de combles perdus, $R = 3,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les toitures terrasses.
------------------------	---

Synthèse

Hourdis béton supposés isolés par l'extérieur sous l'étanchéité.

Plan de repérage



Descriptif

ID	Couleur plan	Gros œuvre / Principe constructif	Isolation	Contact	Surface déperditive	R estimé ($\text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$)	Vétusté
1		Hourdis béton avec faux-plafond, étanchéité, graviers	Isolation type PSE 10 cm sous l'étanchéité (supposée)	Extérieur	1 043 m^2	2,7	3



Les toitures ont été nettoyées en 2022. L'étanchéité est dans un état convenable.



Reportage photographique

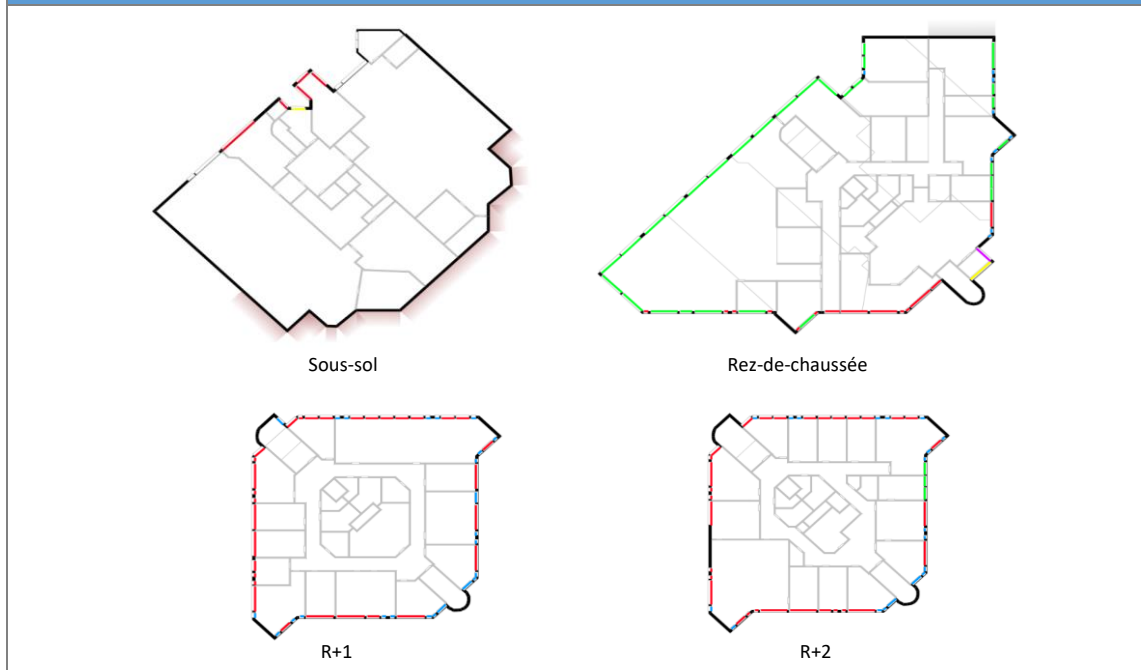
D.2.4. Menuiseries extérieures / Protection solaire

Détails réglementaires	L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (RT existant élément par élément) impose des menuiseries avec un coefficient de transmission $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et un facteur solaire $Sw \leq 0,35$ et un $U_d \leq 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pour les portes pleines.
------------------------	---

Synthèse

Menuiseries double vitrage sur châssis aluminium moyennement performantes et en état correct. Protections solaires extérieures motorisées et stores intérieurs.

Plan de repérage



Descriptif

ID	Couleur plan	Châssis	Vitrage	Type d'ouvrant	Protection solaire	Sw^{23}	Surface	U estimé (W/K.m²)	Vétusté
1		Aluminium avec rupteur	Double vitrage - lame d'air 6 mm	Battant	Aucune	0,44	3 m²	3,2	3
2		Aluminium avec rupteur	Double vitrage - lame d'air 10 mm	Fixe ou coulissant	Stores extérieurs et intérieurs	0,44	128 m²	2,8	3
3		Aluminium avec rupteur	Double vitrage - lame d'air 12 mm	Fixe ou coulissant	Stores extérieurs et intérieurs	0,50	229 m²	2,6	3
4		Aluminium avec rupteur	Double vitrage - lame d'air 16 mm	Battant	Stores extérieurs et intérieurs	0,30	52 m²	1,7	4
5		Lanterneau de toiture - châssis aluminium	Polycarbonate double paroi	Fixe	Aucune	0,15	m²	1,7	5
6		Bois	Double vitrage - lame d'air 6 mm	Fixe	Aucune	0,44	5 m²	2,8	2



L'étanchéité et l'état général des menuiseries est correct. Les lanterneaux de toiture ont été remplacés en 2023.



Reportage photographique

D.2.5. Thermographie infrarouge

Aide à la lecture

La thermographie infrarouge permet de repérer les zones chaudes ou froides sur une paroi à partir du rayonnement infrarouge, et donc d'identifier les problèmes sur l'enveloppe (pont thermique, défaut d'isolation). Cependant, sur les matériaux réfléchissants (métal, miroir) ou transparents (verres), les clichés sont peu exploitables, car la caméra va capter soit l'image infrarouge d'un reflet, soit des éléments derrière.

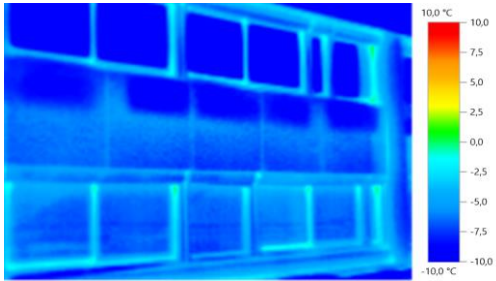
L'image ci dessous présente les lieux où les photos ont été prises :

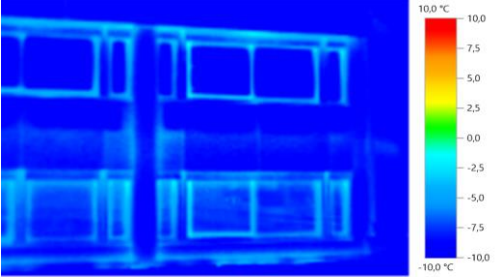
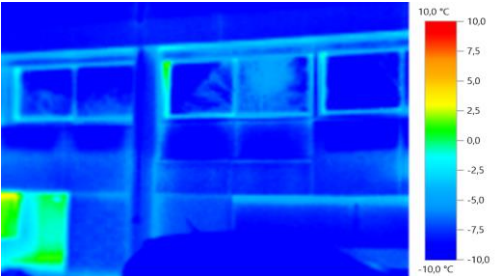
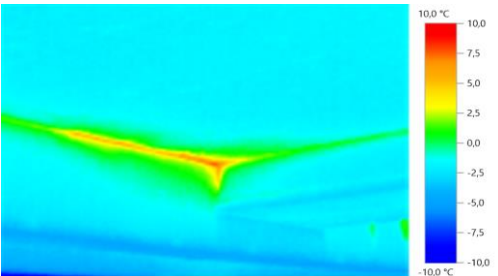
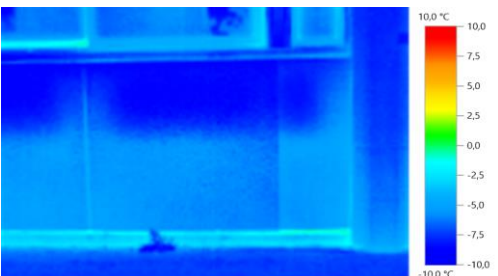


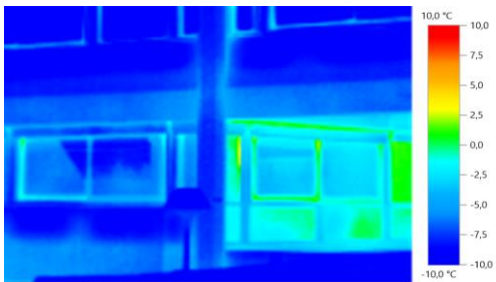
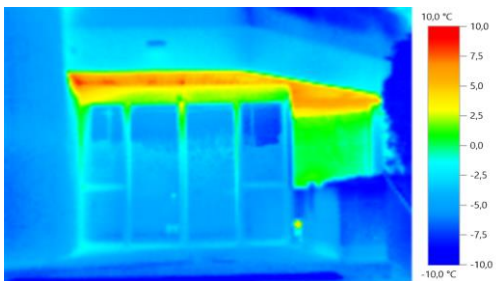
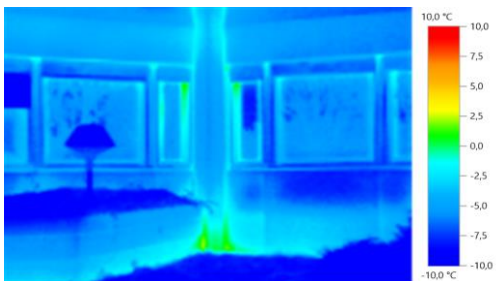
La thermographie a été réalisée entre 8h et 9h le 14 janvier 2025, avec une température extérieure de -3°C et un ciel dégagé.

Synthèse - Thermographie

La thermographie infrarouge confirme la présence d'isolant dans les murs et l'absence de pont thermique majeur, à l'exception du plancher bas sur extérieur au niveau de l'entrée du public. Les menuiseries simple vitrage sur le côté de l'accueil sont à remplacer. La thermographie met également en évidence l'intérêt d'un renforcement ou remplacement d'isolant sur le plancher bas extérieur sous le bureau paysager.

Zone	Image infrarouge	Image normale
1 - Toiture terrasse R+1, façade sud-est		
Façade froide relativement uniforme attestant de la présence d'isolant. On constate un écart de température entre le faux-plafond (6,5°C) et le mur sous les menuiseries (9 à 10°C).		

2 - Toiture terrasse R+1, façade nord-est		
Même commentaire que pour la photo précédente. En particulier, il n'y a pas de pont thermique au niveau du poteau béton, ce qui confirme un traitement isolant sur la partie intérieure.		
3 - Bureau paysager au rez-de-chaussée		
La menuiserie remplacée au niveau du paysager a finalement une isolation comparable au reste du murs. Les occupants se plaignent à cet endroit de courant d'air, mais de pas de sensation de paroi froide.		
4 - Plancher bas sur extérieur du parking extérieur couvert		
Pont thermique au niveau des jonctions des panneaux isolants.		
5 - Jonction plancher bas/sol derrière le parking extérieur couvert		
On voit un écart de température de quelques degrés entre la dalle donnant sur le parking extérieur couvert et la partie inférieure du mur.		

6 - Menuiseries des salles d'entretien au rez-de- chaussée		
Différence de performance thermique entre les menuiseries de l'ensemble du bâtiment (à gauche) et celles qui ont été installées dans les salles d'entretien, avec partie pleine (à droite).		
7 - Entrée du public		
Mauvaise performance des menuiseries au niveau de l'accueil (celles sur la droite) et absence d'isolation sur le plancher bas donnant sur l'extérieur au niveau de l'entrée.		
8 - Jonction sol/mur au- dessus du parking non chauffé		
Le parking non-chauffé reste plus chaud que l'extérieur. Cette "chaleur" remonte légèrement le mur à cette jonction, sans conséquence.		

D.3. Chauffage

Synthèse

Radiateurs acier raccordés à deux chaudières gaz en cascade avec régulation sur loi d'eau et sonde d'ambiance. Pompes à chaleur réversibles servant principalement à la climatisation utilisées comme appoint en cas d'inconfort hivernal localisé. Une des chaudières et la régulation sont récentes.

D.3.1. Principes de fonctionnement

Le local chaufferie est situé au sous-sol du bâtiment. Il comprend les équipements de production et distribution de chauffage, ainsi que la CTA qui gère le renouvellement d'air.

La chaufferie est équipée de deux chaudières gaz fonctionnant en alternance, l'une de date d'installation inconnue, estimée à moins de 10 ans et l'autre datant de 2003. Les chaudières alimentent quatre circuits :

- un circuit nord-est, régulé par vanne trois voies et sonde d'ambiance
- un circuit sud-ouest, régulé par vanne trois voies et sonde d'ambiance
- deux circuits à température constante, raccordées aux batteries hydrauliques de la CTA pour le préchauffage et le chauffage de l'air. Seul un des départs est en fonctionnement (la batterie de préchauffage n'est plus raccordée).

Le site dispose d'un rideau d'air chaud électrique au niveau de l'accueil du public. Les pompes à chaleur air/air sont réversibles et sont parfois également utilisées en hiver (voir plus bas).

D.3.2. Liste des équipements

Ensemble 1			Chaudières gaz / Chaufferie						
Production									
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Puissance chaud (kW)	Rendement	Régulation	Perf.	Vétuste
1	Chaudière gaz à condensation	1	De Dietrich C 230-210 Eco	Récente, < 10 ans	200	108,4% (constructeur)	Automate Siemens déporté	4	3
2	Chaudière gaz 2 allures	1	Guillot LRP 125	2003	145	NC	Automate Siemens déporté	2	2



Reportage photographique

Distribution									
ID	Départ	Loi d'eau	Type de pompe	Marque Modèle	Année	Puissance moteur (W)	Débit (m3/h)	Perf.	Vétusté
1	Sud-Ouest	Oui	Double à débit constant	Grundfos UPS D50-60/2 F	NC	360	NC	3	3
2	Nord-Est	Oui	Double à débit constant	Grundfos UPS D50-60/2 F	NC	360	NC	3	3
3	CTA	Non	Double à débit constant	Grundfos UPS D65-60/2 F	NC	490	NC	3	3

Calorifuge						
ID	Descriptif	Année	Epaisseur (cm)	Classe	Perf.	Vétusté
1	Laine de verre coquille plâtre	NC	4	3	3	3



Reportage photographique

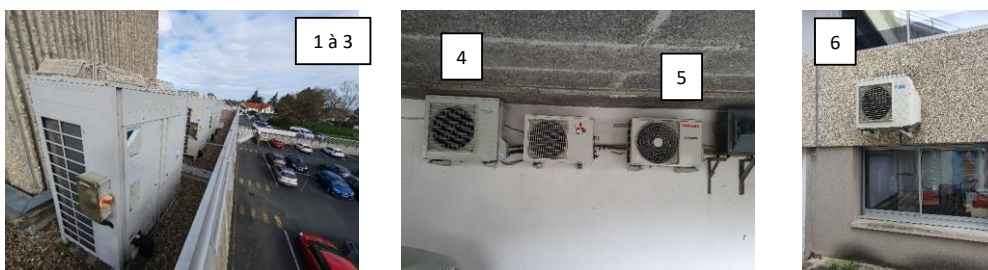
Emission									
ID	Type de système	Qté	Zone desservie	Année	Puissance chaud (kW)	Puissance moteur (W)	Régulation terminale	Perf.	Vétusté
1	Radiateur acier	100 (est.)	Tout le bâtiment	1984	-	-	Robinet thermostatique	4	3
2	Batterie hydraulique	1	CTA	1984	NC	-	Vanne 3 voies motorisée	4	3



Reportage photographique

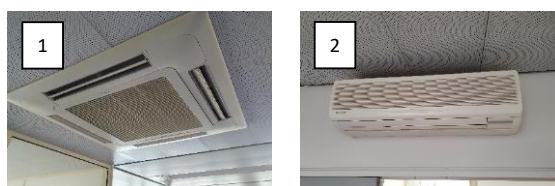
Ensemble 2	Pompes à chaleur VRV et split / Toiture et sous-sol
-------------------	--

Production									
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Puissance chaud (kW)	COP	Régulation	Perf.	Vétusté
1	Pompe à chaleur DRV	1	Daikin RXYQ16P7W1B	2007	50	3,88	Automate Siemens déporté	3	2
2	Pompe à chaleur DRV	2	Daikin RXYQ14P7W1BA	2007	45	3,98	Automate Siemens déporté	3	2
3	Pompe à chaleur DRV	1	Daikin RXYQ12P7W1BA	2007	37,5	3,97	Automate Siemens déporté	3	2
4	Pompe à chaleur split	1	Daikin RXS60L2V1B	2017	4,71	3,52	Télécommande	3	3
5	Pompe à chaleur split	1	Toshiba RAS-107SAV-E4	NC	3,2	3,68	Télécommande	3	3
6	Pompe à chaleur split	1	Daikin NC	NC	NC	NC	Télécommande	3	3



Reportage photographique

Emission									
ID	Type de système	Qté	Zone desservie	Année	Puissance chaud (kW)	Puissance moteur (W)	Régulation terminale	Perf.	Vétusté
1	Cassette plafonnière	8 (est.)	Tout le bâtiment	2007	NC	NC (estimée 50)	Télécommande avec seuils de consigne centralisés	4	3
2	Cassette murale	50 (est.)	Tout le bâtiment	2007	NC	NC (estimée 50)	Télécommande avec seuils de consigne centralisés	4	3



Reportage photographique

Ensemble 3	Chauffage électrique
-------------------	-----------------------------

Production / Emission									
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Puissance chaud (kW)	Puissance moteur (W)	Régulation terminale	Performance	Vétusté
1	Rideau d'air chaud	1	NC	NC	4 (supposée)	50 (supposée)	Sonde (supposée)	3	4



Reportage photographique

	Selon l'arrêté du 23 Juin 1978, la réglementation des chaufferies de moins de 70 kW s'impose.
--	---

	Attention : La chaudière plus récente De Dietrich possède un corps de chauffe en fonte d'aluminium qui nécessite une qualité d'eau (pH, TH) très spécifique et incompatible avec un réseau d'eau de chauffage contenant de l'acier (radiateurs), sous peine de corrosion et de perçage prématuré du corps de chauffe. Dans ce cas il est recommandé de séparer hydrauliquement la chaudière de la distribution en installant un échangeur. Nous vous recommandons de contacter l'exploitant pour vérifier ce point.
--	---

D.3.3. Régulation

Loi d'eau de chauffage							
ID	Départ / Zone	Point de température				Pente	Décalage / Compensation
		Extérieure 1	Départ 1	Extérieure 2	Départ 2		
1	Sud-Ouest	-5°C	55°C	10°C	35°C	0,42	0
2	Nord-Est	-5°C	55°C	10°C	40°C	0,33	0

Les paramètres de températures intérieures et les horaires de programmation sont les suivants :

Zone										T° Confort					T° Réduit					T° Hors-Gel				
Sud-Ouest (radiateurs)										19°C					16°C					10°C				
Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lundi																								
Mardi																								
Mercredi																								
Jeudi																								
Vendredi																								
Samedi																								
Dimanche																								
Vacances	Non applicable																							

Zone										T° Confort					T° Réduit					T° Hors-Gel				
Nord-Est (radiateurs)										19°C					15,9°C					10°C				
Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lundi																								
Mardi																								
Mercredi																								
Jeudi																								
Vendredi																								
Samedi																								
Dimanche																								
Vacances	Non applicable																							

Zone										T° Soufflage					T° Réduit					T° Hors-Gel				
CTA										21°C					-					-				
Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lundi																								
Mardi																								
Mercredi																								
Jeudi																								
Vendredi																								
Samedi																								
Dimanche																								
Vacances	Non applicable																							

Zone										T° Confort					T° Réduit					T° Hors-Gel				
Rideau d'air chaud										28°C					-					-				
Heure	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lundi																								
Mardi																								
Mercredi																								
Jeudi																								
Vendredi																								
Samedi																								
Dimanche																								
Vacances	Non applicable																							



Le système de régulation est récent et bien adapté.

L'équilibrage du réseau de chauffage est problématique : les occupants sur les zones exposées au nord se plaignent souvent du froid. Les automates de régulation doivent permettre de différencier la température d'eau de chauffage des deux départs, avec une loi d'eau globalement plus chaude pour le réseau desservant les zones nord.

D.4. Climatisation

Synthèse

Climatisation de l'ensemble des bureaux par PAC DRV ou split. Régulation terminale avec gestion centralisée des seuils de consignes des émetteurs raccordés aux PAC DRV.

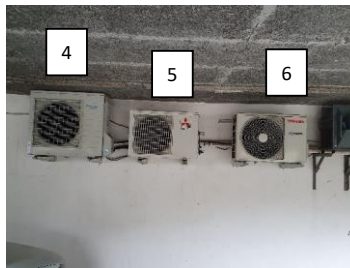
D.4.1. Principes de fonctionnement

Climatisation centralisée avec automate de régulation qui permet le contrôle des seuils de consigne de température à ne pas dépasser. La présence d'une planification horaire, qui programmerait l'arrêt de la climatisation des bureaux hors occupation, n'a pas pu être vérifiée.

