

CPAM Lille Douai

125 rue Saint-Sulpice, DOUAI



Audit énergétique



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

Maîtrise d'ouvrage

Gilles HOUZIAUX –

@ : gilles.houziaux@assurance-maladie.fr

Assistant MOA

ALTEREA – Agence Lille - Nord

8 rue Anatole France

59800 Lille

T. : 03 69 24 12 43

Elisabeth MAES

Cheffe de projet

T. : 07 57 45 33 26

@ : emaes@alterea.fr

SUIVI DU DOCUMENT

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	23/01/2026	Rapport d'audit : 1 ^{ère} version	THCO	EMAE	EMAE

SOMMAIRE

1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE	4
2. ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS	10
2.1. Objectifs d'un audit énergétique et étapes méthodologiques	10
2.2. Conditions de réalisation de la visite et des relevés techniques du site	11
2.3. Documents mis à disposition	11
2.4. Hypothèses posées dans le cadre de l'étude	12
2.5. Paramètres d'étude	12
3. PRÉSENTATION DU SITE	13
3.1. Fiche identité	13
3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique	13
3.3. Informations détaillées d'occupation du site	14
3.4. Historique des travaux du site	14
3.5. Confort des occupants	15
4. ANALYSE ÉNERGETIQUE ET CARBONE	16
4.1. Usages énergétiques du site	16
4.2. Plan de comptage	16
4.2.1. Electricité	16
4.2.2. Énergie thermique gaz naturel	17
4.3. Analyse des consommations d'énergie	18
4.3.1. Consommations d'électricité	18
4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ)	19
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie	20
4.4. Analyse relative au Décret Tertiaire	21
4.4.1. Situation énergétique de référence	21
4.4.2. Objectifs de réduction des consommations à 2030, 2040 et 2050	22
5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES	23
5.1. Enveloppe du bâti	24
5.2. Systèmes énergétiques	27
5.2.1. Décret BACS	27
5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie	28
5.2.3. Analyse de la conformité de la chaufferie	28
5.2.4. Chauffage	29
5.2.5. Ventilation	37
5.2.6. Eau Chaude Sanitaire	42
5.2.7. Éclairage	44

5.2.8.	Climatisation	45
5.2.9.	Autres usages	46
5.3.	Synthèse état des lieux techniques	48
6.	MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE	49
6.1.	Analyse des déperditions thermiques	49
6.2	Analyse des consommations énergétiques simulées	51
7.	ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU	53
7.1.	Analyse des consommations	53
7.2.	Analyse des équipements et des usages liés à l'utilisation de l'eau	54
7.3.	Proposition d'interventions	55
8.	ETUDE DE CONFORT ESTIVAL	56
8.1.	Contexte de la mission d'étude de confort	56
8.1.1.	Objectif de la simulation thermique dynamique	56
8.1.2.	Outil de simulation	56
8.1.3.	Données météorologiques	56
8.2.	Modélisation du bâtiment et usage	56
8.2.1.	Représentation 3D	56
8.2.2.	Zonage thermique	57
8.2.3.	Chauffage	58
8.2.4.	Climatisation	58
8.2.5.	Renouvellement d'air mécanique	58
8.2.6.	Etanchéité à l'air	58
8.2.7.	Occupation	59
8.2.8.	Eclairage artificiel	59
8.2.9.	Equipements spécifiques	60
8.2.10.	Parois vitrées	60
8.2.11.	Aérations et occultations	60
8.3.	Simulations et résultats	61
8.3.1.	Analyse des ombres portées	61
8.3.2.	Bilan des apports thermiques	61
8.3.3.	Indicateurs du confort estival	63
8.4.	Interventions et scénarios	64
8.4.1.	Intervention 1 : Mise en place de films solaires	64
8.4.2.	Intervention 2 : Mise en place de stores extérieurs opaques	66
8.4.3.	Intervention 3 : Mise en place d'une sur ventilation nocturne (freecooling)	67
8.4.4.	Intervention 4 : Coupure centralisée de la bureautique	68
8.4.5.	Interventions 5 et 6 : Impact de l'isolation thermique (ITE et toitures-terrasses)	69
8.4.6.	Scénarios	69
8.5.	Conclusion de l'étude de confort	1

9. OPPORTUNITÉ D'INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE.....	2
10. PRECONISATIONS D'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES	6
11. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE.....	9
11.1. Interventions de pilotage	9
11.2. Interventions sur le bâti	9
11.3. Interventions sur les systèmes	10
11.4. Interventions sur les énergies renouvelables	11
12. SCÉNARIOS DE TRAVAUX.....	12
12.1. Scénario 1	13
12.2. Scénario 2	14
12.3. Analyse comparative des scénarios de travaux	15
Analyse relative au Décret Tertiaire	18
12.3.1. Positionnement des scénarios de travaux au regard du « Décret Tertiaire »	18
12.3.2. Identification des contraintes spécifiques	18
12.4. Résultats en énergie primaire	19

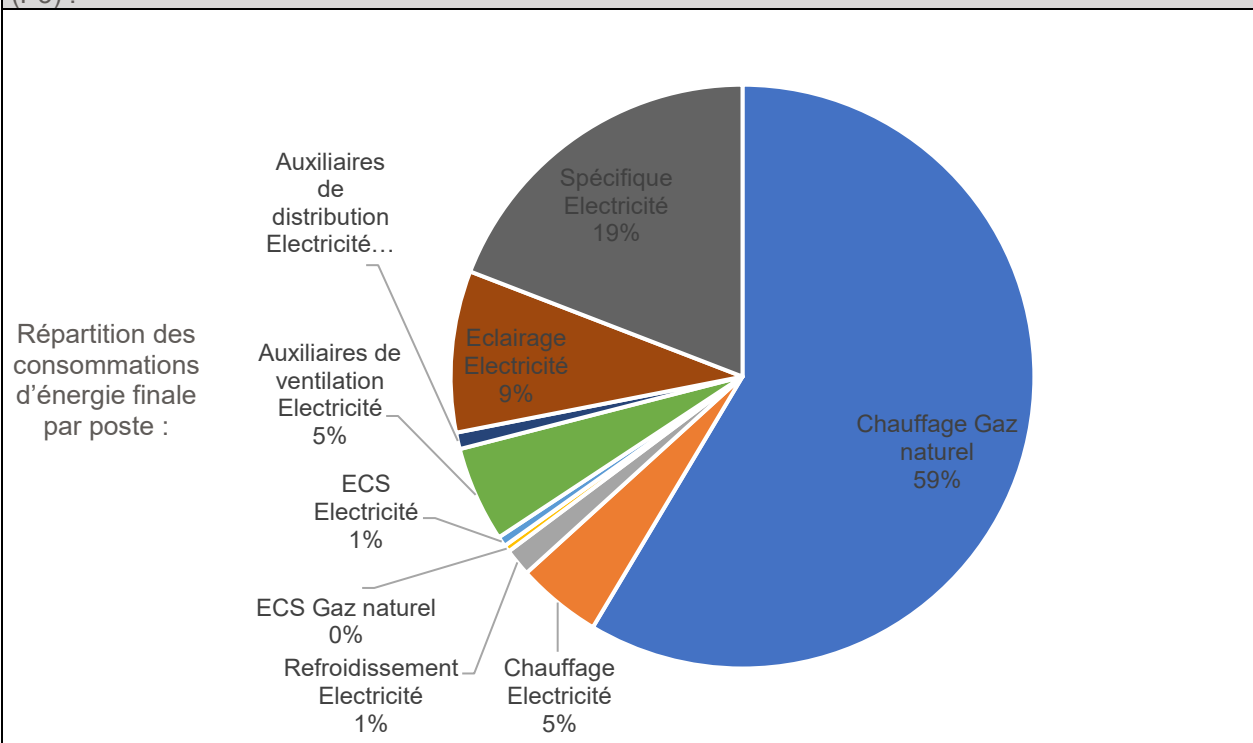
1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

