énergéthik
BUREAU D'ÉTUDES
Engagés pour un avenir durable !



AUDIT ÉNERGÉTIQUE

DIRECTION INTERDÉPARTEMENTALE DES ROUTES CENTRE-OUEST – SITE DE FEYTIAT

BÂTIMENT EXPLOITATION

La Lande du Chazeau, 87220 Feytiat

Ce rapport présente l'ensemble de la mission d'Audit Énergétique du Bâtiment Exploitation du Site de Feytiat de La Direction Interdépartementale des Routes du Centre Ouest, situé La Lande du Chazeau, à Feytiat. Cette étude a été réalisée par le Bureau d'Études BE ÉNERGÉTHIK en Avril 2025.

Selon NF EN 16247-1 et NF EN 16247-2

Référence interne :	DIRCO – SITE DE FEYTIAT – BÂTIMENT EXPLOITATION	
Version :	Indice A	AVRIL 2026
Rédaction :	Noémie CAHN	30/04/2026
Vérification :	Karim TAHIR	30/04/2026
Maîtrise d'Ouvrage :	Nadège PERCHAUD	Direction Interdépartementale des Routes Centre-Ouest

PARC ESTER TECHNOPOLE | 4 allée de Faugeras - 87 100 Limoges
Tél. : 05 55 38 37 70 | Email : compta@beenergethik.com | Site Internet : www.beenergethik.com

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 12 06 2458

Table des matières

1 SYNTHÈSE....5
2 GÉNÉRALITÉS....7
2.1 Objectifs de l'étude....7
2.2 Identification de l'opération....7
2.2.1 Identification du maître d'ouvrage....7
2.2.2 Identification du prestataire....7
2.2.3 Patrimoine diagnostiqué....7
2.3 Réalisation de l'audit....8
2.4 Déroulement et contexte de l'étude....10
2.5 Limites de l'audit énergétique....11
2.6 Contexte réglementaire....12
2.6.1 Réglementation élément par élément....12
2.6.2 Réglementation globale....12
2.6.3 Dispositif Eco-énergie tertiaire....12
2.6.4 Obligation du DPE....14
3 ÉTAT DES LIEUX....15
3.1 Environnement et activités du site....15
3.1.1 Données météorologiques....15
3.1.2 Périmètre de l'étude....15
3.1.3 Environnement extérieur....16
3.1.4 Présentation du bâtiment....17
3.1.5 Usages du bâtiment....18
3.2 Caractéristiques constructives du bâti....19
3.2.1 Description du bâti....19
3.2.2 Modélisation du bâtiment et méthodologie de l'étude thermique....24
3.2.3 Étude des déperditions....24
3.2.4 Synthèse sur l'enveloppe....25
3.3 Équipements techniques actuels....29
3.3.1 Chauffage Gaz centralisé....29
3.3.2 Climatisation....31
3.3.3 Eau Chaude Sanitaire....33
3.3.4 Ventilation....33
3.3.5 Éclairage....35
3.3.6 Autres usages....35
3.3.7 Synthèse sur les équipements....36
3.4 Analyse des contrats d'entretien et d'abonnement....37

4 ANALYSE DES CONSOMMATIONS....38
4.1 Analyse des consommations réelles....38
4.1.1 Gaz naturel - Chauffage....38
4.1.1 Électricité – Tous usages....39
4.1.2 Synthèse des consommations réelles....40
4.2 Calcul réglementaire – Méthode ThCEx....41
4.2.1 Consommations finales....41
4.2.2 Recollement aux consommations réelles....42
4.2.3 Consommations primaires....42
4.2.4 Performance Énergétique du bâtiment....43
5 ANALYSE GLOBALE....44
6 LES AIDES FINANCIÈRES....45
6.1 Les Certificats d'Économie d'Énergie....45
7 PRÉCONISATIONS DE TRAVAUX....46
7.1 Présentation des travaux envisagés....46
7.2 Isolation thermique des murs par l'extérieur....53
7.3 Rénovation des murs en panneaux sandwich....54
7.4 Rénovation de la façade rideau....55
7.5 Remplacement des menuiseries....56
7.6 Rénovation de la verrière....57
7.7 Isolation des toitures-terrasses....58
7.8 Isolation des planchers bas....59
7.9 Isolation des parois donnant sur les locaux non chauffés....60
7.10 ECS thermodynamique....61
7.11 VMC Simple flux....62
7.12 Éclairage LED....64
7.13 Optimisation du chauffage et de la climatisation....65
7.14 Chaufferie mixte PAC Air/Eau + Gaz et optimisations....67
8 SCÉNARIOS DE TRAVAUX....69
8.1 Présentation des programmes envisagés....69
8.2 Scénario n°1 – Rénovation ponctuelle de l'enveloppe et optimisation des systèmes....71
8.3 Scénario n°2 – Rénovation complète de l'enveloppe et optimisation des systèmes....73
8.4 Scénario n°3 – Rénovation complète de l'enveloppe et de la chaufferie....76
9 CONCLUSION....79
10 SUITES À DONNER À L'AUDIT ÉNERGÉTIQUE....81
10.1 Installation photovoltaïque (synthèse)....81
10.2 Management de l'énergie....81

11 ANNEXES 83
11.1 Annexe 1 : Catalogues Projet 83
11.2 Annexe 2 : Résultats Bâtiment Initial 83
11.3 Annexe 3 : Résultats Préconisations 83
11.4 Annexe 4 : Résultats Scénario 1 83
11.5 Annexe 5 : Résultats Scénario 2 83
11.6 Annexe 6 : Résultats Scénario 3 83
11.7 Annexe 7 : Fiches d'opérations standardisée – CEE 83

1 SYNTHÈSE

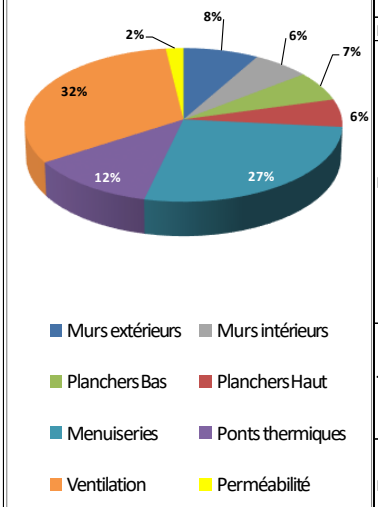
SYNTHÈSE - ÉTAT ACTUEL DU BÂTIMENT



Site	DIRCO - Feytiat CEI - Bâtiment Exploitation	**Adresse**	La Lande du Chazeau, 87220 Feytiat
Date de construction	1992	**Date de rénovation**	-
Typologie	Bureaux	**Zones**	Administration, Bureaux chefs d'équipe, Vestiaires
Surface chauffée	723 m²	**Volume chauffé**	1 886 m3
Nombre de niveaux	RDC à R+1	**Occupation**	6 administratifs, 6 chefs d'équipes, 18 agents

NIVEAU D'ISOLATION DE L'ENVELOPPE

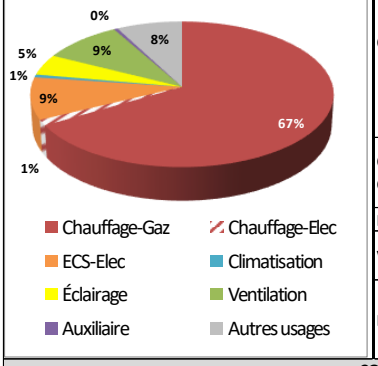
BILAN DES DÉPERDITIONS



Parois	Description	Performance
Murs extérieurs :	Murs en parpaing avec ITI d'environ 8 cm d'isolant	MOYEN
	Murs en parpaing avec ITE d'environ 8 cm d'isolant et bardage métallique	MOYEN
	Murs en panneaux sandwich en alu avec environ 5cm	MOYEN
Murs LNC	Murs en parpaing non isolés	MAUVAIS
Menuiseries	Fenêtres battantes et fixes en alu double vitrage de 4/6/4 à 4/10/4 - stores intérieurs ou brise-soleils extérieurs	MOYEN
	Pièce de vie : Fenêtre battante en alu double vitrage de 4/18/4 Argon VOR sans protection solaire	BON
	Véranda : châssis alu double vitrage 4/6/4 air sans protetcion solaire	MOYEN
	Pavés de verre sans protection solaire	MOYEN
	Portes-fenêtres coulissantes Alu double vitrage 4/6/4 Air – Volets roulants extérieurs	MOYEN
	Portes vitrées alu doubles vitrage	MOYEN
	Porte vitrée bois simple vitrage	MAUVAIS
	Portes pleines en bois simple vers LNC	MAUVAIS
Toiture	Toiture terrasse avec dalle béton isolation extérieure de 10 cm	MOYEN
	Bac acier terrasse avec isolation extérieure de 10 cm environ, isolation des faux-plafonds par 5 cm de laine de verre environ	MOYEN
	Vestiaires RDC : dalle béton avec 8 cm environ de laine de verre en sous-face	MOYEN
Plancher bas	Terre-plein : dalle béton avec isolation en sous-face de 1992	MOYEN
	Extérieur : dalle béton avec environ 6 cm d'isolant au-dessus du bardage	MOYEN
	Locaux non chauffés : dalle béton sans isolation	MAUVAIS

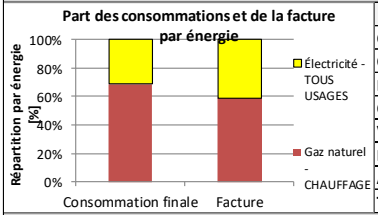
PERFORMANCE DES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

CONSOMMATIONS FINALES



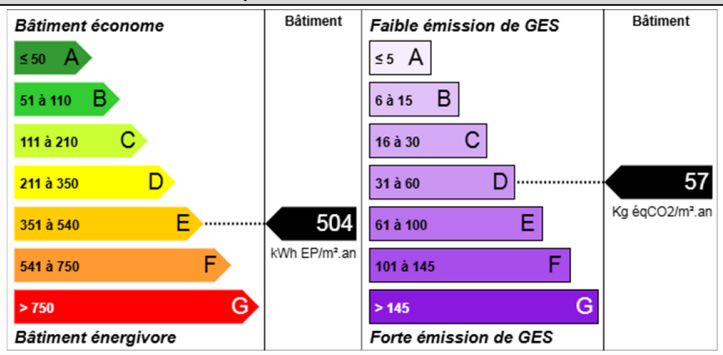
Usages de l'énergie		Description	Performance
Chauffage	**Production**	Chaudière gaz condensation commune à plusieurs bâtiments	BON
	Distribution	3 réseaux de distribution, pompes doubles à débit constant, circuits bitubes, isolation partielle	MOYEN
	Émission	Radiateurs acier horizontaux, en plinthe ou verticaux	MOYEN
	Régulation	Sondes de température extérieures, programmation horaire, robinest thermostatiques	BON
Climatisation / Chauffage	**Production / Émission**	Serveurs, transmission : PAC Air/Air réversible associée à une CTA de soufflage de l'air	MOYEN
	Régulation	Thermostat de régulation en salle de transmission	MOYEN
ECS		Plusieurs ballons électriques répartis dans le bâtiment	MOYEN
Ventilation		Ventilation simple flux d'origine dans l'ensemble du bâtiment avec programmation horaire (théorique)	MOYEN
Eclairage		Mélange d'équipements LED basse consommation et fluorescent peu performants, commande manuelle dans l'ensemble du bâtiment	MOYEN

CONSOMMATIONS ET FACTURES D'ÉNERGIE RÉELLES



Usage	Énergie	Consommation	Facture annuelle
Chauffage-Gaz	Gaz naturel	163 096 kWh/an	21 845 €TTC
Chauffage-Elec	Électricité	74 194 kWh/an	15 176 €TTC
ECS	Électricité		
Climatisation	Électricité		
Ventilation	Électricité		
Eclairage	Électricité		
Auxiliaires	Électricité		
TOTAL		**237 290 kWh/an**	**37 022 €TTC**

ÉTIQUETTES ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT



Synthèse des préconisations et des différents scénarios - DIRCO - Feytiat CEI - Bâtiment Exploitation											
	Préconisations	**Investissement**	**Aides financières**	**Étiquette énergie**		**Étiquette environnement**		**Économie d'énergie**	**Économie sur la facture**	**Retour sur investissement**	**Décret tertiaire**
	Unités	***€HT***	***€***	***kWhep / m².an***	**-**	***kgCO2 / m².an***	**-**	***kWhef / an***	***€HT / an***	***ans***	**-**
	Etat intial	-	-	504	E	57,0	D	238 156	37 530 €	-	-
PROPOSITIONS DE TRAVAUX	**ITE**	91 912 €	6 200 €	491	E	54,1	D	9 247	1 248 €	>50	-
	Rénovation des murs panneaux sandwich	63 242 €	1 635 €	485	E	53,0	D	13 183	1 795 €	35	-
	Rénovation de façade rideau	32 682 €	736 €	499	E	55,9	D	3 516	474 €	>50	-
	Menuiseries	80 854 €	1 381 €	481	E	52,0	D	16 271	2 200 €	37	-
	Rénovation verrière	91 688 €	654 €	488	E	52,0	D	10 205	1 410 €	>50	-
	Isolation Toiture terrasse	96 821 €	5 059 €	494	E	54,9	D	6 755	911 €	>50	-
	Isolation Plancher bas Panneaux	5 120 €	1 259 €	502	E	56,5	D	1 735	233 €	17	-
	Isolation des Locaux non chauffés	13 656 €	1 244 €	489	E	53,6	D	11 039	1 482 €	9	-
	ECS Thermodynamique	8 177 €	0 €	456	E	55,8	D	13 508	2 763 €	3	-
	VMC Simple flux	44 227 €	1 736 €	390	E	46,7	D	48 174	7 963 €	6	-
	Eclairage LED	11 871 €	0 €	489	E	58,6	D	-269	456 €	27	-
	Optimisation chauffage + PAC Air/Air serveur	37 260 €	2 933 €	465	E	50,5	D	22 649	3 252 €	11	-
	Réno Chaufferie - Mixte PAC Air/Eau + Gaz + Optimisation chauffage + PAC Air/Air serveur	212 112 €	3 898 €	407	E	17,5	C	109 599	12 920 €	17	-
PROGRAMMES DE TRAVAUX	**Scénario de travaux n°1** **Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage**	222 305 €	12 230 €	269	D	35,9	D	98 947	16 407 €	13	**Objectif 2030 - Validé**
	Scénario de travaux n°2 **Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage + ITE + Rénovation murs panneaux sndwich + Rénovation façade rideau + Menuiseries + Verrière**	590 537 €	22 836 €	207	C	21,6	C	144 342	22 483 €	26	**Objectif 2050 - Validé**
	Scénario de travaux n°3 **Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage + ITE + Rénovation murs panneaux sndwich + Rénovation façade rideau + Menuiseries + Verrière + Chaufferie Mixte PAC Air/Eau + Gaz**	765 388 €	23 801 €	187	C	8,0	B	179 057	26 216 €	29	**Objectif 2050 - Validé**

2 GÉNÉRALITÉS

2.1 Objectifs de l'étude

La présente étude est établie à la demande de la Direction Interdépartementale des Routes du Centre Ouest.

Elle concerne le Bâtiment Exploitation du Site de Feytiat, située à La Lande du Chazeau, sur la commune de Feytiat (87).

L'audit énergétique permet, à partir d'une analyse détaillée des données du bâtiment, de dresser une proposition chiffrée et argumentée d'actions pertinentes, afin d'amener le maître d'ouvrage à décider des investissements appropriés. Les actions de maîtrise de l'énergie visent à :

- Optimiser la gestion de l'énergie dans le bâtiment ;
- Diminuer l'emprunte environnementale du bâtiment ;
- Améliorer le confort des occupants.

Les actions proposées s'appuient sur un bilan global réglementaire des consommations énergétiques du bâtiment.

Cette étude permet ainsi au maître d'ouvrage de décider, en connaissance de cause et chiffres en main, du programme des interventions que nécessite son bâtiment pour améliorer sa performance énergétique.

2.2 Identification de l'opération

2.2.1 Identification du maître d'ouvrage

Direction Interdépartementale des Routes Du Centre Ouest (DIRCO)
15 place Jourdan
87000 Limoges
Tél. :
Contact : Nadège PERCHAUD

2.2.2 Identification du prestataire

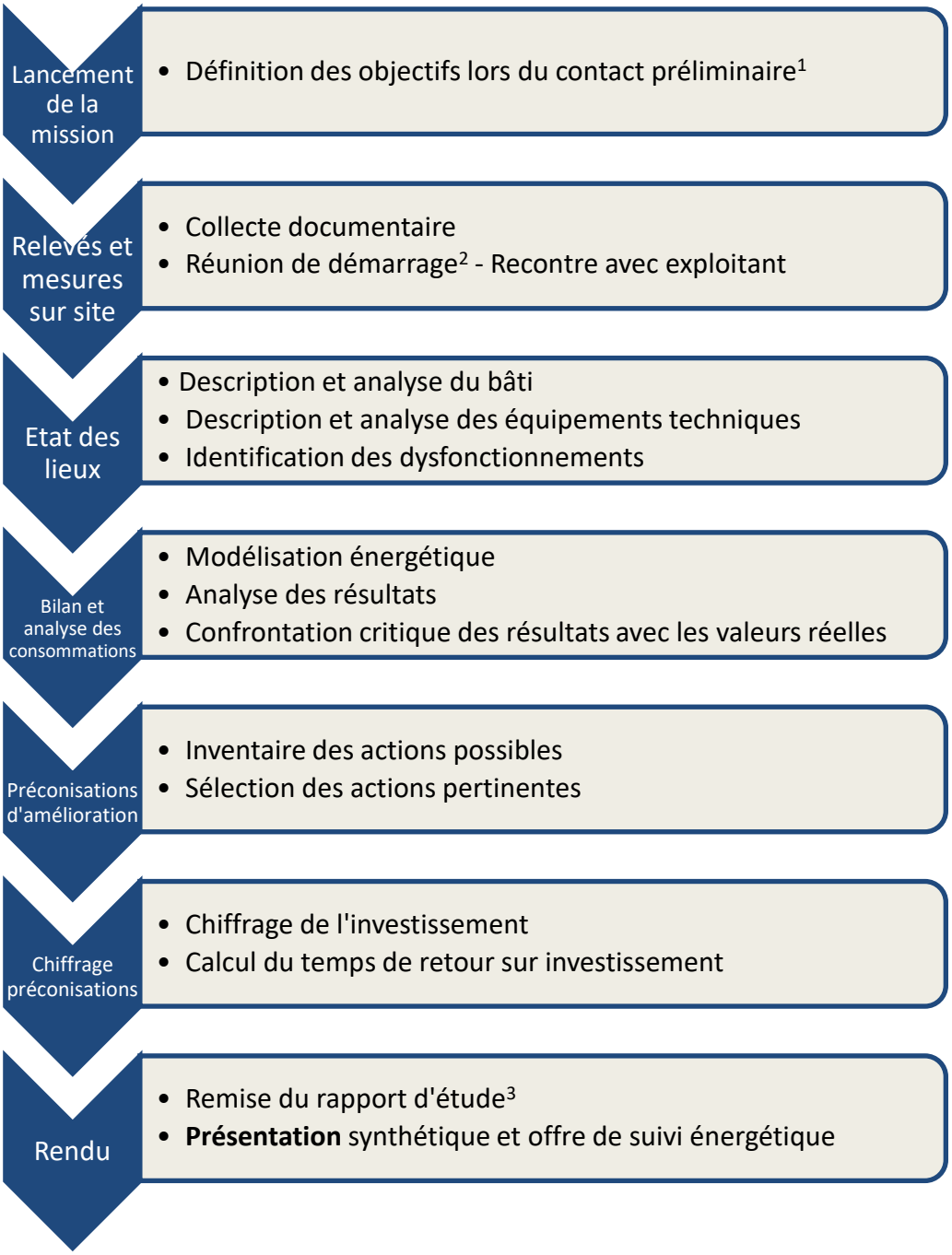
BE ÉNERGÉTHIK
Parc ESTER Technopole
4, allée de Faugeras
87 280 LIMOGES
Tél. : 05 55 38 37 70
Contact : Mme. Noémie CAHN

2.2.3 Patrimoine diagnostiqué

Bâtiment Exploitation - Site de Feytiat
La Lande du Chazeau
87220 Feytiat

2.3 Réalisation de l'audit

La présente étude a été découpée en plusieurs phases, depuis le **contact préliminaire jusqu'à la réunion de restitution :**



[1] L'auditeur énergétique identifie toutes les parties / organismes et leurs rôles en ce qui concerne la propriété, la gestion, l'usage, l'exploitation et la maintenance du bâtiment, ainsi que leurs impacts et intérêts respectifs en matière de consommation d'énergie et d'usages énergétiques.
L'auditeur se met d'accord sur les objectifs, les besoins et les attentes concernant l'audit énergétique :

- Le domaine d'application et le périmètre ;
- Le degré d'approfondissement requis ;
- Le calendrier d'exécution de l'audit énergétique ;
- Les critères d'évaluation des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique (par exemple, le temps de retour sur investissement) ;
- Les engagements en temps et autres ressources de l'organisme ;

- Les exigences relatives aux données à recueillir avant de commencer l'audit énergétique et la disponibilité, la validité et le format des données en rapport avec l'énergie et l'activité ;
- Les mesures et/ou les contrôles prévisibles à effectuer pendant l'audit énergétique.

L'auditeur demande des informations concernant :

- Le contexte de l'audit énergétique ;
- Les contraintes d'ordre réglementaire ou autres influant sur le domaine d'application ou sur d'autres aspects de l'audit énergétique proposé ;
- Un programme stratégique plus large ;
- Le système de management (environnemental, de la qualité, de l'énergie ou autres) ;
- Les modifications pouvant influer sur l'audit énergétique et ses conclusions ;
- Les opinions, idées et restrictions éventuelles relatives aux mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique potentielles ;
- Les livrables attendus et le format requis du rapport ;
- La diffusion, ou pas, d'un projet de rapport final à l'attention de l'organisme, en vue de recueillir des commentaires.

L'auditeur énergétique informe l'organisme :

- De tous les moyens et équipements spéciaux requis pour permettre la réalisation de l'audit énergétique ;
- De tout intérêt commercial ou autre pouvant avoir une incidence sur ses conclusions ou recommandations

2 L'auditeur énergétique convient avec l'organisme :

- Du moment choisi pour les visites du site, par exemple, dans la plage horaire normale de travail ou en dehors de celle-ci ;
- Du niveau d'implication des occupants ;
- Des zones à accès restreint ;
- Des éventuels dangers et risques pour la santé.

L'auditeur énergétique demande à l'organisme, lorsqu'ils sont disponibles :

- Les points de réglage et limites opérationnelles des conditions environnementales intérieures (telles que températures, débits d'air, luminosité, bruit) et les éventuelles variations saisonnières ;
- Les schémas d'occupation pour les différents types d'activités dans le bâtiment ;
- Les commentaires d'occupants ou d'autres parties sur les performances opérationnelles du bâtiment et le niveau du service du bâtiment ;
- Les certificats énergétiques préparés pour le bâtiment ;
- Les programmes de sensibilisation ou de motivation des occupants du bâtiment éventuellement mis en œuvre.

3 L'auditeur énergétique :

- Remet le rapport de l'audit énergétique ;
- Présente les résultats de l'audit énergétique de manière à faciliter les prises de décision de l'organisme ;
- Explique les résultats.
- Propose un suivi doit être discuté et une conclusion doit être prononcée.

2.4 Déroulement et contexte de l'étude

Le lancement de la mission a eu lieu le 19 février 2026 au cours d'une réunion de démarrage avec Nadège PERCHAUD de la DIRCO. Au cours de cette entretien, nous avons recueilli les informations relatives aux **objectifs de la présente étude** en termes d'aide à la décision et de limites de prestation. Cet échange a également permis de :

- Désigner le responsable de l'audit énergétique côté bureau d'étude ;
- Désigner une personne chargée d'assurer la liaison avec lui côté entreprise ;
- D'informer les personnels concernés ainsi que les autres parties intéressées, sur l'audit énergétique et sur les éventuelles obligations leur incombant à ce propos ;
- D'assurer la coopération des parties concernées ;
- De récupérer les factures d'énergie et autres documents nécessaires à la mission.

Le site de Feytiat comporte plusieurs bâtiments accueillant des bureaux, des ateliers et des garages. Seul le **bâtiment Exploitation du CEI de Feytiat** est concerné par la présente étude. Le bâtiment date de 1992, avec un niveau d'isolation minimum, et est alimenté en chauffage par une chaufferie gaz, commune à d'autres bâtiments du site. Le bâtiment a connu peu ou pas de travaux de rénovation thermique depuis sa construction, et il présente aujourd'hui des problèmes d'inconfort en été comme en hiver. La verrière au niveau du hall d'entrée et la salle de transmission présentent en particulier une surface vitrée importante et sont source d'inconfort et nécessitent une réflexion de fond pour résoudre ces problèmes. Par ailleurs, des défauts d'étanchéité importants ont été relevés au niveau de certaines toitures.

L'objectif premier de cet audit est donc de **proposer des travaux de rénovation thermiques** sui permettent de **résoudre les problèmes identifiés**, tout en **améliorant le confort thermique des locaux**. L'objectif second de la présente étude est ensuite de **prioriser les travaux à réaliser** sur le bâtiment.

Enfin **l'intégration d'énergies renouvelables** pourra également être proposé. Concernant les énergies renouvelables, **il a été convenu** :

- Pour le solaire photovoltaïque : une étude de faisabilité va être réalisée en parallèle de la présente étude.
- Pour la décarbonation des usages : on proposera de remplacer la chaufferie gaz par une chaufferie mixte Pompe à chaleur et gaz naturel.

La visite de site a eu lieu le 19 février 2026 en présence de Nadège PERCHAUD. Lors de ces visites nous avons inspecté l'ensemble du bâtiment, comprenant les bureaux, les salles de réunions, les locaux techniques, les circulations, les locaux de détentes et les sanitaires. Nous n'avons eu qu'un accès limité aux toitures-terrasses du rez-de-chaussée, et nous n'avons pas pu accéder aux toitures du 1er étage.

Les échanges avec les occupants nous ont permis de recueillir leur ressenti en termes de confort thermique des bâtiments, en été comme en hiver.

Les plans architectes côtés des bâtiments nous ont été fournis en amont de la visite de site au format numérique. La présente étude s'appuie donc sur ces plans, complétés par des relevés des métrés du bâtiment réalisés lors de la visite. Ces données ont été utilisées pour calculer les surfaces des pièces et des parois dans les calculs de déperditions.

La **composition des parois** et les **performances des systèmes** ont été déterminés en croisant diverses informations parmi :

- Les documents fournis par le maitre d'ouvrage :
  - Plans EXE d'origine ;
  - DOE des travaux de rénovation réalisés depuis ;
  - Carnet d'entretien des équipements (en chaufferie) ;
  - Synoptique des équipements de chauffage et d'ECS, plaques signalétiques (en chaufferie) ;

- Les mesures faites sur site :
  - Mesure de l'épaisseur totale de la paroi au niveau d'ouvertures dans la paroi (menuiseries, dégradations, grilles d'aérations en façade ;
  - Mesure de l'épaisseur de l'isolant seul si apparent (sous-sol) ;
  - Mesure de l'épaisseur de la lame d'air au moyen d'un vitromètre.
- Les observations :
  - État général des parois ;
  - Qualité de pose des isolants et des menuiseries ;
  - Présence de défauts d'étanchéité ou de traces d'humidité ;
  - Nombre, position, caractéristiques et état des équipements de chauffage, d'ECS, de ventilation et d'éclairage.

En cas d'incohérence entre ces sources d'informations, ce sont les constatations relevées sur site qui ont été retenues dans l'étude.