D.4.2. Liste des équipements

Ensemble 1	PAC DRV et splits
------------	-------------------

Production									
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Puissance froid (kW)	Rendement ou EER	Régulation	Perform ance	Vétusté
1	Pompe à chaleur DRV	1	Daikin RXYQ16P7W1B	2006	45	3,17	Automate Siemens déporté	3	2
2	Pompe à chaleur DRV	2	Daikin RXYQ14P7W1BA	2007	40	3,23	Automate Siemens déporté	3	2
3	Pompe à chaleur DRV	1	Daikin RXYQ12P7W1BA	2007	33,5	3,49	Automate Siemens déporté	3	2
4	Pompe à chaleur split (local informatique)	1	Daikin RXS60L2V1B	2017	5,7	3,48	Télécommande	3	3
5	Pompe à chaleur split	1	Mistubishi Elec. MU-A09YV	NC	2,55	3,05	Télécommande	3	3
6	Pompe à chaleur split (local informatique)	1	Toshiba RAS-107SAV-E4	NC	2,5	3,29	Télécommande	3	3
7	Pompe à chaleur split	1	Daikin NC	NC	NC	NC	Télécommande	3	3



Reportage photographique

Emission									
ID	Type de système	Qté	Zone desservie	Année	Puissance froid (kW)	Puissance moteur (W)	Régulation terminale	Perform ance	Vétusté
1	Cassette plafonnrière	8 (est.)	Tout le bâtiment	2007	NC	NC (estimée 50)	Télécommande avec seuils de consigne centralisés	4	3
2	Cassette murale	50 (est.)	Tout le bâtiment	2007	NC	NC (estimée 50)	Télécommande avec seuils de consigne centralisés	4	3



Reportage photographique

	Les unités DRV utilisent du R410A.
---	------------------------------------

	Les unités extérieures DRV arrivent en fin de vie et devront être remplacées dans quelques années.
---	--

D.4.3. Régulation

Les paramètres de températures intérieures et les horaires de programmation sont les suivants :

Zone	T° Confort	T° Réduit	T° Arrêt
Bureaux, salle de réunion	26°C	-	-
Local informatique	19°C	-	-

	La régulation des systèmes de climatisation des bureaux est adaptée à l'usage. L'outil de gestion de la climatisation pourrait être plus accessible pour un meilleur suivi. L'utilisation d'un planning horaire avec arrêt de la climatisation hors occupation doit être vérifiée. La température de climatisation du local informatique pourrait être relevée progressivement, avec un suivi de la température du local.
---	---

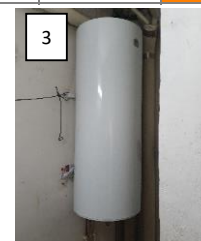
D.5. Eau chaude sanitaire

Synthèse
L'eau chaude sanitaire est exclusivement produite par des chauffe-eaux électriques à accumulation. Il n'y a pas de bouclage grâce à la proximité des ballons avec les points de puisage.

D.5.1. Liste des équipements

Ensemble 1	Ballons électriques / Parking et locaux d'entretien
------------	---

Production ECS (cumulus électrique)										
ID	Type de système	Qté	Marque Modèle	Année	Vol. (l)	Puissance chaud (kW)	Zone	Régulation	Performance	Vétusté
1	Ballon électrique	1	De Dietrich	NC	100	1,2	Réfectoire	Contacteur HP/HC	3	3
2	Ballon électrique	1	Chaffoteaux	NC	200	2,4	Infirmierie	Contacteur HP/HC	2	3
3	Ballons électriques	2	Thermor	2023	200	2,2	Sanitaires	Contacteur HP/HC	2	5



Reportage photographique

	L'absence de bouclage permet de limiter le risque de légionelle, si les consignes de température de production restent à 60°C minimum.
---	--

	Une réflexion peut être menée sur la nécessité de conserver de l'eau chaude dans les sanitaires. Quoi qu'il en soit, un volume de 200 litres est trop important pour les besoins. Des chauffe-eaux instantanés peuvent être installés pour les points de puisage pour lesquels l'eau chaude est indispensable (infirmierie, réfectoire).
---	--

D.6. Ventilation - Traitement d'air

Synthèse

Une centrale de traitement d'air vétuste localisée au sous-sol assure un renouvellement d'air (insuffisant) dans l'ensemble des locaux, avec balayage depuis les bureaux vers les circulations et les pièces humides.

D.6.1. Principes de fonctionnement

La centrale de traitement d'air (CTA) située dans la chaufferie assure le renouvellement de l'air des locaux (bureaux, salles de réunion) suivant le principe du balayage : soufflage dans les locaux d'occupation régulière, extraction dans les couloirs et pièces humides.

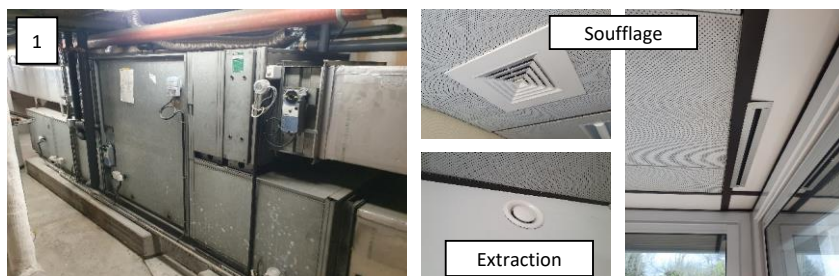
L'absence de sorties d'air autres que celle de la CTA laisse supposer qu'il n'y a pas de caissons d'extraction indépendants pour les pièces humides (sanitaires, réfectoire). Les bouches d'extraction dans ces pièces seraient donc raccordées à la CTA également.

La régulation de l'équipement est assurée par un automate dans l'armoire électrique en chaufferie. Le système fonctionne de 6h à 22h tous les jours de la semaine. Une batterie chaude hydraulique alimentée par les chaudières assure le chauffage de l'air, avec une consigne positionnée à 19°C.

D.6.2. Liste des équipements

	Locaux régis par le code du travail : Article R232-5-3 remplacé par Art. R4222-6 du Code de Travail. Les débits minimums par zone à respecter sont les suivants :									
	- Bureaux : 25 m³/h.occupant - Salle de repos : 18 m³/h.occupant - Salle de réunion : 30 m³/h.occupant - Cafétéria : 18 m³/h.occupant - Restauration : 30 m³/h.occupant - Sanitaire : 30 m³/h.pièce - Vestiaire : 45 m³/h.pièce									

Ventilation double flux										
ID	Zone	Marque Modèle	Année	Puissance moteur (W)	Débit (m3/h)	Batterie ch/fr	Récupération	Régulation	Perform ance	Vétusté
1	Chaufferie	Vim KOA 03	1984	NC	6000 6000	Chaude	Oui (supposé)	Automate Siemens	2	2



Reportage photographique

	La CTA a largement dépassé sa durée de vie normale. C'est un équipement peu performant, mais surtout, il ne délivre plus les débits réglementaires attendus, d'après les mesures effectuées par Energio lors de la visite (bureaux et salles de réunion, voir plus loin), ainsi que par le bureau d'études Véritas en 2023 (sanitaires).									

D.6.3. Régulation

Régulation des ventilations double flux				
ID	Equipement / Zone	Horaire de fonctionnement	Température de consigne	Autres paramètres
1	CTA	6h - 22h du lundi au dimanche	19°C	Soufflage entre 20°C et 35°C

	Le système de régulation est récent et adapté. La programmation pourrait être réduite aux heures d'occupation (les horaires de ménage sont à vérifier). Le fait qu'un seul équipement dessert l'ensemble du bâtiment et notamment les pièces humides contraint à laisser fonctionner un équipement le week-end pour ne ventiler que les pièces humides. Cette conception est à revoir, en plus du renouvellement de l'équipement.
--	---



Reportage photographique

D.7. Eclairage

Synthèse
Eclairage LED majoritaire. Détection de présence dans les circulations et les sanitaires.

D.7.1. Liste des luminaires

Type de luminaire	Puissance unitaire (W)	Quantité	Puissance Total (W)	Performance	Vétusté	% quantité	% Puissance
Tubes LED 22W	22	22	484	5	5	8%	5%
Pavé LED 45 W	45	88	3 960	5	5	32%	38%
Tube fluorescent 2xT5 28W	28	5	140	4	4	2%	1%
Tubes LED 36W	36	44	1 584	5	5	16%	15%
Tubes LED 2x36W	72	42	3 024	5	5	15%	29%
Tubes LED 2x9W	18	2	36	5	5	1%	0%
Luminaire LED 6W	6	30	180	5	5	11%	2%
Tube LED 6W	6	28	168	5	5	10%	2%
Tubes LED 4x9W	18	2	36	5	5	1%	0%
Tubes LED 18W	18	7	126	5	5	3%	1%
Projecteur LED	200	3	600	5	5	1%	6%
Total		273	10 338				

D.7.2. Liste des zones

Zone	Description	Gestion	Puissance (W/m²)	Puissance (kW)	Performance	Vétusté
Bureaux	Pavé LED 45 W : 50 Tube fluorescent 2xT5 28W : 3 Tubes LED 36W : 38 Tubes LED 2x36W : 17 Tubes LED 2x9W : 2 Tubes LED 18W : 7	Manuelle	4,6	5,1	5	4
Salles de réunion	Tubes LED 2x36W : 23 Luminaire LED 6W : 8	Manuelle	6,1	1,7	5	5
Sanitaires / Vestiaires	Pavé LED 45 W : 2 Luminaire LED 6W : 3 Tube LED 6W : 26	Manuelle et détection de présence	2,6	0,3	5	5
Circulations	Tubes LED 22W : 8 Pavé LED 45 W : 29 Tube fluorescent 2xT5 28W : 2 Tube LED 6W : 2 Tubes LED 4x9W : 2	Détection de présence	3,9	1,6	5	4
Réfectoire	Tubes LED 36W : 6 Tubes LED 2x36W : 2	Manuelle	7,7	0,4	5	5
Parking	Tubes LED 22W : 14	Détection de présence	0,6	0,3	5	5
Accueil	Pavé LED 45 W : 4 Luminaire LED 6W : 19	Manuelle	2,6	0,3	5	5
Extérieur	Projecteur LED : 3	Horloge crépusculaire	0	0,6	5	5

D.7.3. Reportage photographique



Reportage photographique

D.8. Gestion technique centralisée

Synthèse

Gestion centralisée des équipements de climatisation desservant les bureaux et les salles de réunion.

D.8.1. Principes de fonctionnement

Le système est celui fourni par Daikin pour gérer l'ensemble des émetteurs raccordés au 4 unités extérieure de pompe à chaleur VRV. Ce système permet la définition de groupement d'équipements, la définition de plages horaires de fonctionnement, des températures de consigne et des seuils de consignes à ne pas dépasser.

D.8.2. Descriptif des éléments pilotés

-	Marque / Modèle	Localisation	Conformité décret BACS ?	Perf.	Vétusté
GTC	Daikin Intelligent Manager	Local technique	Oui	3	3

ID	Equipement(s)	Point(s) piloté(s)	Point(s) mesuré(s)
1	Cassettes	Marche/arrêt Plannings horaires Consignes de température Seuils de température	Etat Température intérieure

	Avis technique de l'expert la GTC
---	-----------------------------------

D.8.3. Reportage photographique



Reportage photographique

D.9. Usages spécifiques

Synthèse
Equipements de bureautique majoritaires.

D.9.1. Bureautique, électroménager et divers

L'équipement de bureautique est prépondérant. L'adoption du télétravail a entraîné l'utilisation d'ordinateurs portables pour une grande partie du personnel, raccordés à un ou deux écrans plats. Le bâtiment héberge une salle informatique avec de nombreux équipements.

Famille	Equipement	Qté	Puissance (W) Marche (Veille)	Consommation (kWhEF/an)
informatique	Ecran plat 17"	210	75(5)	21 420
informatique	Ordinateur fixe	50	250(50)	7 500
informatique	Ordinateur portable	80	175(30)	3 840
informatique	Photocopieur / Impr. multifonctions	5	800(10)	2 235
informatique	Imprimante laser	5	-	355
audio-visuel	Vidéo-projecteur	1	400(0)	173
audio-visuel	Télévision - LCD	4	150(3)	1 168
informatique	Téléphone IP	120	-	4 800
boisson	Bouilloire	20	2200(0)	1 160
boisson	Cafetière	20	1000(0)	620
cuisine chaud	Micro-onde	4	800(1)	240
cuisine chaud	mini-four	2	2500(0)	198
boisson	Distributeur de boissons	1	-	1 093
boisson	Machine à café (sur pied)	1	-	1 046
cuisine froid	Réfrigérateur 50 L	3	300(0)	300
informatique	Serveur informatique physique	2	-	3 000
informatique	Baie informatique	4	200(0)	3 504
transport	Ascenseur 630 kg	1	5000(0)	518
Consommation totale d'électricité tertiaire :				53 170

D.10. Production d'énergie renouvelable

Synthèse
Aucune production d'énergie renouvelable relevée sur site.

D.11. Analyse des mesures

D.11.1. Information

Des mesures de débit ont été réalisées pendant la visite, sur les bouches d'extraction uniquement, les diffuseurs de soufflage dans les bureaux étant trop larges pour le cône de ventilation.

Les mesures ont ciblé uniquement les locaux de bureaux, les sanitaires ont été traitées lors d'un autre diagnostic.

D.11.2. Débit d'air

Les débits d'air mesurés pendant la visite sont les suivants :

Zone	Débit 1 (m3/h) mesuré / attendu		Débit 2 (m3/h) mesuré / attendu		Débit 3 (m3/h) mesuré / attendu		Débit 4 (m3/h) mesuré / attendu		Total (m3/h) mesuré / attendu	
RdC - Infirmerie	0	25							0	25
RdC - Bureau paysager	4,5	200	5,5	200	0	200			10	600
RdC - Bureau 6 postes	4,5	150							4,5	150
R+1 - Bureaux individuels	0	25	8	25	8	25	0	25	21	150
	0	25	5	25						
R+1 - Bureau paysager	9	50	6	50	0	50	7,5	50	22,5	200
R+2 - Bureau individuel	11	25	13,5	25					24,5	50
R+2 - Salles de réunion	10	175	11	175	8	30	9	30	38	410
	12	30	11	30	10,7	90			33,7	150



Les débits de renouvellement d'air sont très insuffisants sur l'ensemble des mesures effectuées.

D.12. Problèmes d'inconfort

Saison estivale :

Les bureaux exposés au sud sont sujets à surchauffe, malgré l'utilisation des protections solaires extérieurs. Pour les bureaux donnant sur la route, le bruit de circulation rend l'ouverture des fenêtres problématiques.

Certains bureaux ont recours à des ventilateurs sur pied ou de plafond.

Saison hivernale :

Des occupants rapportent un inconfort pendant la saison froide dans les bureaux orientés nord. Les climatiseurs réversibles sont parfois utilisés pour compléter l'apport des radiateurs.

Courant d'air :

Des courants d'air sont ressentis au niveau du bureau paysager du rez-de-chaussée, au niveau du parement de remplissage sous une menuiserie (voir section "Bâti - murs" plus haut) .

E. ANALYSE DES CONSOMMATIONS DES FACTURES

E.1. Points de comptage

Le site dispose actuellement des points de comptages suivants :

N°	Energie	PDL/PCE	Puissance	Poste(s) raccordé(s)	Commentaire
1	Gaz	17623010124605	-	Chauffage	
2	Electricité	30001760083169	120 kVA	Tous	Acheminement BT > 36 kVA à 4 plages temporelles

E.2. Contrat d'exploitation

Le contrat d'exploitation a été renouvelé en 2024, l'exploitation retenu est Hervé Thermique.

- P2 : petit entretien / conduite des installations.
- P3 : gros entretien / renouvellement.



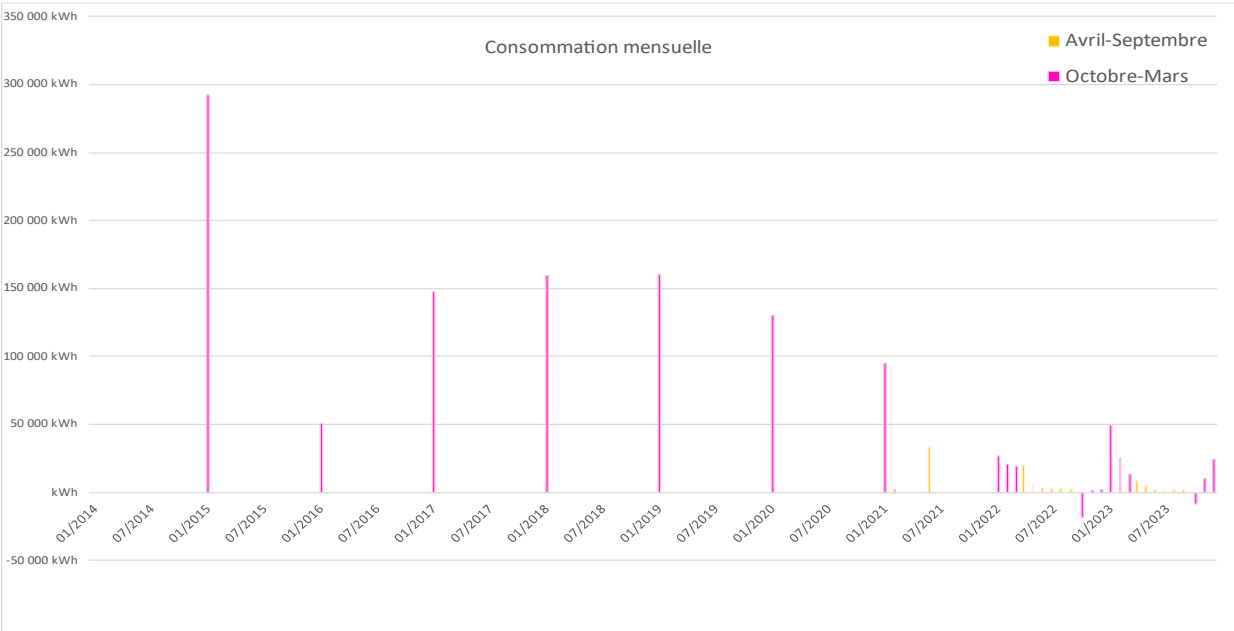
Le contrat d'exploitation a été renouvelé en 2024 et confié à un seul exploitant (Hervé Thermique) la gestion des équipements de plusieurs sites de la CAF de l'Indre.

E.3. Consommations détaillées

Les informations proviennent des factures et des données de suivi fournies par la CAF de l'Indre.

E.3.1. Compteur 1 - Gaz

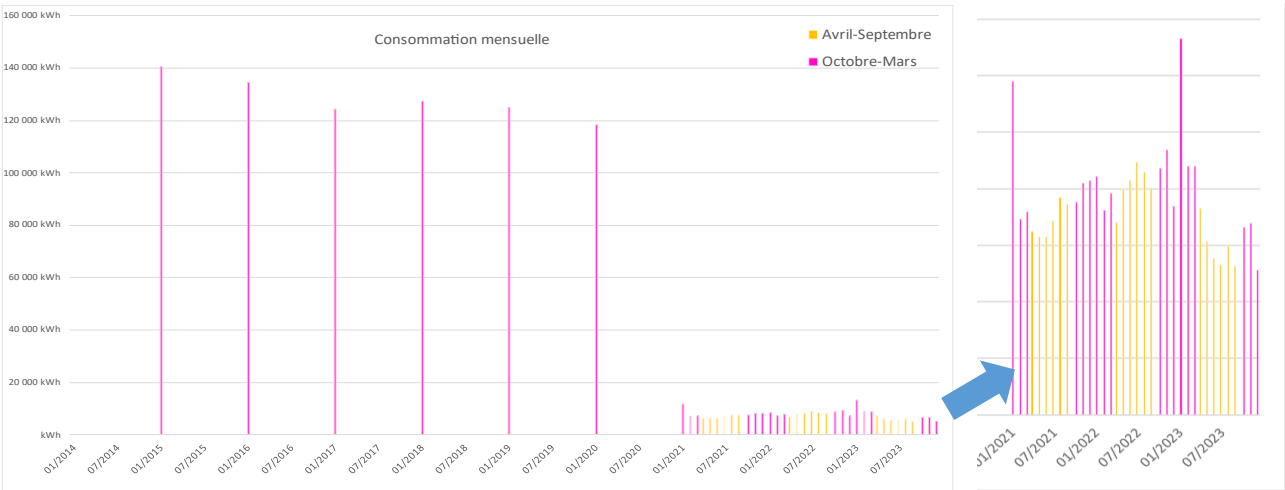
Le profil des consommations est le suivant :



Les données sont disponibles à partir de 2015. La mensualisation des données consommations commencent en 2022. Les ajustements de relevé ne permettent pas de dégager de tendance fine, mais on perçoit une baisse générale de la consommation en gaz (avant ajustement à la rigueur climatique).