IDENTITÉ DU SITE	
	Nom du site : CPAM Lille Douai
	Adresse : 125 rue Saint-Sulpice, DOUAI
	Année de construction : 1984
	Année de rénovation : 2017/2020/2022
	Nombre de bâtiments : 1
	Nombre de niveaux : 4
	Surface de plancher (SDP) : 6 500 m²SDP
	Usage du site : Bureaux
	Effectifs du site : 200 personnes
	Horaires d'ouverture : 7h45-16h45

DESCRIPTION SYNTHETIQUE DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTEMES		
Poste technique	Points forts	Points faibles
Enveloppe du bâti	Menuiseries récentes et performantes	Murs sur extérieurs moyennement isolés par l'intérieur Toitures-terrasses faiblement isolées (hypothèse) Planchers bas faiblement isolés
Systèmes thermiques	Production de chaleur au gaz à condensation récente Réseaux de chauffage calorifugés Pompes à débit variable Pompes à chaleur réversibles Cassettes pilotées par thermostat programmable	Aérothermes anciens avec thermostats manuels dans les archives
Systèmes de ventilation	CTA double-flux avec échangeurs de chaleur sur la majorité du site Extraction simple-flux dans les sanitaires	CTA de soufflage simple-flux dans le restaurant
Pilotage énergétique	Régulation par GTC sur la majorité du site Robinets thermostatiques et thermostats programmables	-

ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE DE L'ETAT INITIAL

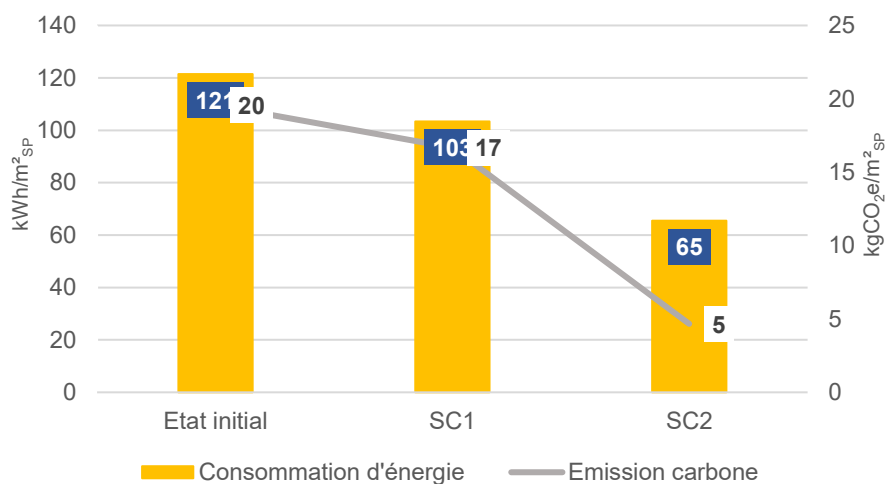
Années considérées :	2024				
Consommation d'énergie :	789 224	kWh EF/PCI			
	121	kWh EF/PCI/m ² SP .an			
Emission carbone :	19,6	kgCO ₂ /m ² SP .an			
Dépenses énergétiques (P1) :	174 683	€ TTC/an	Dont électricité	97 077	€ TTC/an
			Dont gaz	77 605	€ TTC/an
Dépenses de maintenance (P2) :	6 820	€ TTC/an			
Dépenses de renouvellement (P3) :	11 500	€ TTC/an			



PRECONISATIONS D'AMELIORATION, SCENARIOS DE TRAVAUX ET INDICATEURS DE PERFORMANCE				
Programmes de travaux			SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de sous-comptage	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Révision des paramètres de chauffe (Consigne à 19°C et réduit à 16°C)	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Revision des consignes de préchauffage des CTA	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur (R = 5 m².K/W)		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Réfection des toitures-terrasses compris isolation thermique (R = 7 m².K/W)		X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Reprise de l'isolation du plancher bas sur l'extérieur (R = 4 m².K/W)	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation du plancher bas sur parking (R = 4 m².K/W)	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Généralisation des circulateurs à débit variable	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des aérothermes et des thermostats manuels dans les archives	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Gradation des luminaires	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la CTA auditorium	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Dépose des radiateurs du R+1 (équipé de PAC air/air)	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place d'une CTA double-flux avec échangeur de chaleur dans le restaurant		X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Remplacement des convecteurs électriques de l'open-space du RDC par des pompes à chaleur air/air		X
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de PAC air/eau en remplacement des chaudières		X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Création d'une chaufferie biomasse		
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Mise en place de panneaux photovoltaïques		X

Indicateurs de performance		Etat initial	SC1	SC2
Consommation d'énergie	kWh_{EF}/m^2_{SP}	121	103	65
	<i>Ecart annuels %</i>		-15%	-46%
Emission carbone	kg_{CO2e}/m^2_{SP}	20	17	5
	<i>Ecart annuels %</i>		-15%	-76%
Coûts travaux	$€^{HT}$ travaux		171 000	2 162 000
Dépenses énergie (P1)	$€^{TTC}/an$	174 683	148 665	127 684
	<i>Ecart annuels %</i>		-15%	-27%
Retour sur investissement	Années		6	>30
	Evolution P1 4%/an			
	Années		5	20
	Evolution P1 10%/an			

Plan de progrès



DECRET BACS

Le site est-il assujetti au décret BACS ?

Oui

Une mise en conformité avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2027 est-elle nécessaire ?

Les systèmes en place semblent respecter le décret BACS

CONCLUSION

Le site de la CPAM de Lille-Douai est assez performant à l'état existant, en particulier grâce à des systèmes énergétiques performants.

La performance thermique du bâti est globalement moyenne, l'isolation des murs et des toitures-terrasses est faible mais les menuiseries sont récentes et performantes. Ainsi, la mise en place d'une isolation thermique par l'extérieure et la réfection des toitures-terrasses compris isolation prévue permettra de réduire les déperditions thermiques et donc les dépenses liées au chauffage.

Les systèmes énergétiques installés sont déjà performants, en particulier grâce à la réfection de la chaufferie en 2017 et au remplacement des CTAs des bureaux en 2020 : les chaudières au gaz sont à condensation et performantes et sont pilotées par une GTC. La majorité des CTAs du site sont équipées d'échangeur de chaleur à haut rendement. Un remplacement des CTAs les plus anciennes sera proposé ainsi que le remplacement des thermostats anciens ou des panneaux rayonnants qui desservent certaines zones du site. La révision des paramètres de chauffe sera aussi proposée. Dans un second temps, la mise en place d'une énergie renouvelable sera proposée afin de décarboner la production de chaleur.

De plus, les luminaires LED sont récents et performants et sont dimmables. La programmation d'une gradation de l'éclairage sera envisagée.

Enfin, la mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique sera proposée.

Le scénario 1 qui vise les objectifs du décret tertiaire à horizon 2030 regroupera les interventions à faible investissement/TRI. Ce scénario permet d'atteindre les objectifs attendu (réduction de 40% des consommations d'énergie par rapport à l'année de référence).

Le scénario 2 cumule les interventions du scénario 1 avec l'installation d'ENR pour le chauffage et la production d'électricité. Ce scénario atteint les objectifs du décret tertiaire à horizon 2050 avec une réduction de 60% des consommations d'énergie par rapport à l'année de référence.