Le rendu de l'étude a eu lieu en Avril 2025.

2.5 Limites de l'audit énergétique

Le travail effectué dans le cadre de cette mission est une étude comparative, ce n'est pas une étude de conception. Elle a pour objectif d'aider les décisionnaires dans leur choix, mais elle n'entre pas dans le cadre d'une mission d'ingénierie, d'une mission de définition ou de dimensionnement. Les solutions proposées ci-après ne sont pas exhaustives et doivent être considérées comme une aide à la décision.

Aucun document ou déclaration dans le cadre de cette mission ne peut servir de base à la réalisation de travaux quelconques. Le concepteur et l'entreprise réalisatrice de l'ouvrage sont seuls décisionnaires et responsables des actions à entreprendre.

L'audit énergétique ne constitue pas un diagnostic technique ni une étude de faisabilité, ces travaux incombant aux bureaux d'études mandatés en phases « projet » puis « exécution ». Par exemple, un audit énergétique ne traite pas directement des problématiques de structure ou d'étanchéité.

Un audit énergétique n'a pas vocation à la mise en conformité réglementaire, notamment en matière de sécurité incendie, sécurité des personnes, réglementation relative aux personnes à mobilité réduite, etc.

Les préconisations de travaux proposées doivent donc faire l'objet d'une étude de faisabilité par une équipe de maîtrise d'œuvre complète. Sur la base des concepts proposés, elle qualifiera toutes les sujétions (reprise de structure, passage de voiles, travaux de décaissement, reprises d'étanchéités, dévoiements etc.) et assurera les calculs et dimensionnements finaux, conformément à l'ensemble des réglementations en vigueur.

À ce titre, les coûts d'investissement proposés dans ce document sont destinés à comparer les solutions entre elles, ils ne peuvent être considérés comme des coûts d'objectif. Ces coûts sont ceux d'un bureau d'étude et ne doivent être considérés que comme une tendance.

Sauf indication contraire, les investissements sont donnés **€HT**.

Les calculs sont réalisés suivant des méthodes de calcul conventionnelles ou dynamiques qui ne peuvent refléter le fonctionnement réel du bâtiment et son utilisation par les usagers. Aussi la lecture des gains et temps de retour doit bien prendre en considération cet aspect calculatoire.

2.6 Contexte réglementaire



2.6.1 Réglementation élément par élément

Depuis le 1er Novembre 2007, dès que des travaux sont réalisés pour le remplacement ou la mise en œuvre d'isolation ou de systèmes (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraichissement, éclairage), ils doivent respecter des performances minimales.

Par exemple, si les murs doivent être isolés, la résistance thermique de l'isolant doit avoir un R ≥ 2,9 W/m².K (10 cm de polystyrène ou de laine minérale, par exemple).

Attention, ces performances minimales ne représentent pas l'optimum des prestations pour des réhabilitations performantes, ce ne sont que des minima réglementaires à respecter.

2.6.2 Réglementation globale

Elle concerne des bâtiments de plus de 1 000 m² construits après 1948, à l'occasion de travaux de réhabilitation importants (coût des travaux thermiques > 25% de la valeur du bâtiment, fixée à 1 405 € HT/m² SHON pour les bâtiments à usage autre que d'habitation) et dont le permis de construire ou de travaux sera déposé après le 1er Avril 2008.

Les exigences suivantes devront être respectées en matière de performance énergétique et de confort d'été :

- Cep projet (après rénovation) ≤ Cep référence proche du niveau RT2005 ;
- Tic projet ≤ Tic référence pour les bâtiments de catégorie CE1.

➔ **La surface des bâtiments du site étant supérieure à 1 000 m², la réglementation globale s'applique.**

2.6.3 Dispositif Eco-énergie tertiaire

À ces réglementations s'est récemment ajouté le Dispositif Eco-énergie tertiaire (entré en vigueur le 1er octobre 2019) qui impose à tout bâtiment tertiaire de plus de 1 000 m² des objectifs de réduction de la consommation d'énergie finale.

Ces objectifs sont exprimés :

- Soit en valeur relative par rapport aux consommations de l'année de référence qui ne peut être antérieure à 2010 et postérieure à 2019 :



- Soit en valeur absolue (Cabs) en fonction d'indicateurs d'intensité d'usages raisonnés et économes en énergie, qui est défini pour chaque catégorie d'activité dans un arrêté.

Le niveau cible de consommation d'énergie finale de Cabs est égal à la somme de deux composantes d'usages de l'énergie, Cabs = CVC + USE, avec :

- CVC : une composante de consommation énergétique propre à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux, définie pour un rythme d'utilisation de référence et pour chaque catégorie d'activité en fonction de la zone climatique et de l'altitude ;
- USE : une composante de la consommation énergétique propre aux usages spécifiques énergétiques et selon l'activité ainsi qu'aux autres usages immobiliers tels que la production d'eau chaude sanitaire et d'éclairage, définie pour une intensité d'usage étalon et pour chaque catégorie d'activité. La composante USE intègre, le cas échéant, l'influence des modalités d'occupation des locaux sur la composante CVC relative à l'ambiance thermique générale et à la ventilation des locaux.

Un arrêté d'application est paru au journal officiel le 17 janvier 2021. Cet arrêté fixe les valeurs absolues à atteindre pour l'année 2030. Les outils de modulation des valeurs absolues de 2030 n'étant pas encore opérationnels, les valeurs des années 2040 et 2050 ne sont pas connues à ce stade.

➔ **Étant donné la surface de l'ensemble des bâtiments sur cette unité foncière (plus de 1 000 m²), le Bâtiment rentre dans le périmètre du dispositif éco-énergie tertiaire.**

2.6.3.1 Données de référence

➔ **Dans le cadre du diagnostic des bâtiments, l'année de référence retenue est l'année 2016 qui présente un niveau de consommation supérieure aux autres années en notre possession.**

➔ **Le patrimoine audité présentant des consommations sur l'année de référence relativement importantes, les résultats seront analysés vis-à-vis des valeurs relatives dans ce rapport.**

Les actions destinées à atteindre ces objectifs portent notamment sur :

- La performance énergétique des bâtiments ;
- L'installation d'équipements performants et de dispositifs de contrôle et de gestion active de ces équipements ;
- Les modalités d'exploitation des équipements ;
- L'adaptation des locaux à un usage économe en énergie et le comportement des occupants.

Les exigences étant sur la base de kWhef, la simple substitution d'énergie sans limitation des consommations n'engendrera qu'un faible gain, simplement liée aux meilleures performances d'un générateur récent.

Nota : Le changement de type d'énergie utilisée ne doit entraîner aucune dégradation du niveau des émissions de gaz à effet de serre.

Nota : Afin d'atteindre les objectifs du décret, la justification attendue pour chaque pallier sera la transmission de factures. Aussi le comportement des usagers, le bon paramétrage de la régulation, et l'entretien des équipements sont à assurer en parallèle des investissements.

2.6.4 Obligation du DPE

Depuis le 2 janvier 2008, l'affichage du diagnostic de performance énergétique (DPE) est obligatoire dans le hall d'accueil des établissements recevant du public (ERP) de catégorie 1 à 4, dont la surface (SHON) était supérieure à 500 m².

Le DPE affiché contient les mêmes informations que le DPE réalisé pour la vente, la location ou la construction d'un bâtiment. Ces informations s'adressent au public, aux occupants et également au gestionnaire du bâtiment. C'est la consommation réelle d'énergie qui est indiquée, et non une consommation conventionnelle calculée.

Les bâtiments suivants ne sont pas concernés par cette obligation :

- Constructions provisoires prévues pour une durée d'utilisation de moins de 2 ans ;
- Bâtiments indépendants d'une surface de plancher inférieure à 50 m² ;
- Monuments historiques ;
- Bâtiments servant de lieux de culte ;
- Bâtiments non chauffés ou pour lesquels les seuls équipements fixes de chauffage sont des cheminées à foyer ouvert, et ne disposant pas de dispositif de refroidissement des locaux.

Selon une échelle notée de A à G, le DPE mentionne le classement du bâtiment pour les consommations en énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre. Il doit indiquer notamment les éléments suivants :

- Caractéristiques pertinentes du bâtiment ;
- Descriptif de ses équipements (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, etc.) ;
- Évaluation de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée pour chaque catégorie d'équipement ;
- Évaluation des dépenses annuelles résultant de ces consommations ;
- Évaluation de la quantité annuelle d'émission de gaz à effet de serre ;
- Quantité d'énergie renouvelable produite par les équipements ;
- Recommandations pour améliorer la performance énergétique, accompagnées d'une évaluation de leur coût et de leur efficacité ;
- Classement du bâtiment en fonction de sa consommation d'énergie ;
- Classement du bâtiment en fonction de la quantité d'émission de gaz à effet de serre.

Le diagnostic de performance énergétique (DPE) doit être affiché pendant toute sa durée de validité de 10 ans. L'affichage doit être visible par le public, à proximité de l'entrée principale ou du point d'accueil.

➔ **Le bâtiment audité est un établissement recevant du public dont la surface de plancher est supérieure à 500 m², l'obligation d'affichage du DPE s'applique au site étudié (mais cela ne rentre pas dans la présente étude).**

3 ÉTAT DES LIEUX

3.1 Environnement et activités du site

3.1.1 Données météorologiques

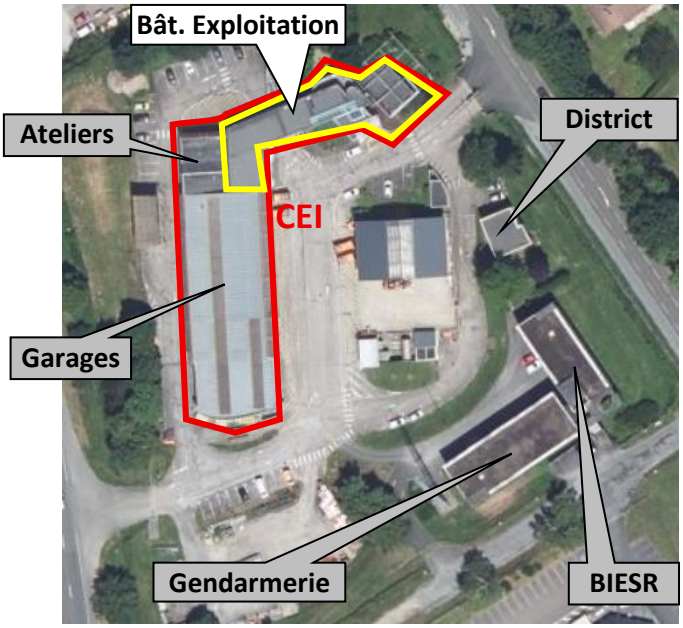
CONDITIONS CLIMATIQUES		
Localisation du bâtiment	Feytiat (87)	
Zone Climatique RT 2005	E	Massif Central, climat semi-montagnard
Température extérieure de base	-8	Au niveau de la mer
Correction en fonction de l'altitude	-1	**Altitude : 338 m**
Température extérieure de base retenue	-9	Utilisée pour les calculs de déperdition
Département :	87	HAUTE VIENNE
Durée de la saison de chauffe	257	Du 15 septembre au 31 mai
Degrés Jours Unifiés trentenaires (Base 18°C)	**2 520**	Moyenne années 1996-2024 Source : Ministère Aménagement du Territoire et Transition Écologique - Données et études statistiques - DJU

La rose des vents ci-contre présente la force et la direction des vents pour la région de Limoges. Les directions dominantes des vents sont l'Ouest et le Sud-Est, avec une vitesse des vents dépassant rarement les 13km/h.



Figure 1 Source : Windfinder, Station de Aéroport Limoges-Bellegarde

3.1.2 Périmètre de l'étude

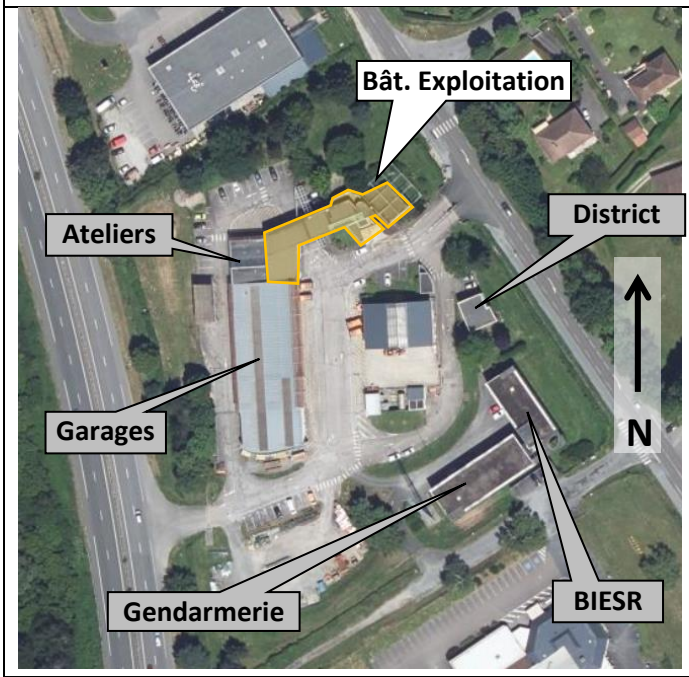
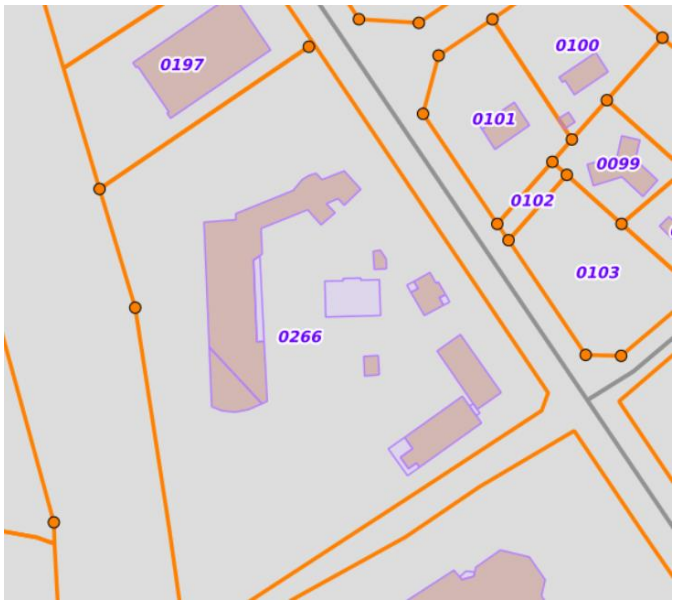


Le Site de Feytiat de La DIRCO comporte plusieurs bâtiments à usage majoritaire de bureaux, mais également d'ateliers et de garages.

Seul **la partie Exploitation appartenant au CEI**, est concerné par le rapport de la présente étude.

Les autres bâtiments et parties de bâtiment du site ne seront pas traités.

3.1.3 Environnement extérieur

Vue satellite	Parcelles cadastrales
	

Le Site de Feytiat de La DIRCO de Site est implanté dans un milieu périurbain semi-rural, sur la parcelle cadastrales n°0266. Le site est longé à l'Ouest par l'autoroute A20, et à l'Est par la Départementale n°320.

Le Bâtiment Exploitation est situé à l'entrée et au Nord du site, avec une forme irrégulière en U, qui relie l'aile Est à l'aile Ouest par une passerelle. Cette configuration peu compacte s'élève en partie sur 2 niveaux.

Les façades principales de l'aile principale sont orientées au Sud-Est et au Nord-Ouest. Les façades de l'aile secondaire sont quant à elles orientées au Nord-Ouest et à l'Est.

Aile principale – Façade Sud-Est



Aile principale – Façade Nord-Ouest



Aile secondaire – Façade Est et passerelle	Aile principale – Pignon Sud-Est
	
Aile secondaire – Façade Nord-Ouest et passerelle	**Aile secondaire – Pignon Ouest sur l'atelier**
	

3.1.4 Présentation du bâtiment

Le Bâtiment Exploitation du site de Feytiat de La DIRCO a été construite en 1992, son niveau d'isolation est donc conforme à la RT1988 à minima.

Depuis sa construction, le bâtiment à connu les travaux suivants :

- Date inconnue : Mise en œuvre de laine de verre dans une partie des faux-plafonds ;
- Date inconnue : Création d'un vestiaire supplémentaire au RDC sur l'emprise des garages ;
- 2011 : Remplacement de la chaudière gaz par une chaudière gaz condensation ;
- 2020 : Remplacement des vitrages de la verrière avec conservation de la structure métallique.

Le bâtiment a connu des réaménagements intérieurs de certains locaux (salle de repas, pièce de vie, certains bureaux) mais pas d'autres travaux de rénovation majeurs de l'enveloppe depuis sa construction.

Le bâtiment comporte actuellement :

- 9 bureaux individuels et collectifs, répartis au RDC entre les deux ailes du bâtiment ;
- 1 salle de réunion ou de formation dans l'aile principale ;
- 1 salle des transmissions au RDC de l'aile principale ;
- Un hall d'accueil du public muni d'un sas au RDC ;
- Des sanitaires dans les deux ailes et à chaque étage ;
- Une salle de repas au R+1 de l'aile principale ;
- Une pièce de vie au R+1 de l'aile secondaire ;
- Des vestiaires au RDC et au R+1 avec douches et sanitaires ;
- 2 chambres au R+1 pour le personnel d'astreinte ;
- Des circulations et des escaliers à chaque étage et dans chaque aile ;
- Un local serveur au RDC de l'aile principale ;
- Un local VMC au R+1 ; ;
- Une salle d'archives au R+1 ;

La surface SHON du bâtiment s'élève à 723 m².

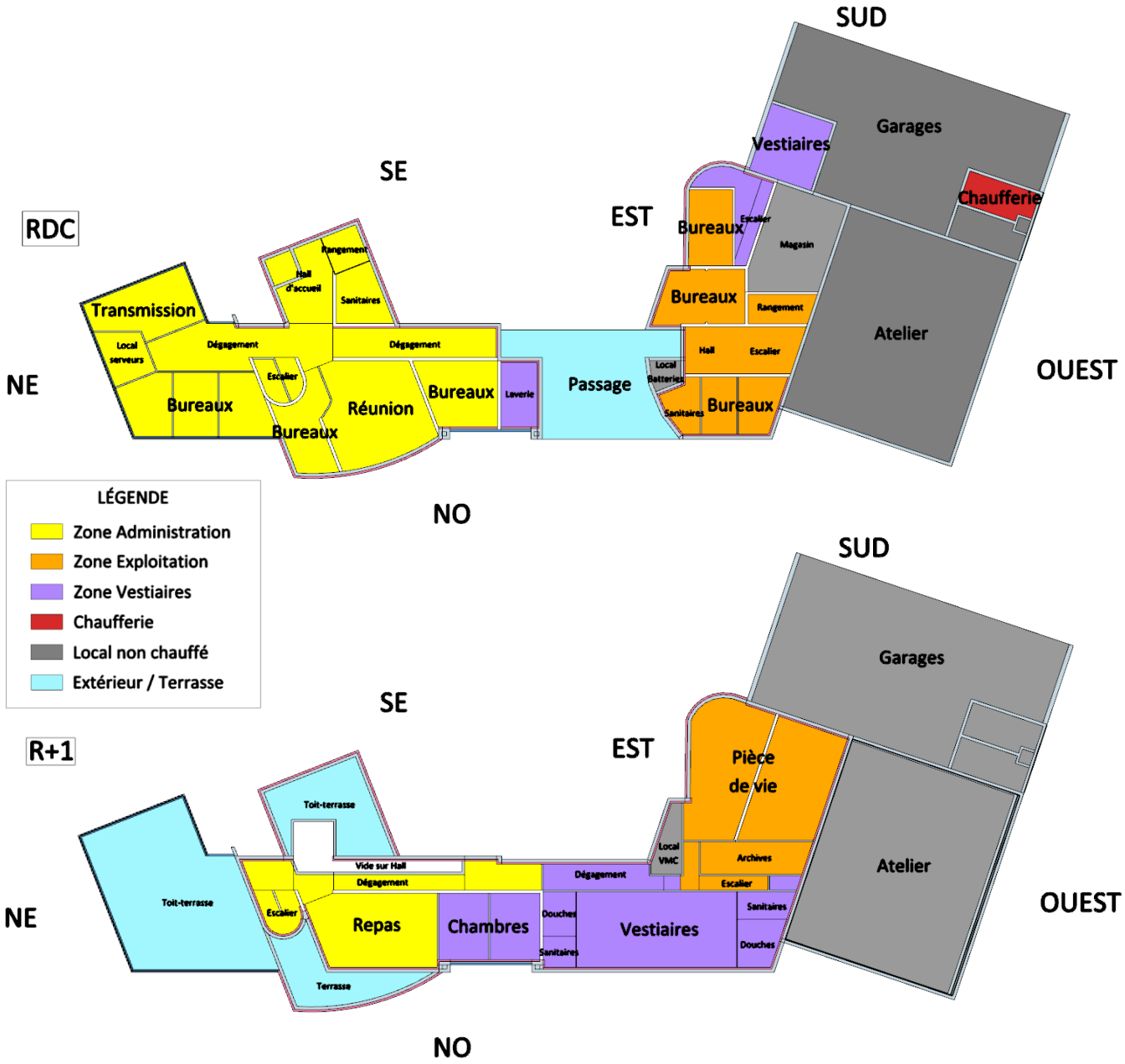


Figure 2 : Plans schématiques du bâtiment

3.1.5 Usages du bâtiment

Le bâtiment accueille environ 30 personnes 365 jours par an, car il n'y a pas de fermeture annuelle. Afin de prendre en compte les différences d'occupation et de consignes de température du bâtiment, celui-ci a été divisé en plusieurs zones :

Zones du bâtiment	Surface chauffée	Volume chauffé	Horaires d'occupation	Température de consigne		Nb d'occupants
-	m^2	m^3	-	Chauffage	Climatisation	*Nb*
Administration	340	861	9h-18h lundi-vendredi	19°C	26°C	6 administratifs
Exploitation	204	557	6h-21h lundi-vendredi 6h-12h samedi - dimanche	19°C	-	6 chefs d'équipe
Vestiaires	178	470	6h-21h lundi-vendredi 6h-12h samedi - dimanche	19°C	-	18 agents
TOTAL	**723**	**1 888**				**30**

3.2 Caractéristiques constructives du bâti

3.2.1 Description du bâti

Élément du bâti	Composition	Performance thermique	Coefficient de Déperditions U	U RT existant
Murs extérieurs	**ITI :** Murs Parpaing 22 cm / Doublage intérieur isolant de 8 cm environ (R = 1,7 m².K/W)	MOYEN	0,47 W/m².K	0,34 W/m².K
	ITE : Murs Parpaing 22 cm / Doublage extérieur isolant de 8 cm environ (R = 1,7 m².K/W) / Bardage métallique	MOYEN	0,47 W/m².K	
	Panneaux sandwich : Panneaux sandwich en alu avec isolant intérieur de de 5 cm environ (R = 1,1 m².K/W) /	MOYEN	0,81 W/m².K	
	Façade Rideaux NO : Murs Parpaing 22 cm / Doublage intérieur isolant de 8 cm environ (R = 1,7 m².K/W) / Vitrage	MOYEN	0,47 W/m².K	
	Vestiaire RDC : Murs Parpaing 22 cm / Pas d'isolation / Bardage métallique	MAUVAIS	2,37 W/m².K	
Murs intérieurs	**Locaux non chauffés :** Murs Parpaing 22 cm / Doublage intérieur isolant de 8 cm environ (R = 1,7 m².K/W)	MOYEN	1,96 W/m².K	0,50 W/m².K
	Locaux non chauffés : Murs Parpaing 22 cm / Pas d'isolation	MAUVAIS	0,45 W/m².K	
	Local VMC : Cloisons BA13 / Pas d'isolation	MAUVAIS	1,52 W/m².K	
Planchers Bas	**Terre-plein** : Dalle Béton 20 cm sur terre-plein / Doublage en sous-face datant de 1992 (R = 1,5 m².K/W)	MOYEN	0,27 W/m².K	0,37 W/m².K
	Terre-plein Vestiaires RDC : Dalle Béton 20 cm sur terre-plein / Pas d'isolation	MAUVAIS	0,25 W/m².K	
	Extérieur : Dalle Béton 20 cm sur extérieur / Lame d'air de 13 cm / Doublage isolant de 6 cm environ (R = 1,25 m².K/W) / Bardage métallique	MOYEN	0,56 W/m².K	
	Locaux non chauffés : Dalle Béton 20 cm / Pas d'isolation	MAUVAIS	1,67 W/m².K	
Planchers Hauts	**Toiture-terrasse RDC** : Dalle béton 20 cm / Doublage isolant extérieur de 10 cm environ (R = 1,7 m².K/W) / Étanchéité	MOYEN	0,47 W/m².K	0,30 W/m².K
	Bac acier terrasse R+1 : Environ 5 cm de laine de verre au-dessus du faux-plafond / Bac acier / Doublage isolant extérieur de 10 cm environ (R = 1,7 m².K/W) / Étanchéité	MOYEN	0,30 W/m².K	
	Vestiaires RDC : Dalle béton 20 cm sur Atelier / 8 cm de laine de verre en sous-face / Lambris	MOYEN	0,43 W/m².K	
	Local VMC : Dalle béton 20 cm sur Atelier / Pas d'isolation	MAUVAIS	1,92 W/m².K	

Élément du bâti	Composition	Performance thermique	Coefficient de Déperditions U	U RT existant
Vitrages - Portes	Fenêtres battantes et Baies fixes Alu double vitrage 4/6/4 à 4/8/4 Air Stores intérieurs / brise-soleils extérieurs	MOYEN	3,30 W/m².K	1,90 W/m².K
	Fenêtres battantes et Baies fixes Alu double vitrage 4/10/4 Air Stores intérieurs / brise-soleils extérieurs	MOYEN	3,20 W/m².K	
	Fenêtres battantes et Baies fixes Alu double vitrage 4/18/4 Argon VIR Pas de protection solaire	BON	1,50 W/m².K	
	Véranda : Châssis Alu double vitrage 4/6/4 Air - Pas de protection solaire	MOYEN	3,30 W/m².K	
	Pavés de verre - Pas de protection solaire	MOYEN	3,20 W/m².K	
	Portes-fenêtres coulissantes Alu double vitrage 4/6/4 Air – Volets roulants extérieurs	MOYEN	3,55 W/m².K	
	Portes vitrées Alu double vitrage 4/6/4 Air	MOYEN	4,80 W/m².K	
	Portes vitrées Bois simple vitrage	MAUVAIS	4,50 W/m².K	
	Portes pleines en bois vers LNC	MAUVAIS	3,50 W/m².K	
Ponts Thermiques	Planchers bas, haut, intermédiaires, refends, angles	MOYEN		-
Étanchéité à l'air	Mauvaise au niveau des fenêtres, seuils de portes	MOYEN		-
Coefficient Ubat			**1,024**	**W/m².K**

NB : une paroi bien isolée possède un coefficient de déperdition U faible.

Le tableau précédent reprend les valeurs des coefficients de déperditions U retenues pour le bâtiment – d'après les compositions des parois relevées ou estimées – et les coefficients de déperditions U **minimales** sur les rénovations aujourd'hui, en application de la « RT bâtiments existants ».

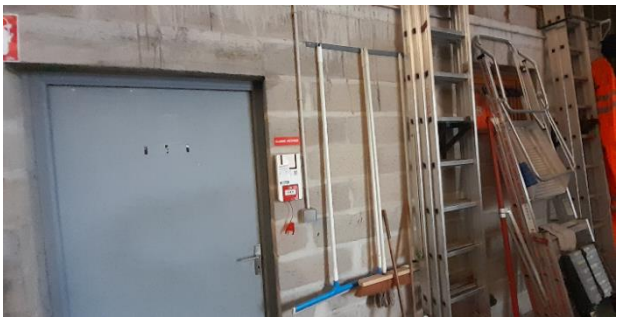
Le **coefficient Ubat** caractérise le niveau d'isolation global du bâtiment rapporté à sa surface, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Plus cette valeur est élevée, plus les déperditions du bâti sont importantes.