E.3.2. Compteur 2 - Electricité

Le profil des consommations est le suivant :



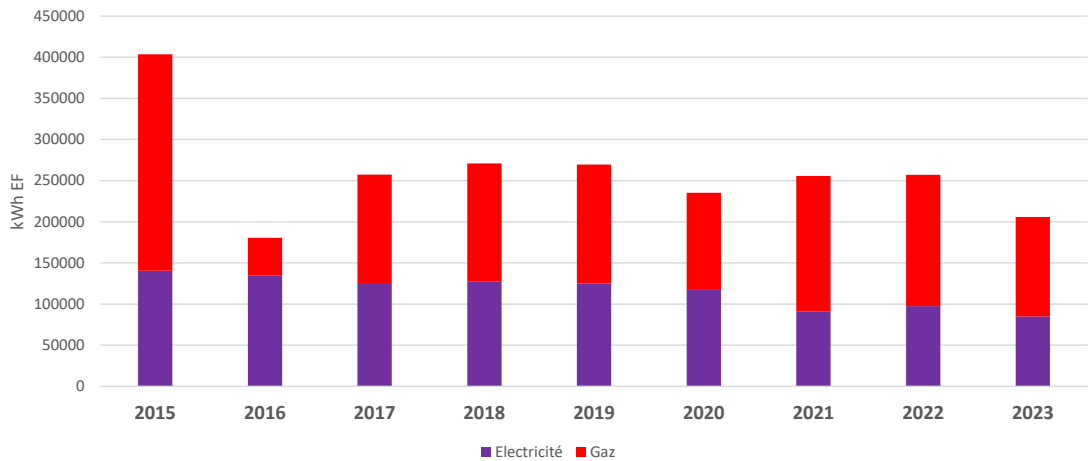
Les données sont disponibles à partir de 2015. La mensualisation des données consommations commencent en 2021. Sur cette période, on observe des variations de la consommation sur la saison chaude, probablement due à la climatisation et les températures estivales en hausse.

E.4. Synthèse des consommations

Le tableau ci-dessous récapitule les données transmises. Les consommations ne sont pas corrigées des DJU, la correction est apportée au paragraphe F.5. pour la comparaison avec la simulation.

Année	Electricité	Gaz	Fioul	Bois	Réseau de chaleur	Réseau de froid
2011						
2012						
2013						
2014						
2015	!	!				
2016	!	!				
2017	!	!				
2018	!	!				
2019	!	!				
2020	!	!				
2021	!	!				
2022	✓	!				
2023	✓	✓				

Légende :
✓ Retenue ! Fournie mais non retenue Vide Non fournie
Années de facturation retenues comme référence pour chaque énergie



Evolution de la consommation en énergie finale PCI

La consommation énergétique est globalement en baisse depuis 2018. On perçoit une chute en 2020 due à la crise sanitaire. En 2023 la consommation a diminué suite à la mise en place du plan de sobriété, avec des consignes de température abaissées.

	Electricité	Gaz	Fioul	Bois	Réseau de chaleur	Réseau de froid	Total
Energie finale (kWhEF PCI)	91 300	121 000					212 300
Energie primaire (kWhEP)	235 554	121 000					356 554
Emissions de GES (kg éq. CO2)	3 652	28 314					31 966

Moyenne des consommations et émissions de GES pour les années retenues

Le bâtiment n'étant pas équipé de sous-comptage, à ce stade nous ne pouvons pas déterminer la part de consommation de chaque usage (chauffage, climatisation, ventilation...).



Comparaison du bâtiment aux standards français (OID/ADEME)

Le bâtiment est plus performant que la moyenne des bureaux.

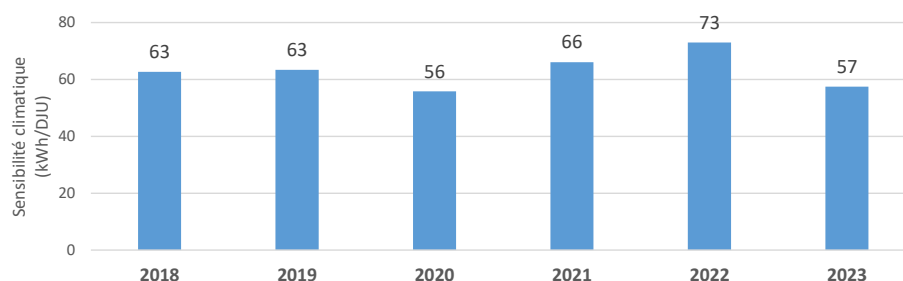
E.5. Sensibilité de la consommation de chauffage au climat

Dans cette partie, nous rapportons la consommation de Gaz à la rigueur climatique, exprimée en Degrés Jours Unifiés (DJU). Plus les DJU pour une année sont élevés, plus l'année a été froide. Un bâtiment avec une sensibilité très variable peut montrer une faiblesse d'isolation ou de régulation du système de chauffage.

Les DJU ci-dessous sont ceux relevés pour la station CHATEAUROUX sur des années complètes et non uniquement sur la période de chauffe.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Consommation de chauffage (kWh PCI)	143 700	144 600	117 000	164 700	159 400	121 000
DJU	2 293	2 281	2 097	2 493	2 184	2 106
Sensibilité climatique (kWh/DJU)	63	63	56	66	73	57

Sensibilité du chauffage à la température extérieure



Evolution de la sensibilité du chauffage à la température extérieure



La sensibilité climatique est relativement stable sur la période 2018-2021 avec une baisse en 2020 due à la crise sanitaire. L'année 2022 apparaît comme atypique. Enfin en 2023, l'effet du plan de sobriété est bien visible.

E.6. Coûts moyens des énergies

Nous rappelons ici les hypothèses des coûts de l'énergie issues des factures énergétiques quand celles-ci sont disponibles, ou à défaut un prix moyen constaté par Energio :

Energie	Coût fourniture (€ HTVA/kWhPCI)	Coût Abonnement (€ HTVA/an)	Source
Electricité	0,2744	Inclus dans fourniture	Factures
Gaz	0,1157	Inclus dans fourniture	Factures
Bois	0,0666	Inclus dans fourniture	Statistiques nationales

Tableau: Coût des énergies

E.7. Dispositif Eco Energie Tertiaire - Définition de l'année de référence

Deux méthodes sont possibles pour définir les objectifs de réduction des consommations du dispositif Eco-Energie Tertiaire :

- Méthode relative : Réduction des consommations par rapport à une année réelle de référence entre 2010 et 2019;
- Méthode absolue : Calcul des consommations cibles selon des ratios définis par usage (arrêté du 24 novembre 2020 et suivant).

E.7.1. Méthode relative

Dans le cadre de la méthode relative, l'année de référence est définie sur la base des consommations factures du site après correction climatique. La somme de l'ensemble des factures du site, incluant les données privatives, sont prises en compte. Le tableau ci-dessous synthétise les données de consommations reçues :

Compteur ou sous-compteur	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Gaz	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%
Electricité	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%

	Les années 2015 à 2018 sont complètes et peuvent être utilisées pour le calcul de l'année de référence en méthode relative.
---	---

Dans le cas où cette étude porte sur une partie d'un site/unité foncière et que les données de consommation transmises correspondent à l'ensemble et non au périmètre de l'étude (chaufferie commune sans sous-comptage par exemple), alors un ajustement surfacique est nécessaire.

En effet, si le périmètre de l'étude ne concerne qu'une partie des consommations, l'assujetti (si l'étude est mono-assujetti) doit porter les objectifs d'économie sur la part de consommation qui le concerne. La répartition des consommations se fait selon les conditions du bail. Dans la majorité des cas, l'ajustement est au prorata de la surface du site sur le total.

Si des sous-compteurs sont installés, il n'est pas nécessaire de faire ce calcul, à condition d'avoir des données clairement définies.

Compteur ou sous-compteur	Besoin d'un ajustement de périmètre ?	Surface totale concernée (m²)	Surface EF (m²)	Commentaire
Gaz	Non	2 432	2 432	
Electricité	Non	2 432	2 432	

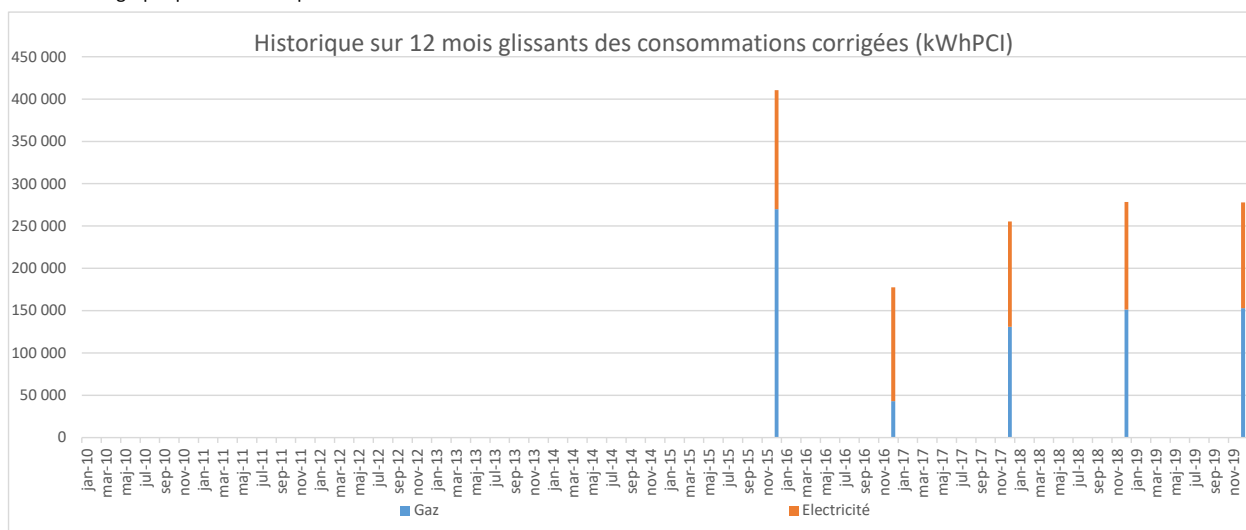
La correction climatique est appliquée aux consommations de chaque compteur si l'usage inclut soit le chauffage soit la climatisation. Deux options de correction sont possibles :

- Soit la part liée au chauffage et à la climatisation est connue (totalité du compteur [exemple : compteur réseau de chaleur] ou présence sous-compteur [exemple : compteur gaz avec sous-compteur chaufferie]) , dans ce cas les consommations globales sont corrigées aux DJU moyen 2000-2019 pour la station météo la plus proche - Correction dite Globale
- Soit la part liée au chauffage et à la climatisation n'est pas connue (exemple : compteur électrique global), dans ce cas une valeur moyenne de correction est calculée sur la base de la surface du site et des DJU moyens - Correction dite Partielle

Les autres compteurs ne sont pas corrigés aux DJU. Le tableau ci-dessous précise pour chaque compteur les données de consommation et de correction - attention : il s'agit possiblement des données de consommation APRES modulation de la surface.

Compteur ou sous-compteur	Consommation brute ajustée surface (kWhPCI)	Période de référence	Type correction climat	Si oui Chauff.	Si oui Clim.	Consommation corrigée climat ajustée surface - référence (kWhPCI)
Gaz	262 948	01/2015 - 12/2015	Globale	Oui	Non	269 851
Electricité	140 631	01/2015 - 12/2015	Partielle	Oui	Oui	140 631
Total	403 579	-	-	-	-	410 482

Le graphique ci-dessous présente en version visuelle la recherche de l'année de référence :



Avec cette méthode, les consommation de référence et les objectifs sont de :

	Année de référence	Objectif 2030 (-40%)	Objectif 2040 (-50%)	Objectif 2050 (-60%)
Consommation kWhEF PCI	410 482	246 289	205 241	164 193

E.7.2. Méthode absolue

Dans le cadre de la méthode absolue, l'objectif de consommation 2030 est calculée en fonction des surfaces de pièces et de ratios de consommation définis dans les arrêtés dit "Valeurs absolus I, II et III", dont les publications sont en cours. Les ratios sont pondérés en fonction d'indicateur d'usage.

Zone	Code NAF - Catégorie	Surface m²	Coefficient CVC	Coefficient USE Base	Coefficient USE modulé	Consommation référence (kWhPCI)
Bureaux cloisonnés	82.20-Z - Bureaux standards	2 431,66	50	50	50	243 166
Total	-	2 432	-	-	-	243 166

	Les valeurs standards ont été conservées.
---	---

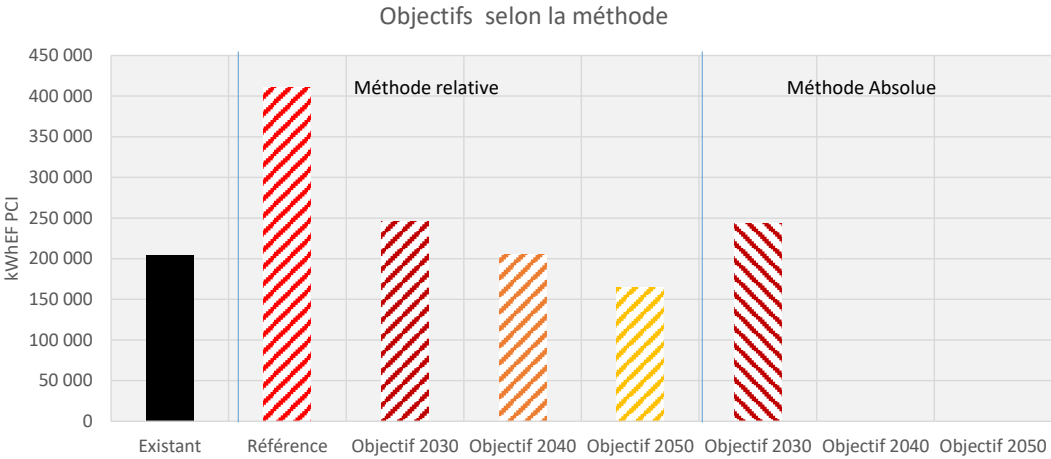
Avec cette méthode, la consommation objectif 2030 est de :

	Année de référence	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
Consommation kWhEF PCI	410 482	243 166	Non connu	Non connu

E.7.3. Définition de la méthode

Le tableau ci-dessous vous synthétise les objectifs de consommations pour 2030, ainsi que la méthode retenue.

Consommation (kWh EF PCI)	Méthode relative	Méthode absolue
Consommation actuelle	204 600	
Consommation de référence	410 482	410 482
Objectif 2030	246 289	243 166
Objectif 2040	205 241	Non connu
Objectif 2050	164 193	Non connu



La méthode retenue est donc la méthode :

Relative



La méthode relative est bien plus favorable que la méthode absolue.

F. RESULTATS DE SIMULATION DE L'ETAT EXISTANT

F.1. Données météorologiques

Les tableaux suivants décrivent le site et la station dont les données météorologiques sont issues :

Site			
Nom	Châteauroux	Altitude	159 m

Station météorologique			
Nom	Châteauroux/Deols - RCP4.5 2040 fichier ChateaurouxDeols2040_V2.try	Altitude	164 m
Longitude	1° 42' 36"E	Latitude	46° 51' 0"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	-5.50°C	36.80°C	13.19°C

Degrés Jours Unifiés base 18°C (moyenne 10 ans de 2010 à 2019, corrigés de l'altitude)												
Annuels	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
2 177	372	342	279	197	97	37	16	16	54	133	267	367

F.2. Vues 3D de la modélisation thermique

Les vues 3D ci-dessous sont issues de la modélisation 3D à l'aide du module de saisie graphique Pléiade. **Les couleurs de surfaces ne sont en aucun cas représentatives des matériaux et compositions de parois utilisés lors de la simulation.**



Vue Nord



Vue Sud

F.3. Déperditions thermiques - Site

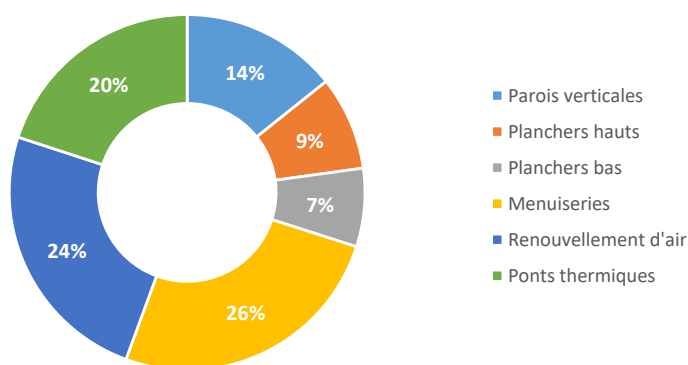
Pour une température extérieure constante de -7°C, les déperditions à l'échelle du site sont estimées à 112,6 kW.

Le tableau suivant montre un bilan des déperditions par poste :

	Quantité (m2 ou ml)	U moyen (W/m2.K)	Déperdition (W)	Répartition (%)
Parois verticales	803	0,77	16 080	14%
Planchers hauts	1 043	0,35	9 620	9%
Planchers bas	1 064	0,29	8 030	7%
Menuiseries	444	2,50	28 880	26%
Renouvellement d'air	-	-	27 540	24%
Ponts thermiques	-	-	22 490	20%
TOTAL :			112 640	100%

Répartitions des déperditions

Répartition des déperditions par poste



Répartitions des déperditions



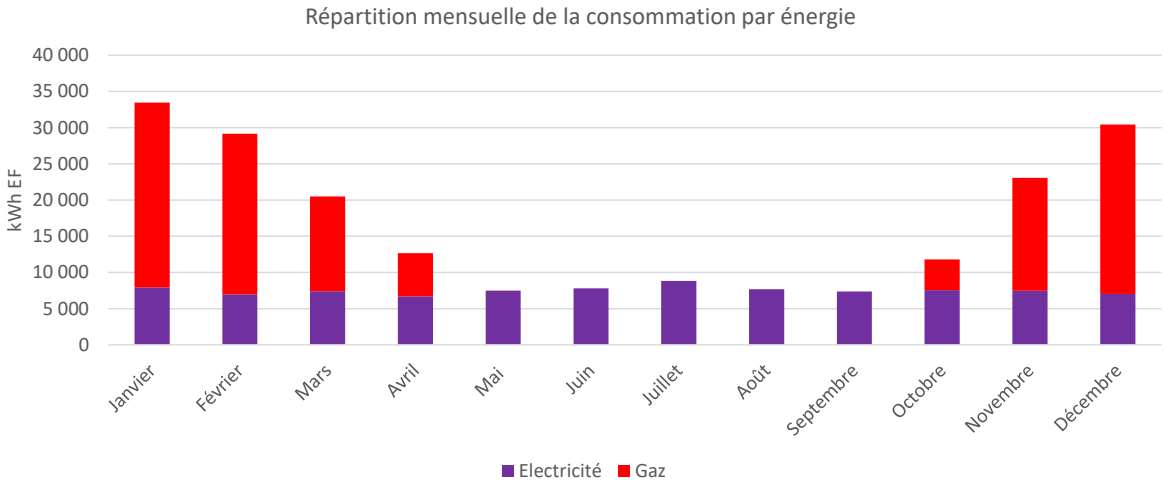
Les principaux postes de déperditions sont les menuiseries (de par la surface vitrée importante) et le renouvellement d'air (malgré des débits inférieurs à la réglementation).

F.4. Consommations énergétiques

Cette partie présente les consommations de chaque poste du site. Ceci permet, dans un premier temps, d'évaluer le « poids » des différents postes dans la facture globale puis dans un second temps de dégager les points faibles, pour y apporter des améliorations.

F.4.1. Répartition mensuelle des consommations par énergie

La simulation permet de reconstruire la répartition mensuelle des consommations en énergie finale par type d'énergie sans usage spécifique.