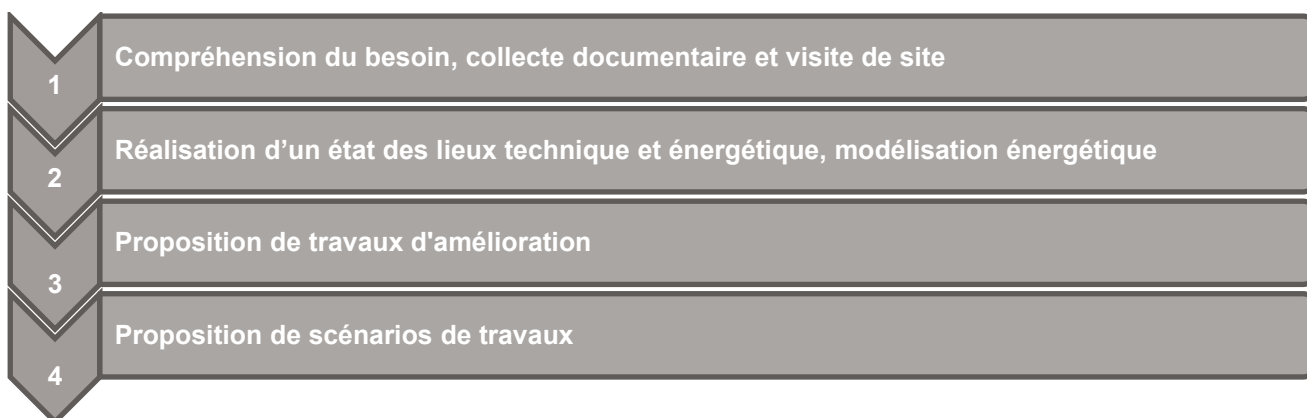
2. ELEMENTS METHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS

2.1. Objectifs d'un audit énergétique et étapes méthodologiques

L'audit énergétique est une étude technique d'aide à la décision, préalable à un projet de rénovation, permettant d'orienter la maîtrise d'ouvrage dans les travaux à réaliser pour réduire l'empreinte carbone et énergétique et assurer la pérennité de l'ouvrage à moyen et long terme. Les objectifs de ce diagnostic sont les suivants :

- Identifier les points forts et les axes d'amélioration sur les volets énergétique et carbone ;
- Caractériser et quantifier la performance réelle actuelle du site, et identifier les principaux gisements d'économie ;
- Etablir une liste de préconisations chiffrées et argumentées ;
- Proposer des programmes de travaux (aussi appelés scénarios de travaux, ou encore bouquets de travaux) adaptés au site, aux enjeux et contraintes de la maîtrise d'ouvrage.

Le diagnostic se décompose en 4 étapes distinctes et successives :



Les annexes de ce document détaillent la méthodologie, les outils utilisés, les limites de prestations et propose une aide à la lecture.

2.2. Conditions de réalisation de la visite et des relevés techniques du site

Visite technique du site	
Date de la visite :	12/03/2025
Auditeur ALTEREA :	Thomas CORDIER
Accompagnateur(s) :	Agent technique
Conditions climatiques :	Text. = 5°C, Nuageux
Chauffage en fonctionnement lors de l'intervention :	Oui
Climatisation en fonctionnement lors de l'intervention :	Sans objet
Difficultés et anomalies rencontrées lors de la visite :	Rien à signaler

2.3. Documents mis à disposition

Le tableau ci-dessous présente les documents demandés pour la réalisation de cette étude et l'état de la transmission documentaire :

Documents mis à disposition		
Plans et surfaces	Plans (masse, niveaux)	X
Consommations et dépenses d'énergie	Consommations mensuelles Gaz	X
	Consommations mensuelles Electricité	X

2.4. Hypothèses posées dans le cadre de l'étude

Certaines informations non disponibles, mais nécessaires à la réalisation de l'étude, ont fait l'objet d'hypothèses retranscrites ci-après :

Informations manquantes	Hypothèses considérée	Source
Coûts énergétiques	30 cts€/kWhEF (Electricité) 15 cts€/kWhPCS (Gaz)	Coûts génériques pour ces énergies
Isolation en toiture	5 cm d'isolant en toiture	Année de construction Pas de rénovation de l'isolation lors des réfections

2.5. Paramètres d'étude

Le tableau ci-dessous détaille les hypothèses prises en compte par ailleurs dans le cadre de l'étude :

Donnée	Paramètres	Source
Station météo considérée	Station Lille/Lesquin	Station Météonorm - Pléiades
Outil de simulation utilisé	Outil de simulation thermique dynamique	Pléiades
Prix unitaire de valorisation des CEE	8,78 €/MWh _{CUMAC}	Registre National des Certificats d'Economies d'Energie (EMMY), indice M-1 du coût moyen pondéré CEE classiques du dernier mois, à date de réalisation de l'étude
Prix de l'énergie considéré préconisations et les scénarios	30 cts€/kWhEF (Electricité) 15 cts€/kWhPCS (Gaz)	Coûts génériques pour ces énergies (hypothèse)
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse basse	4%	Moyenne constatée sur les dernières années
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse haute	10%	Moyenne constatée sur les dernières années
Evolution du prix maintenance/renouvellement	2%	Moyenne constatée sur les dernières années

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Fiche identité

IDENTITE DU SITE	
	Nom du site : CPAM Lille Douai
	Adresse : 125 rue Saint-Sulpice, DOUAI
	Année de construction : 1975-1980
	Année de rénovation : 2017/2020/2022
	Nombre de bâtiments : 1
	Nombre de niveaux : 4
	Surface de plancher (SDP) : 6 500 m²SDP
	Usage du site : Bureaux
	Effectifs du site : 200 personnes
	Horaires d'ouverture : 7h45-16h45

3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique



3.3. Informations détaillées d'occupation du site

Catégorie	Effectifs	Commentaires
Nombre d'occupants	200 personnes avec un taux d'occupation journalier de 70%	Données fournies par la MOA. L'occupation varie suivant le télétravail.

Eléments d'explication et d'analyse
Le bâtiment a une occupation non stable au cours du temps qui est impactée par la flexibilité travail en présentiel/télétravail.

3.4. Historique des travaux du site

Le tableau ci-dessous recense les principales étapes d'évolution du site, depuis sa construction jusqu'aux travaux programmés à court/moyen terme, avec des informations comme les années de construction / travaux connus et transmises :

Travaux réalisés ou programmés :	Année de réalisation
Construction du site	1984
Réfection des toitures-terrasses	2015 (environ)
Réfection de la chaufferie et installation d'une GTC	2017
Réfection de la CTA double-flux des bureaux	2020
Remplacement des menuiseries	2022
Réfection de l'étanchéité des toitures-terrasses	Travaux prévus
Dépose du parement brique et mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur	

Eléments d'explication et d'analyse
Le bâtiment a subi différents travaux qui ont amélioré sa performance thermique ou énergétique.

3.5. Confort des occupants

Le tableau ci-dessous caractérise le niveau de confort ressenti par les occupants. Ces éléments sont issus des interviews réalisées lors de la visite du site. Il est à noter qu'aucune mesure ou étude spécifique de confort n'a été réalisée dans le cadre de cette étude.