Mur en Parpaing avec ITI (gauche)	Mur en Parpaing avec ITE (droite)



Salle des transmissions – Panneaux sandwich faiblement isolés	Murs en parpaing non isolés des vestiaires du RDC donnant sur les garages



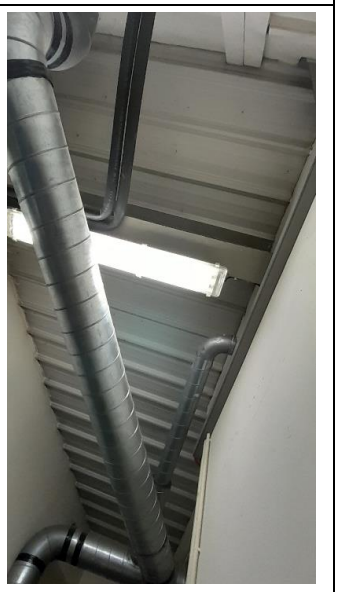


Façade rideau	Murs en parpaing non isolés donnant sur les ateliers	Murs et plafond non isolés donnant sur le magasin	Bac acier terrasse isolée – R+1



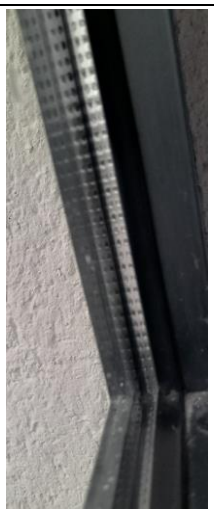


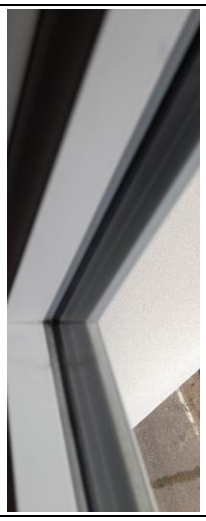
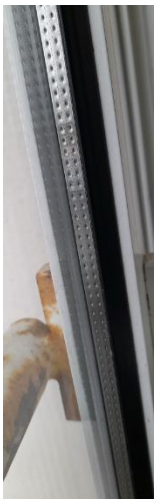




Toiture terrasse isolée	Bac acier terrasse isolée - RDC
	

Plancher sur extérieur : Dalle Béton avec laine de verre au-dessus du bardage	Laine de verre en sous-face de plafond - Vestiaires du RDC
	

Fenêtre Alu Double vitrage 4/6/4 – Transmission	Fenêtre Alu Double vitrage 4/8/4 - Sanitaire	Fenêtre Alu Double vitrage 4/10/4 – Hall d'acceuil	Façade rideau Alu Double vitrage 4/6/4	Pavés de verre
				

Fenêtres Alu double vitrage 4/20/4 Argon VIR – Pièce de vie	Porte-fenêtre Alu coulissante double vitrage 4/6/4 – Salle de repas	Porte simple vitrage bois	Porte vitrée Alu Double vitrage 4/6/4	Porte Bois – vestiaires RDC
				

Verrière du hall d'accueil en Alu double vitrage4/6/4	Brise-soleil extérieur – Salle des Transmissions
	
Store intérieur à lame - Bureaux	**Volet roulant – Salle de repas**
	

3.2.2 Modélisation du bâtiment et méthodologie de l'étude thermique

Objectif :

L'étude thermique permet de déterminer les déperditions théoriques du bâtiment observé. À partir de ces déperditions, les éléments suivants peuvent être définis :

- Puissance théorique de chauffage permettant de compenser l'ensemble des déperditions.
- Besoins et consommations théoriques destinés à la production de chauffage sur une année.

Outil :

Le logiciel utilisé pour les calculs, est le logiciel Perrenoud. Pour le calcul des déperditions du bâtiment et pour le calcul des consommations réglementaires, nous avons utilisé le **logiciel BAO Évolution** dans sa version V.2.0.75.

Données nécessaires :

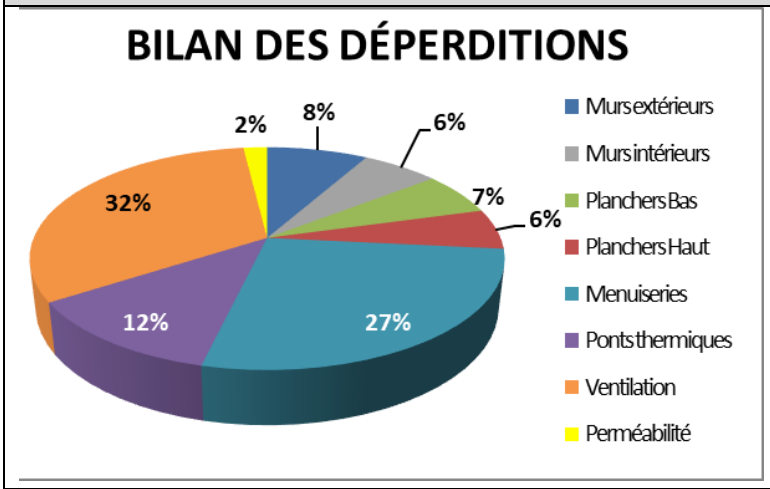
Les données nécessaires à l'étude thermique du bâtiment sont les suivantes :

- Matériaux composant les murs extérieurs, les plafonds, les toitures et les planchers bas ;
- Matériaux composant les ouvertures ;
- Surface des parois ;
- Renouvellement d'air ;
- Orientation et localisation du bâtiment.

3.2.3 Étude des déperditions

Les déperditions liées au bâti se répartissent pour le bâtiment étudié de la manière suivante :

DÉPERDITIONS DU BÂTIMENT PAR PAROIS – PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE



Parois	Quantité	Déperditions
Murs extérieurs	395 m²	6 279 W
Murs intérieurs	149 m²	4 761 W
Planchers Bas	504 m²	4 783 W
Planchers Haut	490 m²	4 473 W
Menuiseries	217 m²	20 722 W
Ponts thermiques	433 ml	9 302 W
Ventilation	2 310 m3/h	24 578 W
Perméabilité	1,7 m3/h.m²	1 473 W
TOTAL	**-**	**76 370 W**
Ratio des déperditions par la surface chauffée	**105,67**	**W/m²S_{RT}**

3.2.4 Synthèse sur l'enveloppe

ÉTAT DU BÂTI, CONFORT ET PERFORMANCE THERMIQUE

Les **murs extérieurs** sont dégradés par endroit, avec une **dégradation** du crépi en pied de mur suite à des remontées d'humidité et en façade au niveau des points de fixation des structures métallique. Ces dégradations peuvent entraîner l'apparition d'humidité côté intérieur et ne sont donc pas à négliger. Certains murs intérieurs présentent également des dégradations dues a priori à des défauts d'étanchéité récurrents en toiture. Les murs sont moyennement isolés par rapport aux standards actuels, et le confort thermique est particulièrement mauvais au niveau des murs en panneaux sandwich qui sont insuffisamment isolés. **Les murs extérieurs** (8%) associés aux **pont thermiques** (12%) représentent ainsi un total de 20% des pertes de chaleur du bâtiment : une rénovation efficace des façades permettra donc de réduire ces pertes de manière intéressante. **Les murs intérieurs** sur les locaux non chauffés représentent 6% des pertes totales de chaleur, pour une surface concernée assez faiblement, ce qui témoigne d'un manque d'isolation.

L'étanchéité des **menuiseries** est mauvaise, particulièrement au niveau des ouvrants, ce qui entraîne des courant d'air froid et un inconfort important pour les occupants. Les menuiseries elles-mêmes sont dans un état correct, même si leur niveau d'isolation peut être amélioré. Il est à noter que la majorité des menuiseries ne sont pas équipées de **protections solaires efficaces** (stores intérieurs essentiellement), ce qui entraîne un inconfort important en période estivale. La **verrière** présente au-dessus du hall d'entrée, est particulièrement problématique, car elle présente une surface vitrée importante orientée au Sud-Est et sans masque ou protection efficace. Pour améliorer profondément le confort thermique en été comme en hiver, une réflexion de fond est à porter sur l'ensemble des surfaces vitrées. **Les baies** (27%) représentent ainsi la paroi la plus déperditive, ce qui est dû principalement à leurs surfaces importantes et à leur faible performance thermique.

Les **toitures-terrasses** et les **toitures en bas acier** présentent de nombreuses traces de défauts d'étanchéité qui dégradent les équipements intérieurs. Pour les toitures visibles depuis le premier étage, on constate par endroit une accumulation de feuille qui empêche le bon écoulement des eaux de pluie, ce qui est sans doute en partie responsable des fuites observées. L'état de l'isolation présente en toiture est difficile à évaluer, car elle n'est pas visible directement sans sondage destructif extérieur. Pour certaines parties de la toiture, un isolant a été ajouté au-dessus du faux plafond, ce qui limite un peu les pertes de chaleurs. Les **planchers hauts** (6%) représentent des pertes assez faibles sur la globalité du bâtiment, mais la rénovation de l'isolation et de l'étanchéité est néanmoins à envisager, notamment si un projet photovoltaïque prend forme.

La majorité des **planchers bas** donne sur des terre-pleins, dont l'état n'est pas vérifiable, et pour lesquels il ne pourra pas être proposé d'amélioration de l'isolation. L'isolant présent en sous-face au niveau du passage de véhicule est a priori d'origine, ces performances peuvent donc être améliorées pour correspondre aux standards actuels. De même, les planchers donnant sur les locaux non chauffés sont peu ou pas isolés ce qui pourra être amélioré. Du fait de leur faible niveau d'isolation et leur surface importante, les **planchers bas** représentent 7**%** des déperditions globales du bâtiment.

Enfin, le **renouvellement d'air mécanique** présent dans les bureaux et les vestiaires semble suffisant pour assurer du confort aux usagers, il n'y a pas de traces d'humidité. La **ventilation** représente néanmoins 32% des pertes de chaleurs, auxquelles viennent s'ajouter les 2% de pertes de chaleurs par les **infiltrations** de l'enveloppe. Pour réduire les pertes par la ventilation, il peut être envisagé de mettre en place une ventilation double flux.

Remontées d'humidité au niveau du plancher bas avec dégradation du crépis du RDC et de la terrasse au R+1	Dégradation du crépis extérieur
	
Trace d'humidité / d'infiltration - Sanitaires du RDC et rangement du RDC	**Présence de fissures au niveau du mur donnant sur l'atelier**
	

Fissures et traces d'infiltration au niveau de la verrière	Défaut d'étanchéité à l'air d'une fenêtre dans un bureau
	
Eau stagnante et feuille mortes en toitutre-terrasse	**Fuite au niveau de la toiture dans les chambres et les vestiaires**
	
Traces d'infiltrations par les plafond dans la salle de transmission	
	

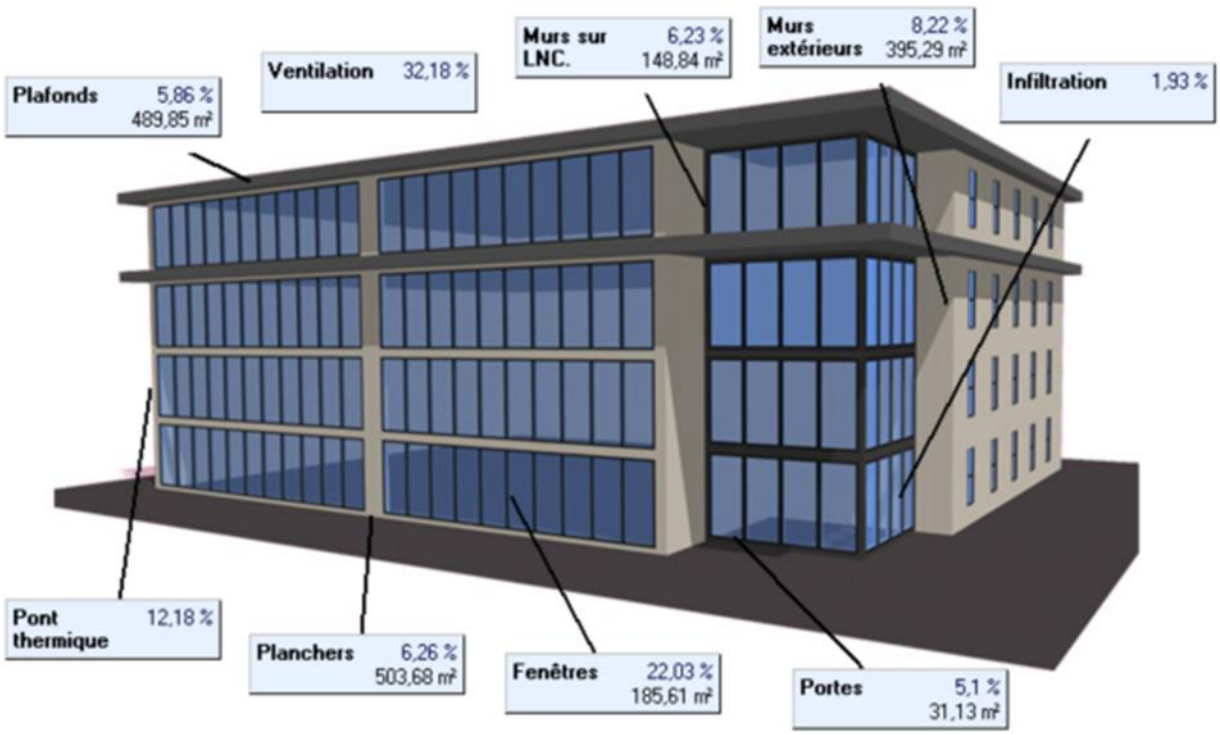


Figure 3 : Déperditions du bâti - État actuel

3.3 Équipements techniques actuels

3.3.1 Chauffage Gaz centralisé

L'ensemble du site, y compris les ateliers et les garages (hors périmètre de la présente étude) est chauffé par une **chaufferie collective gaz** situé entre les ateliers et les garages.

- **Production**

La production de chaleur pour le chauffage est assurée de manière collective par **une chaudière gaz** naturel au sol, de type **condensation** et datant de 2011. Elle est située dans la chaufferie du bâtiment CEI. La chaudière est de marque ATLANTIC GUILLOT et de type VARINO 250, pour une puissance nominale de 244 kW. Le rendement moyen annuel donné par le fabriquant est de 97% sur PCI.

La chaudière est en bon état et est bien entretenue. Les contrôles de combustion, effectués régulièrement par le maintenanceur, confirment de bons rendements de fonctionnement, conformément aux spécifications du fabriquant.

Chaudière gaz	Armoire électrique en chaufferie	Panoplies de départ des réseaux	Sondes de température extérieure
			

Réseaux non isolés dans les garages	Réseaux non isolés dans le magasin
	

- **Distribution**

La chaudière alimente 3 circuits de chauffage régulés et alimentant les zones suivantes :

- Un circuit « radiateurs Atelier » qui alimente les bureaux et a priori les vestiaires de l'aile secondaire du bâtiment Exploitation ;
- Un circuit « radiateurs Exploitation » qui aliment l'aile principale du bâtiment exploitation ;
- Un circuit « Aérothermes » qui alimente les aérothermes des ateliers.

Chaque réseau est équipé d'une pompe double à vitesse constante de marque SALMSON ou WILO. Les réseaux sont en acier bitube et ils sont isolés dans la chaufferie. Les réseaux cheminent ensuite **au plafond** des ateliers et des garages, où ils ne sont **pas isolés**, alors que ces locaux sont peu chauffés.

Dans le bâtiment exploitation, les réseaux cheminent sous la dalle de plancher ou dans les faux-plafonds.

Pompe de distribution Vanne 3 voies avec servomoteur – Circuit « Atelier »	Pompe de distribution Vanne 3 voies avec servomoteur – Circuit « Exploitation »	Pompe de distribution Vanne 3 voies avec servomoteur – Circuit « Aérothermes »
		

Régulateur – Circuit « Atelier »	Régulateur – « Chaudière »	Régulateur – Circuit « Aérothermes »
		

Radiateurs acier horizontal et vertical		Robinet thermostatique
		

- **Régulation**

Pour chaque circuit de chauffage identifié, ainsi que pour la chaudière, la **régulation** du chauffage est réalisée par un régulateur intégré à l'armoire électrique de la chaufferie, associé à une sonde de température extérieure, implantée en façade Ouest du bâtiment. Le régulateur est basé sur une **loi d'eau** en fonction de la température extérieure, avec une gestion automatique sur horloge de programmation des modes de confort / réduit. Le régulateur de chaque circuit agit sur une **vanne 3 voies de régulation**, pour piloter le recyclage de la chaleur.

Programmation horaire de la **chaudière** :

- Confort : du lundi au vendredi, consigne de 19°C de 6h à 22h tous les jours ;
- Réduit : soir et weekend : consigne de 17°C de 22h à 6h ;

- Hors gel : période de vacances à 12°C.

Les circuits « Ateliers » et « Aérothermes » disposent de leur propre régulateur, mais celui est programmé pour **chauffer à la température de consigne de 0h à 24h**, soit en perméance. C'est donc la régulation de la chaudière qui fixe les périodes de chauffe et de réduit de ces circuits, de même que pour le circuit exploitation qui ne dispose pas de régulateur propre.

- **Émission**

Les radiateurs implantés dans les locaux sont majoritairement en acier horizontaux ou verticaux et sont pour globalement tous équipés de robinets thermostatiques.

- **Synthèse**

RENDEMENT ESTIMÉ DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE		
Installation de chauffage	**Rendement**	**Équipements de chauffage**
Production	97%	Chaudière gaz condensation
Distribution	90%	Pompes à vitesse constante, réseau bitube non isolé en LNC, longues boucles de distribution
Équilibrage	95%	Négligé
Émission	95%	Radiateurs acier
Régulation	95%	Programmation horaire, Loi d'eau, Robinets thermostatiques
TOTAL	**75%**	**MOYEN**

Le rendement global de l'installation de chauffage est estimé à 75%.

➔ **L'ensemble des équipements de chauffage est dans un bon état général mais ces performances peuvent être améliorée.**

3.3.2 Climatisation

3.3.2.1 Salle des serveurs et salle de transmission

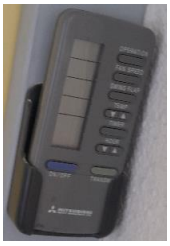
La salle des serveurs et la salle des transmissions sont équipées d'un système de **pompe à chaleur réversible Air/Air** associé à une **CTA de soufflage** de l'air climatisé dans les locaux**.** Le système est de marque AIRWELL avec l'unité extérieure installée en toiture du bâtiment. La puissance calorifique est estimée à 19,5 kW pour un COP d'environ 3,21, et la puissance frigorifique est d'environ 16 kW pour une efficacité EER d'environ 3,61. Le thermostat de régulation de l'installation est implanté dans la salle des transmissions.

Les deux locaux partagent un système commun avec un unique système de régulation, alors qu'ils ont des besoins et des consignes de température différents : la salle des serveurs a besoin d'une température constante été comme hiver ; tandis que la salle des transmissions est occupée en journée et pas la nuit. Cette situation peu optimale est donc susceptible d'entraîner des surconsommations et/ou de l'inconfort.

PAC Air/Air – Serveur et transmission – Unité extérieure	Centrale de traitement d'air sur batterie froide (salle des serveurs)	
		
Canalisations de soufflage de la CTA	**Bouche de soufflage de la climatisation**	**Thermostat de régulation**
		

3.3.2.2 Hall d'accueil

Le **hall d'entrée** est équipé d'une cassette murale associée à une **PAC Air/Air réversible** de marque MITSUBISHI, et dont l'unité extérieur est située en façade du bâtiment. Ce système ne semble plus être utilisé et il convient de déposer les équipements. En effet, si l'installation n'a pas été vidangée, elle contient des fluides frigorigènes qui peuvent s'échapper des canalisations, et dont le potentiel de réchauffement climatique est environ 1 600 fois plus important que le CO2. Nous avons par ailleurs constaté lors de la visite, que les isolants des canalisations extérieures étaient dégradés, l'étanchéité des canalisations elles-mêmes est donc incertaine.

Unité extérieure	Cassette murale	Thermostat de régulation	Isolant dégradé
			

3.3.2.3 Synthèse

RENDEMENT ESTIMÉ DE L'INSTALLATION DE CLIMATISATION		
Installation de climatisation	**Rendement**	**Équipements de climatisation**
Production	361%	Pompe à chaleur Air/Air - Unité extérieure (SEER moyen)
Distribution	95%	Centrale de traitement d'air et conduits de soufflage
Équilibrage	100%	Négligé
Émission	98%	Bouches de soufflage dans les locaux
Régulation	95%	Thermostat, Programmation
TOTAL	**319%**	**BON**

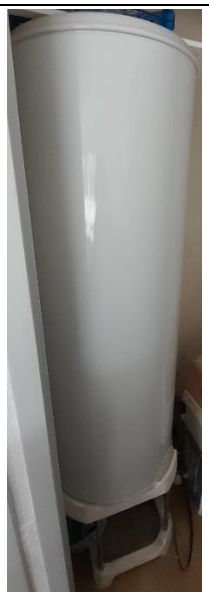
Le rendement global de l'installation de climatisation est estimé à 319%.

➔ **L'ensemble des équipements de climatisation est dans un bon état général et le système est performant.**

3.3.3 Eau Chaude Sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) des sanitaires et des espaces repas est décentralisée et assurée par un ensemble de préparateurs ECS électriques installés au plus près des points de puisage.

Les ballons sont en bon état, les boucles de distribution jusqu'aux équipements sont relativement courtes. Le ballon de la salle de repas est assez récent, mais les autres semblent être d'origine. En ce qui concerne le **ballon qui produit l'eau chaude des vestiaires**, ces performances pourraient être améliorées et son dimensionnement revu pour mieux correspondre aux besoins actuels.

Sanitaires RDC – Ballon de 100 L	Salle de repas R+1 – Ballon de 200 L	Vestiaires R+1 – Ballon de 750 L
		

Le rendement moyen de la production d'ECS est estimé à 70%.

➔ **Les équipements de production d'eau chaude sanitaire sont globalement en bon état, mais leurs performances peuvent être améliorées.**

3.3.4 Ventilation

Le principe de la ventilation mécanique consiste à créer une circulation de l'air dans le bâtiment de telle sorte que l'air neuf entre par les pièces à occupation continue (bureaux, salles de réunion) et est extrait dans les locaux humides (WC, vestiaires, salle de repas). L'air chemine ainsi à travers les pièces du bâtiment, en passant sous les portes. Le mouvement d'air est réalisé par les ventilateurs.

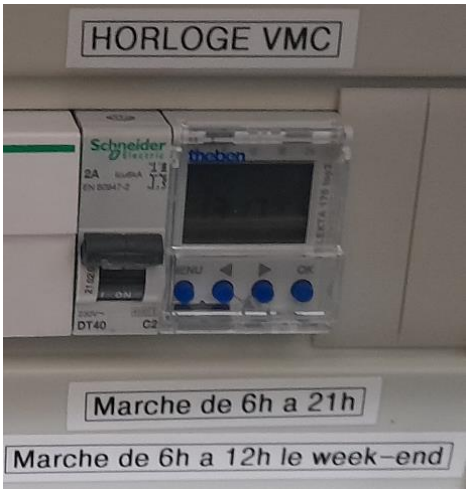
L'admission d'air se fait par :

- Les entrées d'air installées dans les fenêtres ou les murs ;
- Les infiltrations au niveau des raccords avec les parois, le toit et les planchers ;
- Les défauts d'étanchéité au niveau des ouvrants ;
- Les infiltrations de gros œuvre (réservations des gaines, câbles…) ;
- Les ouvertures vers l'extérieur.

La qualité de l'air intérieur dépend de la bonne ventilation des locaux.

Le renouvellement d'air des **zones de bureaux, de circulation, des sanitaires, des vestiaires et des espaces de repas** est assuré une **VMC simple flux autoréglable**.

Les sanitaires et les bureaux sont équipés de bouches d'extraction. En revanche, **les fenêtres ne sont pas équipées d'entrées d'air**, l'amenée d'air neuf se fait donc par ouverture des fenêtres et par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

Centrale de traitement d'air – Local VMC	**Horloge de programmation de la VMC**
	
Grille d'extraction des circulations	**Bouche des pièces d'eau**
	

En théorie, la ventilation est équipée d'une **programmation horaire qui suit les horaires d'occupation** du bâtiment avec un mode « marche » de 6h à 21h en semaine et de 6h à 12h le week-end. Cependant, le jour de la visite la régulation étaient en mode de « **marche forcée » jour et nuit et tous les jours**.

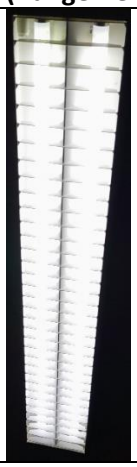
Cette situation entraîne des déperditions supplémentaires par la ventilation ainsi qu'une consommation électrique plus élevée que nécessaire de la centrale.

3.3.5 Éclairage

Globalement, le remplacement des luminaires par des équipements LED est en cours sur le site. La quasi-totalité des luminaires des **bureaux** est en **LED basse consommation**. Il reste cependant des équipements de type **halogène ou fluorescent** dans les **circulations et les locaux annexes** ou de stockage. Dans l'ensemble du bâtiment, la **commande** de l'éclairage est **manuelle**.

Le ratio de la puissance d'éclairage installée par la surface est estimé à 8 W/m² pour l'ensemble du bâtiment.

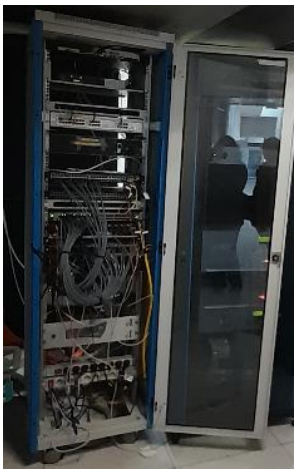
Dalle LED 60x60 – 28 W (Bureaux)	**Dalle LED 60x120 – 64 W (Bureaux)**	**Spot Halogène – 28 W (Sanitaires, Repas, Circulations)**	**Lampe halogène – 28 W (Circulations)**
			

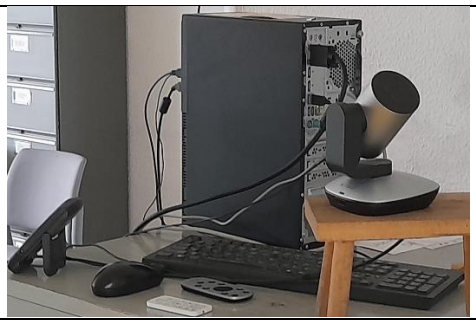
Tube fluorescent – 2x58 W (Rangement)	**Tube fluorescent – 3x18 W (Serveurs)**	**Interrupteur manuel – Circulations, Sanitaires**
		

- ➔ **<u>Il reste dans le bâtiment des équipements d'éclairage peu performant et énergivore. Il faut poursuivre le remplacement des luminaires par des équipements de type basse consommation pour apporter des économies d'électricité substantielles.</u>**
- ➔ **<u>Dans les bureaux et les salles de réunion, la mise en place de gradation de la lumière en fonction de la luminosité naturelle peut de plus permettre de réaliser des économies d'énergie supplémentaires. De même, dans les sanitaires et les circulations le mise en place de détecteurs de mouvement peut permettre de réduire les consommations d'énergie.</u>**

3.3.6 Autres usages

Les bureaux sont équipés **d'ordinateurs** et d'écrans, la salle de réunion d'un **vidéoprojecteur**, et la salle de repas comporte des **frigos**, un **four**, un **micro-onde** et des **feux au gaz**. Des **cafetières** et des bouilloires sont répartis dans les différents locaux, la laverie comporte des **machines à laver**. La pièce de vie dispose de plus de **distributeurs** (café, soda, eau fraiche). Le local informatique abrite de plus des **serveurs**.