Répartition mensuelle de la consommation en énergie finale par énergie (en kWhEF PCI)

F.4.2. Répartition des consommations par usage

La simulation permet de reconstruire la répartition des consommations par poste, présentée dans le tableau suivant. Les détails des consommations et factures par poste sont disponibles en annexe.

Nota : La consommation de chauffage peut différer de la consommation des factures car celle-ci est calculée sur la base d'une année type, avec des conditions climatiques différentes.

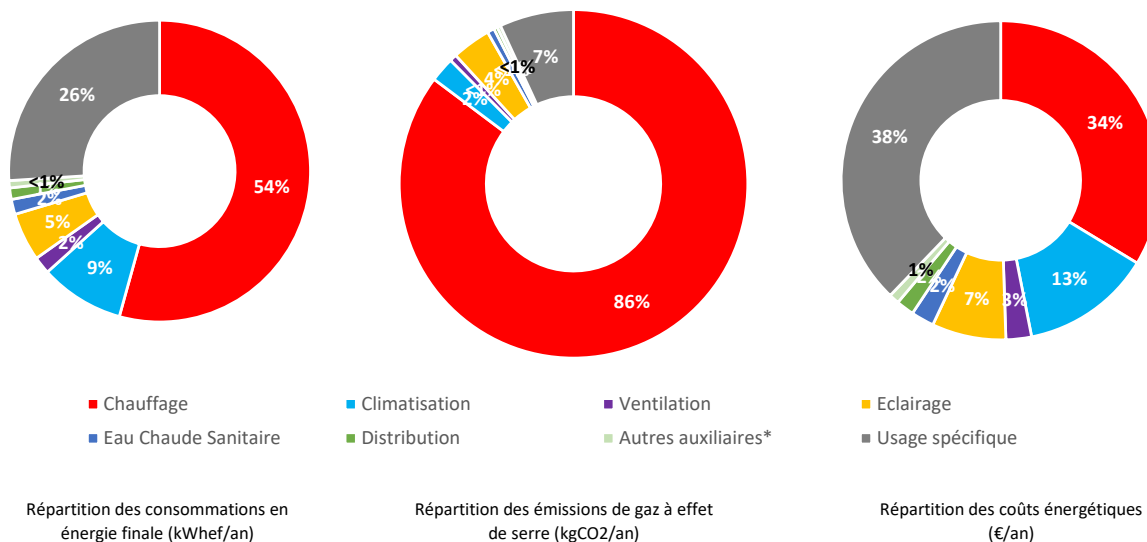
Usages	Conso énergie finale (kWh PCI)	Part (%)	Conso énergie primaire (kWh PCI)	Emissions de GES (kg éq. CO ₂)	Facture (€ HTVA)	Energie primaire kWh/m ² SHON	Emissions de GES kg éq. CO ₂ /m ² SHON
Chauffage	111 100	54%	112 700	26 000	13 000	44	10
Climatisation	18 500	9%	47 800	700	5 100	19	0
Ventilation	3 800	2%	9 800	200	1 000	4	0
Eclairage	10 600	5%	27 300	1 100	2 900	11	0
Eau Chaude Sanitaire	3 300	2%	8 600	200	900	3	0
Distribution	2 500	1%	6 500	100	700	3	0
Autres auxiliaires *	1 600	1%	4 000	100	400	2	0
Usage spécifique	53 200	26%	137 200	2 100	14 600	53	1
TOTAL (hors usages spé.)	151 400	74%	216 600	28 300	24 100 €	84	11
TOTAL	204 600	100%	353 800	30 400	38 700 €	138	12

* ventilateurs locaux des émetteurs (type ventilo-convecteur, aérotherme,...), consommations d'auxiliaire des PAC sur air, etc.

Bilan des consommations théoriques



Le chauffage est le premier poste de consommation, suivi des usages spécifiques liés à la bureautique.



F.4.3. Comparaison simulation / réel

Afin de valider le modèle initial du bâtiment, nous le comparons aux données de factures réelles. Afin de d'analyser convenablement les consommations de chauffage et de climatisation, nous corrigeons les données factures en fonction de leur Degrés Jours Unifiés (DJU, pour le chauffage et refroidissement) afin d'obtenir les mêmes conditions climatiques entre la simulation et les données réelles.

Gaz	DJU chaud	Consommation réelle (kWhPCI)	Consommation corrigée (kWhPCI)
2023	2 106	121 000	125 079
Moyenne		121 000	125 079
STD			110 149

Correction DJU annuelle - Gaz

Les valeurs de la colonne de gauche dans le tableau ci-dessous sont issues des factures mais sont corrigées des Degrés Jours Unifiés (DJU) pour être comparables à celle de la simulation. Elles sont donc différentes des valeurs des factures mais elles sont utilisées uniquement pour les comparer à la simulation.

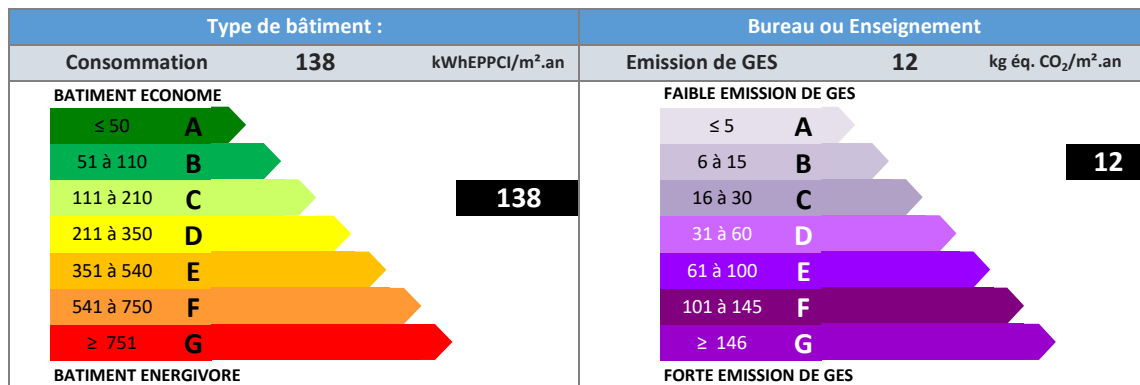
Type d'énergie (kWhPCI)	Données factures brutes	Données factures corrigées des DJU	Simulation	Ecart (%)
Electricité	91 300	Pas de correction	94 442	3%
Gaz	121 000	125 079	110 149	-12%
TOTAL	212 300	216 379	204 591	-5%

Comparaison des consommations simulées / réelles en kWhPCS

	Seule la facture de l'année 2023 a été utilisée pour comparaison avec la simulation car les consignes de chauffage et la loi d'eau ont été modifiées courant 2022. Les paramètres des années précédentes ne sont pas représentatifs de la régulation actuelle. La consommation de gaz du modèle est inférieure à celles des factures de 2023, justement car les paramètres ont été affinés au cours de l'année.
	L'écart global entre la facture réelle et la simulation est inférieur à 10%, ce qui permet de valider les paramètres de la simulation qui serviront ensuite de référence lors de la modélisation des préconisations et des scénarios.

F.4.4. Etiquette Energie/Climat simulée avant travaux

Les étiquettes sont établies en fonction des consommations théoriques d'énergie primaire à partir des besoins pour les postes chauffage, ECS, ventilation, éclairage et auxiliaires (hors habitations). **Les étiquettes présentées ici ne sont pas des étiquettes DPE au sens de la réglementation et ne sont pas utilisables en tant que telles.**



Etiquette Energie/Climat avant travaux

F.5. Analyse du confort d'été

F.5.1. Méthodologie

Deux méthodes sont possibles pour quantifier les problèmes de confort d'été :

- Nombre d'heures au-delà d'une limite de température opérative de 26°C (voir encadré).
- Diagramme de Brager : nombre d'heures au-delà d'une limite de température opérative variable selon la température extérieure.

Pour plus de lisibilité, nous avons retenu la première méthode, qui permet d'utiliser des indicateurs numériques simples, pour comparer le confort entre zones et l'impact de préconisations et scénarios de travaux par rapport à l'état existant.

Même si l'objectif est d'abaisser le plus possible la température en deçà de la température opérative, il est conseillé de garder une différence de température entre la zone étudiée et l'extérieur de 8 °C maximum afin d'éviter les risques de choc thermique.

Les indicateurs retenus sont :

- le nombre d'heures d'inconfort en occupation sur la période d'étude, c'est à dire le nombre d'heures pendant lesquelles la température opérative (voir encart) est supérieure à 26 °C ;
- le pourcentage d'heures inconfortables par rapport aux heures d'occupation sur la période d'étude.
- le taux d'inconfort acceptable maximum a été fixé à 10 %.
- le scénario météo utilisé est : 2040.

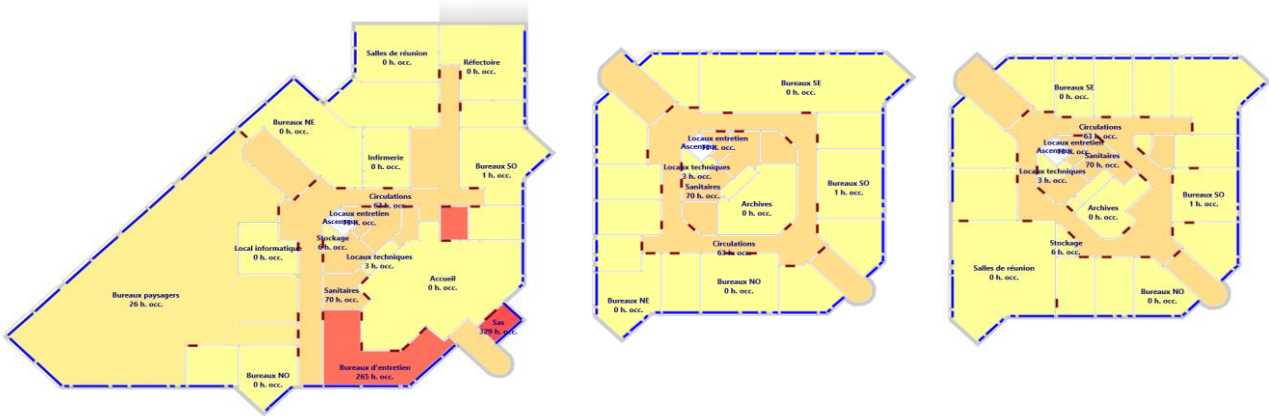
La température opérative est un indicateur simple du confort thermique, qui prend en compte l'effet de la convection (déplacement d'air) et du rayonnement (par exemple effet de paroi chaude). Elle est proche de la température ambiante lorsque les effets de convection et de rayonnement sont faibles. Elle peut s'apparenter à la température ressentie.

F.5.2. Analyse de l'état existant

Le tableau ci-dessous montre ces indicateurs pour les zones étudiées, sur la période de juin à septembre :

Zone	Heures d'inconfort (>26°C)	Taux d'inconfort	Température extérieure Min (°C)	Température extérieure Max (°C)
RO - Accueil	0	0%	8,5°C	33,1°C
RO - Bureau paysager	26	3%		
R+1 - Bureaux Sud-Ouest	1	0%		
R+1 - Bureaux Sud-Est	0	0%		
R+2 - Bureaux Sud-Ouest	1	0%		
R+2 - Salles de réunion	0	0%		

Indicateurs de confort d'été pour l'état existant



Carte de l'inconfort dans les locaux pendant l'occupation en saison chaude

	La climatisation permet de contrôler la température sans dépassement du seuil de 26°C. Un inconfort local peut subsister avec des sensations de paroi chaude au niveau des nombreuses surfaces vitrées.
	Etant donné la présence de climatisation dans l'ensemble des locaux, le confort d'été ne sera pas évalué individuellement dans chaque préconisation, mais au niveau de chaque scénario.

G. PRECONISATIONS DE TRAVAUX

G.1. Orientations avant préconisation

Les tableaux ci-après parcourent les grandes orientations possibles [liste non exhaustive] afin d'améliorer votre bâtiment (enveloppe, équipements, production électricité renouvelable, confort thermique). Les commentaires et l'indicateur de mise en œuvre permettent de comprendre les préconisations qui sont envisageables.

Opportunité de mise en place		Ce type de travaux est approprié pour le site.
		Ce type de travaux est envisageable mais comporte des contraintes importantes.
		Ce type de travaux n'est pas approprié pour le site.

G.1.1. Enveloppe

Types de parois	Type Méthode	Commentaires	Opportunité de mise en place
Mur	Isolation par l'intérieur	L'isolation par l'intérieur est techniquement réalisable mais impactante pour les occupants pendant les travaux. Elle entraîne également une réduction de l'espace intérieur.	
Mur	Isolation par l'extérieur	L'isolation par l'extérieur est envisageable sur ce bâtiment dont l'aspect esthétique peut être modifié. Les points singuliers sont à considérer, tout comme l'emprise sur la chaussée (places de parking sur la façade nord-est notamment).	
Plafond	Isolation sur plancher des combles	Une renforcement de l'isolation sous les toitures terrasses est envisageable. Les gaines de ventilation existantes (ou futures) pourraient être un obstacle au niveau des circulations (hauteur du faux-plafond de 90 cm mesurée au R+2).	
Plafond	Isolation des toitures terrasses par l'extérieur	Le nettoyage des toitures a été réalisé récemment et l'étanchéité est encore en bon état. L'ajout d'isolation suivant cette technique n'est pas souhaitable avant que l'étanchéité soit à rénover.	
Plancher	Isolation sous dalle	La dalle du sous-sol est supposée faiblement isolée. Même si ce n'était pas le cas, des travaux d'isolation serait lourds, onéreux et apporteraient des économies trop faibles par rapport à l'investissement.	
Plancher	Isolation en sous-face sur parking	L'isolation existante est mince mais suffisante, à part au niveau du bureau paysager, dont le plancher bas donne sur l'extérieur (parking ouvert).	
Menuiserie	Double vitrage	Les menuiseries actuelles sont encore en bon état. Leur remplacement serait onéreux pour un gain qui ne serait pas à la hauteur de l'investissement.	

G.1.2. Chauffage

Types d'énergies	Types d'appareils	Commentaires	Opportunité de changement de système de chauffage
Gaz	Chaudière à condensation	Le remplacement de la chaudière plus ancienne peut s'envisager pour fonctionner en alternance sur deux chaudières performantes et prolonger la durée de vie de ces deux équipements.	
Bois	Chaudière à condensation	L'installation d'une chaudière bois avec une chaudière gaz en appoint est envisageable. Le stockage des granulés sera une contrainte : de l'espace devra être libéré dans les locaux attenants à la chaufferie. Le choix d'un autre système de chauffage que celui-ci aura potentiellement une conséquence sur le mode de préchauffage de l'air dans cet équipement.	
Réseau de chaleur urbain	Sous-station	Le réseau de chaleur de la Cité Saint Jean ne dessert pas l'avenue de la Châtre (bras le plus proche à 400 mètres). Un raccordement n'est pas envisageable.	
Géothermie	Pompe à chaleur Eau/Eau	Le passage à une pompe à chaleur eau/eau permettrait de sortir des énergies fossiles. Le système se composerait de sondes géothermiques verticales localisées sous le parking extérieur, raccordées à la PAC localisée dans l'actuelle chaufferie. L'enveloppe du bâtiment doit être la plus performante possible pour réduire le coût de la PAC et des forages. Une étude de faisabilité déterminera si un appoint gaz est nécessaire et si le rafraîchissement du bâtiment peut s'envisager. Les émetteurs devront être remplacés dans ce cas.	
Electrique	Pompe à chaleur Air/Eau	Le passage à une pompe à chaleur air/eau permettrait de sortir des énergies fossiles. Les unités extérieures seraient localisées en toiture, avec un surpoids considérable. Une liaison hydraulique ou frigorifique descendrait vers la chaufferie puis la distribution de chauffage repartirait vers le haut du bâtiment. Cette configuration paraît très contrainte par rapport aux autres solutions disponibles. Elle n'est pas recommandée.	
Electrique	Pompe à chaleur Air/Air	Les PAC air/air qui desservent les bureaux sont à remplacer prochainement. A cette occasion, il pourrait être envisagé de ne recourir qu'à ce système pour le chauffage et le refroidissement des locaux (hors sanitaires), après un travail préalable sur la performance de l'enveloppe. Le réseau hydraulique deviendrait alors obsolète.	
Electrique	Panneaux rayonnants	Ce type de système ne peut pas constituer une solution pour le chauffage de l'ensemble du bâtiment (tous les autres systèmes sont moins chers à l'exploitation) mais peut être utilisé de manière localisée, notamment dans les sanitaires.	

G.1.3. Equipements

Equipement	Types d'appareils	Commentaires	Opportunité de mise en place
Ventilation Simple Flux	A débit modulé	La séparation de la ventilation mécanique des pièces humides du système qui traite le reste des locaux est fortement recommandée. Ceci permettrait de continuer l'extraction des pièces humides sans maintenir en fonctionnement l'équipement qui dessert la majorité des locaux, plus consommateur.	●
Ventilation Double Flux	A débit modulé	Un système double flux avec récupération est déjà installé dans le bâtiment mais à largement dépasser sa fin de vie. Le remplacement par un système performant, modulant les débits en fonction de l'occupation (variables à cause du télétravail) permettra d'assurer les débits réglementaires avec une meilleure performance énergétique.	●
ECS	Chauffe-eau instantané	Ce type de système est recommandé pour les points de puisage isolés (réfectoire, infirmerie) pour éliminer les pertes de stockage. Une réflexion doit être menée sur la nécessité d'eau chaude dans les sanitaires.	●
ECS	Chauffe eau électrique	Ce type de système est déjà installé.	●
ECS	Solaire thermique	Les besoins sont trop faibles pour qu'un tel système soit pertinent. L'espace de toiture serait mieux valorisé avec des panneaux solaires photovoltaïques.	●
Eclairage	LED	L'éclairage LED est très majoritaire dans le bâtiment. Le remplacement des dernières luminaires n'est pas une priorité et peut se faire au fil de l'eau.	●
Gestion Régulation	GTC	Le bâtiment est soumis au décret BACS, une GTC pour la gestion du chauffage, de la climatisation, de la ventilation et de l'éclairage doit être installée d'ici 2026.	●

G.1.4. Production d'électricité renouvelable

Equipement	Types de marché	Commentaires	Opportunité de mise en place
Solaire photovoltaïque	Autoconsommation	Les deux solutions sont envisageables. Leur pertinence dépendra du profil de consommations et de l'énergie de chauffage utilisée à terme.	●
Solaire photovoltaïque	Revente		●
Eolien	Revente	Pas d'éolien dans l'espace urbain.	●

G.1.5. Confort d'été

Eléments	Solutions	Commentaires	Opportunité de mise en place
Façade	Store extérieure	Des stores motorisés sont déjà installés sur l'ensemble de la façade pour l'occultation. Des stores intérieurs sont également en place pour gérer l'éblouissement. Ces équipements sont insuffisants dans les pièces exposées au sud.	●
Façade	Brise-soleil / Ombrière		●
Menuiseries	Vitrage à contrôle solaire		●
Menuiseries	Film solaire		●
Ventilation	Sur ventilation nocturne	La surventilation nocturne peut contribuer à rabaisser la température pour avoir une température plus confortable en première partie de journée. Elle est rarement suffisante pour garantir des conditions stables de confort thermique en période de canicule.	●
Végétalisation	Aménagement extérieur	La hauteur du bâtiment et l'environnement proche rendent cette possibilité peu pertinente à l'échelle du bâtiment.	●

G.2. Préambule aux préconisations

Ce chapitre liste, décrit et quantifie chacune des préconisations que propose le thermicien. Elles sont le fruit des orientations proposées par le thermicien dans la partie précédente.

Il est important de noter ici deux points fondamentaux :

- Les chiffrages restent des évaluations : il faudra affiner en s'appuyant sur des devis d'entreprises qualifiées (RGE);
- Le montant de la subvention est indicatif car il dépend du scénario confirmé par la maîtrise d'ouvrage.



Reconnu Garant de l'Environnement - Trouvez le votre pour la réalisation de vos travaux sur :
<http://www.renovation-info-service.gouv.fr/trouvez-un-professionnel>

Pour chaque action, les contraintes liées à sa mise en œuvre sont qualifiées. La difficulté de mise en œuvre et de suivi des travaux est définie comme suit :

Légère : Les travaux peuvent être conduits en interne (employé communal, service technique) selon disponibilité. Les corps de métier n'ont pas ou peu d'interactions entre eux. Un planning simple est suffisant pour coordonner les travaux. La technicité des travaux est faible.