Confort	Ressenti des occupants / Note	Commentaires	
Hivernal		Le confort hivernal est moyen. L'isolation du bâtiment est correcte. Des sujets d'équilibrage peuvent expliquer les ressentis de froid des bureaux orientés Nord-Ouest.	
Estival		Le confort en été est faible pour les bureaux orientés Sud-Est. Les menuiseries ne peuvent s'ouvrir qu'en oscillo et ne peuvent pas être ouvertes complètement. Les occupants ne sont pas complètement opaques. Des surchauffes sont recensées dans ces bureaux.	
Lumineux		Le confort lumineux est correct, les bâtiments sont suffisamment vitrés.	
Acoustique		Le site se situe en zone urbaine mais présente un bon confort acoustique.	
Renouvellement d'air (ventilation)		Le renouvellement d'air est suffisant et assuré par des ventilations mécaniques sur l'ensemble du site.	
Étanchéité à l'air		L'étanchéité des ouvrants à l'air et à l'eau est correcte. Les menuiseries ont été remplacée récemment.	
Légende :			
			
Confort très bon	Confort bon	Confort moyen	Confort faible

4. ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE

4.1. Usages énergétiques du site

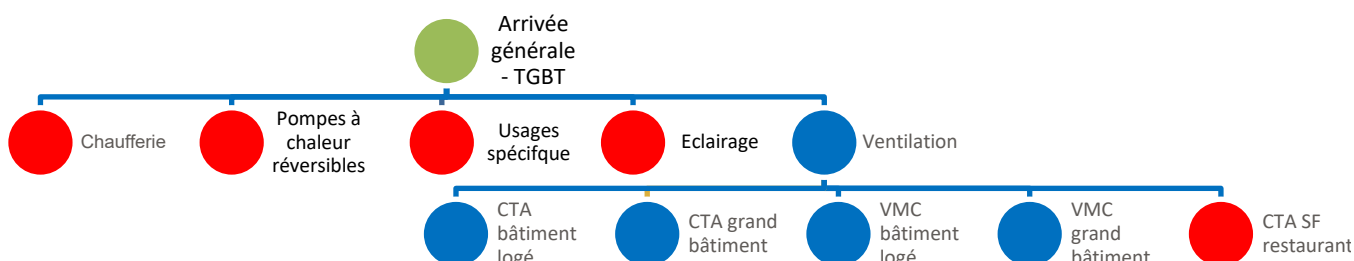
Usage	Propane	Electricité
Chauffage	X	
ECS	X	X (depuis 2024)
Auxiliaires		X
Eclairage		X
Usages spécifiques		X

4.2. Plan de comptage

Ce chapitre présente, pour chaque vecteur énergétique, les architectures des réseaux existants (plan de comptage) : l'objectif est d'analyser l'opportunité / l'intérêt de compléter le plan de comptage, afin de répondre aux différentes réglementations et d'assurer un suivi pragmatique des flux énergétiques. Notamment, ce plan de sous-comptage permettra d'identifier les dérives de consommations pour mettre en œuvre des actions correctives.

4.2.1. Electricité

Architecture et Plan de comptage



Légende :



Compteur concessionnaire existant



Sous-compteurs existants



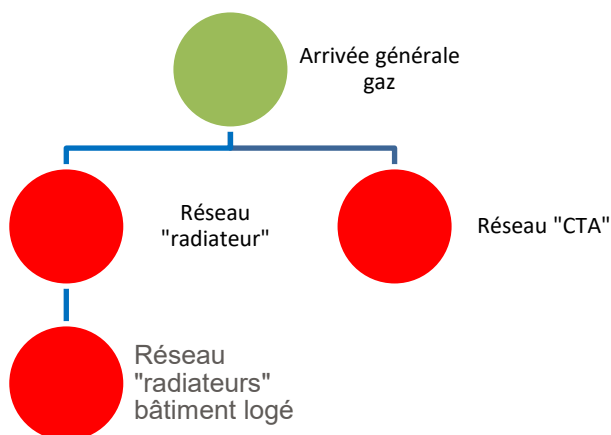
Sous-compteur à poser en vue d'une maîtrise complète des consommations d'électricité du site

Eléments d'explication et d'analyse

Le site dispose d'un seul compteur général qui dessert l'ensemble du bâtiment. Chaque CTA dispose de son propre sous-compteur. L'ajout de sous-compteur permettant de dissocier les autres usages et équipements énergétiques sera pertinent pour assurer un contrôle des flux énergétique et ainsi prévenir les dérives potentielles.

4.2.2. Energie thermique gaz naturel

Architecture et Plan de comptage



Légende :



Compteur
concessionnaire
existant



Sous-compteurs
existants



Sous-compteur à poser en
vue d'une maîtrise complète
des consommations de gaz
du site

Éléments d'explication et d'analyse

Le site dispose d'un compteur général qui dessert l'ensemble du bâtiment. Il est nécessaire d'installer des sous-compteurs thermiques afin d'estimer d'une manière précise les consommations de chauffage par zone.

4.3. Analyse des consommations d'énergie

Les consommations d'énergie historiques du site sont présentées dans ce chapitre, sur la base des données transmises par la MOA dans le cadre de cette étude. Elles sont complétées par plusieurs indicateurs, avec par exemple les émissions carbone ou encore les dépenses énergétiques.

Dans la plupart des cas, les consommations d'énergie sont présentées brutes, c'est-à-dire telles qu'elles apparaissent sur les factures énergétiques. Elles n'ont pas été corrigées des variations climatiques. Pour quelques situations particulières (par exemple pour le bois-énergie), les données d'entrée transmises ont été transformées en kWh_{EF} à partir des coefficients de conversion présentés en annexe.

4.3.1. Consommations d'électricité

	Consommations énergétiques réelles	2024	Moyenne classique
Électricité	Consommations [kWh _{EF PCS}]	314 316	314 316
	Consommations [kWh _{EF PCI}]	314 316	314 316
	Ratio surfacique de consommation [kWh _{EF PCI} /m ² _{SDP}]	48	48
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	20 116	20 116
	Dépenses (€ ^{TTC})	94 295 €	94 295 €
	Coût unitaire (€ ^{TTC} /kWh _{PCI})	0,30 €	0,30 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles

Aucune consommation n'a été fournie pour les années 2022 et 2023.

Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur l'année 2024 (seule année fournie) afin de comprendre le comportement consommateur du bâtiment.

Les dépenses énergétiques n'ont pas été fournies Le coût considéré correspond à un coût classique d'électricité.

4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ)

	Consommations énergétiques réelles	2024	Moyenne classique
Gaz naturel	Consommations [kWh _{EF PCS}]	437 071	437 071
	Consommations [kWh _{EF PCI}]	393 364	393 364
	Ratio surfacique de consommation [kWh _{EF PCI} /m ² _{SDP}]	61	61
	Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	99 215	99 215
	Dépenses (€ ^{TTC})	65 561 €	65 561 €
	Coût unitaire (€TTC/kWh _{PCI})	0,17 €	0,17 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles

Aucune consommation n'a été fournie pour les années 2022 et 2023.

Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur l'année 2024 (seule année fournie) afin de comprendre le comportement consommateur du bâtiment.

Les dépenses énergétiques n'ont pas été fournies Le coût considéré correspond à un coût classique de gaz.

4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie

Ce chapitre présente une synthèse de l'ensemble des consommations d'énergie réelles exprimée en PCI, ainsi que des indicateurs complémentaires comme la consommation par unité de surface, les émissions carbone et les dépenses énergétiques (P1).

Les consommations réelles sont également présentées avec une correction climatique (DJU – définition précise en annexe), c'est-à-dire en tenant compte de la rigueur climatique de chaque année étudiée. Cet indicateur permet d'effectuer une comparaison annuelle des consommations d'énergie, à intensité climatique neutralisée.

Consommations énergétiques réelles [kWh _{EF PCI}]	2024	Moyenne classique
Consommations réelles de Gaz naturel	393 364	393 364
Consommations réelles d'Électricité	314 316	314 316
Consommations corrigées du climat (kWh _{EF PCI})	760 057	760 057
Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	119 331	119 331
Dépenses (€ ^{TTC})	159 855 €	159 855 €
Coût unitaire (€TTC/kWh _{PCI})	0,23	0,23 €

Evolution historique des consommations énergétiques annuelles réelles et corrigées du climat

Aucune consommation n'a été fournie pour les années 2022 et 2023.

Eléments d'explication et d'analyse

Les niveaux de consommations entre le gaz et l'électricité sont équivalents : une partie du site est chauffé par des pompes à chaleur (électricité). De plus, plusieurs CTA sont installées.