Serveurs informatiques	Distributeur de boissons – Pièce de vie	Gros électroménager – Salle de repas
		

Petit électroménager	Vidéoprojecteur – Salle de réunion	Postes informatiques - Bureaux
		

➔ **La réduction des consommations d'énergie de ces équipements ne sera pas abordée dans le reste de cette étude.**

3.3.7 Synthèse sur les équipements

SYNTHÈSE DES PERFORMANCES ÉQUIPEMENTS

La **chaufferie collective gaz** est dans un bon état général, elle est bien entretenue et ses performances sont bonnes. L'ensemble des radiateurs est équipé de robinets thermostatiques. La régulation, le calorifugeage des réseaux et certains équipements auxiliaires pourraient cependant être optimisés. Par ailleurs, le bâtiment est équipé de **grandes baies vitrées** et il est fréquent de voir des radiateurs installés devant ces parois assez déperditive et dans certains cas peu étanches : une partie de la chaleur émise par ces radiateurs est donc **perdue à l'extérieur**.

La **climatisation** de la salle des serveurs et de la salle de transmission est bien performante, mais le système en place n'est plus adapté à la configuration ou à l'usage des locaux, il conviendrait dont de repenser globalement cet espace. Dans la salle de transmission, il reste par ailleurs des raccords d'anciens ventilo-convecteurs : en cas de restructuration de cet espace, il conviendra de prévoir la dépose de ces éléments.

La **production d'ECS** est décentralisée et assurée par plusieurs ballons électriques, ce qui est adapté à l'usage et à la taille du bâtiment (lavage des mains, repas, douches). Leur remplacement par un matériel plus performant est envisageable, mais ce n'est pas une priorité.

La **ventilation** des bureaux est assurée par une VMC simple flux autoréglable, ce qui est adapté à l'occupation et à la surface ventilée. La mise en œuvre d'une ventilation double flux peut être envisagée mais ce n'est pas une priorité.

L'éclairage du bâtiment est mixte entre équipements LED et luminaires fluorescents ou halogènes, avec une **commande manuelle** dans l'ensemble du bâtiment. Le replacement des équipements les plus énergivores par des équipements LED est à considérer. Dans les bureaux et les pièces de vie, une gradation de la

luminosité peut être envisagée, tandis que la mise en œuvre de détection est à privilégier dans les sanitaires et les circulations. Certains spots encastrés dans les faux-plafonds présentent par ailleurs des traces d'échauffement.

Radiateurs en plinthe devant une baie vitrée	Raccords d'anciens ventiloconvecteurs en salle de transmission	Trace d'échauffement sur un spot dans le hall d'accueil
		

3.4 Analyse des contrats d'entretien et d'abonnement

Les contrats d'entretien et d'abonnement ne nous ont pas été fournis.

L'entretien des **équipements en chaufferie** est assuré par l'entreprise ENGIE SOLUTION, sous la forme d'un contrat de type P2 – P3, pour la maintenance courante et le gros entretien et renouvellement. Le carnet de chaufferie est présent et bien renseigné, les contrôles réglementaires des équipements sont faits régulièrement et les rendements des chaudières sont bons. Les éléments laissent indiquer que l'installation est performante et que les équipements sont bien entretenus.

Concernant **l'électricité**, la **puissance souscrite pour le site est de 42 kVA**. Or, l'analyse des factures d'électricité (Cf. 4.1.2 Électricité – Tous usages) nous permet d'établir que **cette puissance souscrite est régulièrement dépassée** (jusqu'à 49 kVA en 2023 et 46 kVA en 2025). Ces dépassements engendrent un surcoût qui reste à quantifier. En fonction de ces éléments, **une renégociation de la puissance souscrite** pourrait se révéler intéressante, particulièrement si la mise en œuvre d'une PAC Air/Eau en chaufferie est retenue, ce qui nécessiterait de toutes les façons une hausse des besoins en électricité.

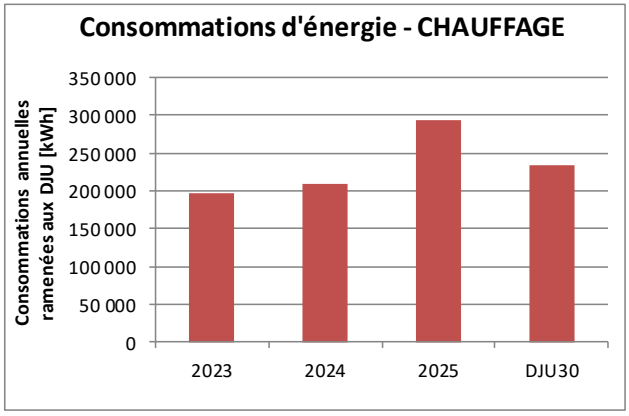
4 ANALYSE DES CONSOMMATIONS

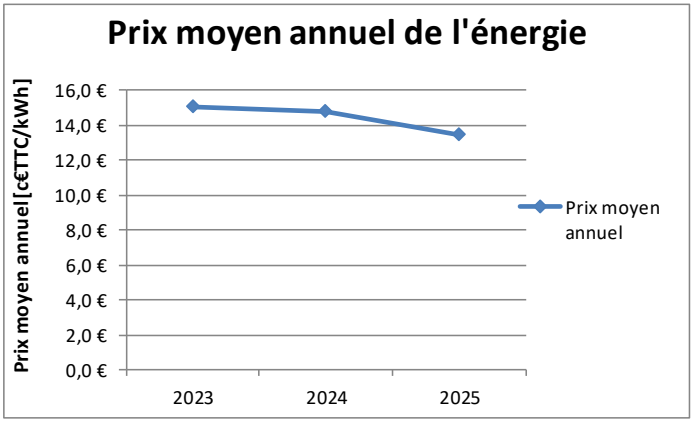
4.1 Analyse des consommations réelles

4.1.1 Gaz naturel - Chauffage

Les consommations et les factures de gaz naturel du site nous ont été fournies par la DIRCO pour les années 2023 à 2025.

CONSOMMATIONS RÉELLES - Gaz naturel - DIRCO - Feytiat CEI - CHAUFFAGE					
ANALYSE DES CONSOMMATIONS RÉELLES - Gaz naturel - CHAUFFAGE					
CONDITIONS CLIMATIQUES					
Durée de la saison de chauffe :	257	Du 15 septembre au 31 mai			
Degrés Jours Unifiés trentennaires :	2 520	Moyenne années 1996-2024	Base 17°C		
CONTRAT DE FOURNITURE - Gaz naturel					
Énergie	Gaz naturel		Fournisseur :	Gaz de Bordeaux	
Profile de consommation	P19		Type de contrat :	P1	
CONSOMMATIONS DE Gaz naturel - CHAUFFAGE - ANALYSE					
Année	**Consommation**	**DJU sur la période**	**Consommation corrigée du climat**	**Facture**	**Prix moyen annuel**
-	*kWh*	*DJU*	*kWh/DJU*	*€TTC*	*€TTC/kWh*
2023 - Année complète	144 652	1 857	77,9	21 758,78 €	0,150 €
2024 - Année complète	147 904	1 785	82,9	21 798,53 €	0,147 €
2025 - Année complète	192 242	1 648	116,6	25 749,27 €	0,134 €
Moyenne corrigée du climat	**232 994**	**2 520**	**92,5**	**31 207,70 €**	**0,134 €**





CONSOMMATIONS DE Gaz naturel - CHAUFFAGE - ESTIMATION - DIRCO - Feytiat CEI		
Consommation annuelle de Gaz naturel - CHAUFFAGE	**232 994**	**kWh ef**
Facture annuelle	**31 207,70 €**	**€TTC**
Coût unitaire moyen	**0,134 €**	**€TTC/kWh**
Emissions de GES	**47 997**	**kg eq CO2/an**

Les consommations annuelles sont ajustées en fonction des DJU (Degrés Jours Unifiés) pour prendre en compte la rigueur climatique d'une année donnée. La consommation moyenne est ensuite ajustée aux DJU trentenaires, c'est-à-dire qu'ils représentent une année climatique moyenne pour la ville de Périgueux en considérant les 30 dernières années (1996 - 2024).

L'analyse des factures de gaz nous permet de déterminer une **consommation moyenne de 232 994 kWh** par an pour l'ensemble du CEI, soit une **facture annuelle de 31 208 €TTC**.

Ces consommations de gaz naturel sont celles comptabilisées au niveau du compteur GRDF du CEI à l'entrée de la chaufferie, il s'agit donc du **total des consommations de gaz naturel du bâtiment Exploitation, des Ateliers et des Garages.**

Pour estimer une consommation de gaz par bâtiment, on utilise **la surface** et **le nombre d'occupants** de chaque bâtiment comme **clé de répartition**.

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS DE Gaz naturel - CHAUFFAGE					
Bâtiments du site	**Surface chauffée**	**Nombre d'occupants**	**Proportion du chauffage**	**Consommation**	**Facture**
-	*m²*	*Nb*	*%*	*kWh/an*	*€TTC*
BÂTIMENT 1 - Exploitation - Radiateurs	723 m²	30	70%	163 096	21 845,39 €
BÂTIMENT 2 - Ateliers - Aérothermes	170 m²	6	20%	46 599	6 241,54 €
BÂTIMENT 3 - Garages - Radiant gaz	763 m²	8	10%	23 299	3 120,77 €
TOTAL - DIRCO - Feytiat CEI - Chaufferie ga	**1 656 m²**	**44**	**100%**	**232 994**	**31 207,70 €**
TOTAL - PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE - Bâtiment Exploitation	**723 m²**	**30**	**70%**	**163 096**	**21 845,39 €**

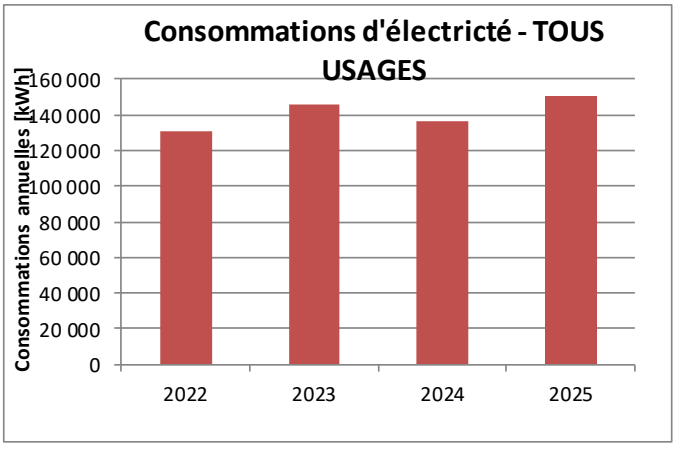
Nous estimons ainsi une **consommation moyenne de gaz naturel** de **163 096 kWh/an** et une **facture** annuelle de **21 845 €TTC/an** pour le bâtiment Exploitation. Du fait d'un taux d'occupation et d'une consigne de température plus élevé, il représente ainsi 70% des consommations du site.

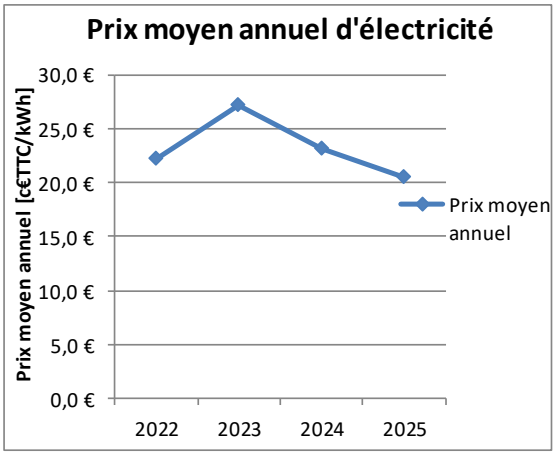
4.1.1 Électricité – Tous usages

Les consommations et les factures d'électricité du site pour tous les usages nous ont été fournies par la DIRCO pour les années 2022 à 2025.

CONSOMMATIONS RÉELLES - Électricité - DIRCO - Feytiat CEI - TOUS USAGES				
ANALYSE DES CONSOMMATIONS RÉELLES - Électricité - TOUS USAGES				
CONTRAT DE FOURNITURE - Électricité				
Énergie	Électricité		Fournisseur :	Primeo Energie
Puissance souscrite	42	kVA	Type de contrat :	C4

CONSOMMATIONS DE Électricité - TOUS USAGES - ANALYSE				
Année	**Puissance maximale atteinte**	**Consommation annuelle**	**Facture**	**Prix moyen annuel**
-	*kVA*	*kWh*	*€TTC*	*€TTC/kWh*
2022 - Année complète	43	130 519	29 013,36 €	0,222 €
2023 - Année complète	49	145 980	39 654,73 €	0,272 €
2024 - Année complète	40	136 382	31 529,56 €	0,231 €
2025 - Année complète	46	150 993	30 885,61 €	0,205 €
Moyenne annuelle	**49,0**	**140 968**	**28 835,09 €**	**0,205 €**





CONSOMMATIONS DE Électricité - TOUS USAGES - ESTIMATION - DIRCO - Feytiat CEI		
Consommation annuelle de Électricité - TOUS USAGES	**140 968**	**kWh ef**
Facture annuelle	**28 835,09 €**	**€TTC**
Coût unitaire moyen	**0,205 €**	**€TTC/kWh**
Emissions de GES	**21 709**	**kg eq CO2/an**

L'analyse des factures d'électricité nous donne une **consommation moyenne de 140 968 kWh/an** et une **facture de 28 835 €TTC** pour l'ensemble du site.

Les **dépassements de la puissance souscrite** sont commentés au paragraphe 3.4 Analyse des contrats d'entretien et d'abonnement.

Ces consommations d'électricité sont celles comptabilisées au niveau du compteur EDF du site, sans sous-comptage. Il s'agit donc du **total des consommations des bâtiments du CEI** (Exploitation + Ateliers +Garages), **du District et du BIESR**.

Pour l'électricité, on utilise le nombre moyen d'occupant et la surface de chaque bâtiment comme clé de répartition, afin d'estimer les consommations propres à chaque bâtiment.

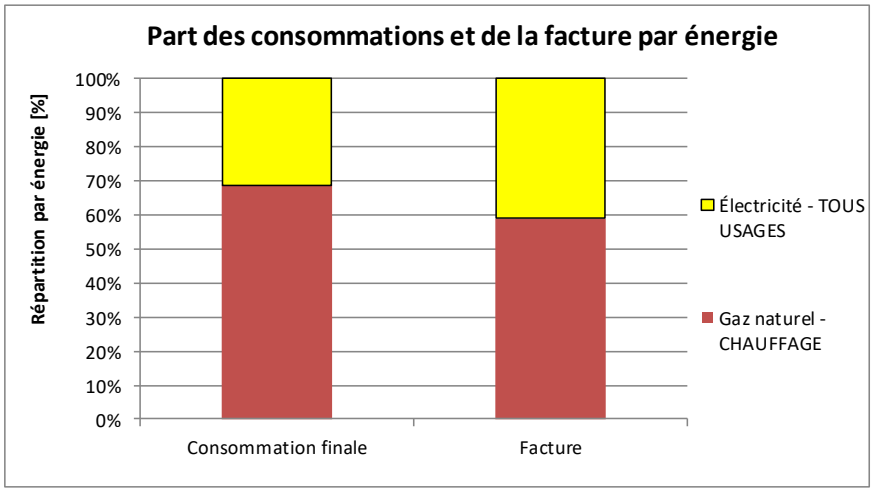
RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS DE Électricité - TOUS USAGES					
Bâtiments du site	**Surface chauffée**	**Nombre d'occupants**	**Proportion de l'électricité**	**Consommation**	**Facture**
-	*m²*	*Nb*	*%*	*kWh/an*	*€TTC*
BÂTIMENT 1 - Exploitation	723 m²	30	53%	74 194	15 176,36 €
BÂTIMENT 2 - Ateliers	170 m²	6	11%	14 839	3 035,27 €
BÂTIMENT 3 - Garages	763 m²	8	14%	19 785	4 047,03 €
BÂTIMENT 4 - District	141 m²	2	4%	4 946	1 011,76 €
BÂTIMENT 5 - BIESR	417 m²	11	19%	27 204	5 564,67 €
TOTAL - DIRCO - Feytiat CEI	**2 214 m²**	**57**	**100%**	**140 968**	**28 835,09 €**
TOTAL - PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE - Bâtiment Exploitation	**723 m²**	**30**	**53%**	**74 194**	**15 176,36 €**

Cette répartition nous permet d'estimer pour le bâtiment Exploitation, une **consommation moyenne d'électricité** de **74 194 kWh/an** et une **facture** annuelle de **15 176 €TTC/an,** soit la moitié des consommations du site.

4.1.2 Synthèse des consommations réelles

Le tableau ci-après résume l'analyse des consommations d'énergie réelles pour le bâtiment :

SYNTHÈSE - CONSOMMATIONS ET FACTURES D'ÉNERGIE - DIRCO - Feytiat CEI - Bâtiment Exploitation					
RÉCAPITULATIF DES CONSOMMATIONS ET DES DÉPENSES RÉGLEMENTAIRES D'ÉNERGIE					
Énergie	**Consommation finale**	**Facture**	**Prix moyen**	**Ratio consommation**	**Ratio facture**
Unités	*kWhef/an*	*€TTC*	*€TTC/kWh*	*kWh/m²*	*€TTC/m²*
Gaz naturel - CHAUFFAGE	163 096	21 845,39 €	0,1339 €	226	30,23 €
Électricité - TOUS USAGES	74 194	15 176,36 €	0,2045 €	103	21,00 €
TOTAL	**237 290**	**37 021,75 €**	**0,1560 €**	**328**	**51,23 €**



La **consommation réelle totale d'énergie** du bâtiment est donc de **237 290 kWh/an** pour une **facture annuelle d'énergie** de **37 022 €TTC**.

4.2 Calcul réglementaire – Méthode ThCEx

Le calcul réglementaire est réalisé sur le logiciel Perrenoud par le module BAO Évolution SED (Version V.2.0.75), selon la méthode de calcul réglementaire TH-C-E ex.

La méthode de calcul TH-C-E ex 2008 a pour objet le calcul réglementaire de la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment existant pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires de chauffage et de ventilation.

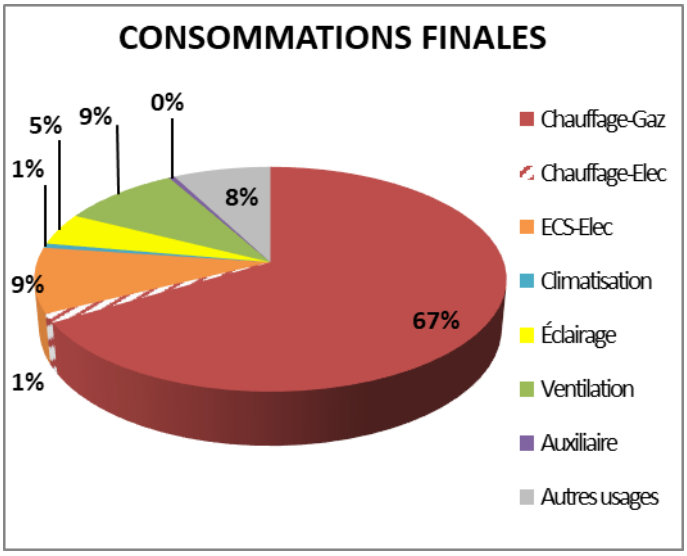
La méthode n'a pas pour vocation de faire un calcul de la consommation réelle du bâtiment compte tenu des conventions retenues notamment pour le climat, les apports gratuits, les températures de consigne et les horaires d'occupation.

Ainsi, la méthode de calcul réglementaire prend en compte une température de consigne standard de 19°C, indépendamment des systèmes en place ou des consignes réelles de température.

4.2.1 Consommations finales

Les **consommations réglementaires calculées pour le Bâtiment** par la méthode ThCEx sont les suivantes :

CALCUL RÉGLEMENTAIRE – CONSOMMATIONS FINALES – ENSEMBLE DES 4 ENTRÉES



Usage	Énergie	Consommation finale
Unités	-	*kWh ef / an*
Chauffage - Gaz	Gaz naturel	158 397
Chauffage - Élec	Électricité	3 031
ECS	Électricité	22 323
Climatisation	Électricité	1 529
Éclairage	Électricité	11 058
Ventilation	Électricité	22 338
Auxiliaire	Électricité	1 073
Autres usages	Électricité	18 406
TOTAL	**-**	**238 156**

Le calcul réglementaire permet d'estimer une **consommation de gaz naturel pour le chauffage de 158 397 kWh/an**.

Le **chauffage représente l'essentiel des consommations d'énergie** (67%), du fait de la performance moyenne de l'enveloppe du bâtiment. En effet, les déperditions par les murs, les menuiseries et les ponts thermiques sont telles qu'il faut chauffer en conséquence pour conserver une température intérieure confortable. Un effort sur le bâti peut permettre de réaliser d'importantes économies d'énergie et de rééquilibrer les consommations conventionnelles.

Le deuxième poste de consommation d'énergie concerne la production **d'ECS** à hauteur de 9% des consommations totales du bâtiment. Une amélioration des performances de ces équipements permettra donc de réaliser quelques économies.

La **ventilation** des locaux représente quant à elle 9% des consommations d'énergie du bâtiment. La mise en œuvre de caissons basse consommation pourrait permettre de réaliser quelques économies sur ce poste.

Les consommations des **autres usages** de l'énergie (bureautique, électroménager) représentent ensuite 8% des consommations totales du bâtiment.

Ensuite, **l'éclairage** représente 5% des consommations d'énergie. Le remplacement des éclairages par des luminaires basses consommation permettra donc de réaliser des économies intéressantes.

La **climatisation** des locaux ne s'élève qu'à 1% des consommations d'énergie du bâtiment, car la surface climatisée est très limitée.

Enfin, les consommations d'électricité propres aux auxiliaires de chauffage (pompes) apparaissent comme négligeables à l'échelle du bâtiment.

4.2.2 Recollement aux consommations réelles

Le tableau ci-après permet de comparer les consommations d'énergie réelles suivant factures et les consommations des 5 usages de l'énergie calculées par la méthode ThCEx.

COMPARAISON RÉEL ET CALCULS - DIRCO - Feytiat CEI - Bâtiment Exploitation			
Énergie	**Consommations rélles**	**Consommations ThCEx**	**Écart**
Unités	*kWhef/an*	*kWhef/an*	*%*
Gaz naturel	163 096	158 397	-3%
Électricité	74 194	79 758	7%
Total	**237 290**	**238 155**	**0%**

Pour valider le modèle du bâtiment, on estime que l'écart entre les consommations réelles et les consommations calculées doit être inférieur à + ou – 10% de marge.

L'écart entre les consommations réelle de **gaz naturel** et celles calculées par la méthode ThCEx pour le chauffage est de **-3%** : le modèle représente suffisamment bien l'enveloppe et l'occupation réelle du bâtiment pour approcher les consommations réelles.

L'écart entre les consommations réelle **d'électricité** et celles calculées par la méthode ThCEx pour les autres usagées est de **+7%**, ce qui est suffisamment proche pour représenter assez fidèlement la performance et le fonctionnement des systèmes.

Le modèle de l'enveloppe du bâtiment et de ses systèmes peut donc être validé en l'état, le comportement thermique du bâtiment modélisé est suffisamment proche de celui du bâtiment réel.

4.2.3 Consommations primaires

Les consommations d'énergie primaires intègrent les processus d'acheminement de l'énergie jusqu'au bâtiment où elle est consommée.

Pour le gaz naturel, le fioul, le bois… le coefficient de conversion de l'énergie finale en l'énergie primaire est de 1.

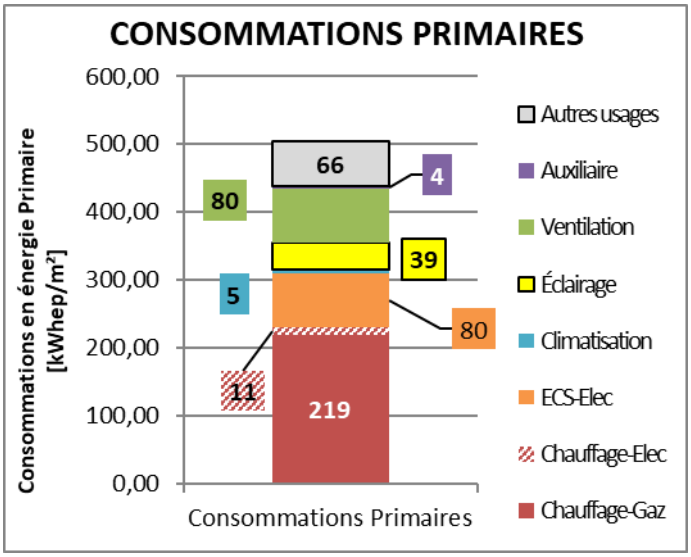
En revanche, pour l'électricité, ce coefficient est de 2,58, car il intègre les pertes en lignes depuis les centrales de production : il faut produire 2,58 kWh d'énergie à la centrale pour acheminer 1 kWh d'électricité dans le bâtiment.

Par usages, les consommations primaires sont rapportées à la surface du bâtiment, ce qui permet de les comparer entre eux.

C'est à partir de la consommation primaire que sont calculées les émissions de gaz à effet de serre, exprimées en kg équivalent CO_2 par m² par an suivant les taux d'émission suivants (source ADEME) :

- Gaz naturel : 0, 206 kgCO2/kWh ;
- Électricité : 0,154 kgCO2/kWh.

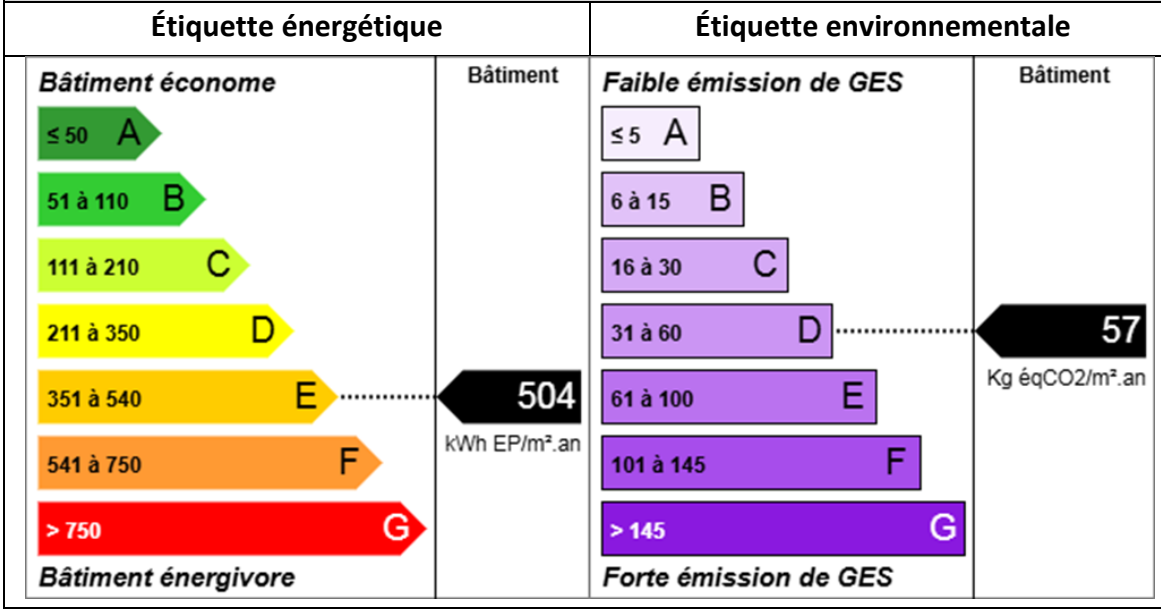
CALCUL RÉGLEMENTAIRE – CONSOMMATIONS PRIMAIRES



Usage	Énergie	Consommation primaire
Unités	-	*kWh ep/ m².an*
Chauffage - Gaz	Gaz naturel	219,18
Chauffage - Élec	Électricité	10,82
ECS	Électricité	79,69
Climatisation	Électricité	5,46
Éclairage	Électricité	39,48
Ventilation	Électricité	79,75
Auxiliaire	Électricité	3,83
Autres usages	Électricité	65,71
TOTAL	**-**	**503,91**
Émissions de gaz à effet de serre	**57,02**	**kgCO2/m².an**

4.2.4 Performance Énergétique du bâtiment

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT – MÉTHODE ThCEx



NB : Étiquettes calculées selon la méthode ThCEx, à ne pas confondre avec la méthode 3CL 2021.