Moyenne : Les travaux peuvent être suivis par un conducteur de travaux interne, les modifications concernant la sécurité du bâtiment sont mineurs et relèvent uniquement de la mise en conformité.

Elevée : les travaux sont conséquents et complexes, ils nécessitent la sollicitation d'un maître d'œuvre. Les travaux font intervenir plusieurs corps de métiers différentes. Des modifications importantes sont à prévoir (structurelles, accessibilités, impact sur l'usage, ...).

Pour chaque action, la part liée au gros entretien est également précisée (je remplace un équipement pour maintenir mon bâtiment en bonne santé). Cette valeur est estimée selon l'âge des éléments, leur entretien et les défauts identifiés. Le gros entretien permet d'identifier si une action est plutôt "maintien en fonctionnement / pérennisation de l'usage" ou "performance / surperformance énergétique".

Enfin, les détails des consommations et factures par poste et par type d'énergie pour chaque préconisation sont disponibles en annexe.



La tension sur les matières premières semble être amenée à durer. Elle se conjugue à un manque de main d'œuvre chez les artisans et à une difficulté d'approvisionnement. Aussi, il existe un risque réel d'inflation modérée à forte. Nos chiffrages pourraient, en conséquence, être minorés par rapport à la réalité de vos futurs chantiers.

G.3. Bonnes pratiques

G.3.1. Management de l'énergie

Pour assurer un pilotage efficient, nous recommandons la mise en place d'un contrat d'Energy Management, qui peut se décliner sous la forme d'un contrat de performance énergétique. Avec ce type de contrat, le prestataire s'engage sur un niveau de consommation annuel et également sur des économies envisageables qu'il garantit. La rémunération des parties sera à contractualiser.

Une consultation de plusieurs prestataires peut être lancée avec un critère de sélection des offres sur les économies d'Énergie annoncées et garanties. Le cout de cette solution va dépendre du type de contrat retenu.

Les missions d'un Energy Manager sont multiples :

- Surveillance du bon fonctionnement du bâtiment (confort, consommation) ;
- Assistance quotidienne du mainteneur pour l'exploitation du bâtiment (alerte et analyse détaillée des problèmes) ;
- Animation régulière de comité de pilotage réunissant le propriétaire, le représentant des occupants et le mainteneur. Ces comités permettent de suivre la vie du bâtiment, établir les économies, définir les plans d'actions ;
- Mise en place et pérennisations des actions d'économie d'énergie ;
- Proposition d'amélioration et de travaux ciblés.

Il est possible d'assurer entre 5 et 7% d'économie d'énergie, selon le profil du bâtiment.

G.3.2. Sensibilisation des occupants

La sensibilisation des usagers est un point essentiel pour pérenniser et valoriser les actions matérielles mises en place.

Nous proposons ici une démarche à suivre afin de sensibiliser durablement les usagers :

1) Reprendre la démarche en l'officialisant.

- Exprimer clairement et à tous, l'engagement de la direction.

2) La faire correspondre avec les éventuelles décisions d'investissements.

- Associer les usagers à la réflexion sur les investissements envisagés.

3) Donner à tous les agents des explications rationnelles sur les enjeux énergétiques et les impacts environnementaux liés

4) Impliquer les agents dans une réflexion sur ce qu'il est possible et nécessaire de faire

- Faire s'exprimer les ressentis et obtenir un engagement individuel et collectif.
- Mettre en route les idées concernant l'énergie de la démarche « Chasse aux gaspi ».

5) Démontrer par l'exemple de ce qui se fait ailleurs, que modifier ses comportements est possible, efficace et gratifiant

6) Définir le cadre pratique de la démarche

Objectifs.
Critères et moyens de mesure des résultats.
Devenir des économies réalisées.
Calendrier.
Accompagnement ou non par un tiers extérieur neutre.
Communiquer en permanence.
Sur les actions, les résultats, les bonnes pratiques.
Pour rappeler les bons gestes, là où ils peuvent être réalisés.

7) Faire vivre la démarche

Bilans réguliers
Événements de mobilisation (semaine de l'énergie...)

G.4. Préconisations : enveloppe

G.4.1. Isolation des murs par l'extérieur

Cette préconisation propose l'isolation par l'extérieur des murs du bâtiment. En variante classique, un isolant type polystyrène graphité sera collé à la façade et recouvert d'une finition enduit. Une autre mise en œuvre avec ossature bois et laine minérale est également possible.

Des points singuliers sont à considérer : débords de niveau, descente d'eau pluvial, emprise sur la chaussée, au niveau des places de parking (photo ci-contre).



VARIANTE BIOSOURCEE : En variante biosourcée, la mise en œuvre se fait avec un ossature bois et de la laine de bois.

Quantité :	912 m ²	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-EN-102		
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments muraux		
	Modification de l'apparence du bâtiment		
	Evacuation des eaux pluviales à vérifier		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3,7 m ² .K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Echafaudage de la façade	
Dépose des éléments muraux (réseaux EP/Electricité, mobilier)	
Lavage de la façade	
Isolant type polystyrène collé finition enduit	
Forfait traitement des points singuliers, repose des éléments muraux	

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	163 400 €	163 400 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €	
CEE potentiels (kWhcumac)** :	2 133 253 (prime 17 066 €)**	

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	1 900 €	5%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	16 700	8%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	4 000	13%

G.4.2. Isolation des faux-plafonds

Cette préconisation propose le renforcement de l'isolation, type laine minérale, au niveau des toitures terrasses (rez-de-chaussée et R+2) en ajoutant de l'isolant dans les faux-plafonds, sous le hourdis béton.

VARIANTE BIOSOURCEE : Un isolant biosourcé type laine de bois peut être utilisé en substitution de la laine minérale. Une validation du bureau de contrôle par rapport à la réglementation incendie est nécessaire. L'épaisseur d'isolant sera légèrement supérieure à celle pour un isolant conventionnel.

Quantité :	1043 m ²	Contrainte de réalisation :	moyenne
Fiche(s) CEE :	BAT-EN-107		
Contraintes :	Dépose de l'ensemble des éléments plafonniers		
	Soin particulier dans la dépose et la pose		
	Impact non négligeable sur l'utilisation des locaux		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 7 m ² .K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose des éléments plafonniers au besoin (luminaires, réseaux, mobiliers)
Dépose et conservation du plafond existant
Fourniture et pose de laine isolante
Repose des dalles et des éléments plafonniers conservés

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	119 900 €	129 300 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €	
CEE potentiels (kWhcumac)** :	1 439 201 (prime 11 514 €)**	

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	1 100 €	3%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	9 800	5%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	2 300	8%

G.4.3. Isolation des plancher bas sur extérieur

Cette préconisation propose le remplacement de l'isolation au niveau du plancher bas du bureau paysager du rez-de-chaussée, donnant sur l'extérieur (parking couvert en-dessous). Un dallage type fibrastyrène ou équivalent, mais d'épaisseur plus importante qu'actuellement, est supposé.

La préconisation propose également l'installation d'isolant en sous-face du plancher bas sur extérieur au niveau de l'entrée du public, non isolé comme l'a révélé la thermographie infrarouge (voir plus haut).

VARIANTE BIOSOURCEE : Un isolant biosourcé pourra être employé en lien et place d'un isolant conventionnel.

Quantité :	153 m ²	Contrainte de réalisation :	légère
Fiche(s) CEE :	BAT-EN-103		
Contraintes :	Hauteur disponible suffisante		
Exigences CEE et caractéristiques :	R ≥ 3 m ² .K/W		
	Label : ACERMI / CSTB / Européen		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose des éléments plafonniers au besoin (luminaires, réseaux, mobiliers)
Pose d'un isolant avec fibres de bois agglomérées et minéralisées en sous-face
Repose des éléments plafonniers conservés

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	24 500 €	28 200 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €	
CEE potentiels (kWhcumac)** :	385 560 (prime 3 084 €)**	

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	100 €	0%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	700	0%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	200	1%

G.4.4. Remplacement des menuiseries

Cette préconisation propose le remplacement de l'ensemble des menuiseries extérieures du bâtiment, par des menuiseries performantes à isolation renforcée.

Il n'y a pas d'exigence réglementaire ou des CEE sur le facteur solaire. Néanmoins, une sélection spécifique des propriétés des vitrages pourra être faite sur les façades exposées, pour limiter les apports solaires en saison chaude. Les apports solaires en saison seront réduits également, augmentant la consommation de chauffage.

Il est recommandé de réaliser ces travaux conjointement avec une isolation extérieure des murs pour assurer un traitement optimal des ponts thermiques à la liaison menuiseries-bâti (retour d'isolant).

VARIANTE BIOSOURCEE : En variante biosourcée, des menuiseries bois avec capotage aluminium pourront être installées pour un surcoût d'environ 50%.

Quantité :	372 m ²	Contrainte de réalisation :	légère
Fiche(s) CEE :	BAT-EN-104		
Contraintes :	Modification de l'apparence du bâtiment		
Exigences CEE et caractéristiques :	Uw ≤ 1,5 W/m ² .K		
	Normes de calcul : Sw XP P 50-777 / Uw NF EN 14 351-1+A1.		

DETAILS DU CHIFFRAGE *
Mise en place du chantier
Dépose des menuiseries existantes
Pose de menuiseries selon prescription avec châssis haute performance, double vitrage faible émissivité et remplissage argon
Remplacement intégrale de la menuiserie (ouvrant + dormant)

* Chiffrage réalisé à partir de ratios par m².

BILAN ECONOMIQUE	Conventionnelle	Biosourcée
Investissement (€ HTVA) :	385 000 €	570 800 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	192 500 €	
CEE potentiels (kWhCumac)** :	958 693 (prime 7 670 €)**	

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	1 400 €	4%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	9 300	5%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	1 800	6%

G.5. Préconisations : équipements

G.5.1. Remplacement de la seconde chaudière gaz

Cette préconisation propose le remplacement de la deuxième chaudière gaz par une chaudière performante à condensation. L'intérêt réside dans la répartition de la charge aux deux chaudières, pour allonger leur durée de vie.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	moyenne
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-102		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
Exigences CEE et caractéristiques :	Efficacité énergétique saisonnière $\geq 90\%$ (si $P < 70$ kW)		
	Déperditions : 100 kW pour le scénario 1		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Dépose chauffage existant	
Fourniture et pose d'une chaudière gaz à condensation et des équipements préconisés par le constructeur	
Fourniture et pose de pompe double à débit variable avec vanne 3 voies et servo-moteur	
Fourniture et pose d'un échangeur pour la séparation hydraulique des chaudières	
Raccordement à la régulation centralisée existante ou future	
Essais et mise en service	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	62 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	49 600 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	729 498 (prime 5 836 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	0 €	0%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	0	0%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	0	0%

G.5.2. Chaudière bois à granulés

Cette préconisation propose le remplacement de la production de chauffage par une chaufferie bois avec silo textile. Une étude de faisabilité devra notamment déterminer la localisation du local de stockage des granulés, sa capacité et la nécessité ou non de conserver un appoint gaz. En première approche, il est proposé d'utiliser le local archive attenant à la chaufferie comme local de stockage du granulé.

Cette solution permet l'arrêt ou la diminution du recours à une énergie fossile pour le chauffage du bâtiment et d'utiliser une température d'eau de chauffage semblable à celle produite par les chaudières gaz. Les émetteurs pourront être conservés en l'état.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-157		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Création d'une chaufferie avec stockage du granulés et accès pour livraison		
	Adaptation des réseaux de distribution avec la nouvelle installation/ création d'un réseau hydraulique		
Exigences CEE et caractéristiques :	Rendement énergétique saisonnier $\geq 83\%$		
	Respect de la réglementation sur les quantités d'émissions de polluants atmosphériques		
	Déperditions : 89 kW pour le scénario 2		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Dépose chauffage existant, désembouage complet du réseau	
Aménagement de la chaufferie existante (emplacement chaudière, silo maçonné de stockage du granulé et fumisterie)	
Fourniture et pose de 2 chaudières bois à granulés à condensation avec alimentation du granulés	
Fourniture et pose de pompe double à débit variable avec vanne 3 voies et servo-moteur	
Fourniture et pose d'une régulation centralisée, fonctionnement en cascade	
Raccordement à la régulation centralisée existante ou future	
Essais et mise en service	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	125 500 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	49 600 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	200 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	480 000 (prime 3 840 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	4 400 €	11%
Gain sur la consommation d'énergie (kWh PCI/an)	-11 800	-6%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	24 100	79%

G.5.3. Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques verticales

Cette préconisation propose le remplacement du système de chauffage par une pompe à chaleur eau/eau raccordée à des sondes géothermiques verticales. Les travaux impliquent le réaménagement de la chaufferie pour l'installation d'une pompe à chaleur, l'échangeur et les organes auxiliaires, ainsi que les forages qui seront réalisés au niveau du parking (travaux d'enrobé à prévoir).

Cette préconisation suppose l'amélioration préalable de la performance de l'enveloppe du bâtiment pour réduire au maximum la longueur des forages et la capacité de l'échangeur et la PAC et donc les investissements. Une étude de faisabilité déterminera le dimensionnement adéquat, la nécessité d'agrandir la chaufferie et de conserver un appoint gaz.

La mise en place d'un tel système demande également le remplacement du système de ventilation, qui dépend de la chaudière gaz pour le préchauffage de l'air. Un autre système devra être prévu.

L'abonnement électrique du site devra également être revu. Le coût d'une éventuelle modification de l'acheminement d'électricité, non négligeable, n'est pas inclus ici.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-140		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser en amont (non chiffrée)		
	Forage géotechnique		
	Espace disponible en chaufferie (extension peut-être nécessaire)		
	Surface de foncier réduite		
	Travaux d'enrobé sur le parking après forage		
Exigences CEE et caractéristiques :	COP > 3,7 / SCOP > 4,2 EER > 4 / SEER > 6		
	Profondeur forage : 1600 m (répartis sur plusieurs sondes)		
	Déperditions : 79 kW dans le scénario 4		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Création ou aménagement d'un local technique (électricité, eau, évacuation)
Forage, installation de sondes géothermiques verticales (hors coûts d'études), enrobé parking
Fourniture et pose d'une pompe à chaleur à eau glycolée (échangeur, compteur, etc.)
Fourniture et pose de pompe double à débit variable avec vanne 3 voies et servo-moteur
Fourniture et pose d'une régulation centralisée
Fourniture et pose de radiateur basse température avec robinet thermostatique
Essais et mise en service

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	293 500 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	49 600 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	100 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	1 191 513 (prime 9 532 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	200 €	1%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	64 400	31%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	18 000	59%

G.5.4. Pompe à chaleur air/air type DRV

Cette préconisation propose l'abandon d'une solution hydraulique (production d'eau de chauffage, distribution, radiateurs) pour assurer l'intégralité du chauffage par des pompes à chaleur air/air type DRV. Il s'agit du même type que ce qui est utilisé aujourd'hui pour la climatisation et en appoint de chauffage, qui doit par ailleurs être renouvelé.

Les unités extérieures seraient installées sur la toiture, comme aujourd'hui. Le poids total serait plus élevé, une validation structure sera nécessaire. L'étude devra déterminer si les unités intérieures peuvent être conservées. Le chiffrage donné ici suppose leur remplacement intégral. Les équipements installés seront de puissance supérieure à ce qui serait installé principalement pour la climatisation.

Cette solution offre de multiples avantages : valoriser des équipements qui doivent de toute façon être remplacés, ne plus recourir à une énergie fossile pour le chauffage et permettre un zonage flexible du chauffage en fonction de l'occupation variable due au télétravail. Ce dernier point n'est valable que si une personne formée s'empare du système de régulation pour effectivement adapter le chauffage à l'occupation réelle du bâtiment.

L'abonnement électrique du site devra être revu. Les coûts d'une éventuelle modification de l'acheminement d'électricité, non négligeable, n'est pas inclus ici.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-158		
Contraintes :	Validation structure pour le poids des nouvelles unités extérieures		
	Abonnement électrique et réseau à adapter		
Exigences CEE et caractéristiques :	Thermostat classe IV (arrêt de l'émission quand la consigne est atteinte)		
	COP > 3 / SCOP > 4,2		
	EER > 3,5 / SEER > 6		
	Déperditions : 89 kW pour le scénario 3		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Dépose du système des unités intérieures et extérieures existantes
Fourniture et pose d'une pompe à chaleur air/air réversible multi-zones type DRV
Fourniture et pose de cassettes plafonniers, murales ou allèges selon la zone
Création et raccordement des liens frigorifiques, par passage dans les faux-plafonds
Création du réseau d'évacuation de condensat (si climatisation)
Fourniture et pose d'une régulation centralisée
Essais et mise en service

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	161 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	128 800 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	2 217 674 (prime 17 741 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	3 000 €	8%
Gain sur la consommation d'énergie (kWh PCI/an)	74 100	36%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	19 200	63%

G.5.5. Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides

Cette préconisation propose l'installation d'extracteur dédié aux pièces humides (sanitaires, locaux d'entretien). Ceci permettra d'arrêter le système de renouvellement d'air desservant les bureaux (à remplacer) en conservant une évacuation d'humidité indépendante (aujourd'hui toute ventilation est arrêtée en dehors des heures de bureau).

L'extracteur pourra être localisé en toiture, les gaines passant par la colonne montante centrale. Les travaux doivent être réalisés de concert avec le remplacement de la CTA, dont les gaines utilisent également la colonne montante.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	moyenne
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-125		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Localisation du ou des caissons		
	Passage des gaines dans la colonne montante		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée du caisson $\leq 0,30 \text{ Wh/m}^3$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Fourniture et pose de caisson(s) de ventilation mécanique simple flux avec une régulation sur horloge/CO2/Hygrométrie	
Caisson(s) d'extraction équipé(s) d'un moteur à vitesse variable	
Création des réseaux de gaines pour l'extraction de l'air depuis des pièces jusqu'aux caissons	
Organes et équilibrage du réseau avec grille / clapets coupe-feu / registres / raccordement	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	13 500 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	19 800 (prime 158 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-800 €	-2%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	-5 200	-3%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-1 000	-3%

G.5.6. Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique

Cette préconisation propose le remplacement de la CTA actuelle par un modèle plus récent, avec récupération de chaleur et modulation du débit d'air neuf. Etant donné la séparation des réseaux prévue avec l'extraction des sanitaires, il est chiffré le remplacement des gaines dans la colonne montante.

L'énergie de préchauffage de l'air dépend de la solution de chauffage retenue. Dans cette préconisation, il est supposé que la production de chauffage est assurée par une chaudière gaz ou une chaudière bois. Une batterie hydraulique sera donc installée dans la CTA, comme c'est le cas aujourd'hui.

La régulation se fera sur horloge et soit par détection de présence dans les bureaux individuels, soit par comptage d'occupants dans les salles de réunion. Ce système permet de prendre en considération l'inoccupation des bureaux en cas de télétravail, pour un coût non négligeable. La définition d'un zonage plus large permettra de réduire ce poste.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-126		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Place disponible en chaufferie en fonction du système de chauffage retenu		
	Adéquation entre débits réglementaires à atteindre et espace disponible dans la colonne montante		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée $\leq 0,35 \text{ Wh/m}^3$ par ventilateur		
	Rendement de l'échangeur $\geq 80\%$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Fourniture et pose de caisson(s) de ventilation mécanique double flux avec une régulation sur horloge/détection de présence/comptage d'occupants	
CTA équipées de moteurs à vitesse variable et récupération de chaleur	
Création des réseaux de gaines pour l'extraction et le soufflage de l'air depuis des pièces jusqu'aux caissons	
Organes et équilibrage du réseau avec grille / clapets coupe-feu / registres / raccordement	
Fourniture et pose de registres modulants pour la régulation par zone	
Fourniture et pose d'une régulation centralisée	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	53 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	47 700 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	571 200 (prime 4 570 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-2 100 €	-5%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	-11 100	-5%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-1 700	-6%

G.5.7. Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe

Cette préconisation propose le remplacement de la CTA actuelle par un modèle plus récent, avec récupération de chaleur et modulation du débit d'air neuf.

L'énergie de préchauffage de l'air dépend de la solution de chauffage retenue. Dans cette préconisation, on suppose le passage à l'électricité pour le chauffage (PAC DRV ou PAC à eau), une batterie à détente directe pourra être installée avec raccordement à une pompe à chaleur air/air réversible installée en toiture. Ce système présente l'avantage de pouvoir également pré-rafraîchir l'air en cas de forte chaleur.