4.4. Analyse relative au Décret Tertiaire

4.4.1. Situation énergétique de référence

La situation énergétique de référence est déterminée à partir de l'analyse des consommations d'énergie (transmises par la MOA) sur la période 2010-2019. Ces dernières sont modulées de la rigueur climatique hivernale (chauffage) et estivale (climatisation– si le site est concerné). L'année présentant le niveau de consommation d'énergie le plus élevée est alors considérée comme année de référence « Décret Tertiaire ».

Consommations énergétiques corrigées à la rigueur climatique (Toutes énergies confondues)														
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
920 436	1 058 039	1 075 582	1 169 261	1 186 548	1 139 701	1 140 924	1 038 104	1 066 552	-	-	957 430	-	-	762 014

Situation de référence Décret Tertiaire		
Année	Conso kWhEF	Conso kWhEF /m ²
2014	1 186 548	183

Ecart Actuel représentatif Moyenne 2024		
Ecart de référence	Conso kWhEF	Conso kWhEF /m ²
-36%	762 014	117

Eléments d'explication et d'analyse
Entre l'année de référence 2014 et l'état initial pris en compte dans l'audit énergétique (2024), les consommations ont diminué de 36%, ce qui s'explique par les différents travaux réalisés (remplacement des menuiseries, remplacement des chaudières ou des CTAs...)
Ces gains énergétiques déjà réalisés sont considérés comme « bonus » dans l'atteinte des objectifs 2030/2040/2050.

¹ Décret tertiaire : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>

¹ Loi ELAN : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037639478/>

4.4.2 Objectifs de réduction des consommations à 2030, 2040 et 2050

Concernant l'objectif de réduction des consommations d'énergie à 2030, la sélection entre la valeur relative (-40% par rapport à la référence) ou la valeur absolue (kWh/m² selon la catégorie de bâtiment) est au choix de l'assujetti, le respect d'un seul des deux objectifs étant suffisant.

Pour les objectifs 2030 et 2040, seules les valeurs relatives (respectivement -50% et -60%) sont disponibles à date de réalisation de l'étude.

Objectifs cibles			
Année	Valeur retenue		Ecart avec les consommations actuelles
2030	Relatif	Absolue	
	711 929 kWh _{EF}	622 450 kWh _{EF}	7%
	110 kWh _{EF} /m²	96 kWh _{EF} /m²	
2040	Relatif		
	593 274 kWh _{EF}		22%
	91 kWh _{EF} /m²		
2050	Relatif		
	474 619 kWh _{EF}		38%
	73 kWh _{EF} /m²		

5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES

Ce chapitre présente la description technique des différents éléments bâtis et des systèmes présents au sein du site. L'objet de ce descriptif n'est pas de dresser un listing parfaitement exhaustif de l'ensemble des parois et équipements consommateurs (notamment les systèmes d'éclairage, les prises de courant ...), mais de fournir une vision globale et synthétique des éléments techniques qui influent sur les consommations énergétiques, en caractérisant leur état et leur performance, et de poser une analyse sur les points forts et les axes d'amélioration.

Les échelles de notation de la performance et de la vétusté sont présentées dans la grille ci-dessous. Une annexe au présent document détaille les notations adaptées à chaque item (10.4.2 Légende de notation).

ECHELLE DE NOTATION PERFORMANCE ET VETUSTE					
Performance	NC	0 Très peu performant	1 Peu performant	2 Performant	3 Très performant
Vétusté	NC	0 A remplacer	1 Etat d'usage	2 Bon état	3 Etat neuf

Référentiel de cotation de l'état de vétusté :

3 : Le matériel ou matériau est considéré comme neuf.

2 : Le matériel ou matériau est fonctionnel et dans un bon état. Un remplacement à moyen terme sera à programmer.

1 : Le matériel ou matériau est dans un état d'usage mais présente des signes d'usure liés à son âge ou à un défaut d'entretien, pouvant altérer sa fonctionnalité ponctuellement ou de manière temporaire. Un remplacement à court terme est à prévoir.

0 : Le matériel ou matériau est considéré comme hors service et nécessite un remplacement immédiat.

La vétusté et la performance sont évaluées en fonction des informations connues à date de réalisation de l'étude, notamment les documents techniques transmis et les constatations visuelles réalisées lors de l'intervention sur site. Aucun sondage destructif ou test / mesure n'a été réalisé dans le cadre de cette étude. Ainsi, en l'absence d'informations détaillées, des hypothèses ont pu être prises afin d'estimer les performances des matériaux et des équipements. Ces hypothèses sont synthétisées au paragraphe 2.4 *Hypothèses posées dans le cadre de l'étude*.

5.1. Enveloppe du bâti

Paroi opaque					
Mur sur local non chauffé		Surface	U	P	V
Absence de photos	Type :	Béton plein	188 m²	1,85	1
	Epaisseur :	15 cm			
	Nature du local non chauffé :	Locaux techniques du sous-sol, parking			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5			
	Localisation :	Sous-sol, parking			
Mur béton - ITI		Surface	U	P	V
	Type :	Béton plein	2 497 m²	0,49	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur			
	Isolant :	Laine de verre			
	Epaisseur d'isolation :	7 cm			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2			
Localisation :	Ensemble du bâtiment				

Commentaire par paroi	
Mur béton - ITI	Une partie des murs possèdent un parement brique de 20 cm dont une partie se dégrade et présente des risques de chute. Une dépose de ce parement brique est prévue. La mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur sera réalisée en même temps.

Menuiserie					
Menuiserie aluminium avec double-vitrage 6/16/9		Surface	Uw	P	V
	Métal / Double		896 m²	1.30	3
	Matériau et vitrage : vitrage lame d'air 16 mm				
	Etanchéité : Bonne				
	Remplissage : Argon				
	Année : 2021				
	Occultation : Store extérieur				
	Matériau occultation : Textile				
	Position : Nu intérieur				

Menuiserie					
	Fermeture :	Oscillo-battante, Battante			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9			
	Localisation :	Ensemble du site			

Plancher haut					
Plancher haut sur local non chauffé		Surface	U	P	V
<i>Absence de photos</i>	Nature du local non chauffé :	Chaufferie, local CTA			
	Type :	Dalle béton			
	Epaisseur :	15 cm			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	5.2			
	Localisation :	Chaufferie, local CTA			
Toiture-terrasse		Surface	U	P	V
	Type :	Dalle béton			
	Epaisseur :	15 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Indéterminé			
	Epaisseur d'isolation :	5 cm (hypothèse)			
	Etanchéité :	Membrane PVC			
	Pathologies :	Toiture-terrasse non sécurisée (ligne de vie, garde-corps absents), Présence de défaut d'étanchéité			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
	Localisation :	Ensemble du site			

Plancher bas						
Plancher bas sur vide-sanitaire		Surface	U	P	V	
Absence de photos	Type :	Dalle béton	2 029 m²	0,47	0	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Nature du local non chauffé :	Vide-sanitaire				
	Position :	Sur vide sanitaire enterré				
	Ventilation du local non chauffé :	Local non ventilé				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
	Localisation :					
Plancher bas sur extérieur		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	23 m²	0,56	1	1
	Epaisseur :	15 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Laine de verre				
	Epaisseur d'isolation :	6 cm				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
	Localisation :					
Plancher bas sur parking		Surface	U	P	V	
	Type :	Dalle béton	437 m²	0,25	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Flocage coupe-feu				
	Epaisseur d'isolation :	5 cm				
	Nature du local non chauffé :	Parking				
	Position :	Sur sous-sol enterré				
	Ventilation du local non chauffé :	Local ventilé				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
Localisation :		Parking				

5.2. Systèmes énergétiques

5.2.1. Décret BACS

Le décret BACS, dispositif réglementaire présenté en annexe du document, impose l'installation d'un système d'automatisation et de contrôle (GTC) pour les bâtiments existants respectant les conditions suivantes :