La consommation en énergie primaire (Cep) du bâtiment est de 504 kWh ep / m² SHON par an pour les 5 usages principaux de l'énergie et pour les autres usages, ce qui le classe dans la **catégorie énergétique E** : le bâtiment est partiellement isolé, et ses performances énergétiques peuvent être optimisées.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) du bâtiment sont de 57 kg équivalent CO2 /m² SHON par an, ce qui le classe dans la **catégorie environnementale D :** le bâtiment fait appel à des énergies fossiles pour les usages principaux de l'énergie.

Cela représente plus de 41 tonnes de CO2 émises par an, soit **la pollution émise par près de 22 voitures standard** en une année (pour une émission moyenne de 12,5 kg/100 km et une distance moyenne parcourue de 15 000 km par an).

5 ANALYSE GLOBALE

La grille d'analyse globale fournit un positionnement de la performance énergétique du bâtiment sur les différents postes ayant un impact énergétique :

- L'ensemble du bâtiment **ne présente pas une consommation anormale vu son année de construction** et les travaux effectuées depuis ;
- Le bâti et particulièrement **l'ensemble mur + ponts thermiques + menuiseries** présente un niveau de déperdition **élevé** (48%), dû à une isolation trop faible sur ces parois ;
- Les **menuiseries** en particulier présentent des performances insuffisantes avec des déperditions relativement élevées (27%) en comparaison des autres parois du fait de leur faible niveau d'isolation et de leur surface importante. **L'étanchéité** des menuiseries est également mauvaise ;
- Les **toitures-terrasses et les toitures en bas acier** n'ont pas connu de réfection depuis la construction, et leur étanchéité semble compromise en plusieurs endroits. Les performances des isolants en place ont certainement été dégradées, même si les déperditions relatives par les planchers hauts restent faibles ;
- L'isolation supposée du **plancher bas** sur terre-plein est moyenne, mais la face inférieure étant inaccessible, il ne sera pas possible de traiter cette surface ; l'isolation des **planchers bas** sur extérieur et dans les locaux non chauffés est insuffisante, et elle peut être renouvelée pour correspondre aux standards actuels ;
- Le système de **ventilation en place est fonctionnel et semble suffisant**, un remplacement par de la ventilation double flux est envisageable.
- La **chaufferie collective gaz** est performante et bien entretenue, même si la régulation et certains équipements peuvent être optimisés ; son remplacement par un système décarboné est envisageable, mais ça n'est pas une priorité ;
- Les **préparateurs ECS** sont pour la plupart adaptés à l'usage et fonctionnels, le remplacement des équipements les plus anciens et les plus consommateurs peut être envisagé ;
- **L'éclairage** des locaux est assuré par un mélange de luminaires LED, halogène et fluocompacte ; il sera intéressant de continuer le remplacement des équipements les plus **énergivores** ; la **commande** de l'éclairage pourra également être optimisé.

6 LES AIDES FINANCIÈRES

6.1 Les Certificats d'Économie d'Énergie

Les certificats d'économie d'énergie sont un dispositif national qui oblige les vendeurs d'énergie (vendeurs d'électricité, de gaz, de fioul, de carburants) à réaliser des économies d'énergie. Pour cela ces opérateurs dits « obligés » peuvent réaliser des opérations pour inciter leurs clients à faire des économies ou directement acheter des certificats obtenus par d'autres opérateurs dits « non obligés ».

Pour les maîtres d'ouvrage, il est ainsi possible lors de la réalisation de travaux d'amélioration énergétique (isolation, remplacement de chaudières, …) de négocier (sur le marché pour les collectivités locales ou directement) avec un opérateur obligé la cession de certificats d'économie d'énergie.

De nombreuses actions d'améliorations favorisant les économies d'énergie peuvent être valorisées sous forme de « certificats d'économie d'énergie » (cf. fiches standardisées disponibles sur le site http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Certificats-d-economies-d-energie,188-.html).

Pour chaque action, il est défini une quantité d'énergie qui sera économisé grâce à cette action et est exprimée en kWhcumac (kWh cumulés et actualisés sur la durée de vie conventionnelle de l'équipement).

Exemple : Pose de 100 m² d'isolation par l'intérieur dans une école située en zone climatique H1 : 366 000 kWh cumac soit 1 464 €.

Le prix de vente des certificats d'économie d'énergie est soumis à des variations.

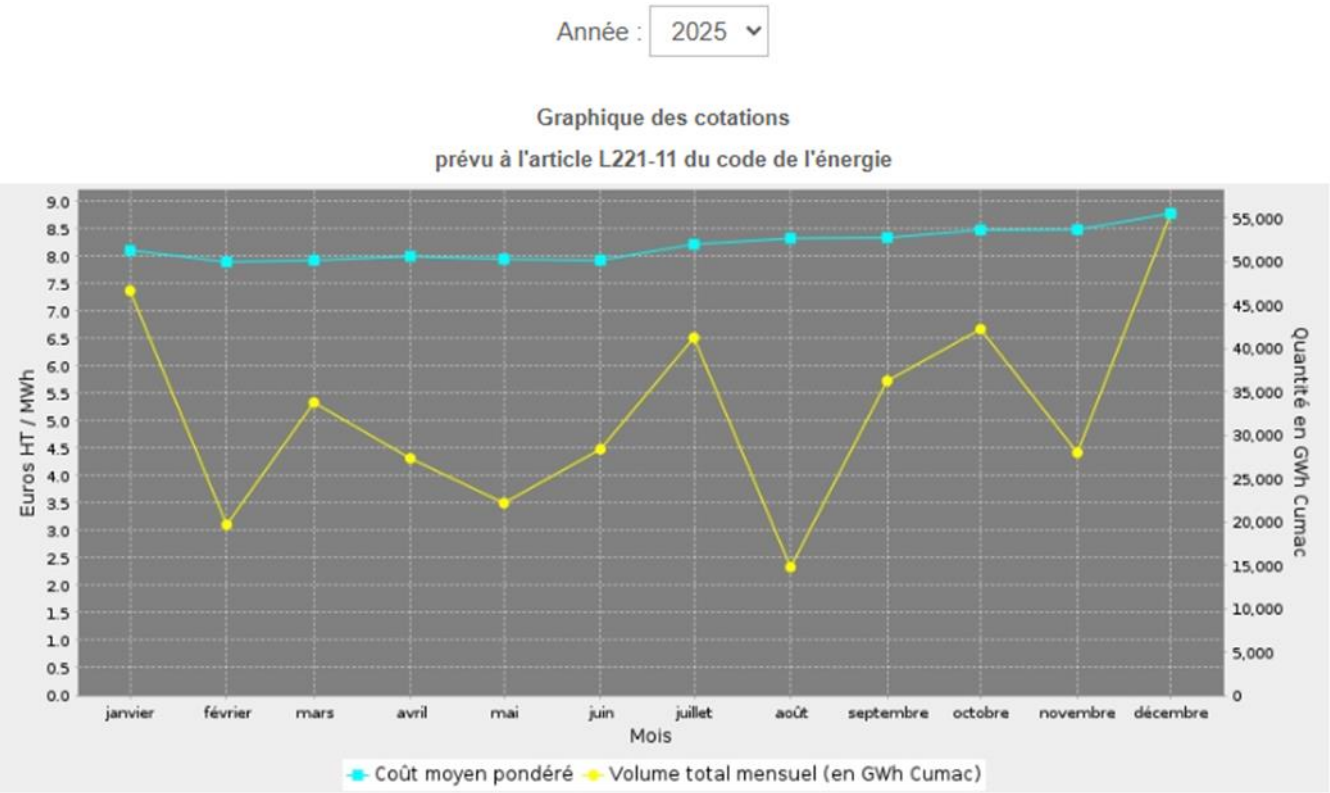


Figure 4 : Courbe du prix de rachat de CEE – Année 2025

➔ **Le montant de la valorisation fixé dans cette étude est de 0,65 c€/kWhcumac.**

Le dépôt de dossier des CEE doit être réalisé au plus tard un an après la réalisation des travaux. Le registre national des certificats d'économies d'énergie (accessible sur le site internet emmy.fr) est la matérialisation des certificats d'économie d'énergie délivrés par le pôle national. Le site internet permet l'accès aux listes des acheteurs et des vendeurs de certificats.

7 PRÉCONISATIONS DE TRAVAUX

7.1 Présentation des travaux envisagés

Dans la première partie de la présente étude, nous avons identifié les sources principales de consommation d'énergie dans le bâtiment, ainsi que des désordres éventuels dans son fonctionnement (inconfort thermique, problèmes d'humidité…).

Pour améliorer la performance énergétique d'un bâtiment, il est possible d'agir :

- **Sur son enveloppe thermique**, pour réduire les besoins de chauffage et de refroidissement ;
- **Sur ses systèmes énergétiques**, pour réduire les surconsommations dues à de mauvais rendements des équipements.

Ces deux aspects permettent de réduire les consommations globales du bâtiment.

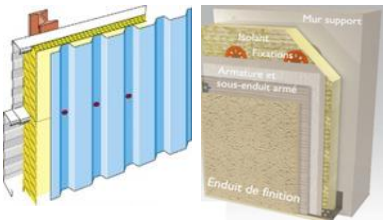
Dans le cas d'un bâtiment déperditif, il est nécessaire de renforcer son enveloppe avant d'envisager d'améliorer le rendement de ses systèmes. De plus, les systèmes présents dans les bâtiments sont relativement récents et en bon état.

Nous avons modélisé chaque proposition de travaux afin de mettre en évidence :

- Le Cep projet correspondant ;
- Les étiquettes énergie et climat correspondantes ;
- Les économies d'énergie attendues ;
- L'investissement correspondant ;
- Les aides mobilisables correspondantes (détermination des kWhCUMAC éligibles au CEE) ;
- Le temps de retour sur investissement.

Les actions d'amélioration de la performance énergétique du Site sont les suivantes :

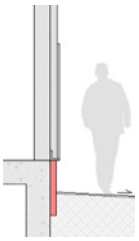
- **Isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE) :**



Périmètre d'application : les murs actuellement isolés en ITI et en ITE.

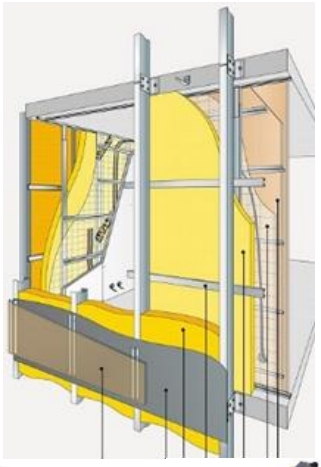
Les travaux d'isolation thermique par l'extérieur comprennent :

- L'échafaudage ;
- La dépose du bardage métallique et de l'isolation extérieure existante pour les murs initialement en ITE ;
- La mise en œuvre d'un isolant extérieur avec R = 4,2 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,038 W/m.K), avec enduit de finition pour les murs initialement en ITI et bardage métallique pour les murs initialement en ITE.
- Le traitement des pieds de bâtiment avec panneaux isolants enterrés et nappe drainante pour R = 3,45 m².K/W (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,032 W/m.K) ;
- Le traitement des encadrements de baies (appui de fenêtre + traitement des tableaux).



Mur isolé par l'intérieur avec revêtement crépis (à gauche)	Mur à isolation par l'extérieur avec bardage métallique (à droite)
Traitement des pieds de murs avec isolation (remontées d'humidité)	

- **Rénovation des murs en panneaux sandwich avec isolation thermique des murs répartie (ITR) :**



Périmètre d'application : murs en panneaux sandwich de la salle de transmission et des bureaux.

Les travaux de rénovation de mur avec isolation thermique répartie comprennent :

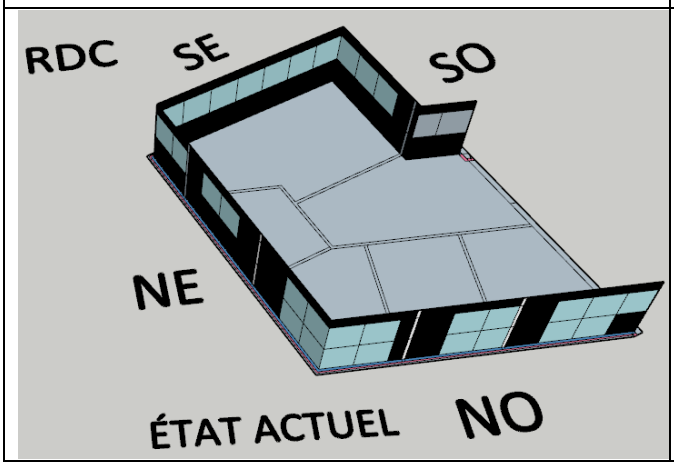
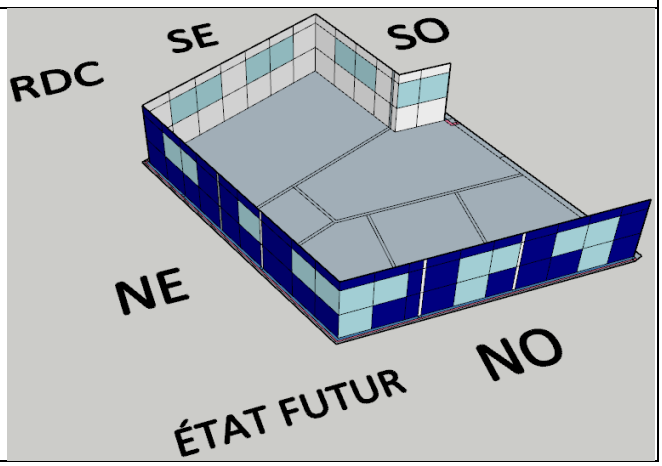
- La dépose des éléments vitrés et opaques de façades en panneaux sandwich ;
- La création d'une ossature constituée de profilés en acier galvanisé ancré à bout de plancher, compris imperméabilisation ;
- La mise en place d'une isolation thermique en double couche intérieure et extérieur de type laine minérale, R = 5,35 m².K/W (soit une épaisseur de 100 + 80 mm avec λ = 0,032 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur ;





- La mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 – **Réduction de la surface vitrée de 32% par rapport à l'état actuel ;**
- Le traitement des encadrements de baies (appui de fenêtre + traitement des tableaux) ;
- La mise en œuvre de brise-soleils orientables sur les menuiseries - Façade SE et SO.

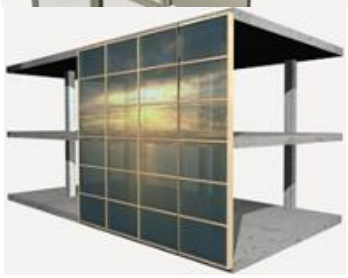


État actuel	État futur
	

Remarques : Il s'agit ici d'une **proposition** de solution technique qui répond au besoin exprimé, à savoir, améliorer l'isolation de ces parois, résoudre les défauts d'étanchéités récurrents au niveau des menuiseries, réduire la surface vitrée, tout en conservant la structure (plancher, toiture) de cette partie du bâtiment. La **faisabilité technique** de cette proposition doit être validée par un bureau d'étude structure ainsi que par un architecte, qui seront mieux à même de préciser l'estimation du coût de ces travaux d'ampleur. Pour la réduction des parois vitrées, il a été tenu compte de la **position des radiateurs** dans les pièces, qui sont parfois positionnés aujourd'hui devant une baie vitrée.

- **Rénovation de la façade rideau avec isolation thermique des murs par l'intérieur (ITI) :**





Périmètre d'application : murs en façade rideau au NO.

Les travaux de rénovation la façade rideau comprennent :

- La dépose des éléments vitrés et opaques de façades rideau ;
- La mise en place d'une isolation thermique intérieure de type laine minérale, R = 4,1 m².K/W (soit une épaisseur de 140 mm avec λ = 0,034 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur au niveau des panneaux opaques de la façade rideau ;



- La mise en œuvre en remplacement d'un mur rideau en aluminium - 70% de surface transparente dont 23% d'ouvrant en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Surface vitrée et surface des ouvrants identiques à l'initial.

Remarques : Il s'agit ici d'une **proposition** de solution technique qui répond au besoin exprimé, à savoir, améliorer l'isolation de ces parois et résoudre les défauts d'étanchéités récurrents au niveau des menuiseries. La **faisabilité technique** de cette proposition doit être validée par un bureau d'étude structure ainsi que par un architecte, qui seront mieux à même de préciser l'estimation du coût de ces travaux d'ampleur. Cette façade étant située au Nord-Ouest avec peu d'inconfort thermique estival, il n'a pas été proposé de réduire la surface vitrée.

- **Remplacement des menuiseries :**



Périmètre d'application : toutes les fenêtres et les baies « classiques » (hors façade rideau et murs en panneaux sandwich) y compris les portes d'entrée vitrées et les menuiseries sur les locaux non chauffés.

Les travaux de remplacement des menuiseries comprennent :

- La dépose et l'évacuation des menuiseries existantes, compris dépose totale du dormant et dépose des protections solaires non conservées ;
- : La mise en œuvre en remplacement de menuiseries en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité, pour :
  - **Fenêtres, baies fixes :**
    - Un coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K ;
    - Un coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 ;
  - **Portes vitrées et portes pleines :**
    - Un coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K ;

- **Rénovation de la verrière :**



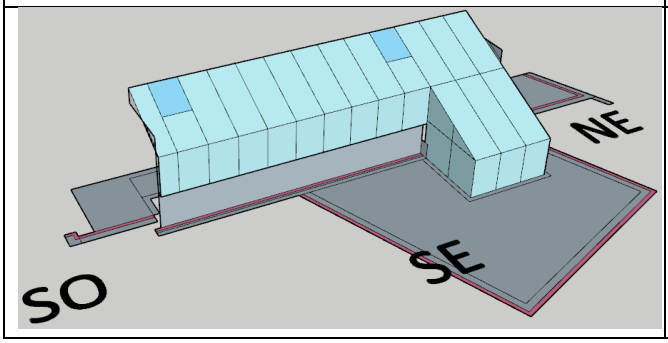
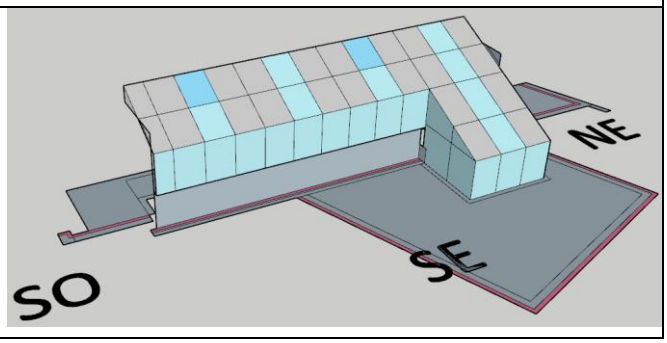
Périmètre d'application : parois vitrées verticales et inclinées de la verrière du hall d'accueil.

Les travaux de rénovation de la verrière comprennent :

- La dépose de la verrière compris ossature métallique ;
- La création d'une ossature métallique en profilés aluminium ;
- La création d'une couverture en panneaux sandwich isolants en Polyuréthane avec R = 4,5 W/m².K (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,022 W/m.K) ;
- La mise en œuvre de châssis vitrés en partie inclinée et en partie verticale en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 **– Réduction de la surface vitrée de 42% par rapport à l'état actuel.**



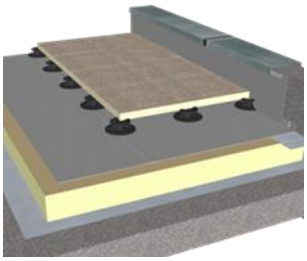


État actuel	État futur
	

Remarques : Il s'agit ici d'une **proposition** de solution technique qui répond au besoin exprimé, à savoir, améliorer l'isolation de ces parois, résoudre les défauts d'étanchéités récurrents au niveau des menuiseries, et limiter l'inconfort estival. La **faisabilité technique** de cette proposition doit être validée par un bureau d'étude structure ainsi que par un architecte, qui seront mieux à même de préciser l'estimation du coût de ces travaux d'ampleur.

- **Isolation des toitures-terrasses :**

Périmètre d'application : toutes les toitures du bâtiment.

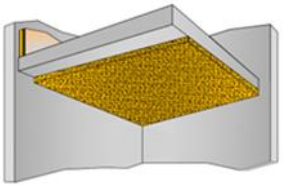


Les travaux d'isolation des toitures-terrasses comprennent :

- La dépose et l'évacuation de l'isolation vieillissante et de l'étanchéité existante ;
- La mise en œuvre d'une isolation en polystyrène ou polyuréthane avec R = 7,25 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,022 W/m.K), compris isolation des acrotères et des skydomes.
- La réfection de l'étanchéité de la toiture.

Remarque : **Si une installation photovoltaïque est créée en toiture terrasse, l'isolant retenu devra être compatible** (résistance à la charge des panneaux, sécurité incendie, …).

- **Isolation des planchers bas :**

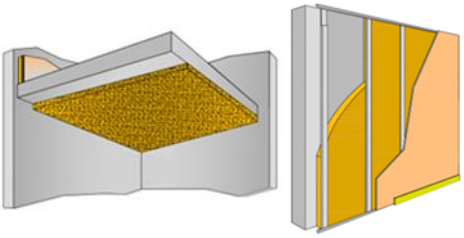


Périmètre d'application : plancher bas sur extérieur au niveau du passage voitures.

Les travaux d'isolation des planchers bas comprennent :

- La dépose et l'évacuation de l'isolation existante ;
- **Planchers sur extérieur** : La mise en œuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas par pose de panneaux isolants avec R = 5,25 m².K/W (soit une épaisseur de 195 mm avec λ = 0,036 W/m.K).

- **Isolation des parois donnant sur les locaux non chauffés :**



Périmètre d'application : murs et planchers donnant sur les ateliers, les garages et le magasin.

Les travaux d'Isolation par l'intérieur des parois donnant sur les locaux non chauffés comprennent :

- La préparation du support ;
- La mise en œuvre sur les murs en contact avec les locaux non chauffés d'un isolant intérieur ou extérieur avec R = 3,0 m².K/W (soit une épaisseur de 90 mm avec λ = 0,030 W/m.K) compris enduit de finition ;
- La mise en œuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas donnant sur des locaux non chauffés par pose de panneaux isolants - R = 3,0 m2.K/W (soit une épaisseur de 115 mm avec λ = 0,036 W/m.K).

Murs des vestiaires du RDC donnant sur les garages	Murs donnant sur les ateliers	Murs et planchers donnant sur le magasin
		

- **Ballon ECS thermodynamique :**

Périmètre d'application : ballon électrique des vestiaires du R+1.

Les travaux de remplacement de la production d'eau chaude sanitaire comprennent :

- La dépose du ballon électrique existant non conservé ;
- La mise en œuvre d'un ballon thermodynamique air ambiant/air extérieur avec un COP=3 en lieu et place de l'existant - **Ballon des vestiaires redimensionné à 500 L** ;
- Le raccordement électrique ;
- La mise en œuvre de l'unité extérieure en façade du bâtiment ;
- L'adaptation des canalisations.

- **VMC Simple flux très basse consommation :**



Principe : Remplacement du caisson de ventilation simple flux existant par un caisson simple flux très basse consommation, et mise en œuvre d'une modulation des débits extraits dans les bureaux, les salles de repas, les salles de réunion et les vestiaires en fonction de l'occupation réelle des locaux.



Les travaux d'amélioration du système de ventilation autoréglable existant comprennent :



- La dépose et l'évacuation des équipements existants non réutilisés (Caisson) ;
- La mise en œuvre d'un caisson d'extraction C4 simple flux très basse consommation ;
- La mise en œuvre de sonde d'occupation de type CO2, associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Bureaux, salles de repas et salles de réunion ;
- La mise en œuvre de sonde hygrométriques, associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux – Vestiaires ;
- L'adaptation du réseau de gaines d'extraction en acier galvanisé ;
- **La remise en marche de l'horloge de programmation de la ventilation ;**
- Les raccordements électriques correspondants.

- **Éclairage LED :**



Périmètre d'application : ensembles des locaux encore non équipés.

Les travaux de remplacement des luminaires comprennent :



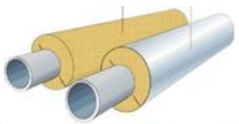
- La dépose des luminaires énergivores existants ;
- La mise en œuvre de luminaires LED de puissance équivalente de types réglettes LED, dalle LED 60x60, spots LED ou plafonnier LED suivant les situations en lieu et place des éclairages existants ;
- La mise en œuvre de gradation de la luminosité en fonction de l'éclairement naturel dans les bureaux, les salles de réunion et les salles de repas ;
- La mise en œuvre de détection de présence dans les circulations et les sanitaires.

- **Optimisation du chauffage et de la climatisation :**



Périmètre d'application : équipements en chaufferie, ensemble des locaux, dissociation des systèmes de chauffage / climatisation pour la salle de transmission et le local serveur.

Les travaux de d'optimisation du chauffage et de la climatisation comprennent :







- La mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation, notamment **consigne de réduit le weekend pour la zone administration.**
- Le calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin ;
- La mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie ;
- La mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie ;
- Le remplacement de la PAC Air/Air + CTA de la salle serveur par une PAC Air/Air Monosplit avec unité murale intérieure, **dimensionnée pour la seule salle des serveurs** ;
- **L'extension du circuit de chauffage à eau chaude** pour alimenter de nouveaux radiateurs, dans la salle de transmission restructurée en salle de réunion.





- **Rénovation de la chaufferie en mixte PAC Air/Eau et Gaz condensation avec optimisation du chauffage et de la climatisation :**

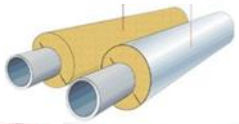




Périmètre d'application : équipements en chaufferie, ensemble des locaux, dissociation des systèmes de chauffage / climatisation pour la salle de transmission et le local serveur.

Les travaux de rénovation de la chaufferie et d'optimisation du chauffage et de la climatisation comprennent :









- La dépose de la chaudière gaz existante et des équipements non conservés ;
- La mise en œuvre d'une **pompe à chaleur Air/Eau Haute température en base** - unité intérieure en chaufferie, l'unité extérieure en façade du bâtiment, pour une efficacité énergétique saisonnière >= 111% ;
- Le remplacement de la chaudière par une **chaudière gaz condensation performante en appoint / secours** ;
- La mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 2 générateurs.





- La mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation, notamment **consigne de réduit le weekend pour la zone administration.**
- Le calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin ;
- La mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie ;
- La mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie ;
- Le remplacement de la PAC Air/Air + CTA de la salle serveur par une PAC Air/Air Monosplit avec unité murale intérieure, **dimensionnée pour la seule salle des serveurs** ;
- **L'extension du circuit de chauffage à eau chaude** pour alimenter de nouveaux radiateurs, dans la salle de transmission restructurée en salle de réunion.