La régulation se fera sur horloge et soit par détection de présence dans les bureaux individuels, soit par comptage d'occupants dans les salles de réunion. Ce système permet de prendre en considération l'inoccupation des bureaux en cas de télétravail, pour un coût non négligeable. La définition d'un zonage plus large permettra de réduire ce poste.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-126		
Contraintes :	Etude de faisabilité à réaliser (non chiffrée)		
	Localisation du ou des caissons		
	Passage d'un double réseau de gaines aérauliques		
Exigences CEE et caractéristiques :	Puissance électrique absorbée $\leq 0,35 \text{ Wh/m}^3$ par ventilateur		
	Rendement de l'échangeur $\geq 80\%$		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Fourniture et pose de caisson(s) de ventilation mécanique double flux avec une régulation sur horloge/CO2	
CTA(s) équipées de moteurs à vitesse variable et récupération de chaleur	
Création des réseaux de gaines pour l'extraction et le soufflage de l'air depuis des pièces jusqu'aux caissons	
Organes et équilibrage du réseau avec grille / clapets coupe-feu / registres / raccordement	
Fourniture et pose de registres modulants pour la régulation par zone	
Amélioration de l'étanchéité des fenêtres existantes qui sont pas remplacées	
Fourniture et pose d'une batterie à détente directe	
Fourniture et pose d'une pompe à chaleur air/air, raccordée à la batterie à détente directe	
Essais et mise en service	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	70 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	47 700 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	571 200 (prime 4 570 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	-2 000 €	-5%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	-7 200	-4%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-700	-2%

G.5.8. Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés

Le Code du travail (articles R4228-1 et R4228-7) impose de fournir des lavabos avec eau chaude ("à température réglable"). Mais le Plan de sobriété du 20 juin 2023 donne la possibilité de supprimer l'eau chaude dans les sanitaires.

En supposant que cette disposition sera maintenue, cette préconisation propose la suppression de l'eau chaude dans les sanitaires et l'installation de chauffe-eaux instantanés dans le réfectoire, l'infirmerie et les locaux d'entretien.

Quantité :	4 u.	Contrainte de réalisation :	légère
Fiche(s) CEE :	Aucune		
Contraintes :	Espace suffisant pour l'installation de l'équipement		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Dépose production existante	
Fourniture et pose d'un chauffe-eau instantané	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

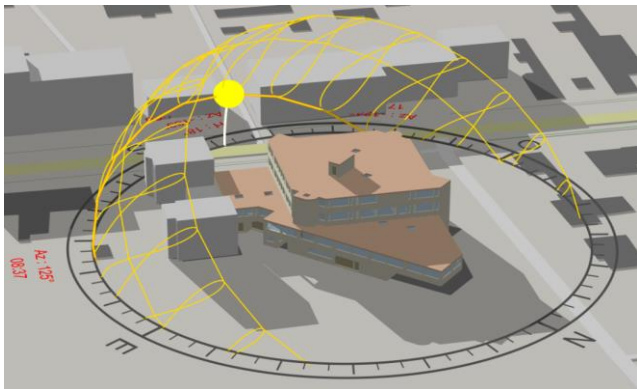
BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	2 500 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	47 700 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	(prime 0 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

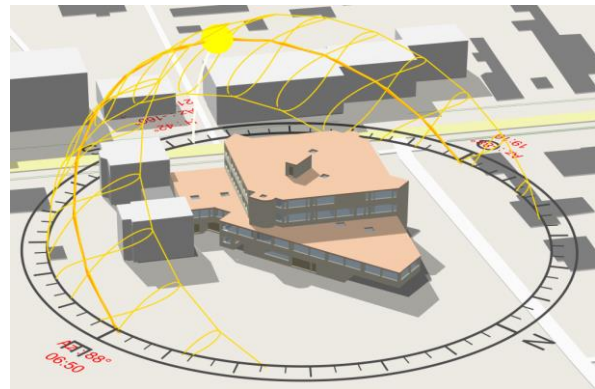
BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	700 €	2%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	2 000	1%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	-100	0%

G.5.9. Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc

Cette préconisation propose l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur support en toiture terrasse.



Ombres portées le 21 décembre à 14h



Ombres portées le 21 mars à 14h

L'étude des ombres portées ci-dessus montre que la toiture terrasse du rez-de-chaussée est partiellement ombragée une partie de l'année. L'implantation sur la toiture terrasse du dernier niveau est donc à privilégier.

Les informations ci-dessous reprennent les éléments de l'étude de faisabilité réalisée par ENERGIO. L'étude propose deux implantations différentes de 36 kWc (scénario 1 dans l'étude de faisabilité) et de 54,4 kWc (scénario 2 dans l'étude de faisabilité). Une installation en autoconsommation avec une puissance installée inférieure ou égale à 36 kWc permet de bénéficier d'une prime à l'investissement plus avantageuse.

L'étude considère également deux profils de consommations d'électricité :

- profil de consommation électrique du bâtiment chauffé au gaz, avec les travaux proposés dans le scénario 1 de la présente étude (variante par défaut dans l'étude de faisabilité solaire PV) ;
- profil du bâtiment chauffé grâce à des pompes à chaleur VRF, suivant les travaux proposés dans le scénario 3 de la présente étude (variante 1 dans l'étude de faisabilité solaire PV).

Le tableau suivant donne les résultats de simulations technico-économiques issus de l'étude de faisabilité.

Scénario de travaux de l'audit énergétique	Scénario 1		Scénario 3	
Consommations d'électricité (MWh)	84,6	84,6	116,6	116,6
Scénario dans l'étude de faisabilité solaire PV	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 2 variante 1	Scénario 2 variante 1
Puissance installée (kWc)	36,0	54,4	36,0	54,4
Surface PV installée (m²)	178	270	178	270
Production consommable (MWh)	50,1	76,0	50,1	76,0
Production autoconsommée (MWh)	29,0	33,3	37,0	46,7
Production à injecter (MWh)	18,7	76,0	10,7	27,8
Taux d'autoconsommation (%)	57,8%	43,8%	73,8%	61,4%
Taux d'autoproduction (%)	34,3%	39,3%	31,7%	40,0%
Investissement, prime déduite (k€)	35,2	55,9	35,2	55,9
Revente annuelle CNAF (k€)	1,4	3,2	1,43	3,15
Coût d'exploitation annuel (k€)	1,0	1,5	1,00	1,54
Coût global actualisé sur 25 ans avec revente (k€)	133,4	174,1	156,8	213,3
Temps de retour actualisé avec revente (années)	8	9	7	7
Coût global actualisé sur 25 ans sans revente (k€)	107,1	116,3	141,8	174,3
Temps de retour actualisé sans revente (années)	10	13	7	9

Analyse technico-économique de l'installation de panneaux solaires PV

Les résultats ci-dessus montrent que si les travaux du scénario 3 de l'audit sont réalisés, le site consommera une portion plus importante de l'électricité produite par le système solaire PV. L'électricité produite est mieux valorisée, puisque l'électricité du réseau coûte plus cher.

Deuxièmement, comme la revente de l'électricité produite en surplus sera au bénéfice de la CNAF et pas la CAF de l'Indre, un système solaire PV de moindre investissement est financièrement plus intéressant. L'installation à 36 kWc est donc plus pertinente, d'autant qu'elle bénéficie d'une prime à l'investissement supérieure (190 €/WkWc soit 6 340 €).

Le chiffrage retenu ici est celui qui correspond à l'installation d'une capacité de 36 kWc. Le bilan énergétique ci-dessous correspond à celui pour le profil de consommation électrique de l'état existant. La revente du surplus n'est pas prise en compte dans le gain sur la facture.

Quantité :	36 kWc, 178 m ²	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	Aucune		
Contraintes :	Etude structure pour vérifier la tenue de la charpente à la surcharge (entre 25 et 50 kg/m ²)		
	Dimensionnement précis à réaliser		
	Emplacement des onduleurs à définir		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Coûts de travaux et de fournitures	
Système d'intégration	
Câblages, boîte de jonction, etc.	
Onduleurs	
Installation & essais de mise en service	
Raccordement	
Coûts d'ingénierie et de développement	
Maitrise d'oeuvre et bureau de contrôle	
Coûts supplémentaires	
Assurance tous risques chantier	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	47 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	1 000 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	(prime 0 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	8 000 €	21%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	29 000	14%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	1 200	4%

G.6. Préconisations : Usages spécifiques, régulation et suivi énergétique

G.6.1. Remplacement des robinets thermostatiques

Cette préconisation propose le remplacement des robinets thermostatiques sur l'ensemble du site, pour une régulation plus fine du débit d'eau de chauffage dans les radiateurs.

Nous proposons ici des robinets thermostatiques connectés avec gestion centralisée des plannings et des consignes, ce qui permettra d'adapter les paramètres à l'occupation réelle du bâtiment et répondre à la flexibilité d'usage introduite par le recours au télétravail. Ceci nécessite qu'une personne formée puisse utiliser le système de gestion (toute comme pour la GTC). Cette personne peut être une personne de la CAF 36 ou un prestataire (energy manager).

Quantité :	100 u. environ	Contrainte de réalisation :	légère
Fiche(s) CEE :	BAT-TH-104		
Contraintes :	Purge du réseau d'eau		
Exigences CEE et caractéristiques :	Robinet thermostatique DT < 0,5°C		

DETAILS DU CHIFFRAGE*
Désembouage complet du réseau, purge du réseau
Fourniture et pose de robinet thermostatique auto-équilibrant connecté

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	18 000 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	18 000 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	236 357 (prime 1 891 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	2 400 €	6%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	19 900	10%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	4 500	15%

G.6.2. Installation d'une GTC

Le site est soumis au décret BACS, la mise en place d'une GTC (gestion technique centralisée) est donc obligatoire. La future GTC permettra le pilotage et la surveillance, depuis un ordinateur central, de l'ensemble des équipements du site : chauffage (planning, consigne, température), ECS (consigne, température), chaudière (consigne, planning, température), CTA (consigne, température, planning), extracteur (planning), éclairage (mode, planning), etc.). Des sous-compteurs seront installés et remontés sur la GTC.

La mise en place d'une GTC nécessite une étude préalable pour vérifier le potentiel de communication des automates existants, d'énir dans les armoires électriques le nombre d'automates et relais à installer, etc. Les futurs équipements CVC seront raccordés à la future GTC. La mise en place de cette action ne génère aucun gain direct mais permet d'assurer un bon suivi des installations.

Les coûts indiqués sont purement indicatifs et dépendent de l'étude à réaliser. Il est à noter que comme de nombreux équipements sont à remplacer (CTA, ventilation des pièces humides, climatisation, chaudière) ou des automates sont déjà installés, les capacités de communication seront probablement directement intégrés.

Quantité :	1 ens.	Contrainte de réalisation :	élevée
Fiche(s) CEE :	Aucune		
Contraintes :	Etude préalable		
	Réseau informatique à installer dans le bâtiment		
	Vérification des protocoles de communication des éléments existants		
Exigences CEE et caractéristiques :	Classe A ou B selon NF EN 52120-1		

DETAILS DU CHIFFRAGE*	
Etude préalable	
Fourniture et pose d'un poste de supervision avec licence	
Création d'un réseau de communication (BUS, Bacnet, KNX, etc.)	
Fourniture et pose d'automate pour le pilotage des équipements (si non disponible)	
Raccordement au automate existant (si disponible et ouvert)	
Intégration des équipements et compteurs sur le poste de supervision	
Test et mise en service	
Formation du personnel, intégration de réglage adapté	

* Chiffrage réalisé à partir d'enveloppes budgétaires à partir de prix publics fournis par les constructeurs.

BILAN ECONOMIQUE	
Investissement (€ HTVA) :	29 500 €
Dont part du gros entretien (€ HTVA) :	0 €
Surcoût de maintenance annuel (€ HTVA)	0 €
CEE potentiels (kWhcumac)** :	(prime 0 €)**

** Prime CEE calculée à partir d'un coût du kWhCumac estimé à 0,008€/kWhCumac (avril 2024). Le cours du kWhCumac est variable.

BILAN ENERGETIQUE		
Gain sur la facture (€ HTVA/an)	0 €	0%
Gain sur la consommation d'énergie (kWhcf PCI/an)	0	0%
Emissions de Gaz à effet de serre évitées (kg éq CO2/an)	0	0%

H. BILANS ENERGETIQUES ET FINANCIERS

H.1. Définition des bouquets de travaux

Le scénario 1 est construit pour limiter l'investissement : il se concentre sur le remplacement des équipements arrivés en fin de vie (chaudière gaz, ventilation et climatisation, robinets thermostatiques) et améliore l'enveloppe de manière ciblée. Il conserve le même type de système de chauffage.

Le scénario 2 ajoute au scénario 1 l'isolation des murs par l'extérieur et la suppression des volumes d'eau chaude maintenus à température. Le chauffage est assuré par une chaufferie à granulés de bois.

Le scénario 3 est semblable au scénario 2 mais utilise exclusivement les pompes à chaleur air/air pour le chauffage du bâtiment et le préchauffage de l'air de la CTA. Quelques pièces sont équipées de radiateurs électriques (sanitaires, archives).

Enfin le scénario 4 pousse la performance au maximum avec un remplacement des menuiseries et le chauffage par une pompe à chaleur avec sondes géothermiques.

Les scénarios n'incluent pas l'installation de panneaux photovoltaïques qui peut être considérée comme un investissement indépendant.

Priorité	Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
ENVELOPPE							
2	Isolation des murs par l'extérieur	Conv. : 163 400 € Bios. : 163 400 €		Conv.	Conv.	Conv.	
3	Isolation des faux-plafonds	Conv. : 119 900 € Bios. : 129 300 €				Conv.	
2	Isolation des plancher bas sur extérieur	Conv. : 24 500 € Bios. : 28 200 €	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	
3	Remplacement des menuiseries	Conv. : 385 000 € Bios. : 570 800 €				Conv.	
EQUIPEMENTS							
2	Remplacement de la seconde chaudière gaz	62 000 €	✓				
2	Chaudière bois à granulés	125 500 €		✓			
2	Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques verticales	293 500 €				✓	
1	Pompe à chaleur air/air type DRV	161 000 €	✓	✓	✓	✓	
1	Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	13 500 €	✓	✓	✓		
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	53 000 €	✓	✓			
1	Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	70 000 €			✓	✓	
3	Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	2 500 €		✓	✓	✓	
2	Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	47 000 €	✓		✓		
USAGES SPÉCIFIQUES, RÉGULATION ET SUIVI ÉNERGÉTIQUE							
1	Remplacement des robinets thermostatiques	18 000 €	✓	✓	✓	✓	
1	Installation d'une GTC	29 500 €	✓	✓	✓	✓	

Préconisations proposées pour chaque scénario (Conv = conventionnel / Bios = Biosourcé)

H.2. Analyse des scénarios proposés

Le tableau suivant présente une grille de résultats synthétiques pour les scénarios de travaux proposés. Les détails des consommations et factures par poste sont disponibles en annexe. Les comparaisons sont faites par rapport à l'état existant, il ne s'agit pas des objectifs du dispositif Eco Energie Tertiaire.

	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
BILAN ECONOMIQUE						
Investissement travaux (€ HTVA)	-	408 500 €	590 800 €	529 300 €	1 267 200 €	
Investissement travaux au m²(€ HTVA/m²)	-	160 €	230 €	210 €	490 €	
Surcoût annuel de la maintenance (€ HTVA)	-	1 000 €	200 €	1 000 €	100 €	
Coût de la maîtrise d'œuvre (€ HTVA)	-	49 000 €	70 900 €	63 500 €	152 100 €	
Investissement avec MOE (€ HTVA)	-	457 500 €	661 700 €	592 800 €	1 419 300 €	
Potentiel CEE (€)	-	33 300 €	48 400 €	44 500 €	73 100 €	
Fonds chaleur	-	Non applicable	Non applicable	Non applicable	Non éligible	
Prime à l'investissement solaire autoconso.	-	6 840 €	0 €	6 840 €	0 €	
Aides et subventions - Total (€)	-	6 840 €	0 €	6 840 €	0 €	
Taux de couverture des aides (%)		1%	0%	1%	0%	
Reste à charge (€ HTVA)	-	417 360 €	613 300 €	541 460 €	1 346 200 €	
Intérêts bancaires (Prêt sur 20 ans à 1,0%)	-	43 300 €	63 600 €	56 200 €	139 700 €	
BILAN ENERGETIQUE						
Consommation PCI	Energie finale (kWhef)	204 600	155 000	191 300	82 800	113 700
	Energie primaire (kWhep)	353 800	263 300	340 900	213 600	293 300
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	30 400	23 800	5 800	7 600	8 400
	Facture (€ HTVA)	38 700 €	28 800 €	32 400 €	22 700 €	31 200 €
Gains (valeurs)	Energie finale (kWhef)	-	49 600	13 300	121 800	90 900
	Energie primaire (kWhep)	-	90 500	12 900	140 200	60 500
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	-	6 600	24 600	22 800	22 000
	Facture (€ HTVA)	-	9 900 €	6 300 €	16 000 €	7 500 €
Gains (%)	Energie finale (kWhef)	-	24%	7%	60%	44%
	Energie primaire (kWhep)	-	26%	4%	40%	17%
	Gaz à effet de serre (kgCO ₂)	-	22%	81%	75%	72%
	Facture (€ HTVA)	-	26%	16%	41%	19%
Etiquette Energie ¹⁵		C - 138	B - 103	C - 133	B - 84	C - 115
Etiquette Climat ¹⁵		B - 12	B - 10	A - 3	A - 3	A - 4

* Coût estimé par rapport à 12,0% de l'investissement total

	Seuls les CEE sont pris en compte, aucune aide éligible n'est disponible. Les résultats des scénarios 1 et 3 prennent en compte la consommation d'électricité évitée par les panneaux solaires photovoltaïques ainsi mais pas le surplus revendu, qui est au bénéfice de la CNAF.
---	---

H.3. Projection financière

H.3.1. Part de gros entretien

Dans le cadre de la rénovation thermique d'un bâtiment, il est important de prendre en compte ce qui tient de l'entretien du bâtiment (je remplace un équipement pour maintenir mon bâtiment en bonne santé) et qui se distingue des travaux réalisés pour la performance énergétique.

Afin de considérer des temps de retour sur investissement relatif aux économies d'énergie, il est primordial de réaliser la part de gros entretien pour chaque scénario. Cette part correspond aux investissements nécessaires à l'entretien du bâtiment ainsi qu'au maintien d'un confort nécessaire aux occupants.

Lors des calculs économiques des différents scénarios, les différents postes du gros entretien sont retranchés en fonction des bouquets de travaux réalisés. Dans chaque fiche préconisation, vous trouverez la valeur liée au gros entretien. D'autres travaux peuvent être envisagés sur le bâtiment sur le long terme, l'investissement présenté ci-dessous ne constitue pas un chiffrage exhaustif.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Part du gros entretien par scénario (€ HTVA)	244 100 €	291 800 €	242 200 €	484 300 €	

	Le gros entretien inclut le remplacement de tous les systèmes (chauffage, ventilation, climatisation) et le remplacement des menuiseries, qui adviendra
---	---

H.3.2. Hypothèses générales

Afin de calculer des temps de retour sur investissement dynamique et se rapprochant au plus près de la réalité économique, nous avons utilisé les hypothèses suivantes :

Energie	Inflation annuelle (Source : ADEME)
Electricité	3,0%
Gaz	4,1%
Bois	3,1%

Données	Valeur
Inflation maintenance	1,0%
Taux d'emprunt annuel	1,0%
Durée de l'emprunt	20 ans
CEE (avril 2024)	0,008
Part d'emprunt	100,0%

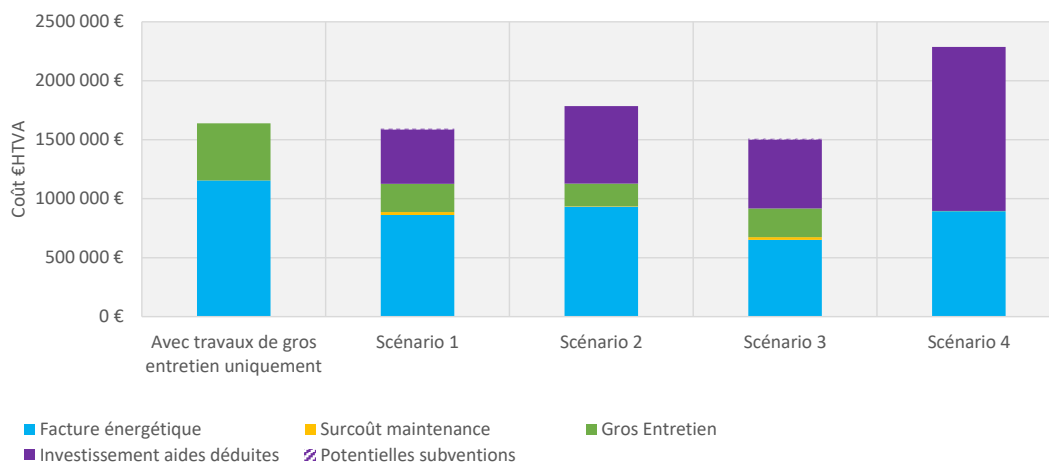
H.3.3. Analyse financière

Le bilan est établi sur 21 ans, la première année étant celle des travaux pendant laquelle aucune économie sur la facture énergétique n'est encore réalisée.