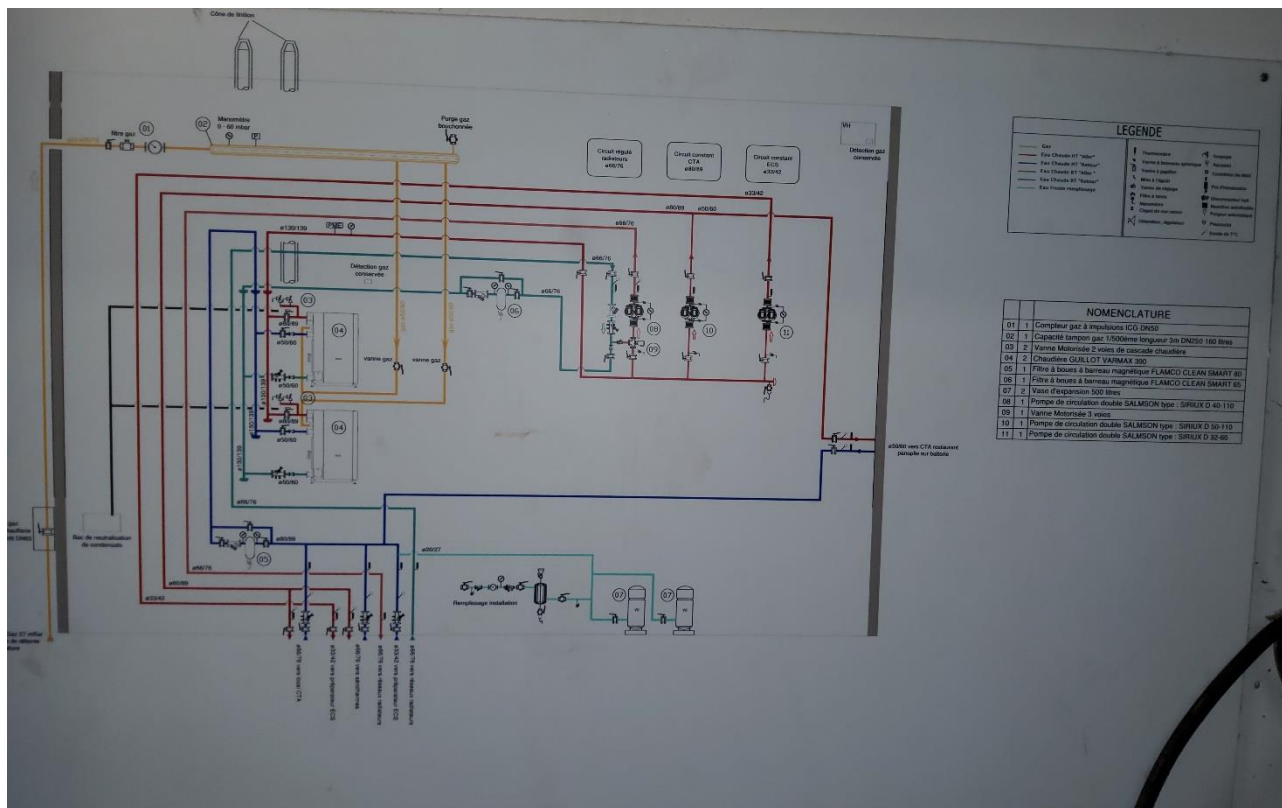
- Bâtiments non résidentiels dans lesquels sont exercées des activités tertiaires marchandes ou non-marchandes y compris ceux appartenant à des personnes morales du secteur primaire ou secondaire
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à 290 kW (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1er janvier 2025.
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure à 70 kW (dans le cas d'un RCU chaud ou froid, c'est la puissance de la station d'échange qui est à prendre en compte) : Les bâtiments assujettis au décret doivent être équipés d'une GTC le 1er janvier 2030.

Un système d'automatisation et de contrôle est composé des éléments de la chaîne de GTB ou GTC, depuis l'automate (contrôlant une CTA par exemple) jusqu'à la supervision centralisée ou déportée, permettant le contrôle à distance des installations techniques. Un suivi énergétique doit également être assuré par le système.

Décret BACS	
Assujettissement	
Le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale >70kW	Oui
Le site est-il assujetti au décret BACS ?	Oui
Mise en conformité	
Action à réaliser avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2030 :	Mise en conformité à étudier*

*Le site est déjà équipé d'une GTC. Une étude complémentaire serait nécessaire pour s'assurer que l'ensemble des critères du décret BACS sont respectés.

5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie



5.2.3. Analyse de la conformité de la chaufferie

Les principaux points de conformité suivants de la chaufferie ont été vérifiés durant la visite :

Conformité réglementaire Chaufferie	
Nom du local	Chaufferie
Situation	Toiture-terrasse
Barre anti-panique	Présente
Ferme-porte	Présente
Balayage du local (ventilation)	Présent
Éclairage du local	Eclairage suffisant
Etat du bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES)	Présent
Porte coupe-feu	Oui
Nombre d'extincteur(s)	1
Etat de l'armoire électrique	Bon état
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Etat moyen
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Etat moyen

5.2.4. Chauffage

Production de chaleur			
Pompes à chaleur réversibles		P	V
	Locaux desservis :	R+1 (hors bâtiment Logé)	
	Energie :	Electricité	
	Puissance calorifique totale :	12.7 kW	
	Puissance frigorifique totale :	12.5 kW	
	Puissance électrique totale :	5 kW	
	Plage de performance :	3,5 > COP chaud >= 2,5	
	COP chaud nominal :	2.5	
	EER nominal :	2.8	
	Type d'échange :	Air/air	
	Fluide frigorigène :	R410A, R32	
	Nombre :	15	
	Utilisation :	Chauffage, Climatisation	
	Localisation :	Toiture-terrasse	
Chaudières gaz à condensation		P	V
	Locaux desservis :	Ensemble du site	
	Energie :	Gaz naturel	
	Puissance thermique totale :	390 kW	
	Puissance électrique totale :	0.48 kW	
	Technologie :	Condensation	
	Fonction :	Chaudière principale	
	Cascade :	Oui	
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées	
	Position :	Au sol	
	Année :	2017	
	Marque :	ATLANTIC	
	Modèle :	VARMAX	
	Nombre :	2	
	Brûleur intégré :	Oui	
	Nombre de brûleur :	2	
Utilisation :	Chauffage		
Localisation :	Chaufferie		
Commentaire par équipement			
Pompes à chaleur réversibles	Plusieurs pompes à chaleur multisplit réversibles sont installées en toitures-terrasses et desservent le R+1 en chaleur et en froid. Ces pompes chaleurs sont de différentes marques et de différents modèles : HITACHI, PANASONIC, DAIKIN et MITSUBISHI		
Chaudières gaz à condensation	La réfection de la chaufferie a été réalisée en 2017.		

Auxiliaire de chauffage			
Pompe chauffage - Circuit radiateurs du bâtiment Logé		P	V
	Puissance électrique totale :	125 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Circuit radiateurs du bâtiment	
		Logé	
	Année :	2017	
	Marque :	Grundfos	
	Modèle :	UPSD 32-50	
	Nombre :	1	
Localisation :		Sous-station	
Pompe chauffage - Circuit ECS		P	V
	Puissance électrique totale :	125 W	
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ constant	
	Nom du départ :	Circuit ECS	
	Année :	2017	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	Sirius D32-60	
Localisation :		Chaufferie	
Pompe chauffage - Circuit CTA		P	V
	Puissance électrique totale :	1250 W	
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ constant	
	Nom du départ :	Circuit CTA	
	Année :	2017	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	Sirius D50 110	
Localisation :		Chaufferie	
Pompe chauffage - Circuit radiateurs		P	V
	Puissance électrique totale :	800 W	
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Circuit radiateurs	
	Année :	2017	
	Modèle :	Sirius D40-110	

Auxiliaire de chauffage			
	Nombre :	1	
	Localisation :	Chaufferie	

Commentaire par équipement	
Pompe chauffage - Circuit ECS	Le circulateur du départ ECS est à l'arrêt. Le réseau ECS a été coupé depuis 2024.

Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage - Sous-sol		P	V
	Nature :	Acier noir	
	Technologie :	Présence de calorifuge avec quelques défauts	
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'une coque aluminium	
	Epaisseur :	4 cm	
	Localisation :	En sous-sol	
	Longueur :	20 ml	
	Année isolation :	2017	
	Localisation :	Sous-sol	
Réseaux de chauffage - Extérieur		P	V
	Nature :	Acier noir	
	Technologie :	Présence de calorifuge sur l'ensemble des réseaux	
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'une coque aluminium	
	Epaisseur :	5 cm	
	Localisation :	En galerie technique	
	Longueur :	15 ml	
	Année isolation :	2017	
	Localisation :	Toiture-terrasse	
Réseaux de chauffage - Chaufferie		P	V
	Nature :	Acier noir	
	Technologie :	Présence de calorifuge sur l'ensemble des réseaux	

Distribution de chaleur			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'un film PVC	
	Epaisseur :	4 cm	
	Localisation :	En locaux technique	
	Longueur :	50 ml	
	Année isolation :	2017	
	Localisation :	Chaufferie	

Emission de chaleur			
Cassettes plafonnieres réversibles		P	V
	Locaux desservis :	R+1, Accueil au RdC, bureau logistique au sous-sol	
	Energie :	Fluide frigorigène	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	2
	Position :	Plafonniers	
	Marque :	Hitachi	
	Localisation :	R+1, Accueil au RdC, bureau logistique au sous-sol	
Ventilo-convecteur gainé		P	V
	Locaux desservis :	Entrée du sous-sol	
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	2 tubes (chauffage seul)	1
	Position :	En faux-plafond	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Entrée du sous-sol	
Aérothermes		P	V
	Locaux desservis :	Archives du sous-sol	
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	2 tubes (chauffage seul)	1
	Marque :	WESPER	
	Localisation :	Archives du sous-sol	

Emission de chaleur			
Panneaux rayonnants		P	V
	Locaux desservis :	Open-space du RdC	
	Technologie :	Panneau rayonnant	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Nombre :	5	
	Localisation :	Open-space du RdC	
Radiateur		P	V
	Locaux desservis :	Ensemble du site (hors R+1)	
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiateur	
	Matériau :	Acier	
	Température :	Haute	
	Localisation :	Ensemble du site	

Commentaire par équipement	
Panneaux rayonnants	L'open-space du RdC est également équipé de panneaux rayonnants électriques permettant de réaliser l'appoint en chaleur.
Radiateur	Les radiateurs du R+1 sont mis à l'arrêt.

Régulation terminale chauffage			
Thermostats manuels - Aérothermes		P	V
	Technologie :	Thermostats manuels (absence de sonde)	
	Locaux desservis :	Archives du sous-sol	
	Localisation :	Archives du sous-sol	
Thermostats manuels - Panneaux rayonnants		P	V
	Technologie :	Thermostats manuels (absence de sonde)	

Régulation terminale chauffage			
	Locaux desservis :	Panneaux rayonnants de l'open-space du RdC	
	Localisation :	Open-space du RdC	
Robinet thermostatique - Radiateurs		P	V
	Technologie :	Robinets thermostatiques récents	
	Marque :	Oventrop	
	Locaux desservis :	Ensemble du site (hors R+1)	
	Localisation :	Ensemble du site (hors R+1)	
		3	2
Sans régulation terminale - Radiateurs (ponctuels)		P	V
Absence de photos	Technologie :	Sans régulation terminale	
	Locaux desservis :	Quelques radiateurs ponctuels dans les circulations	
	Localisation :	Circulations	
		0	NC
Thermostat d'ambiance programmable - Cassettes plafonnieres		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance programmable	
	Marque :	Hitachi	
	Locaux desservis :	R+1	
	Localisation :	R+1	
		3	2
Thermostat d'ambiance - Ventilo-convecteur gainé		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance simple	
	Marque :	REGIN	
	Locaux desservis :	Entrée du sous-sol	
		2	1

Régulation terminale chauffage			
	Localisation : Entrée du sous-sol		
Robinet manuel - Radiateurs R+1		P	V
	Technologie :	Robinets manuels	
	Locaux desservis :	Radiateurs du R+1	
	Localisation :	R+1	
		1	1

Régulation centrale chauffage			
GTC		P	V
	Technologie :	GTC	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Nombre de départs régulés :	1	
	Température de confort :	20 °C	
	Température de réduit :	19 °C	
	Température d'hors-gel :	10 °C	
	Heure de début confort lundi :	5h30	
	Heure de fin confort lundi :	10h	
	Heure de début confort lundi :	13h	
	Heure de fin confort lundi :	16h	
	Heure de début confort mardi :	6h	
	Heure de fin confort mardi :	10h	
	Heure de début confort mardi :	12h	
	Heure de fin confort mardi :	16h	
	Heure de début confort mercredi :	6h	
	Heure de fin confort mercredi :	10h	
	Heure de début confort mercredi :	13h	
		3	2

Régulation centrale chauffage			
	Heure de fin confort mercredi :	16h	
	Heure de début confort jeudi :	6h	
	Heure de fin confort jeudi :	10h	
	Heure de début confort jeudi :	12h	
	Heure de fin confort jeudi :	16h	
	Heure de début confort vendredi :	6h	
	Heure de fin confort vendredi :	13h	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Année :	2017	
	Marque :	TREND	
	Modèle :	IQ4E	
	Locaux desservis :	Radiateurs du site (hors bâtiment Logé)	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Chaufferie	
Régulateur - Loi d'eau avec horloge		P	V
	Technologie :	Loi d'eau avec horloge	2
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Nombre de départs régulés :	1	
	Température de confort :	21 °C	
	Température de réduit :	17.5 °C	
	Température d'hors-gel :	14 °C	
	Heure de début confort lundi :	6h	
	Heure de fin confort lundi :	16h	
	Heure de début confort mardi :	6h	
	Heure de fin confort mardi :	16h	
	Heure de début confort mercredi :	6h	
	Heure de fin confort mercredi :	16h	
	Heure de début confort jeudi :	6h	
	Heure de fin confort jeudi :	16h	
	Heure de début confort vendredi :	6h	
	Heure de fin confort vendredi :	16h	
	Adéquation de la régulation :	Optimisable	
	Année :	2017	
	Marque :	SIEMENS	
	Modèle :	RVL	
	Locaux desservis :	Radiateurs du bâtiment Logé	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Sous-station	1

5.2.5. Ventilation

Equipement de ventilation			
Extracteur simple-flux - Cuisine		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Haute pression	
	Type de conduit :	Gaine de ventilation	
	Débit d'air :	7800 m3/h	
	Locaux desservis :	Cuisine	
	Nombre :	1	
Localisation :		Toiture-terrasse	
Extracteur simple-flux - Sanitaires du bâtiment Logé		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Haute pression	
	Type de conduit :	Gaine de ventilation	
	Locaux desservis :	Sanitaires du bâtiment Logé	
	Nombre :	1	
Localisation :		Sanitaires	
CTA double-flux - Auditorium		P	V
	Puissance électrique totale :	2 kW	
	Technologie :	CTA DF avec échangeur (absence de caisson de mélange)	
	Echangeur :	Echangeur à plaques	
	Débit d'air soufflé :	1800 m3/h	
	Débit d'air repris :	1800 m3/h	
	Batterie chaude :	Electrique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Puissance batterie chaude :	4 kW	
	Marque :	WOLF	
	Modèle :	CKL-A-2200 re	
	Locaux desservis :	Auditorium	
	Nombre :	1	
Localisation :		Extérieur	
CTA simple-flux - Restaurant d'entreprise		P	V
	Technologie :	CTA SF soufflage	
	Echangeur :	Echangeur à plaques	
	Débit d'air soufflé :	7800 m3/h	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Sans objet	
Puissance batterie chaude :		42.5 kW	