7.2 Isolation thermique des murs par l'extérieur

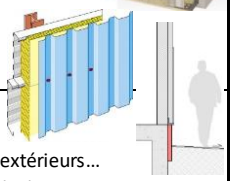
FICHE TRAVAUX - ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR DES MURS EXTÉRIEURS

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,038 W/m.K), compris enduit - **Murs initialement en ITI**
- Dépose du bardage métallique et de l'isolation extérieure existante - **Murs initialement en ITE**
- Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,038 W/m.K) - compris Bardage métallique - **Murs initialement en ITE**
- Traitement des pieds de murs avec panneaux isolants enterrés et nappe drainante, R = 3,45 m².K/W (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,032 W/m.K) - **Tous les murs**





Avantages :	**Inconvénients :**
Amélioration de l'étanchéité à l'air et traitement des ponts thermiques. Pas de diminution de la surface utile Travaux en site occupé aisés.	Coût élevé. Dépose et repose des gouttières, éclairages extérieurs… Avancée de toiture complémentaire si débords de toitures peu étendus.

INVESTISSEMENT - Bâtiment

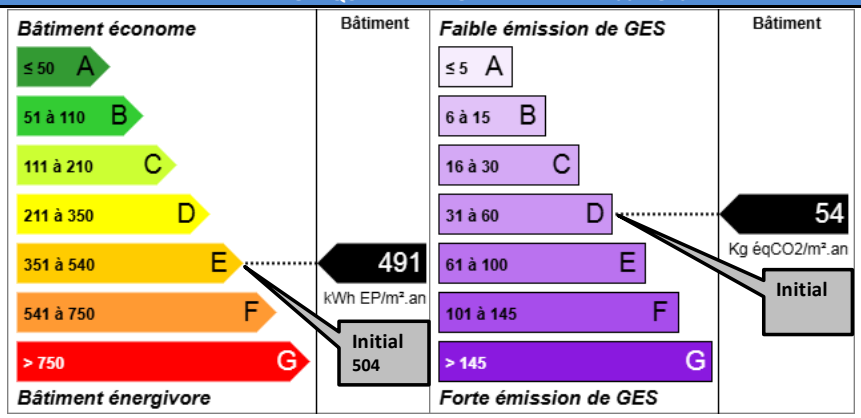
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**	
Isolation thermique des murs par l'extérieur - Laine de verre avec enduit - Murs en ITI	240	€ HT/m²	224	m²
Isolation thermique des murs par l'extérieur - Laine de verre avec bardage métallique - Murs en ITE	250	€ HT/m²	108	m²
Traitement des pieds de murs avec isolation extérieure et drain	100	€ HT/m²	30	m²
Investissement Brut pour les travaux :	**83 557**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	8 356	€ HT	soit	10%
Investissement Net pour les travaux :	**91 912**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	6 200	€	soit	953 770 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**85 713**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET Bâtiment	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	149 279	19 995 €	9 118	1 221 €	6%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 911	595 €	120	25 €	4%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 559	319 €	-30	-6 €	-2%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 034	212 €	39	8 €	4%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**228 908**	**36 283 €**	**9 247**	**1 248 €**	**4%**

	Unité	**État Initial**	**État Final**	**Économie**	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	490,83	13,09	3%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	54,14	2,88	5%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

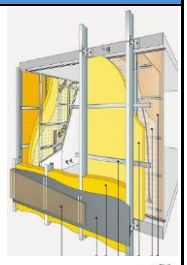
Investissement déduit des aides :	**85 713**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	1 248	€ HT / an
Économie d'énergie :	9 247	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**>50**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	30	ans

7.3 Rénovation des murs en panneaux sandwich

FICHE TRAVAUX - REMPLACEMENT DE FAÇADE LÉGÈRE AVEC ISOLATION RÉPARTIE

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :



- Dépose des éléments vitrés et opaques de façades en panneaux sandwich **- Murs en panneaux**
- Création d'une ossature constituée de profilés en acier galvanisé ancré à bout de plancher, compris imperméabilisation.
- Mise en place d'une isolation thermique en double couche intérieure et extérieur de type laine minérale, R = 5,35 m².K/W (soit une épaisseur de 100 + 80 mm avec λ = 0,032 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur, compris bardage immitant l'aspect métallique existant.
- Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - **Réduction de la surface vitrée de 32% par rapport à l'état actuel.**
- Mise en oeuvre de brise-soleils orientables sur les menuiseries - **Façade SE et SO**



Avantages :	**Inconvénients :**
Amélioration de l'étanchéité à l'air et traitement des ponts thermiques.	Coût élevé. Diminution de la surface utile. Travaux en site occupé complexes.

INVESTISSEMENT

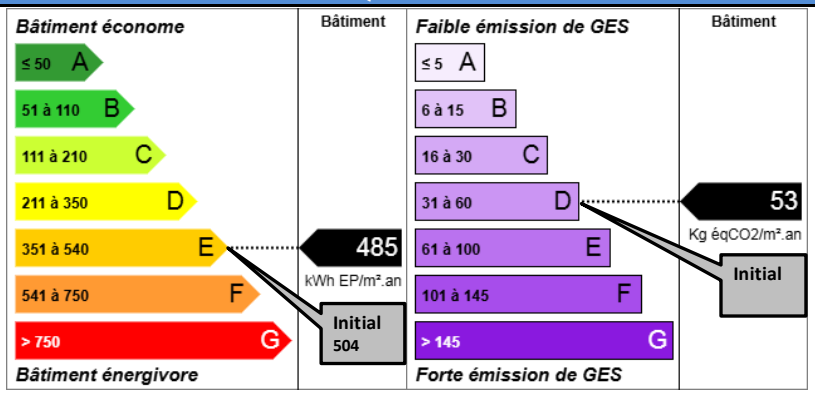
Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :	
Dépose des éléments de façade existants	80	€ HT/m²	84	m²
Création d'une ossature métallique avec isolation en double couche en laine de verre	200	€ HT/m²	57	m²
Remplacement des mensuiseries - DV 4/16/4 Alu - Fenêtres	650	€ HT/m²	28	m²
Protections solaires - Brise-soleils orientables - Façade SE et SO	250	€ HT/m²	10	m²
Bardage extérieur	290	€ HT/m²	57	m²
Investissement Brut pour les travaux :	**54 993**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	8 249	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**63 242**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	1 635	€	soit	251 484 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**61 608**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL

	État Initial		État Final		Économie		
	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	145 627	19 506 €	12 770	1 710 €	8%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 610	534 €	421	86 €	14%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 588	325 €	-59	-12 €	-4%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 022	209 €	51	10 €	5%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 156**	**37 530 €**	**224 972**	**35 736 €**	**13 183**	**1 795 €**	**6%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,91	484,77	19,14	4%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	52,96	4,06	7%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Investissement déduit des aides :	**61 608**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	1 795	€ HT / an
Économie d'énergie :	13 183	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**35**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	30	ans

7.4 Rénovation de la façade rideau

FICHE TRAVAUX - REMPLACEMENT DE FAÇADE RIDEAU AVEC ISOLATION INTÉRIEURE

DESCRIPTION





Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Dépose des éléments vitrés et opaques de façades rideau - **Murs en façade Rideau.**
- Mise en place d'une isolation thermique intérieure de type laine minérale, R = 4,1 m².K/W (soit une épaisseur de 140 mm avec λ = 0,034 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieu
- **Panneaux opaques de la façade rideau.**
- Mise en œuvre en remplacement d'un mur rideau en aluminium - 70% de surface transparente dont 23% d'ouvrant en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - **Surface vitrée et surface des ouvrants identiques à l'initial.**

Avantages :	**Inconvénients :**
Amélioration de l'étanchéité à l'air et traitement des ponts thermiques.	Coût élevé. Travaux en site occupé complexes.

INVESTISSEMENT

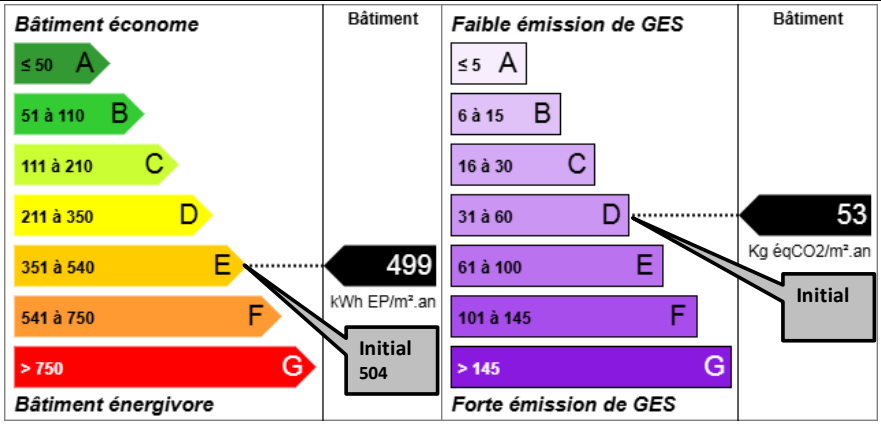
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**		
Dépose des éléments de façade existants	80	€ HT/m²	28	m²	
Isolation par l'intérieur des parties opaque de la façade rideau - Laine de verre	75	€ HT/m²	9	m²	
Remplacement de la façade rideau - Alu double vitrage	920	€ HT/m²	28	m²	
Investissement Brut pour les travaux :	**28 419**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	4 263	€ HT	soit	15%	
Investissement Net pour les travaux :	**32 682**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	736	€	soit	113 221	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**31 946**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL

	État Initial		État Final		Économie		
	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	154 928	20 751 €	3 469	465 €	2%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 999	613 €	32	7 €	1%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 529	313 €	0	0 €	0%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 058	216 €	15	3 €	1%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 156**	**37 530 €**	**234 639**	**37 056 €**	**3 516**	**474 €**	**1%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,91	498,94	4,97	1%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	55,92	1,10	2%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Investissement déduit des aides :	**31 946**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	474	€ HT / an
Économie d'énergie :	3 516	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**>50**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	30	ans

7.5 Remplacement des menuiseries

FICHE TRAVAUX - REMPLACEMENT DES MENUISERIES PAR DU DOUBLE VITRAGE

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :



- Dépose des menuiseries peu performantes identifiées et des protections solaires non conservées ;
- Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - **Menuiseries classiques et Pavés de verre.**
- Mise en œuvre en remplacement de portes vitrées isolées et pleines. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K.

Avantages :	**Inconvénients :**
Réduction de la sensation de "paroi froide". Amélioration du confort d'été par la réduction des apports solaires.	Coût élevé. Augmentation de l'étanchéité du bâtiment (adaptation de la ventilation).

INVESTISSEMENT - Bâtiment

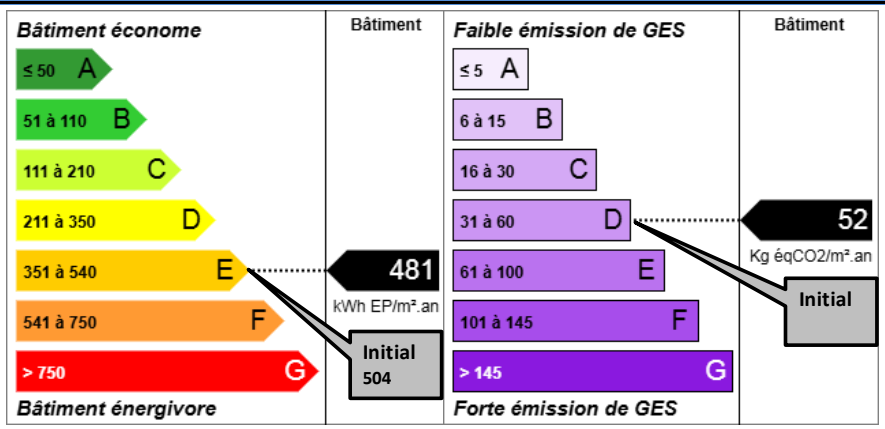
Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :		Localisation :
Remplacement des mensuiseries - DV 4/16/4 Alu - Fenêtres	650	€ HT/m²	44	m²	Fenêtres et portes vitrées classiques
Remplacement des mensuiseries - DV 4/16/4 Alu - Baies vitrées coulissar	650	€ HT/m²	15	m²	
Remplacement des mensuiseries - Porte vitrées isolée	1 000	€ HT/m²	25	m²	
Remplacement des mensuiseries - Porte Pleines isolée	1 000	€ HT/m²	6	m²	
Remplacement des mensuiseries - Pavé de verre	500	€ HT/m²	7	m²	
Investissement Brut pour les travaux :	**73 504**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	7 350	€ HT	soit	10%	
Investissement Net pour les travaux :	**80 854**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	1 381	€	soit	212 519	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**79 473**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Évolution**
Bâtiment	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	142 424	19 077 €	15 973	2 139 €	10%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 741	561 €	290	59 €	10%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 588	325 €	-59	-12 €	-4%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 006	206 €	67	14 €	6%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**221 884**	**35 330 €**	**16 271**	**2 200 €**	**7%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	480,74	23,18	5%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	51,97	5,05	9%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



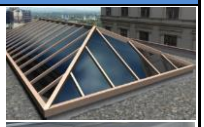
RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**79 473**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	2 200	€ HT / an
Économie d'énergie :	16 271	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**37**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	24	ans

7.6 Rénovation de la verrière

FICHE TRAVAUX - REMPLACEMENT DE LA VERRIERE PAR DU DOUBLE VITRAGE ET BAC ACIER ISOLANT

DESCRIPTION




Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Dépose de la verrière compris ossature métallique.
- Création d'une ossature métallique en profilés aluminium.
- Création d'une couverture en panneaux sandwich isolants en Polyuréthane avec R = 4,5 W/m².K (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,022 W/m.K).
- Mise en œuvre de châssis vitrés en partie inclinée et en partie verticale en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - **Réduction de la surface vitrée de 42% par rapport à l'état actuel.**

Avantages :	**Inconvénients :**
Réduction de la sensation de "paroi froide".	Coût élevé.
Amélioration du confort d'été par la réduction des apports solaires.	Travaux en site occupé complexes.
	Augmentation de l'étanchéité du bâtiment (adaptation de la

INVESTISSEMENT - Bâtiment

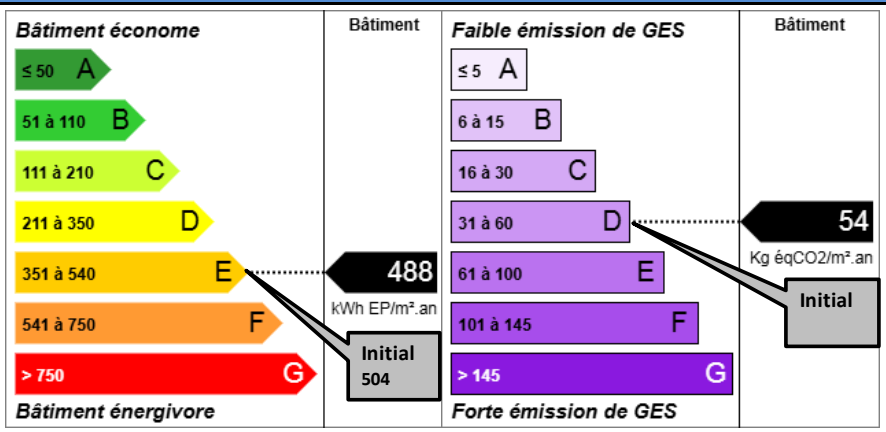
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**	
Dépose de la verrière existante compris ossature métallique	60	€ HT/m²	55	m²
Création d'une ossature métallique	900	€ HT/m²	59	m²
Création d'une couverture bac acier avec panneaux sandwich isolants	75	€ HT/m²	27	m²
Mise en œuvre de châssis vitrés en toiture inclinée et en partie verticale	685	€ HT/m²	32	m²
Investissement Brut pour les travaux :	**79 729**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	11 959	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**91 688**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	654	€	soit	100 583 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**91 034**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Évolution**
Bâtiment	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	148 800	19 931 €	9 597	1 285 €	6%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 725	557 €	306	63 €	10%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 264	259 €	265	54 €	17%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 036	212 €	37	8 €	3%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**227 950**	**36 121 €**	**10 205**	**1 410 €**	**4%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	488,46	15,46	3%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	53,94	3,08	5%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**91 034**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	1 410	€ HT / an
Économie d'énergie :	10 205	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**>50**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	24	ans

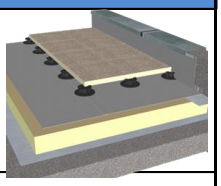
7.7 Isolation des toitures-terrasses

FICHE TRAVAUX - ISOLATION THERMIQUE DES TOITURES TERRASSES

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Dépose de l'isolation extérieure existante (le cas échéant).
- Mise en place d'une nouvelle isolation en toiture terrasse et réfection de l'étanchéité - R = 7,25 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,022 W/m.K), compris isolation des acrotères et réfection de l'étanchéité **- Toutes les toitures.**



Avantages :	**Inconvénients :**
Protection de la structure du bâtiment.	Coût élevé.
Travaux en site occupé aisés.	Livraison délicate selon la hauteur du bâtiment.
	Dépose et repose des sorties de toiture, équipements de ventilation...

INVESTISSEMENT - Bâtiment

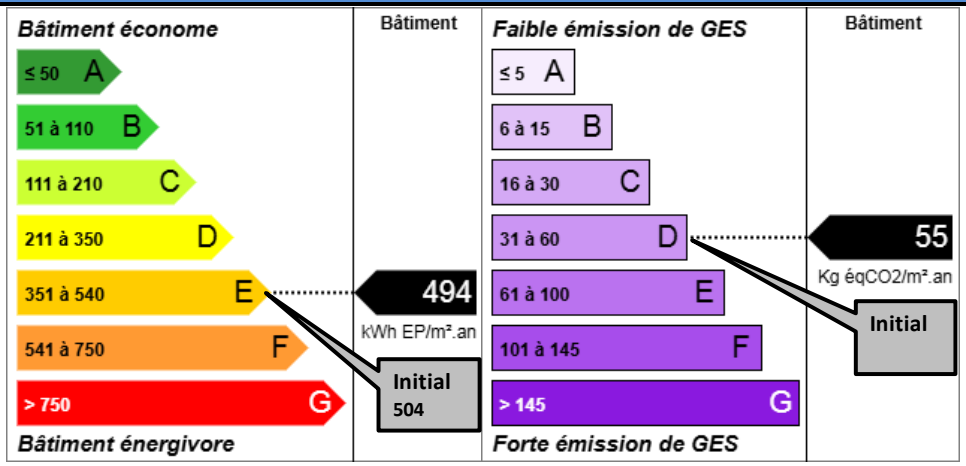
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**	
Réfection de l'étanchéité et pose d'une isolation performante	190	€ HT/m²	463	m²
Investissement Brut pour les travaux :	**88 019**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	8 802	€ HT	soit	10%
Investissement Net pour les travaux :	**96 821**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	5 059	€	soit	778 277 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**91 763**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET Bâtiment	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	151 724	20 322 €	6 673	894 €	4%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 918	597 €	113	23 €	4%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 588	325 €	-59	-12 €	-4%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 045	214 €	28	6 €	3%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**231 400**	**36 620 €**	**6 755**	**911 €**	**3%**

	Unité	**État Initial**	**État Final**	**Économie**	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	494,39	9,53	2%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	54,91	2,11	4%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**91 763**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	911	€ HT / an
Économie d'énergie :	6 755	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**>50**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	30	ans

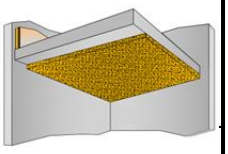
7.8 Isolation des planchers bas

FICHE TRAVAUX - ISOLATION THERMIQUE DES DES PLANCHERS BAS

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Dépose de l'isolation peu performante existante (le cas échéant).
- Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas par pose de panneaux isolants - R = 5,25 m2.K/W (soit une épaisseur de 195 mm avec λ = 0,036 W/m.K) - **Planchers sur extérieurs (passage**



Avantages :	**Inconvénients :**
Intervention rapide avec investissement limité. Travaux en site occupé aisés.	Diminution de la hauteur sous plafond des caves et LNC.

INVESTISSEMENT

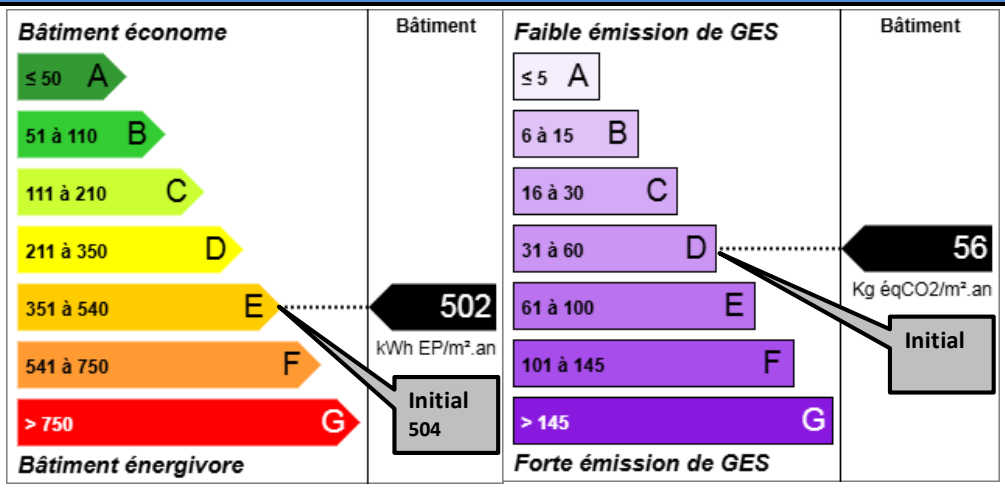
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**		
Mise en place de panneaux isolant en sous-face - Sur Extérieur	75	€ HT/m²	62	m²	
Investissement Brut pour les travaux :	**4 655**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	465	€ HT	soit	10%	
Investissement Net pour les travaux :	**5 120**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	1 259	€	soit	193 627	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**3 861**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL

	État Initial		État Final		Économie		
	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*		*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	156 669	20 985 €	1 728	231 €	1%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	3 031	620 €	0	0 €	0%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 529	313 €	0	0 €	0%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 066	218 €	7	1 €	1%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 156**	**37 530 €**	**236 420**	**37 298 €**	**1 735**	**233 €**	**1%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,91	501,5	2,41	0%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	56,47	0,55	1%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Investissement déduit des aides :	**3 861**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	233	€ HT / an
Économie d'énergie :	1 735	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**17**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	30	ans

7.9 Isolation des parois donnant sur les locaux non chauffés

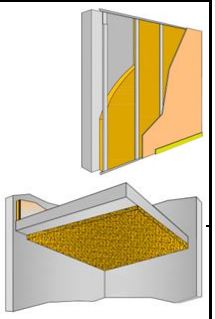
FICHE TRAVAUX - ISOLATION THERMIQUE DES LOCAUX NON CHAUFFÉS

DESCRIPTION

Préconisation sur l'enveloppe du bâtiment :

- Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur en laine minérale au niveau des murs donnant sur des locaux non chauffés avec un R = 3,0 m2.K/W (soit une épaisseur de 90 mm avec λ = 0,030 W/m.K) - **Murs donnant sur les ateliers et le magasin (Faisabilité à étudier).**

- Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas donnant sur des locaux non chauffés par pose de panneaux isolants - R = 3,0 m2.K/W (soit une épaisseur de 115 mm avec λ = 0,036 W/m.K) - **Magasin, local Batteries.**



Avantages :	**Inconvénients :**
Pas de diminution de la surface habitable.	Coût élevé.
Amélioration du confort thermique et sonore des locaux.	Travaux en site occupé complexes.

INVESTISSEMENT

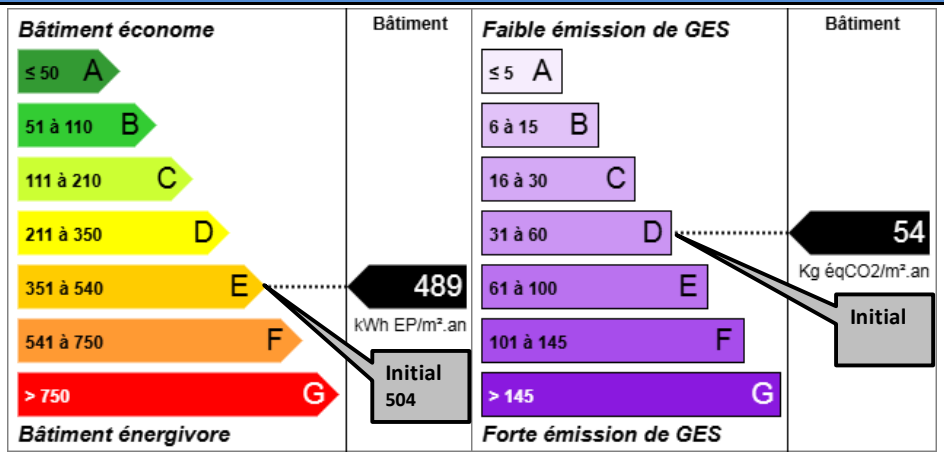
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**	
Isolation thermique des murs sur LNC - Ateliers, Magasin	75	€ HT/m²	122	m²
Mise en place de panneaux isolant en sous-face - Magasin, Batter	75	€ HT/m²	37	m²
Investissement Brut pour les travaux :	**11 875**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	1 781	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**13 656**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	1 244	€	soit	191 360 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**12 412**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL

	État Initial		**État Final**		**Économie**		
	Consommations finales	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	147 409	19 744 €	10 988	1 472 €	7%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	3 031	620 €	0	0 €	0%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 529	313 €	0	0 €	0%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 022	209 €	51	10 €	5%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 156**	**37 530 €**	**227 116**	**36 048 €**	**11 039**	**1 482 €**	**5%**

	Unité	**État Initial**	**État Final**	**Économie**	
CEP	*kWh/m².an*	503,91	488,53	15,38	3%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	53,56	3,46	6%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Investissement déduit des aides :	**12 412**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	1 482	€ HT / an
Économie d'énergie :	11 039	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**9**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	24	ans

7.10 ECS thermodynamique

FICHE TRAVAUX - REMPLACEMENT DE L'ECS PAR UN BALLON THERMODYNAMIQUE

DESCRIPTION

Préconisation sur les systèmes du bâtiment :

- Dépose du ballon électrique existant non conservé.
- Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique air ambiant/air extérieur avec un COP=3 en lieu et place d
l'existant - **Ballon des vestiaires redimensionné à 500 L.**
- Raccordement électrique.
- Mise en oeuvre de l'unité extérieure en façade du bâtiment.
- Adaptation des canalisations.



Avantages :	Inconvénients :
Performance thermique	Coût élevé.
Facilité d'installation	Travaux en site occupé complexes.
Pilotage et visualisation des consommation à distance	Nuisances sonores de l'unité extérieure.