Bilan sur 21 ans (€ HTVA)	Avec travaux de gros entretien uniquement	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Potentielles subventions	-	6 840 €	0 €	6 840 €	0 €	
Investissement aides déduites	-	460 660 €	656 600 €	584 760 €	1 389 500 €	
Gros Entretien	484 300 €	240 200 €	192 500 €	242 100 €	0 €	
Surcoût maintenance	0 €	23 200 €	4 600 €	23 200 €	2 300 €	
Facture énergétique	1 155 300 €	863 000 €	931 700 €	651 500 €	894 700 €	
Total	1 639 600 €	1 587 060 €	1 785 400 €	1 501 560 €	2 286 500 €	
dont intérêts bancaires	-	43 300 €	43 300 €	43 300 €	43 300 €	
Surcoût annuel moyen ²²	-	-2 500 €	6 900 €	-6 600 €	30 800 €	
Temps de retour dynamique ¹⁹	-	19 ans	21 ans	18 ans	21 ans	

Bilan sur 21 ans des scénarios par rapport à l'état existant avec gros entretien uniquement

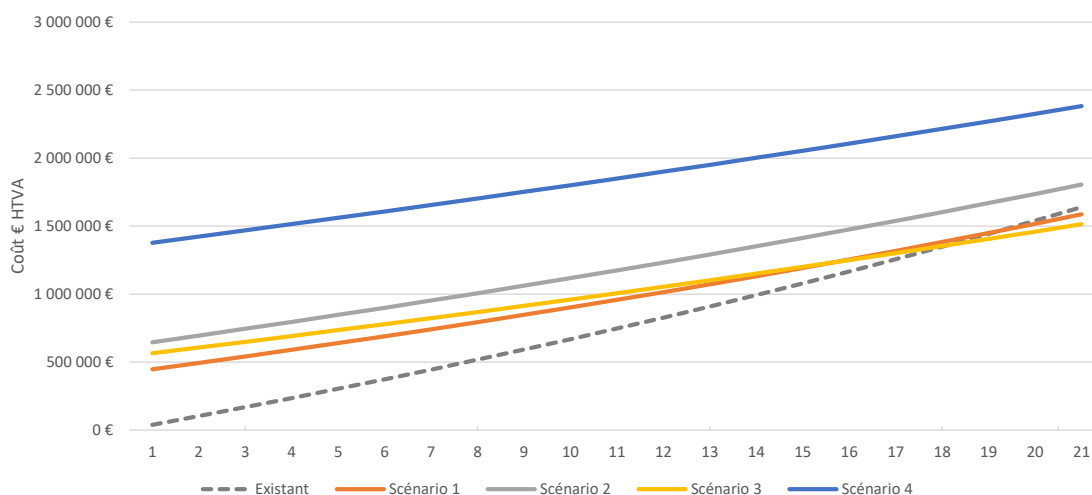
Analyse des scénarios sur 21 ans



Bilan des scénarios

Le graphique suivant montre le cumul annuel des coûts pour l'état existant avec gros entretien uniquement et les différents scénarios. L'investissement a été lissé sur 21 ans (**l'année avant les travaux correspondant à l'état initial et 20 années après les travaux**) afin d'apprécier la rentabilité économique et énergétique de la réalisation des travaux de performance énergétique. Pour les scénarios, les investissements sont réalisés en année 1 et les économies commencent en année 2.

Prospective financière



Prospective financière



Aucun des scénarios n'est rentable sur 20 ans, à cause d'investissements conséquents, notamment l'isolation de la façade par l'extérieur et le remplacement du système de climatisation et le manque d'aides financières.

H.4. Projection dispositif Eco Energie Tertiaire

Comme précisé en introduction, les objectifs du dispositif Eco Energie Tertiaire sont modulables en fonction de contraintes techniques, patrimoniales et architecturales liées aux bâtiments, d'un changement de l'activité exercée dans les bâtiments, ou de son volume, des temps de retour des actions.

H.4.1. Modulation des objectifs - Temps de retour disproportionné

Le tableau ci-dessous présente pour chaque action le gain énergétique et financier par rapport aux dernières années de fonctionnement (2018-2019), le Temps de Retour Brut de l'action et du critère de modulation, et enfin si l'action permet de moduler les objectifs d'économie.

Préconisations	Investissement (€ HTVA)	Gains		TRB	TRB max modulation	Modulation ?
		€ HTVA	% kWhcf			
ENVELOPPE						
Isolation des murs par l'extérieur	163 380 €	1 900 €	8,2%	> 50 années	30 ans	OUI
Isolation des faux-plafonds	119 933 €	1 100 €	4,8%	> 50 années	30 ans	OUI
Isolation des plancher bas sur extérieur	24 480 €	100 €	0,3%	> 50 années	30 ans	OUI
Remplacement des menuiseries	384 964 €	1 400 €	4,5%	> 50 années	30 ans	OUI
EQUIPEMENTS						
Remplacement de la seconde chaudière gaz	62 000 €	0 €	0,0%	-	15 ans	OUI
Chaudière bois à granulés	125 500 €	4 400 €	-5,8%	29 années	15 ans	OUI
Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques	293 500 €	200 €	31,5%	> 50 années	15 ans	OUI
Pompe à chaleur air/air type DRV	161 000 €	3 000 €	36,2%	> 50 années	15 ans	OUI
Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	13 500 €	-800 €	-2,5%	-	15 ans	OUI
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie	53 000 €	-2 100 €	-5,4%	-	15 ans	OUI
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à	70 000 €	-2 000 €	-3,5%	-	15 ans	OUI
Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux	2 450 €	700 €	1,0%	3 années	15 ans	NON
Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	47 000 €	8 000 €	14,2%	7 années	15 ans	NON
USAGES SPÉCIFIQUES, RÉGULATION ET SUIVI ÉNERGÉTIQUE						
Remplacement des robinets thermostatiques	18 000 €	2 400 €	9,7%	8 années	6 ans	OUI
Installation d'une GTC	29 500 €	0 €	0,0%	-	6 ans	OUI

Tableau de synthèse des préconisations

	La quasi-totalité des actions permet de moduler les objectifs. Les valeurs de modulation ne sont pas encore connues.
---	--

H.4.2. Modulation des objectifs - Autres contraintes

Le tableau ci-dessous présente l'impact des contraintes techniques, patrimoniales et architectures du bâtiment.

Condition	Impact	Conclusion
Bâtiment classé	Le bâtiment n'est pas classé.	Pas de modulation
Bâtiment dans périmètre protégé	Le bâtiment n'est pas dans un périmètre protégé.	Pas de modulation
Bâtiment remarquable	Le bâtiment n'est pas remarquable.	Pas de modulation
Process particulier	Le bâtiment n'a pas de process particulier.	Pas de modulation

	Pour les justifications de contraintes architecturales ou patrimoniales les assujettis doivent solliciter l'avis circonstancié : – d'un architecte en chef des monuments historiques ou d'un architecte titulaire du diplôme de spécialisation et d'approfondissement en architecture mention « architecture et patrimoine » pour les monuments historiques classés ; – d'un architecte pour les monuments historiques inscrits, les immeubles situés en site patrimonial remarquable ou en abords de monuments historiques, les immeubles ayant reçu le label mentionné à l'article du code du 3 mai 2020 patrimoine et les immeubles protégés en application de l'article L. 151-19 du code de l'urbanisme ou soumis à prescription architecturale en application de l'article L. 151-18 du code de l'urbanisme.
	Les travaux sur les immeubles protégés au titre des monuments historiques, de leurs abords ou des sites patrimoniaux remarquable et sur les immeubles ayant reçu le label mentionné à l'article L. 650-1 du code du patrimoine sont envisagés dans le programme d'action sans préjudice des dispositions du livre VI du code du patrimoine, relatives au contrôle scientifique et technique et aux déclarations et autorisations de travaux. La modulation tient compte, le cas échéant, des prescriptions émises à ce titre.

H.4.3. Vérification des objectifs

La méthode retenue pour définir la référence et les objectifs du DEET est :

Relative

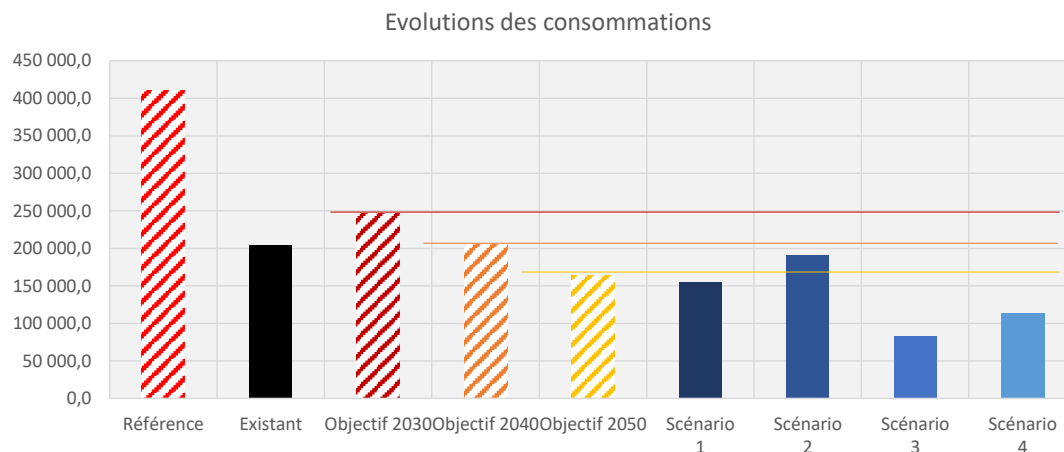
Avec la méthode relative, les objectifs sont [consommation existante] < consommation ref x -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050. L'année de référence retenue est : 01/2015 -> 12/2015

Avec la méthode absolue, les objectifs sont [consommation existante] < Cabs2030 , Cabs2040 (non connu), Cabs2050 (non connu), Cabs étant un ratio de consommation /m² défini par arrêté selon l'usage du bâtiment.

Le tableau ci-dessous synthétise l'atteinte des objectifs en fonction des scénarios :

Consommation (kWhPCI)	Référence	Existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Consommation	410 482	204 600	155 000	191 300	82 800	113 700	
Réduction		-50%	-62%	-53%	-80%	-72%	
2030 : Objectif initial	246 289	✓	✓	✓	✓	✓	
2030 : Objectif modulé	246 289	✓	✓	✓	✓	✓	
2040 : Objectif initial	205 241	✓	✓	✓	✓	✓	
2040 : Objectif modulé	205 241	✓	✓	✓	✓	✓	
2050 : Objectif initial	164 193	✗	✓	✗	✓	✓	
2050 : Objectif modulé	164 193	✗	✓	✗	✓	✓	

Le graphique suivant présente l'évolution des consommations selon les scénarios de travaux :



L'état existant atteint déjà les objectifs 2030 et 2040 du Dispositif Eco Energie Tertiaire, grâce à une année de référence favorable (consommation élevée) calculée avec la méthode absolue et des débits de ventilation inférieurs aux débits réglementaires attendus. Les travaux proposés dans les scénarios 1 et 2 permettent de fournir les débits réglementaires de ventilation tout en conservant une consommation énergétique inférieure à l'objectif 2040. Les scénarios 3 et 4 permettent d'atteindre l'objectif 2050.

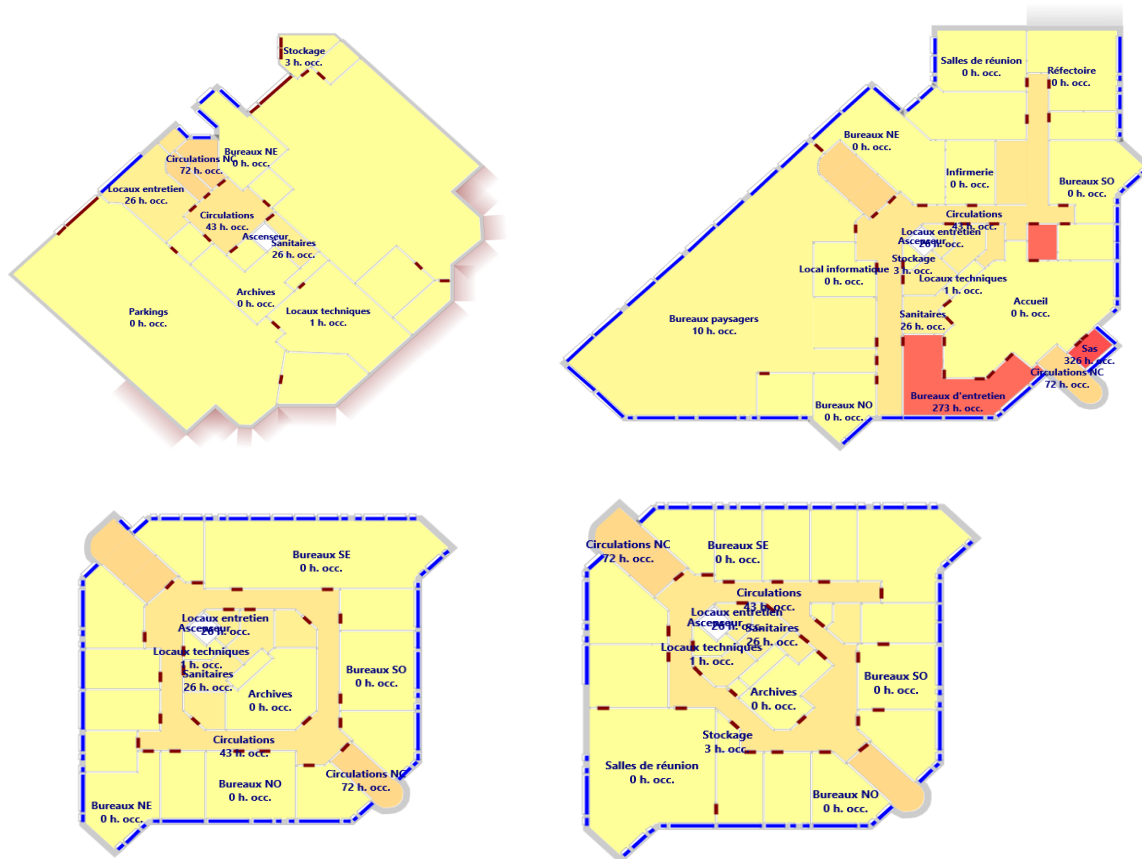
I. BILAN CONFORT ESTIVAL

I.1. Récapitulatif scénario

Le tableau ci-dessous présente les indicateurs de confort d'été pour les scénarios de travaux envisagés et les compare à l'état existant.

	Etat existant	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
R0 - Accueil						
Heures d'inconfort (>26°C)	0	0	0	0	0	
Pourcentage d'heures d'inconfort	0%	0%	0%	0%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	-	-	-	-	
R0 - Bureau paysager						
Heures d'inconfort (>26°C)	26	9	9	10	1	
Pourcentage d'heures d'inconfort	3%	1%	1%	1%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	65%	65%	62%	96%	
R+1 - Bureaux Sud-Ouest						
Heures d'inconfort (>26°C)	1	0	0	0	0	
Pourcentage d'heures d'inconfort	0%	0%	0%	0%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	-	-	-	-	
R+1 - Bureaux Sud-Est						
Heures d'inconfort (>26°C)	0	0	0	0	0	
Pourcentage d'heures d'inconfort	0%	0%	0%	0%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	-	-	-	-	
R+2 - Bureaux Sud-Ouest						
Heures d'inconfort (>26°C)	1	0	0	0	0	
Pourcentage d'heures d'inconfort	0%	0%	0%	0%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	-	-	-	-	
R+2 - Salles de réunion						
Heures d'inconfort (>26°C)	0	0	0	0	0	
Pourcentage d'heures d'inconfort	0%	0%	0%	0%	0%	
Réduction des heures d'inconfort (%)	-	-	-	-	-	

Indicateurs numériques de confort d'été pour les scénarios



Carte de l'inconfort dans les locaux pendant l'occupation en saison chaude



Le système de climatisation maintient un confort thermique dans l'ensemble du bâtiment pour tous les scénarios.

J. CONCLUSION

Le siège de la CAF de l'Indre est un bâtiment avec une performance d'enveloppe moyenne et en état correct. Les équipements sont de performance variable, avec une chaudière assez récente et performante, l'autre en fin de vie, un système de climatisation fonctionnel mais également en fin de vie et un système de ventilation à remplacer, qui n'assure pas les débits réglementaires.

Le bâtiment atteint déjà les objectifs de consommation du Dispositif Eco Energie Tertiaire pour 2030 et pour 2040 de justesse, grâce à une consommation de référence très élevée (2015), calculée suivant la méthode relative.

L'inconfort estival est présent en période de canicule, malgré la climatisation et la présence de stores extérieurs. Ceci peut être dû à la combinaison de l'effet de parois chaudes sur les façades exposées, les débits de ventilation insuffisants et l'impossibilité d'ouvrir les fenêtres à cause du bruit de la rue. Cet inconfort n'a pas pu être reproduit par simulation et suggère des conditions locales et peut être un essoufflement du système de climatisation en fin de vie.

Le bâtiment est soumis au décret BACS qui impose l'installation d'un système de gestion centralisée d'ici le 1er janvier 2025.

Les scénarios de travaux proposés ciblent en priorité le remplacement des équipements : deuxième chaudière gaz ou autre système de chauffage (chaufferie biomasse ou géothermie), systèmes de climatisation et ventilation et l'installation d'une GTC. Le choix de l'énergie de chauffage a aussi une conséquence sur celui du préchauffage de l'air de la centrale de traitement d'air. Les travaux proposent également une amélioration de l'enveloppe. A part des améliorations localisées et peu coûteuses, l'isolation des murs par l'extérieur et le remplacement des menuiseries réduisent légèrement la consommation mais à des coûts importants.

Une stratégie de moindre investissement consiste à n'utiliser que les pompes à chaleur réversibles qui seront remplacées, pour le chauffage et la climatisation des locaux. Cette stratégie fait l'économie du renouvellement des équipements en chaufferie et abandonne donc le réseau hydraulique et les radiateurs. Les occupants pourront être sensibles au passage du chauffage par rayonnement au soufflage des ventilo-convecteurs. Ce système également un zonage flexible du chauffage et la climatisation, pour répondre à l'inoccupation des locaux due au télétravail.

L'étude propose aussi, dans les scénarios 1 et 3, l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur la toiture terrasse du R+2, pour une capacité de 36 kWc (environ 178 m²), d'après les résultats de l'étude de faisabilité. La production serait partiellement consommée par le bâtiment à hauteur de 58% à 74% suivant le scénario de travaux retenu. La production serait mieux valorisée si le bâtiment passe à un chauffage électrique par pompes à chaleur réversibles (scénario 3). Le pic de production correspond également à une demande accrue d'électricité pour la climatisation, qui augmentera avec les étés de plus en plus chauds.

K. ANNEXES

K.1. Détails des consommations et factures par usage

Energie Finale (kWh _{ef} PCI)	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total
Etat existant	111 100	18 500	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	204 600

Préconisations bâti	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Isolation des murs par l'extérieur	94 100	18 800	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	187 900	-8%
Isolation des faux-plafonds	101 300	18 700	3 800	10 600	3 300	4 000	53 200	194 900	-5%
Isolation des plancher bas sur extérieur	110 400	18 600	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	204 000	0%
Remplacement des menuiseries	103 500	17 000	3 800	10 600	3 300	3 900	53 200	195 300	-5%

Préconisations équipements	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Remplacement de la seconde chaudière gaz	111 100	18 500	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	204 600	0%
Chaudière bois à granulés	122 100	19 300	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	216 400	6%
Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques verticales	43 500	18 500	3 800	10 600	3 300	7 300	53 200	140 200	-31%
Pompe à chaleur air/air type DRV	37 600	17 000	3 800	10 600	3 400	4 900	53 200	130 500	-36%
Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	115 300	18 400	4 900	10 600	3 300	4 100	53 200	209 800	3%
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	117 500	18 500	8 600	10 600	3 300	4 100	53 200	215 800	5%
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	114 200	17 900	8 600	10 600	3 300	4 100	53 200	211 900	4%
Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	112 200	18 400	3 800	10 600	400	4 100	53 200	202 700	-1%
Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	111 100	18 500	3 800	10 600	3 300	4 100	53 200	204 600	0%

Scénarios	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Scénario 1	87 500	18 300	8 600	10 600	3 400	2 500	53 200	184 100	-10%
Scénario 2	97 700	18 400	8 600	10 600	400	2 500	53 200	191 400	-6%
Scénario 3	26 600	14 600	8 600	10 100	400	6 400	53 200	119 900	-41%
Scénario 4	22 800	14 200	8 600	10 600	400	4 000	53 200	113 800	-44%

Energie Primaire (kWhep PCI)	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total
Etat existant	112 700	47 800	9 800	27 300	8 600	10 500	137 200	353 900

Préconisations bâti	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Isolation des murs par l'extérieur	95 600	48 500	9 800	27 300	8 500	10 500	137 200	337 400	-5%
Isolation des faux-plafonds	102 800	48 200	9 800	27 300	8 600	10 300	137 200	344 200	-3%
Isolation des plancher bas sur extérieur	112 000	47 900	9 800	27 300	8 600	10 500	137 200	353 300	0%
Remplacement des menuiseries	104 900	43 900	9 800	27 300	8 600	10 100	137 200	341 800	-3%

Préconisations équipements	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Remplacement de la seconde chaudière gaz	112 700	47 800	9 800	27 300	8 600	10 500	137 200	353 900	0%
Chaudière bois à granulés	123 600	49 800	9 800	27 300	8 600	10 600	137 200	366 900	4%
Pompe à chaleur eau/eau avec sondes géothermiques verticales	112 100	47 800	9 800	27 300	8 600	18 900	137 200	361 700	2%
Pompe à chaleur air/air type DRV	96 300	43 800	9 800	27 300	8 700	12 700	137 200	335 800	-5%
Ventilation mécanique simple flux pour les pièces humides	116 900	47 500	12 700	27 300	8 600	10 600	137 200	360 800	2%
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie hydraulique	119 100	47 800	22 200	27 300	8 600	10 500	137 200	372 700	5%
Centrale de traitement d'air avec récupération et batterie à détente directe	121 300	46 100	22 200	27 300	8 600	10 500	137 200	373 200	5%
Suppression de l'ECS dans les sanitaires et chauffe-eaux instantanés	113 800	47 600	9 800	27 300	1 000	10 500	137 200	347 200	-2%
Panneaux solaires photovoltaïques - 36 kWc	112 700	47 800	9 800	27 300	8 600	10 500	137 200	353 900	0%

Scénarios	Chauffage	Climatisation	Ventilation	Eclairage	ECS	Tous auxiliaires	Usages spécifiques	Total	Gain
Scénario 1	89 200	47 200	22 200	27 300	8 700	6 400	137 200	338 200	-4%
Scénario 2	99 400	47 500	22 200	27 300	1 000	6 500	137 200	341 100	-4%
Scénario 3	68 600	37 600	22 200	26 000	1 000	16 500	137 200	309 100	-13%
Scénario 4	58 700	36 600	22 200	27 300	1 000	10 400	137 200	293 400	-17%

K.2. Méthodologie notation énergie

Récapitulatif des notes Energie - Enveloppe

Note	Plancher bas	Plancher haut	Mur	Menuiserie
1	0,25 > R Pas d'isolant	1 > R Pas d'isolant	1 > R Pas d'isolant	Uw > 5 Simple vitrage
2	0,5 > R > 0,25 Isolation ancienne / contact LNC	3 > R > 1 Isolation ancienne	2 > R > 1 Faible épaisseur	5 > Uw > 3 Double vitrage 6-8 mm
3	1 > R > 0,5 Isolation faible / contact LNC	5 > R > 3 Isolation correcte	2 > R > 3 Epaisseur moyenne	3 > Uw > 2 Double vitrage 12 mm
4	2,9 > R > 1 Bonne isolation / contact TP	6 > R > 5 Bonne isolation	3,9 > R > 3 Epaisseur correcte	2 > Uw > 1,5 Double vitrage 16 mm
5	R > 2,9 Bonne isolation + Contact TP	R > 6 Très bonne isolation	R > 3,9 Bonne isolation	1,5 > Uw Argon / VIR > 16mm

Récapitulatif des notes Energie - Chauffage

Note	Chauffage gaz	Chauffage fioul	Chauffage bois
1	Chaudière classique année 1990	Chaudière fioul année 90	Poêle a buche < 20 ans
2	Chaudière classique année 2000	Chaudière fioul année 2000	Poêle a buche < 10 ans
3	Chaudière gaz classique année 2010, chaudière gaz à condensation année 2000	Chaudière fioul à condensation année < 10 ans	Chaudière granulé haute température
4	Chaudière gaz à condensation < 10 ans	Chaudière fioul à condensation < 5 ans	Chaudière à condensation < 10 ans
5	Chaudière gaz à condensation < 5 ans		Chaudière à condensation < 5 ans RCU Biomasse

Récapitulatif des notes Energie - Chauffage / ECS

Note	Emission eau chaude	Chauffage électrique	Eau chaude Sanitaire
1	Tube à ailettes, aérotherme ancien, plancher sans régulation	Aérotherme/Convecteur très ancien (grille pain) régulation M/A	Chaudière peu performante
2	Radiateur sans robinet, aérotherme avec vanne terminale	Aérotherme./Convecteur/Radiant ancien avec régulation local M/A, consigne 1-5	Chaudière moyenne, cumulus électrique < 10 ans ou trop grand
3	Radiateur avec robinet droit, aérotherme récent, plancher avec régulation globale	Convecteur/Radiant électrique récent, régulation locale	Chaudière moyenne, cumulus électrique classique
4	Radiateur avec robinet thermostatique < 10 ans, plafond avec régulation globale	Aérotherme/Convecteur/Radiant électrique récent, régulation centrale	Chaudière à condensation, cumulus électrique < 5 ans (résistance stéatite)
5	Radiateur avec robinet thermostatique récent, plancher ou plafond avec	Production type thermodynamique/ENR	Solaire (fonctionnel) , chaudière très performante, PAC

Récapitulatif des notes Energie - Ventilation, PAC, éclairage

Note	Ventilation	Pompes à chaleur	Eclairage
1	Pas de ventilation/ Ventilation naturelle	PAC très ancienne	Puissance importante (> 12 W/m²)
2	Ventilation mécanique SF ancienne	PAC année 90	Puissance moyenne (8 à 12 W/m²)
3	Ventilation DF sans échangeur, ventilation mécanique année 2000	PAC année 2000	Puissance standard (4 à 8 W/m²)
4	Ventilation SF Régulée (hygro A ou B)	PAC année 2010	Eclairage fluocompacte généralisé sans zonage
5	Ventilation DF avec échangeur Ventilation SF régulée sur CO2/HR	Géothermie, freechilling, PAC VRV	Eclairage LED généralisé avec zonage

Récapitulatif des notes Energie - Distribution/Régulation

Note	Régulation	Distribution	Calorifuge
1	Pas de régulation	Pompe à débit constant surdimensionné	Aucune
2	1 consigne M/A	Pompe à débit constant > 10 ans	Coque plâtre, tissus dégradé
3	Consigne jour/nuit avec planning semaine	Pompe à débit constant < 10 ans	Isolant < 8 cm
4	Loi d'eau + thermostat d'ambiance par zone	Pompe à débit variable sans arrêt	Isolant > 8 cm + > 5 ans
5	GTB	Pompe à débit variable avec arrêt	Isolant > 8 cm + < 5 ans

K.3. Méthodologie

L'analyse et la simulation du bâtiment sont effectuées sur le logiciel de calcul thermique dynamique Pléiades+COMFIE. La numérisation du bâtiment permet d'affecter à chaque élément de l'enveloppe une composition détaillant les types de matériaux actuellement en place.

La simulation donne la possibilité de simuler le comportement du bâtiment dans son contexte géographique, au sein de sa zone thermique (zone qui varie selon les régions de France métropolitaine) et de son environnement (orientation, masques solaires naturels ou architecturaux...).

Une fois le bâtiment modélisé numériquement, nous pouvons calculer ses déperditions de chaleur et donc sa consommation énergétique. Cette modélisation nous permet de faire ressortir les points faibles du bâti et de simuler les améliorations énergétiques éventuelles.

Une fois l'enveloppe générale du bâtiment modélisée numériquement, nous pouvons y ajouter des scénarios de fonctionnement (consigne de température, occupation, chaleur dissipée, ventilation...) afin de faire « vivre » le bâtiment sur une année complète. Les conditions extérieures (température, rayonnement...) utilisées lors de la simulation sont reproduites à partir d'une moyenne récoltée sur 10 ans (2010 à 2019) par le logiciel de données météorologiques METEONORM. Un résumé des données météo est disponible en annexe. Une variante "été chaud" peut également être utilisée pour les études de confort d'été, pour prendre en compte le réchauffement climatique.

Les données fournies dans l'étude sont directement issues de cette simulation et sont donc purement théoriques. Le logiciel de simulation thermique nous permet de calculer les consommations de chacun des postes.

Chauffage :

La consommation est calculée selon deux facteurs :

- Les besoins thermiques nets (chapitre précédent) ;
- Le rendement global du chauffage comprenant (génération, régulation, distribution, émission).

Eau Chaude Sanitaire :

Les consommations d'eau chaude sanitaire dépendent :

- Des types de puisages ;
- Des usages du bâtiment ;
- Du rendement global de production d'eau chaude sanitaire.

Auxiliaires :

Les consommations des auxiliaires correspondent aux consommations des moteurs de ventilation ainsi que de l'ensemble des équipements permettant le bon fonctionnement des autres équipements (circulateur, pompes, ...). Ces consommations sont calculées suivant :

- Les équipements répertoriés sur place ;
- Les modes de fonctionnements de ces appareils.

Eclairage :

La consommation électrique des éclairages a été estimée à partir :

- De l'inventaire réalisé sur le site nous donnant la quantité, le type et les puissances moyennes des équipements ;
- Les temps de fonctionnement sont estimés suivant l'activité actuelle du bâtiment.

Usages spécifiques :

- Bureautique et électroménager
- Equipements industriels électriques

A partir de l'inventaire des équipements réalisé pendant la visite des locaux, un bilan des consommations électriques a été établi. Ces consommations ne sont pas utilisées dans le calcul des étiquettes énergétiques.

Le calcul de déperdition pièce par pièce, pour obtenir les déperditions par zones, donne des résultats différents du calcul global. Ceci est dû à la prise en compte plus importante de la partie renouvellement d'air ainsi que de contact différent. Pour conserver des résultats cohérents, nous avons pris la partie de ventiler les déperditions globales au prorata des résultats de chaque zone.

L. GLOSSAIRE

¹**Energie finale (kWh_{ef})** : L'énergie finale, ou disponible, est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au domicile, etc.).

²**Energie primaire (kWh_{ep})** : L'énergie primaire prend en compte les pertes associées à la production et à la distribution de l'énergie. Pour l'électricité le facteur de conversion d'usage en France est de 2,58, c'est-à-dire que 2,58 kWh d'énergie sont en réalité consommés pour une consommation électrique de 1 kWh chez le consommateur final. Ceci s'explique en grande partie par les pertes thermiques liées à la production de l'électricité. Pour les énergies fossiles le facteur de conversion est 1.

³**PCI/PCS** : Le pouvoir calorifique d'un matériau combustible est l'enthalpie de réaction de combustion par unité de masse. C'est l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la réaction de combustion par l'oxygène (autrement dit la quantité de chaleur).

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

- *pouvoir calorifique supérieur (PCS)* : C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible. Cette énergie comprend la chaleur sensible, mais aussi la chaleur latente de vaporisation de l'eau, généralement produite par la combustion. Cette énergie peut être entièrement récupérée si la vapeur d'eau émise est condensée, c'est-à-dire si toute l'eau vaporisée se retrouve finalement sous forme liquide.
- *pouvoir calorifique inférieur (PCI)* : C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation (chaleur latente) de l'eau présente en fin de réaction.

⁴**Gaz à effet de serre** : Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leurs concentrations dans l'atmosphère terrestre est à l'origine du réchauffement climatique.

Rappel des différentes émissions de gaz à effet de serre par type d'énergie en kilogrammes de CO₂ par kWh_{ef}PCI :

Fioul	0,3	Electricité-Chauffage	0,18
Gaz naturel	0,234	Electricité-Eclairage	0,1
Gaz propane	0,274	Electricité-Usages intermittents	0,06
Bois	0,013	Electricité-Usages en base	0,04
Réseau chaleur	0,1014	Réseau froid	0,1014

Le bilan environnemental calcule les émissions de CO₂ selon les 4 catégories suivantes :

Etape de production : Emission générée de l'extraction des matières premières jusqu'à la sortie du site de fabrication du produit

Etape processus de construction (incluant transport) : Emission générée de la sortie du site de fabrication à l'arrivée sur le chantier de construction, et la mise en œuvre et de l'arrivée du chantier de construction à la réception de l'ouvrage

Etape de vie en œuvre ou utilisant : Emission générée de l'occupation du bâtiment, avec son entretien, ses réparations et sa maintenance, jusqu'au départ des occupants ;

Etape de fin de vie : Emission générée de la déconstruction de l'ouvrage au traitement de fin de vie du produit

⁵**Coefficient de transmission thermique U** : Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.

Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m².K et est l'inverse de la résistance thermique de la paroi. Plus sa valeur est faible, plus la paroi est isolante.

⁶**Résistance thermique R** : La résistance traduit la capacité d'un matériau à résister au transfert thermique. Elle est exprimée en m².k/W. Plus sa valeur est élevée, plus le matériau est isolant.

⁷**Certificats d'économies d'énergie (CEE)** : Le principe des certificats d'économie d'énergie repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie comme EDF, Gaz de France, les réseaux de chaleur tels CPCU pour une période donnée.

⁸**DJU** : Les Degrés Jour Unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommation d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver.

Pour chaque période de 24 heures, le nombre de degrés jours unifiés (DJU) est déterminé en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour, c'est-à-dire 18 °C moins la moitié de la somme de la température maximale et de la température minimale.

⁹**RT2012** : La réglementation thermique française a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. L'actuelle réglementation en vigueur est la réglementation thermique 2012 (RT 2012). Elle succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants, réglementation thermique 2005 (RT 2005), réglementation thermique 2000 (RT 2000), réglementation thermique 1988 (RT 1988 ou RT88) et réglementation thermique 1974 (RT 1974 ou RT74).

¹⁰**RT Existant** : 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.

L'objectif général de cette réglementation est d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment existant lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend des travaux susceptibles d'apporter une telle amélioration.

Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- Pour **les rénovations très lourdes de bâtiment 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.
- Pour **tous les autres cas de rénovation**, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

¹¹**Matériaux biosourcés** : Les matériaux biosourcés sont des matériaux issus de la biomasse d'origine végétale ou animale.

La filière des matériaux biosourcés a été identifiée, par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, comme l'une des filières vertes ayant un potentiel de développement économique élevé pour l'avenir, notamment en raison de son rôle pour diminuer notre consommation de matières premières d'origine fossile, limiter les émissions de gaz à effet de serre et créer de nouvelles filières économiques.

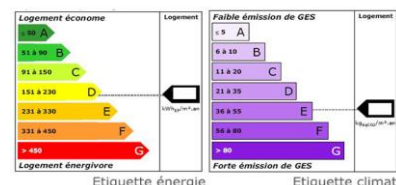
¹²**Contrat d'exploitation** : Le contrat d'exploitation a pour vocation de permettre à travers les prestations de l'exploitant une bonne gestion des installations de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire.

- **Fourniture d'énergie (P1)** : Cette prestation est relative à la fourniture d'énergie ou de combustible par l'exploitant.
- **Maintenance (P2)** : Cette prestation assure la conduite, l'entretien et les dépannages des installations. Cette prestation s'engage à maintenir des paramètres de fonctionnement en termes de températures de consignes et de réduits notamment.
- **Gros entretien (P3)** : Cette prestation couvre les réparations et le remplacement de tous les matériels défectueux afin de maintenir l'installation en bon état de marche.

¹³**Entreprise RGE** : Trouvez votre entreprise RGE sur :
<http://www.renovation-info-service.gouv.fr/trouvez-un-professionnel>

¹⁴**Catégorie DPE** : La catégorie de Diagnostic de Performance Énergétique ou DPE est un classement des différentes typologies de bâtiment qui sert à déterminer l'étiquette énergétique associée au bâtiment (Administratif, salle des fêtes, école, logement...). La classe énergétique d'un bâtiment dépend de sa catégorie DPE.

¹⁵**Étiquette Énergie-Climat** : Représentation visuelle de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre d'un bâtiment. L'étiquette énergie donne la consommation en énergie primaire d'un bâtiment rapporté au m² et la classe énergétique du bâtiment de A à G. Chaque classe a une couleur différente. L'étiquette climat fait de même pour les émissions de gaz à effet de serre. La définition des classes dépend de la catégorie DPE¹⁴ du bâtiment.



¹⁶**Puissance souscrite (kVA)** : La puissance souscrite en Kilo Voltampère ou kVA correspond à la puissance maximum simultanée pouvant être appelée sur votre compteur. (1 kVA = 1kW)

¹⁷ **Déperdition** : Une déperdition est une perte de chaleur que subit un bâtiment par ses parois et ses échanges de fluide avec l'extérieur. Celle-ci tient compte des caractéristiques thermiques des parois et de la différence entre la température de consigne et la température extérieure à la paroi.

¹⁸ **TRB** : Temps de retour sur investissement brut, qui correspond au rapport entre investissement et gain sur facture. Il ne prend pas en compte l'évolution du coup de l'énergie et de la maintenance.

¹⁹ **TRD** : Temps de retour sur investissement dynamique, prenant en compte l'évolution du coup de l'énergie et de la maintenance et le remboursement d'un prêt.

²⁰ **Surface chauffée** : Surface de plancher, chauffée, du bâtiment mesurée au nu intérieur des murs de façades, excluant notamment les vides et trémies.

²¹ **Surface de plancher (SDP)** : Unité de calcul des surfaces des constructions servant à la délivrance des autorisations d'urbanisme de la construction correspond à la somme des surfaces closes et couvertes, sous une hauteur de plafond supérieure à 1,80 m, calculée à partir du nu intérieur des façades du bâtiment. La surface de plancher se calcule différemment entre la maison et l'immeuble collectif dans les déductions à réaliser.

<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F2868>

<https://www.inc-conso.fr/content/logement/urbanisme-la-definition-et-le-calcul-de-la-surface-de-plancher>

²² **Surcoût annuel moyen**: Le surcoût annuel est défini par l'écart du coût d'exploitation et d'investissement entre le scénario de travaux et l'état existant, lissé sur la période du bilan financier. Le coût d'exploitation englobe, la facture énergétique ainsi que la partie maintenance et gros entretien des équipements (Chauffage, Climatisation, ECS, Ventilation). Si le surcoût annuel est négatif sur la période du bilan financier, le scénario de travaux est rentable sur cette période. Dans le cas contraire, le scénario coûte plus d'argent qu'il n'en économise.

²³ **Sw / Facteur solaire**: Le facteur solaire Sw s'exprime en % et caractérise la quantité totale d'énergie que laisse passer un vitrage par rapport à l'énergie solaire incidente. Il mesure donc la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce. Plus le facteur solaire est petit, plus les apports solaires sont faibles.

²⁴ **Classement MH / ABF: Monument Historique / Architecte des bâtiments de France**. Les bâtiments sur la liste des monuments historiques (inscrit ou classé) ou situés dans un périmètre d'un bâtiment classé sont contraints de respecter l'avis des ABF pour la réalisation des travaux (exemple : obligation de fenêtre bois, interdiction d'équipement visible en toiture, etc.). L'architecte des Bâtiments de France conseille et promeut une architecture et une urbanisation de qualité en tenant compte du contexte dans lequel les constructions doivent s'intégrer harmonieusement.