INVESTISSEMENT

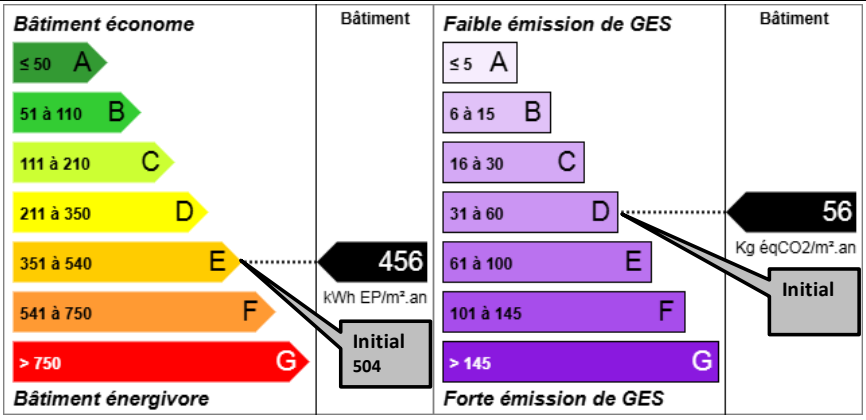
Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :	
Dépose du ballon électrique	1 500	€ HT/u	1	unités
Dépose des canalisations non conservées	12	€ HT/ml	5	ml
Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique	3 500	€ HT/u	1	unités
Raccordement électrique	1 500	€ HT/u	1	unités
Percements de planchers et de murs	200	€ HT/u	1	unités
Adaptation des canalisations	70	€ HT/ml	5	ml
Investissement Brut pour les travaux :	**7 110**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	1 067	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**8 177**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	0	€	soit	0 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**8 177**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL

	État Initial		État Final		Économie		
	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	158 397	21 216 €	0	0 €	0%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	3 031	620 €	0	0 €	0%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	8 815	1 803 €	13 508	2 763 €	61%
Climatisation	1 529	313 €	1 529	313 €	0	0 €	0%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 073	219 €	0	0 €	0%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 156**	**37 530 €**	**224 647**	**34 767 €**	**13 508**	**2 763 €**	**6%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,91	455,69	48,22	10%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	55,78	1,24	2%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL



RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Investissement déduit des aides :	**8 177**	**€ HT**	**soit**
Économie sur la facture d'énergie :	2 763	€ HT / an	soit
Économie d'énergie :	13 508	kWh / an	soit
Temps de retour sur investissement brut :	**3**	**ans**	
Durée de vie moyenne des équipements :	20	ans	

7.11 VMC Simple flux

FICHE TRAVAUX - VENTILATION COLLECTIVE SIMPLE FLUX

DESCRIPTION

Préconisation sur les systèmes du bâtiment :



- Dépose des bouches, grilles d'entrée d'air, des caissons et des canalisations non conservées.
- Mise en place d'une Ventilation Mécanique Simple Flux autoréglable. Caisson C4 très basse consommation.
- Modification de la régulation avec horloge de programmation.
- Création d'entrée d'air dans les menuiseries.
- Mise en oeuvre de sondes d'occupation de type CO2 associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux **- Bureaux, salles réunion, salles de repas.**
- Mise en oeuvre de sondes hygrométrique associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux **- Vestiaires.**
- Adaptation des conduits de ventilation existants et création de nouveaux conduits de ventilation.







Avantages :	**Inconvénients :**
Maîtrise du renouvellement d'air de chaque zone.	Coût élevé.
Baisse des consommation des auxiliaires de ventilation.	Travaux en site occupé complexes.
Mise en confromité du site.	Lourde réhabilitation, adaptation de gaines techniques.

INVESTISSEMENT - Bâtiment

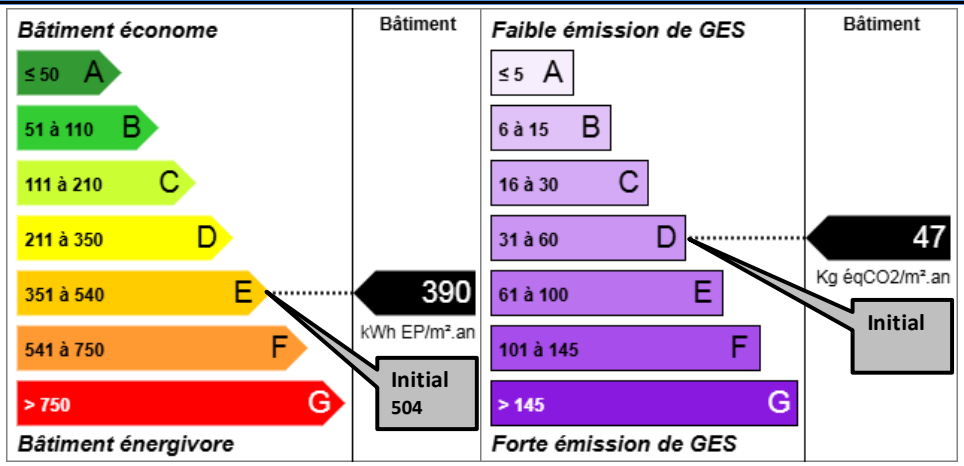
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**		
Dépose des gaines non conservées et des caissons existants	500	€ HT/ens	1	ens	
Caisson d'extraction C4 très basse consommation, compris dépose de l'existant, raccordement électrique, rejet accessoires	8 000	€ HT/ens	1	ens	
Accessoires caisson d'extraction	1 408	€ HT/ens	1	ens	
Raccordement électrique	1 500	€ HT/ens	1	ens	
Rejet d'air	500	€ HT/ens	1	ens	
Remplacement / création des entrées d'air dans les menuiseries	100	€ HT/u	47	unités	
Mise en œuvre de bouches d'extraction	150	€ HT/u	5	unités	
Gaines de distribution horizontales	6 000	€ HT/ens	1	ens	
Sonde d'occupation - Sonde CO2 murale / Régulation modulée selon l'occupation - Registres de modulation de débit - Bureaux, salles de réunion	700	€ HT/u	13	unités	
Sonde d'occupation - Sonde Hygrométrique murale / Régulation modulée selon l'humidité - Registres de modulation de débit - Vestiaires	800	€ HT/u	6	unités	
Percements de planchers et de murs	200	€ HT/u	6	ens	
Investissement Brut pour les travaux :	**38 458**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	5 769	€ HT	soit	15%	
Investissement Net pour les travaux :	**44 227**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	1 736	€	soit	267 106	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**42 491**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

SITE COMPLET Bâtiment	État Initial		État Final		Économie		
	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Consommations finales	Facture d'énergie	Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	131 613	17 628 €	26 784	3 587 €	17%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	2 682	549 €	349	71 €	12%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 559	319 €	-30	-6 €	-2%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	1 380	282 €	20 958	4 287 €	94%
Auxiliaire	1 073	219 €	960	196 €	113	23 €	11%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**189 981**	**29 568 €**	**48 174**	**7 963 €**	**20%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	390,48	113,44	23%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	46,7	10,32	18%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**42 491**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	7 963	€ HT / an
Économie d'énergie :	48 174	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**6**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	17	ans

7.12 Éclairage LED

FICHE TRAVAUX - ÉCLAIRAGE LED ET DÉTECTION DANS LES COMMUNS

DESCRIPTION

Préconisation sur les systèmes du bâtiment :

- Dépose des luminaires peu performants existants.
- Mise en œuvre de luminaires LED de puissance équivalente de type plafonnier, réglette, dalle, projecteurs ou spot selon les situations en lieu et place des éclairages existants.
- Mise en œuvre d'un système de gradation en fonction de la luminosité extérieure - **Bureaux, salles de réunion, salles de repas et pièce de vie.**
- Mise en œuvre de détection de présence dans les circulations - **Circulations, sanitaires.**



Avantages :	Inconvénients :
Durée de vie des équipements supérieure.	Coût élevé.
Économies d'énergie significatives.	Mise en œuvre en site occupé complexe.

INVESTISSEMENT - Bâtiment

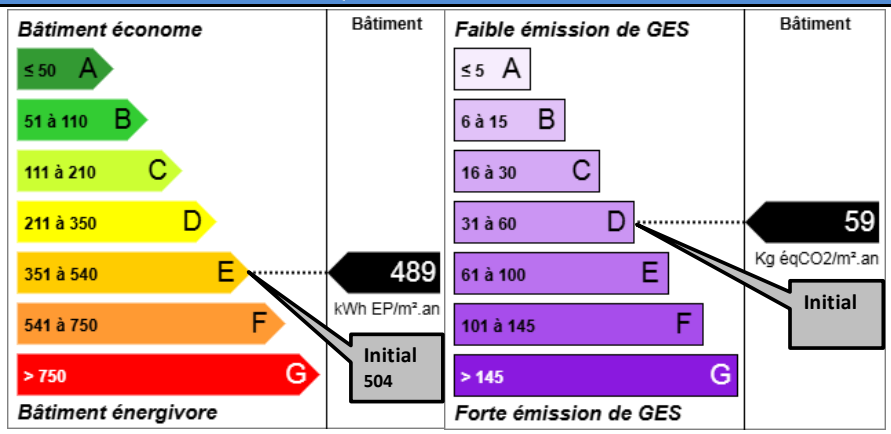
Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :	
Plafonnier LED	76	€ HT/u	2	unités
Spot LED	82	€ HT/u	64	unités
Dalle LED 60x60	115	€ HT/u	2	unités
Réglette LED 150 cm	126	€ HT/u	14	unités
Détection de présence	50	€ HT/u	18	unités
Contrôleur	60	€ HT/ens	3	ens
Investissement Brut pour les travaux :	**10 792**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	1 079	€ HT	soit	10%
Investissement Net pour les travaux :	**11 871**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	0	€	soit	0 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**11 871**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET Bâtiment	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	165 635	22 185 €	-7 238	-969 €	-5%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	3 112	637 €	-81	-17 €	-3%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 323	271 €	206	42 €	13%
Éclairage	11 058	2 262 €	4 207	861 €	6 851	1 401 €	62%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	1 080	221 €	-7	-1 €	-1%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**238 424**	**37 074 €**	**-269**	**456 €**	**0%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	489,05	14,87	3%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	58,63	-1,61	-3%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**11 871**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	456	€ HT / an
Économie d'énergie :	-269	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**27**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	33	ans

7.13 Optimisation du chauffage et de la climatisation

FICHE TRAVAUX - OPTIMISATION DU CHAUFFAGE ET DE LA CLIMATISATION

DESCRIPTION






Préconisation sur les systèmes du bâtiment :

- Mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation.
- Calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé **- Ateliers, Magasin.**
- Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage **- Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie.**
- Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable **- Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie.**
- Remplacement de la PAC Air/Air + CTA par une PAC Air/Air Monosplit, dimensionnée pour la seule salle des serveurs - **Salle des serveurs.**
- Extension du circuit de chauffage à eau chaude pour alimenter de nouveaux radiateurs - **Salle de transmission / Réunion.**

Avantages :	**Inconvénients :**
Amélioration du rendement global de l'installation de chauffage.	Coût élevé.
Régulation termminale possible.	Travaux en site occupé complexes.

INVESTISSEMENT - Bâtiment

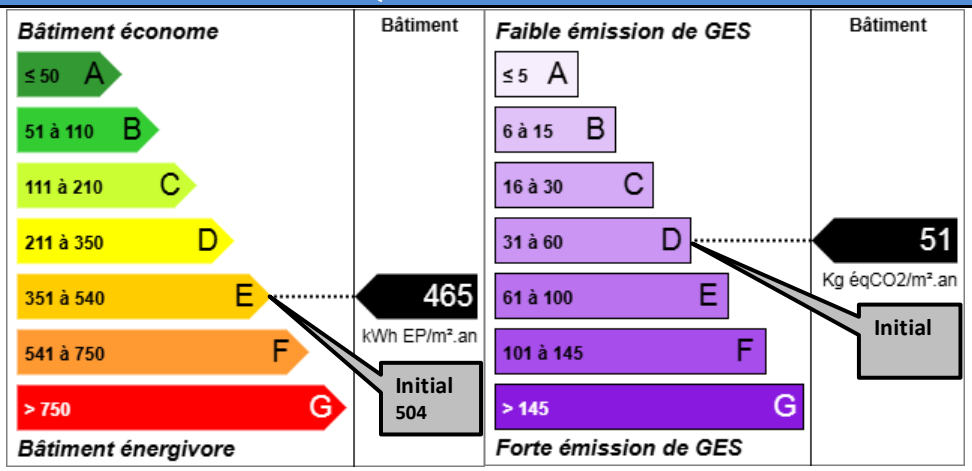
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**	
Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Circuits de chauffage	2 500	€ HT/u	3	unités
Mise en œuvre d'un compteur d'énergie - Circuits de chauffage	1 800	€ HT/u	3	unités
Mise en œuvre de robinets thermostatiques inviolables connectés	100	€ HT/u	53	unités
Mise en œuvre de calorifuge sur les canalisations en LNC - Ateliers, Magasin	50	€ HT/ml	104	ml
Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Air - Salle des serveurs	3 000	€ HT/ens	1	ens
Extension du réseau de radiateurs eau chaude - Salle de transmission / réunion	2 000	€ HT/u	3	unités
Investissement Brut pour les travaux :	**32 400**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	4 860	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**37 260**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	2 933	€	soit	451 211 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**34 327**	**€ HT**		

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Évolution**
Bâtiment	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	138 846	18 597 €	19 551	2 619 €	12%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	322	66 €	2 709	554 €	89%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 485	304 €	44	9 €	3%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	728	149 €	345	71 €	32%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**215 506**	**34 278 €**	**22 649**	**3 252 €**	**10%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	465,34	38,58	8%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	50,53	6,49	11%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**34 327**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	3 252	€ HT / an
Économie d'énergie :	22 649	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**11**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	20	ans

7.14 Chaufferie mixte PAC Air/Eau + Gaz et optimisations

FICHE TRAVAUX - RÉNOVATION DE LA CHAUFFERIE - MIXTE GAZ + PAC AIR/EAU

DESCRIPTION

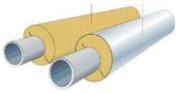


Préconisation sur les systèmes du bâtiment :

- Dépose de la chaudière fioul/gaz existante et des équipements non conservés.
- Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Eau Haute température en base - unité intérieure en chaufferie, l'unité extérieure en façade du bâtiment, pour une efficacité énergétique saisonnière >= 111%.
- Remplacement de la chaudière par une chaudière gaz condensation performante en appoint / secours.
- Compris reprise du carneau de fumée, de l'alimentation en gaz, l'évacuation des condensats, le vase d'expansion, les raccordements électriques et la régulation.



- Mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation.
- Calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin.



- Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage **- Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie.**
- Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage **- Chacun des 2 générateurs.**
- Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en



- Remplacement de la PAC Air/Air + CTA par une PAC Air/Air Monosplit pour la salle des serveurs seule **- Salle des serveurs.**
- Extension du circuit de chauffage à eau chaude pour alimenter de nouveaux radiateurs - **Salle de transmission / Réunion.**





Avantages :	**Inconvénients :**
Réduction des émissions de CO2.	Coût élevé.
Amélioration du rendement global de l'installation de chauffage.	Nuisance sonore (unité extérieure)

INVESTISSEMENT - Bâtiment

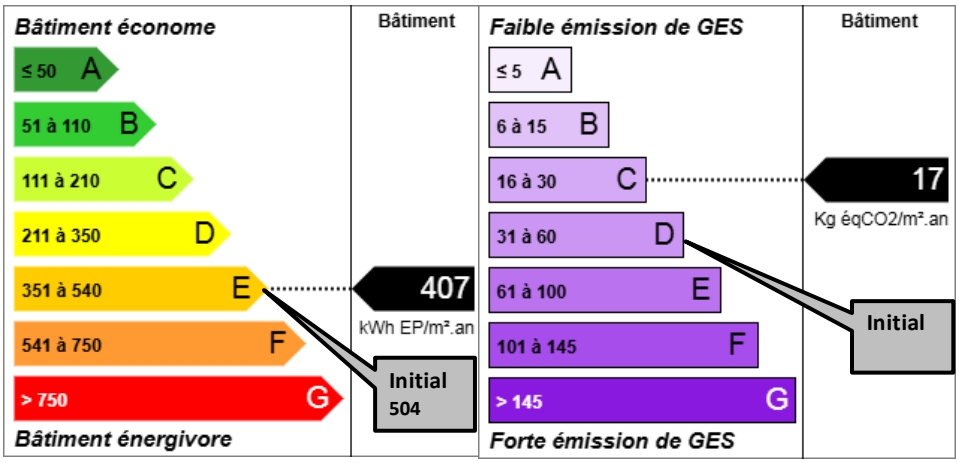
Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :		
Dépose des chaudières et équipements non conservés	1 500	€ HT/ens	1	ens	
Cache pompe à chaleur unité extérieure	1 500	€ HT/ens	1	ens	
Création d'une dalle béton pour l'implantation de l'installation	3 000	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Eau haute température - En base	42 045	€ HT/ens	1	ens	
Adaptation de l'installation électrique	15 000	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre de 1 chaudière gaz condensation performante - En appoint / secours	70 000	€ HT/ens	1	ens	
Adapatation tuyauterie, fumisterie, régulation, calorifugeage	15 000	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Circuits de chauffage	2 500	€ HT/u	3	unités	
Mise en œuvre d'un compteur d'énergie - Circuits de chauffage	1 800	€ HT/u	3	unités	
Mise en œuvre d'un compteur d'énergie - Par générateur	2 000	€ HT/u	2	unités	
Mise en œuvre de robinets thermostatiques inviolables connectés	100	€ HT/u	53	unités	
Mise en œuvre de calorifuge sur les canalisations en LNC - Ateliers, Magasin	50	€ HT/ml	104	ml	
Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Air - Salle des serveurs	3 000	€ HT/ens	1	ens	
Extension du réseau de radiateurs eau chaude - Salle de transmission / réunion	2 000	€ HT/u	3	unités	
Investissement Brut pour les travaux :	**184 445**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	27 667	€ HT	soit	15%	
Investissement Net pour les travaux :	**212 112**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	3 898	€	soit	599 717	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**208 214**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Consommations**	**Facture**	**Évolution**
Bâtiment	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	**finales**	**d'énergie**	
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	23 873	3 198 €	134 524	18 018 €	85%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	28 019	5 731 €	-24 988	-5 111 €	-824%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	22 323	4 566 €	0	0 €	0%
Climatisation	1 529	313 €	1 559	319 €	-30	-6 €	-2%
Éclairage	11 058	2 262 €	11 058	2 262 €	0	0 €	0%
Ventilation	22 338	4 569 €	22 338	4 569 €	0	0 €	0%
Auxiliaire	1 073	219 €	980	200 €	93	19 €	9%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**128 556**	**24 610 €**	**109 599**	**12 920 €**	**46%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	406,75	97,17	19%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	17,49	39,53	69%

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**208 214**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	12 920	€ HT / an
Économie d'énergie :	109 599	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**17**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	20	ans

8 SCÉNARIOS DE TRAVAUX

8.1 Présentation des programmes envisagés

Après avoir établi les améliorations possibles des performances énergétiques pour l'ensemble du bâtiment et de ses systèmes, nous avons simulé la réalisation de scénarios de travaux visant à cumuler ces améliorations afin de modéliser un bâtiment plus performant énergétiquement.

Nous avons modélisé chaque scénario de travaux afin de mettre en évidence :

- Le Cep projet correspondant ;
- Les étiquettes énergie et climat correspondantes ;
- Les économies d'énergie attendues ;
- L'investissement correspondant ;
- Les aides mobilisables correspondantes (détermination des kWhCUMAC éligibles au CEE) ;
- Le temps de retour sur investissement.

Les scénarios de travaux pour le bâtiment du périmètre d'étude sont les suivants :

	Tableau récapitulatif des préconisations par scénario			
	Préconisations	**Scénario 1 Rénovation ponctuelle et optimisations**	**Scénario 2 Rénovation complète enveloppe et optimisations**	**Scénario 3 Rénovation complète enveloppe et chaufferie**
PROPOSITIONS DE TRAVAUX	**ITE**		✓	✓
	Rénovation des murs panneaux sandwich		✓	✓
	Rénovation de façade rideau		✓	✓
	Menuiseries		✓	✓
	Rénovation verrière		✓	✓
	Isolation Toiture terrasse	✓	✓	✓
	Isolation Plancher bas Panneaux	✓	✓	✓
	Isolation des Locaux non chauffés	✓	✓	
	ECS Thermodynamique	✓	✓	✓
	VMC Simple flux	✓	✓	✓
	Éclairage LED	✓	✓	✓
	Optimisation chauffage + PAC Air/Air serveur	✓	✓	✓
	Réno Chaufferie - Mixte PAC Air/Eau + Gaz			✓

Le **scénario n°1** propose une **rénovation ponctuelle de l'enveloppe** avec une **optimisation des systèmes** de ventilation, de l'ECS et du chauffage. Ce scénario priorise les actions les plus urgentes, les plus simples à mettre en œuvre et avec un temps de retour intéressant. Il rassemble donc **des actions réalisables à court termes** et qui ne nécessitent pas une restructuration lourde du bâtiment. Ce

scénario permet de plus **d'atteindre le premier palier du décret tertiaire**, avec une réduction des consommations d'au moins 40% à l'horizon 2030.

Le **scénario n°2** propose d'ajouter au scénario précédent les **actions de rénovation lourdes de l'enveloppe**, et qui permettent de résoudre les problèmes d'inconfort rencontrés dans le bâtiment. Ce scénario nécessite une préparation et des études en amont plus approfondies (architecte, bureau d'étude structure), il parait donc plutôt envisageable à **moyen terme**. Il permet **d'atteindre le 3ème palier du décret tertiaire** avec une réduction d'au moins 60% des consommations à l'horizon 2050.

Le **scénario n°3** propose d'aller plus loin, en associant au scénario 2 la **rénovation de la chaufferie** afin de décarboner en partie la production de chaleur du bâtiment. **Cette action n'est pas urgente** car la chaudière en place est en bon état et est bien entretenue, elle peut donc attendre que la chaudière commence à montrer des signes de vieillissement. Ce scénario permet également **d'atteindre le 3ème palier du décret tertiaire**.

8.2 Scénario n°1 – Rénovation ponctuelle de l'enveloppe et optimisation des systèmes

FICHE TRAVAUX - SCÉNARIO DE TRAVAUX N°1 - RÉNOVATION PONCTUELLE DE L'ENVELOPPE ET OPTIMISATION DES SYSTÈMES

DESCRIPTION

Programme de travaux :

- Mise en place d'une nouvelle isolation en toiture terrasse et réfection de l'étanchéité - R = 7,25 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,022 W/m.K), compris isolation des acrotères et réfection de l'étanchéité - Toutes les toitures.

- Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas par pose de panneaux isolants - R = 5,25 m2.K/W (soit une épaisseur de 195 mm avec λ = 0,036 W/m.K) - Planchers sur extérieurs (passage voitures).

- Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur en laine minérale au niveau des murs donnant sur des locaux non chauffés avec un R = 3,0 m2.K/W - Murs donnant sur les ateliers et le magasin (Faisabilité à étudier). / - Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas donnant sur des locaux non chauffés par pose de panneaux isolants - R = 3,0 m2.K/W - Magasin, local Batteries.

- Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique air ambiant/air extérieur avec un COP=3 en lieu et place de l'existant - Ballon des vestiaires redimensionné à 500 L.

- Mise en place d'une Ventilation Mécanique Simple Flux autoréglable. Caisson C4 très basse consommation. / - Modification de la régulation avec horloge de programmation. / - Mise en oeuvre de sondes d'occupation de type CO2 associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Bureaux, salles réunion, salles de repas. / - Mise en oeuvre de sondes hygrométrique associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Vestiaires.

- Mise en œuvre de luminaires LED de puissance équivalente de type plafonnier, réglette, dalle, projecteurs ou spot selon les situations en lieu et place des éclairages existants. / - Mise en œuvre d'un système de gradation en fonction de la luminosité extérieure - Bureaux, salles de réunion, salles de repas et pièce de vie. / - Mise en œuvre de détection de présence dans les circulations - Circulations,

- Mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation. / - Calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin. / - Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Remplacement de la PAC Air/Air + CTA par une PAC Air/Air Monosplit, dimensionnée pour la seule salle des serveurs - Salle des serveurs. / - Extension du circuit de chauffage à eau chaude pour alimenter de nouveaux radiateurs - Salle de transmission / Réunion.



INVESTISSEMENT

Travaux à effectuer :	Prix :		Quantité :	
Réfection de l'étanchéité et pose d'une isolation performante	88 019	€ HT/ens	1	ens
Mise en place de panneaux isolant en sous-face - Sur Extérieur	4 655	€ HT/ens	1	ens
Isolation des murs et des planchers donnant sur les locaux non chauffés	11 875	€ HT/ens	1	ens
Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique	7 110	€ HT/ens	1	ens
Rénovation de la ventilation simple flux avec caisson basse consommation, horloge de programmation et régulation de débit en fonction de l'occupation des locaux	38 458	€ HT/ens	1	ens
Éclairage LED basse consommation avec gradation de la luminosité et détection de présence	10 792	€ HT/ens	1	ens
Robinets thermostatiques connectés, calorifugeage des canalisations, compteurs d'énergie, pompes doubles à débit variable, PAC Air/Air (serveur), extension du circuit de radiateur (salle de	32 400	€ HT/ens	1	ens
Investissement Brut pour les travaux :	**193 309**	**€ HT**		
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	28 996	€ HT	soit	15%
Investissement Net pour les travaux :	**222 305**	**€ HT**		
Certificat d'économies d'énergie :	12 230	€	soit	1 881 581 kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**210 075**	**€ HT**		

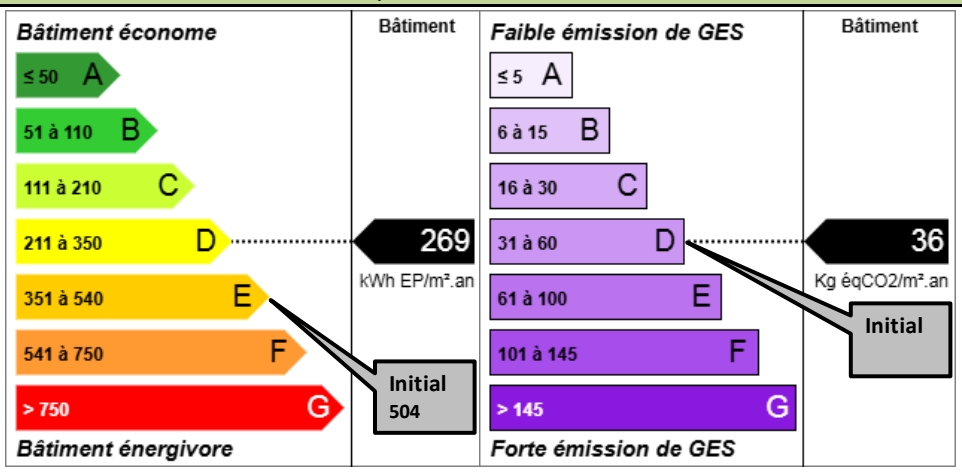
CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

SITE COMPLET Bâtiment	État Initial Consommations finales	État Initial Facture d'énergie	État Final Consommations finales	État Final Facture d'énergie	Économie Consommations finales	Économie Facture d'énergie	Économie Évolution
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	104 123	13 946 €	54 274	7 270 €	34%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	280	57 €	2 751	563 €	91%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	8 686	1 777 €	13 637	2 789 €	61%
Climatisation	1 529	313 €	1 513	309 €	16	3 €	1%
Éclairage	11 058	2 262 €	4 207	861 €	6 851	1 401 €	62%
Ventilation	22 338	4 569 €	1 380	282 €	20 958	4 287 €	94%
Auxiliaire	1 073	219 €	613	125 €	460	94 €	43%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**139 208**	**21 123 €**	**98 947**	**16 407 €**	**42%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie	
CEP	*kWh/m².an*	503,92	269,33	234,59	47%
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	35,87	21,15	37%
Ubat	*W/m².K*	1,024	0,873	0,151	15%
Déperditions	*kW*	76,4	67,0	9,4	12%

soit 14 voitures par an

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**210 075**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	16 407	€ HT / an
Économie d'énergie :	98 947	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**13**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	25	ans

DÉCRET TERTIAIRE - Bâtiment

Bâtiment 21	Année	Consommations finales - Tous usages	Réduction / Référence	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
Unité	-	*kWh ef/an*	**%**	**40%**	**50%**	**60%**
Référence	**2016**	245 616	-	-	-	-
Réel	**2025**	237 290	3%	**Insuffisant**	**Insuffisant**	**Insuffisant**
État Final	**>2025**	139 208	**43%**	**Validé**	**Insuffisant**	**Insuffisant**

8.3 Scénario n°2 – Rénovation complète de l'enveloppe et optimisation des systèmes

FICHE TRAVAUX - SCÉNARIO DE TRAVAUX N°2 - RÉNOVATION COMPLÈTE DE L'ENVELOPPE ET OPTIMISATION DES SYSTÈMES
DESCRIPTION
Programme de travaux : - Mise en place d'une nouvelle isolation en toiture terrasse et réfection de l'étanchéité - R = 7,25 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,022 W/m.K), compris isolation des acrotères et réfection de l'étanchéité - Toutes les toitures. - Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas par pose de panneaux isolants - R = 5,25 m2.K/W (soit une épaisseur de 195 mm avec λ = 0,036 W/m.K) - Planchers sur extérieurs (passage voitures). - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur en laine minérale au niveau des murs donnant sur des locaux non chauffés avec un R = 3,0 m2.K/W - Murs donnant sur les ateliers et le magasin (Faisabilité à étudier). / - Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas donnant sur des locaux non chauffés par pose de panneaux isolants - R = 3,0 m2.K/W - Magasin, local Batteries. - Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique air ambiant/air extérieur avec un COP=3 en lieu et place de l'existant - Ballon des vestiaires redimensionné à 500 L. - Mise en place d'une Ventilation Mécanique Simple Flux autoréglable. Caisson C4 très basse consommation. / - Modification de la régulation avec horloge de programmation. / - Mise en oeuvre de sondes d'occupation de type CO2 associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Bureaux, salles réunion, salles de repas. / - Mise en oeuvre de sondes hygrométrique associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Vestiaires. - Mise en œuvre de luminaires LED de puissance équivalente de type plafonnier, réglette, dalle, projecteurs ou spot selon les situations en lieu et place des éclairages existants. / - Mise en œuvre d'un système de gradation en fonction de la luminosité extérieure - Bureaux, salles de réunion, salles de repas et pièce de vie. / - Mise en œuvre de détection de présence dans les circulations - Circulations, - Mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation. / - Calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin. / - Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Remplacement de la PAC Air/Air + CTA par une PAC Air/Air Monosplit, dimensionnée pour la seule salle des serveurs - Salle des serveurs. / - Extension du circuit de chauffage à eau chaude pour alimenter de nouveaux radiateurs - Salle de transmission / Réunion. - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,038 W/m.K), compris enduit - Murs initialement en ITI / - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,038 W/m.K) - compris Bardage métallique - Murs initialement en ITE / - Traitement des pieds de murs avec panneaux isolants enterrés et nappe drainante, R = 3,45 m².K/W (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,032 W/m.K) - Tous les murs Rénovation complète des murs en panneaux sandwich (salle de transmission) / - Mise en place d'une isolation thermique en double couche intérieure et extérieur de type laine minérale, R = 5,35 m².K/W (soit une épaisseur de 100 + 80 mm avec λ = 0,032 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur, compris bardage immitant l'aspect métallique existant. / - Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Réduction de la surface vitrée de 32% par rapport à l'état actuel. / - Mise en oeuvre de brise-soleils orientables sur les menuiseries - Façade SE et SO Rénovation de la façade rideau (NO) / - Mise en place d'une isolation thermique intérieure de type laine minérale, R = 4,1 m².K/W (soit une épaisseur de 140 mm avec λ = 0,034 W/m.K), compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur - Panneaux opaques de la façade rideau. / - Mise en œuvre en remplacement d'un mur rideau en aluminium - 70% de surface transparente dont 23% d'ouvrant en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Surface vitrée et surface des ouvrants identiques à l'initial. - Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Menuiseries classiques et Pavés de verre. / - Mise en œuvre en remplacement de portes vitrées isolées et pleines. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K. Rénovation de la verrière (hall d'accueil) / - Création d'une couverture en panneaux sandwich isolants en Polyuréthane avec R = 4,5 W/m².K (soit une épaisseur de 100 mm avec λ = 0,022 W/m.K). / - Mise en œuvre de châssis vitrés en partie inclinée et en partie verticale en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Réduction de la surface vitrée de 42% par rapport à l'état actuel.

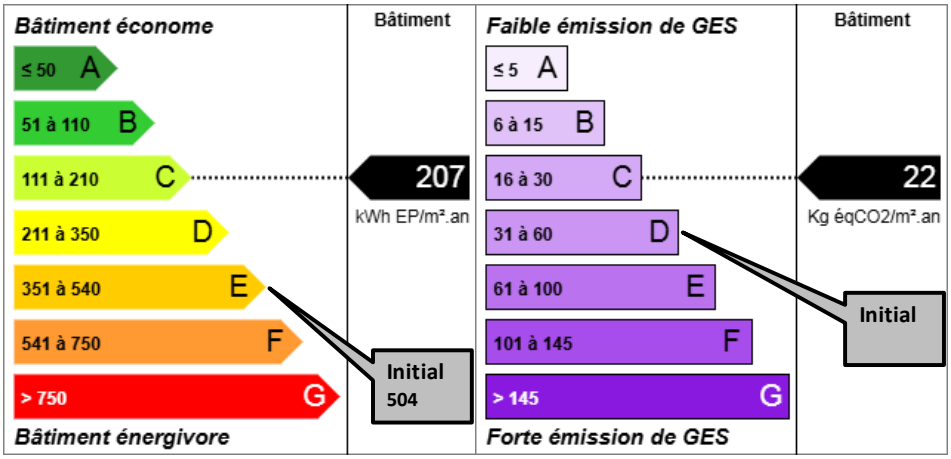

INVESTISSEMENT					
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**		
Réfection de l'étanchéité et pose d'une isolation performante	88 019	€ HT/ens	1	ens	
Mise en place de panneaux isolant en sous-face - Sur Extérieur	4 655	€ HT/ens	1	ens	
Isolation des murs et des planchers donnant sur les locaux non chauffés	11 875	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique	7 110	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la ventilation simple flux avec caisson basse consommation, horloge de programmation et régulation de débit en fonction de l'occupation des locaux	38 458	€ HT/ens	1	ens	
Éclairage LED basse consommation avec gradation de la luminosité et détection de présence	10 792	€ HT/ens	1	ens	
Robinets thermostatiques connectés, calorifugeage des canalisations, compteurs d'énergie, pompes doubles à débit variable, PAC Air/Air (serveur), extension du circuit de radiateur (salle de	32 400	€ HT/ens	1	ens	
Isolation thermique des murs par l'extérieur - Murs en ITI et en ITE / Traitement des pieds de murs	83 557	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation des murs en panneaux sandwich (salle de transmission) avec isolation des murs, remplacement des menuiseries en Alu double vitrage performant, et brise soleil orientables	54 993	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la façade rideau (NO) avec isolation par l'intérieur, remplacement des vitrages en Alu double vitrage performant	28 419	€ HT/ens	1	ens	
Remplacement des menuiseries en Alu double vitrage performants - Menuiseries classiques	73 504	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la verrière (hall d'accueil) avec bac acier en panneaux sandwich isolant et double vitrage Alu performant	79 729	€ HT/ens	1	ens	
Investissement Brut pour les travaux :	**513 510**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	77 027	€ HT	soit	15%	
Investissement Net pour les travaux :	**590 537**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	22 836	€	soit	3 513 159	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**567 701**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET Bâtiment	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	58 668	7 858 €	99 729	13 358 €	63%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	150	31 €	2 881	589 €	95%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	8 686	1 777 €	13 637	2 789 €	61%
Climatisation	1 529	313 €	1 849	378 €	-320	-65 €	-21%
Éclairage	11 058	2 262 €	4 207	861 €	6 851	1 401 €	62%
Ventilation	22 338	4 569 €	1 380	282 €	20 958	4 287 €	94%
Auxiliaire	1 073	219 €	467	96 €	606	124 €	56%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**93 813**	**15 047 €**	**144 342**	**22 483 €**	**61%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie				
CEP	*kWh/m².an*	503,92	206,65	297,27	59%			
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	21,60	35,42	62%	soit	9	voitures par an
Ubat	*W/m².K*	1,024	0,444	0,580	57%			
Déperditions	*kW*	76,4	45,67	30,7	40%			

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**567 701**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	22 483	€ HT / an
Économie d'énergie :	144 342	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**26**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	26	ans

DÉCRET TERTIAIRE - Bâtiment

Bâtiment B1	Année	Consommations finales - Tous usages	Réduction / Référence	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
Unité	-	*kWh ef/an*	**%**	**40%**	**50%**	**60%**
Référence	**2016**	245 616	-	-	-	-
Réel	**2025**	237 290	3%	**Insuffisant**	**Insuffisant**	**Insuffisant**
État Final	**>2025**	93 813	**62%**	**Validé**	**Validé**	**Validé**

8.4 Scénario n°3 – Rénovation complète de l'enveloppe et de la chaufferie

FICHE TRAVAUX - SCÉNARIO DE TRAVAUX N°3 - RÉNOVATION COMPLÈTE DE L'ENVELOPPE ET DE LA CHAUFFERIE
DESCRIPTION
Programme de travaux : - Mise en place d'une nouvelle isolation en toiture terrasse et réfection de l'étanchéité - R = 7,25 m².K/W (soit une épaisseur de 160 mm avec λ = 0,022 W/m.K), compris isolation des acrotères et réfection de l'étanchéité - Toutes les toitures. - Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas par pose de panneaux isolants - R = 5,25 m2.K/W (soit une épaisseur de 195 mm avec λ = 0,036 W/m.K) - Planchers sur extérieurs (passage voitures). - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur en laine minérale au niveau des murs donnant sur des locaux non chauffés avec un R = 3,0 m2.K/W - Murs donnant sur les ateliers et le magasin (Faisabilité à étudier). / - Mise en oeuvre d'une isolation en sous-face des planchers bas donnant sur des locaux non chauffés par pose de panneaux isolants - R = 3,0 m2.K/W - Magasin, local Batteries. - Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique air ambiant/air extérieur avec un COP=3 en lieu et place de l'existant - Ballon des vestiaires redimensionné à 500 L. - Mise en place d'une Ventilation Mécanique Simple Flux autoréglable. Caisson C4 très basse consommation. / - Modification de la régulation avec horloge de programmation. / - Mise en oeuvre de sondes d'occupation de type CO2 associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Bureaux, salles réunion, salles de repas. / - Mise en oeuvre de sondes hygrométrique associées à une régulation de débit, pour adapter les débits extraits à l'occupation réelle des locaux - Vestiaires. - Mise en œuvre de luminaires LED de puissance équivalente de type plafonnier, réglette, dalle, projecteurs ou spot selon les situations en lieu et place des éclairages existants. / - Mise en œuvre d'un système de gradation en fonction de la luminosité extérieure - Bureaux, salles de réunion, salles de repas et pièce de vie. / - Mise en œuvre de détection de présence dans les circulations - Circulations, - Mise en œuvre de robinets thermostatiques connectés. Variation temporelle = 0,2 °C. Adaptation de la régulation pour chaque zone d'occupation. / - Calorifugeage des canalisations circulant en local non chauffé - Ateliers, Magasin. / - Mise en œuvre d'un compteur d'énergie pour le chauffage - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Mise en œuvre d'une pompe double de distribution à débit variable - Chacun des 3 circuits de chauffage en chaufferie. / - Remplacement de la PAC Air/Air + CTA par une PAC Air/Air Monosplit, dimensionnée pour la seule salle des serveurs - Salle des serveurs. / - Extension du circuit de chauffage à eau chaude pour alimenter de nouveaux radiateurs - Salle de transmission / Réunion. - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W, compris enduit - Murs initialement en ITI / - Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur de type laine minérale, R = 4,2 m².K/W - compris Bardage métallique - Murs initialement en ITE / - Traitement des pieds de murs avec panneaux isolants enterrés et nappe drainante, R = 3,45 m².K/W - Tous les murs Rénovation complète des murs en panneaux sandwich (salle de transmission) / - Mise en place d'une isolation thermique en double couche intérieure et extérieur de type laine minérale, R = 5,35 m².K/W, compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur. / - Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Réduction de la surface vitrée de 32% par rapport à l'état actuel. / - Mise en oeuvre de brise-soleils orientables sur les menuiseries - Façade SE et SO Rénovation de la façade rideau (NO) / - Mise en place d'une isolation thermique intérieure de type laine minérale, R = 4,1 m².K/W, compris membrane d'étanchéité à l'air et revêtement intérieur - Panneaux opaques de la façade rideau. / - Mise en œuvre en remplacement d'un mur rideau en aluminium - 70% de surface transparente dont 23% d'ouvrant en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Surface vitrée et surface des ouvrants identiques à l'initial. - Mise en œuvre en remplacement des fenêtres à la française, à battant, des baies fixes en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,3 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Menuiseries classiques et Pavés de verre. / - Mise en œuvre en remplacement de portes vitrées isolées et pleines. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K. Rénovation de la verrière (hall d'accueil) / - Création d'une couverture en panneaux sandwich isolants en Polyuréthane avec R = 4,5 W/m².K. / - Mise en œuvre de châssis vitrés en partie inclinée et en partie verticale en Alu double vitrage 4/16/4 avec lame d'air argon faible émissivité. Coefficient de transmission thermique Uw d'au plus 1,5 W/m².K, Coefficient de transmission lumineuse Sw d'au plus 0,30 - Réduction de la surface vitrée de 42%. - Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Eau Haute température en base - unité intérieure en chaufferie, l'unité extérieure en façade du bâtiment, pour une efficacité énergétique saisonnière >= 111%. / - Remplacement de la chaudière par une chaudière gaz condensation performante en appoint / secours.

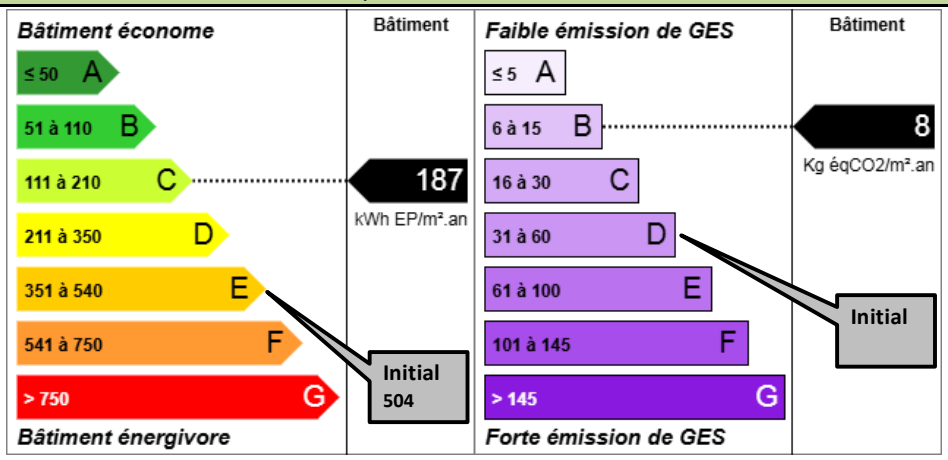

INVESTISSEMENT					
Travaux à effectuer :	**Prix :**		**Quantité :**		
Réfection de l'étanchéité et pose d'une isolation performante	88 019	€ HT/ens	1	ens	
Mise en place de panneaux isolant en sous-face - Sur Extérieur	4 655	€ HT/ens	1	ens	
Isolation des murs et des planchers donnant sur les locaux non chauffés	11 875	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre d'un ballon thermodynamique	7 110	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la ventilation simple flux avec caisson basse consommation, horloge de programmation et régulation de débit en fonction de l'occupation des locaux	38 458	€ HT/ens	1	ens	
Éclairage LED basse consommation avec gradation de la luminosité et détection de présence	10 792	€ HT/ens	1	ens	
Robinets thermostatiques connectés, calorifugeage des canalisations, compteurs d'énergie, pompes doubles à débit variable, PAC Air/Air (serveur), extension du circuit de radiateur (salle de	32 400	€ HT/ens	1	ens	
Isolation thermique des murs par l'extérieur - Murs en ITI et en ITE / Traitement des pieds de murs	83 557	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation des murs en panneaux sandwich (salle de transmission) avec isolation des murs, remplacement des menuiseries en Alu double vitrage performant, et brise soleil orientables	54 993	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la façade rideau (NO) avec isolation par l'intérieur, remplacement des vitrages en Alu double vitrage performant	28 419	€ HT/ens	1	ens	
Remplacement des menuiseries en Alu double vitrage performants - Menuiseries classiques	73 504	€ HT/ens	1	ens	
Rénovation de la verrière (hall d'accueil) avec bac acier en panneaux sandwich isolant et double vitrage Alu performant	79 729	€ HT/ens	1	ens	
Mise en œuvre d'une pompe à chaleur Air/Eau haute température - En base / Mise en œuvre de 1 chaudière gaz condensation performante - En appoint / secours	152 045	€ HT/ens	1	ens	
Investissement Brut pour les travaux :	**665 555**	**€ HT**			
Travaux d'accompagnement (MOE, CONTRÔLE TECH) :	99 833	€ HT	soit	15%	
Investissement Net pour les travaux :	**765 388**	**€ HT**			
Certificat d'économies d'énergie :	23 801	€	soit	3 661 664	kWh cumac
Investissement déduit des aides :	**741 588**	**€ HT**			

CALCUL RÉGLEMENTAIRE ANNUEL - Bâtiment

	État Initial		État Final		Économie		
SITE COMPLET Bâtiment	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Consommations finales**	**Facture d'énergie**	**Évolution**
	kWh ef/an	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*kWh ef/an*	*€TTC/an*	*%*
Chauffage-Gaz	158 397	21 216 €	10 965	1 469 €	147 432	19 747 €	93%
Chauffage-Elec	3 031	620 €	12 893	2 637 €	-9 862	-2 017 €	-325%
ECS-Elec	22 323	4 566 €	8 686	1 777 €	13 637	2 789 €	61%
Climatisation	1 529	313 €	1 961	401 €	-432	-88 €	-28%
Éclairage	11 058	2 262 €	4 207	861 €	6 851	1 401 €	62%
Ventilation	22 338	4 569 €	1 380	282 €	20 958	4 287 €	94%
Auxiliaire	1 073	219 €	600	123 €	473	97 €	44%
Autres usages	18 406	3 765 €	18 406	3 765 €	0	0 €	0%
Total	**238 155**	**37 530 €**	**59 098**	**11 314 €**	**179 057**	**26 216 €**	**75%**

	Unité	État Initial	État Final	Économie				
CEP	*kWh/m².an*	503,92	187,00	316,92	63%			
Émissions de GES	*kgCO2/m².an*	57,02	8,03	48,99	86%	soit	4	voitures par an
Ubat	*W/m².K*	1,024	0,444	0,580	57%			
Déperditions	*kW*	76,4	45,67	30,7	40%			

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL - Bâtiment



RETOUR SUR INVESTISSEMENT - Bâtiment

Investissement déduit des aides :	**741 588**	**€ HT**
Économie sur la facture d'énergie :	26 216	€ HT / an
Économie d'énergie :	179 057	kWh / an
Temps de retour sur investissement brut :	**29**	**ans**
Durée de vie moyenne des équipements :	25	ans

DÉCRET TERTIAIRE - Bâtiment

Bâtiment B1	Année	Consommations finales - Tous usages	Réduction / Référence	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
Unité	**-**	*kWh ef/an*	**%**	**40%**	**50%**	**60%**
Référence	**2016**	245 616	-	-	-	-
Réel	**2025**	237 290	3%	**Insuffisant**	**Insuffisant**	**Insuffisant**
État Final	**>2025**	59 098	**76%**	**Validé**	**Validé**	**Validé**

9 CONCLUSION

L'analyse de l'état existant du bâtiment a mis en évidence l'ensemble des points suivants :

- Enveloppe thermique moyennement performante : isolation des murs par l'intérieur et par l'extérieur, toitures-terrasses et bac acier isolés, planchers bas isolés, mais faibles niveaux d'isolation et ponts thermiques importants ;
- Menuiseries en Alu double vitrage 4/6 à 10/4 avec une mauvaise étanchéité ;
- Chauffage assuré par une chaufferie gaz centralisée au site avec chaudière gaz condensation performante, mais des optimisations existent ;
- Sensations d'inconfort des occupants, en été comme en hiver ;
- Production d'ECS décentralisée par des préparateurs électriques ;
- VMC simple flux d'origine dans l'ensemble du bâtiment.
- Éclairage des locaux mixte entre LED basse consommation et fluorescent peu performant, à commande manuelle dans l'ensemble des locaux.

Treize actions d'amélioration, réparties dans trois scénarios de travaux ont été proposées pour résoudre les problèmes identifiés et réduire les consommations d'énergie ainsi que les émissions de CO_2.

L'analyse du tableau de résultats ci-après permet de conclure pour le bâtiment sur l'intérêt des différentes propositions d'amélioration en fonction de l'ensemble des paramètres suivants :

- L'investissement brut global et par logement ;
- Le montant des aides financières (CEE) ;
- Les étiquettes énergies et environnement attendues ;
- Les économies d'énergie et les économies sur la facture attendues ;
- Le temps de retour sur investissement.

Synthèse des préconisations et des différents scénarios - DIRCO - Feytiat CEI - Bâtiment Exploitation											
	Préconisations	Investissement	Aides financières	Étiquette énergie		Étiquette environnement		Économie d'énergie	Économie sur la facture	Retour sur investissement	Décret tertiaire
	Unités	*€HT*	*€*	*kWhep / m².an*	*-*	*kgCO2 / m².an*	*-*	*kWhef / an*	*€HT / an*	*ans*	*-*
	Etat intial	-	-	504	E	57,0	D	238 156	37 530 €	-	-
PROPOSITIONS DE TRAVAUX	ITE	91 912 €	6 200 €	491	E	54,1	D	9 247	1 248 €	>50	-
	Rénovation des murs panneaux sandwich	63 242 €	1 635 €	485	E	53,0	D	13 183	1 795 €	35	-
	Rénovation de façade rideau	32 682 €	736 €	499	E	55,9	D	3 516	474 €	>50	-
	Menuiseries	80 854 €	1 381 €	481	E	52,0	D	16 271	2 200 €	37	-
	Rénovation verrière	91 688 €	654 €	488	E	52,0	D	10 205	1 410 €	>50	-
	Isolation Toiture terrasse	96 821 €	5 059 €	494	E	54,9	D	6 755	911 €	>50	-
	Isolation Plancher bas Panneaux	5 120 €	1 259 €	502	E	56,5	D	1 735	233 €	17	-
	Isolation des Locaux non chauffés	13 656 €	1 244 €	489	E	53,6	D	11 039	1 482 €	9	-
	ECS Thermodynamique	8 177 €	0 €	456	E	55,8	D	13 508	2 763 €	3	-
	VMC Simple flux	44 227 €	1 736 €	390	E	46,7	D	48 174	7 963 €	6	-
	Eclairage LED	11 871 €	0 €	489	E	58,6	D	-269	456 €	27	-
	Optimisation chauffage + PAC Air/Air serveur	37 260 €	2 933 €	465	E	50,5	D	22 649	3 252 €	11	-
	Réno Chaufferie - Mixte PAC Air/Eau + Gaz + Optimisation chauffage + PAC Air/Air serveur	212 112 €	3 898 €	407	E	17,5	C	109 599	12 920 €	17	-
PROGRAMMES DE TRAVAUX	Scénario de travaux n°1 Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage	222 305 €	12 230 €	269	D	35,9	D	98 947	16 407 €	13	Objectif 2030 - Validé
	Scénario de travaux n°2 Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage + ITE + Rénovation murs panneaux sndwich + Rénovation façade rideau + Menuiseries + Verrière	590 537 €	22 836 €	207	C	21,6	C	144 342	22 483 €	26	Objectif 2050 - Validé
	Scénario de travaux n°3 Toitures + Planchers bas + LNC + ECS Thermodynamique + VMC SF + LED + Optimisation chauffage + ITE + Rénovation murs panneaux sndwich + Rénovation façade rideau + Menuiseries + Verrière + Chaufferie Mixte PAC Air/Eau + Gaz	765 388 €	23 801 €	187	C	8,0	B	179 057	26 216 €	29	Objectif 2050 - Validé

10 SUITES À DONNER À L'AUDIT ÉNERGÉTIQUE

10.1 Installation photovoltaïque (synthèse)

Hypothèses :

- Productible PV à Limoges : 1 050 à 1 150 kWh/kWc/an ;
- Consommation bâtiment : 140 000 kWh/an ;

Dimensionnement :

- Installation proposée de 30 kWc ;
- Soit une surface de panneaux de 250 m² (pour une surface de toiture de 400 m²) ;
- Coût estimé (hors modification éventuelle de structure et toiture) : 36 000 € ;

Résultats :

- Une production annuelle de 35 000 kWh/an ;
- Autoconsommation de la production jusqu'à 28 000 kWh/an, soit un taux d'autoconsommation annuel de 20% ;
- Économie cumulée estimée sur 20 ans, avec une inflation de l'électricité de 5% /an : 150 000€.

10.2 Management de l'énergie

Le présent audit énergétique a conclu quant à la pertinence de réaliser un certain nombre d'actions sur l'enveloppe et les systèmes du bâtiment, afin d'en améliorer les performances énergétiques.

Une mesure d'accompagnement complémentaire aux travaux préconisés concerne la mise en œuvre **d'un système de management de l'énergie** au sein du bâtiment.

Le management de l'énergie consiste en la définition **d'un cadre d'exigences, d'outil de mesures, et d'indicateur de suivi de l'énergie** visant à :

- Élaborer une politique pour une utilisation plus efficace de l'énergie ;
- Fixer des cibles et des objectifs pour mettre en œuvre cette politique ;
- S'appuyer sur des données pour mieux comprendre les problèmes liés à la consommation d'énergie et prendre des décisions pour y remédier ;
- Mesurer les résultats ;
- Examiner l'efficacité de la politique ;
- Améliorer en continu le management de l'énergie.

La présente étude a par exemple permis de définir que **les consommations actuelles du bâtiment sont mal connues** (compteurs de gaz et d'électricité communs à plusieurs bâtiments sans sous-comptage) ou bien au niveau global uniquement (pas de sous-comptage pour les différents usages de l'énergie).

Une première étape serait donc **d'instrumenter le bâtiment**, pour mesurer les consommations d'énergie des différents usages (chauffage, ECS, ventilation, éclairage), et de quantifier les consommations propres à des zones spécifiques du bâtiment (par bâtiment, par étage, par zone, …). **Un reporting digital** associé à ces instruments de mesures permettrait d'établir de manière automatisée les profils de consommation du bâtiment sur une période donnée, une semaine, un mois, une année.

Le **suivi de ces données avant, pendant et après les travaux** permettrait de préciser les connaissances sur les consommations initiales du bâtiment, et de **s'assurer de l'atteinte des performances annoncées** après la réalisation des travaux de rénovations.

Au-delà des programmes de travaux envisagés, ces outils sont également utiles lors de la mise en place de **programmes de sensibilisation des occupants aux économies d'énergies** dans le bâtiment. Ils font également partie intégrante des actions qui permettent de respecter le **décret BACS** pour « Building

Automation and Control System » ou « systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments », auquel le site est a priori soumis.

11 ANNEXES

11.1 Annexe 1 : Catalogues Projet

11.2 Annexe 2 : Résultats Bâtiment Initial

11.3 Annexe 3 : Résultats Préconisations

11.4 Annexe 4 : Résultats Scénario 1

11.5 Annexe 5 : Résultats Scénario 2

11.6 Annexe 6 : Résultats Scénario 3

11.7 Annexe 7 : Fiches d'opérations standardisée – CEE