Equipement de ventilation			
	Année :	2020	
	Marque :	KOMFOVENT	
	Modèle :	Verso S40	
	Locaux desservis :	Restaurant d'entreprise du sous-sol	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Toiture-terrasse	
CTA double-flux - Bureaux du bâtiment Logés		P	V
	Technologie :	CTA DF avec échangeur (absence de caisson de mélange)	
	Echangeur :	Echangeur à plaques	
	Débit d'air soufflé :	2500 m3/h	
	Débit d'air repris :	2100 m3/h	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Année :	2020	
	Marque :	KOMFOVENT	
	Modèle :	Verso v1.5.5	
	Locaux desservis :	Bureaux du bâtiment Logé	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Toiture-terrasse du bâtiment Logé	
CTA double-flux - Bureaux		P	V
	Technologie :	CTA DF avec échangeur (absence de caisson de mélange)	
	Echangeur :	Echangeur rotatif	
	Débit d'air soufflé :	11000 m3/h	
	Débit d'air repris :	8800 m3/h	
	Batterie chaude :	Hydraulique	
	Batterie froide :	Sans objet	
	Puissance batterie chaude :	36.6 kW	
	Année :	2020	
	Marque :	KOMFOVENT	
	Modèle :	Verso PRO	
	Locaux desservis :	Bureaux	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Local CTA	
Extracteur simple-flux - Sanitaires		P	V
	Technologie :	Autoréglable	
	Type :	Haute pression	
	Type de conduit :	Gaine de ventilation	
	Année :	2020	
	Locaux desservis :	Sanitaires	

Equipement de ventilation			
	Nombre :	1	
	Localisation :	Local CTA	
Ventilation naturelle		P	V
	Technologie :	Ventilation par ouverture des fenêtres	NC
	Conduit :	Sans objet	
	Localisation :	Accueil	

Commentaire par équipement	
Extracteur simple-flux Cuisine	-Le caisson d'extraction a été arrêté il y a environ 2 ans lors de la fermeture de la cuisine.

Régulation centrale ventilation			
Horloge simple - CTA DF auditorium		P	V
	Technologie :	Horloge simple	2
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Marque :	Panasonic	
	Locaux desservis :	Auditorium	
	Nombre :	1	
	Localisation : Local technique		
Horloge simple - CTA SF du restaurant d'entreprise		P	V
	Technologie :	Horloge simple	2
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Marque :	KOMFOVENT	
	Locaux desservis :	Restaurant d'entreprise	
	Nombre :	1	
Localisation : Toiture-terrasse			
GTC - Extracteur des sanitaires du bâtiment Logé		P	V

Régulation centrale ventilation			
	Technologie :	GTC	3
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Heure de début confort lundi :	7h	
	Heure de fin confort lundi :	18h	
	Heure de début confort mardi :	7h	
	Heure de fin confort mardi :	18h	
	Heure de début confort mercredi :	7h	
	Heure de fin confort mercredi :	18h	
	Heure de début confort jeudi :	7h	
	Heure de fin confort jeudi :	18h	
	Heure de début confort vendredi :	7h	
	Heure de fin confort vendredi :	18h	
	Heure de début confort samedi :	7h	
	Heure de fin confort samedi :	12h	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Année :	2020	
	Marque :	TREND	
	Modèle :	IQ422	
	Locaux desservis :	Sanitaires	
	Nombre :	1	
Localisation : TD du R+1			2
GTC - Extracteur des sanitaires		P	V
	Technologie :	GTC	3
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Heure de début confort lundi :	7h	
	Heure de fin confort lundi :	16h	
	Heure de début confort mardi :	7h	
	Heure de fin confort mardi :	16h	
	Heure de début confort mercredi :	7h	
	Heure de fin confort mercredi :	16h	
	Heure de début confort jeudi :	7h	
	Heure de fin confort jeudi :	16h	
	Heure de début confort vendredi :	7h	
	Heure de fin confort vendredi :	16h	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Année :	2020	
	Marque :	TREND	
	Modèle :	IQ422	
	Locaux desservis :	Sanitaires	2

Régulation centrale ventilation				
	Nombre :	1		
	Localisation :	Local CTA		
GTC - CTA DF des bureaux du bâtiment Logé		P	V	
	Technologie :	GTC	3	2
	Programmation :	Hebdomadaire		
	Heure de début confort lundi :	6h		
	Heure de fin confort lundi :	18h		
	Heure de début confort mardi :	6h		
	Heure de fin confort mardi :	18h		
	Heure de début confort mercredi :	6h		
	Heure de fin confort mercredi :	18h		
	Heure de début confort jeudi :	6h		
	Heure de fin confort jeudi :	18h		
	Heure de début confort vendredi :	6h		
	Heure de fin confort vendredi :	18h		
	Adéquation de la régulation :	Optimisée		
	Année :	2020		
	Marque :	TREND		
	Modèle :	IQ422		
	Locaux desservis :	Bureaux		
	Nombre :	1		
Localisation :		TD du R+1		
Sans régulation - Accueil		P	V	
	Technologie :	Sans régulation centrale	0	NC
	Programmation :	Sans objet		
	Locaux desservis :	Accueil		
Localisation :		Accueil		
GTC - CTA DF des bureaux		P	V	
	Technologie :	GTC	3	2
	Programmation :	Hebdomadaire		
	Heure de début confort lundi :	6h		
	Heure de fin confort lundi :	18h		
	Heure de début confort mardi :	6h		
	Heure de fin confort mardi :	18h		
	Heure de début confort mercredi :	6h		
	Heure de fin confort mercredi :	18h		
	Heure de début confort jeudi :	6h		
	Heure de fin confort jeudi :	18h		
	Heure de début confort vendredi :	6h		
	Heure de fin confort vendredi :	18h		

Régulation centrale ventilation			
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Année :	2020	
	Marque :	TREND	
	Modèle :	IQ422	
	Locaux desservis :	Bureaux	
	Nombre :	1	
Localisation :		Local CTA	

5.2.6. Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Ballon électrique 200 L - Douches		P	V
	Nombre :	1	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	3 kW	
	Volume :	200 L	
	Technologie :	Peu adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Douches	
Localisation :		Archives au sous-sol	
Ballons électriques 50 L - Vidoir		P	V
	Nombre :	3	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	1.2 kW	
	Volume :	200 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Vidoirs	
Localisation :		Sanitaires	
Commun avec la production de chauffage (chaudière)		P	V
	Nombre :	1	
	Mode de production :	Semi-accumulé	
	Technologie :	Chaudière à condensation	
	Locaux desservis :	Ensemble du site	

Production ECS	
	Localisation : Chauffage

Commentaire par équipement	
Commun avec la production de chauffage (chaudière)	Le départ ECS a été coupé en 2024.

Stockage ECS			
Ballon de stockage		P	V
Absence de photos	Type :	Stockage sur primaire	
	Technologie :	Ballon avec isolation dégradée	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Sous-sol	

Commentaire par équipement	
Ballon de stockage	Le départ ECS alimentait un ballon de stockage équipé d'une résistance d'appoint qui a été déposée.

Auxiliaire ECS			
Pompe ECS		P	V
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe simple	
	Marque :	GRUNDFOS	
	Modèle :	Comfort PM	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Archives du sous-sol	

Distribution ECS			
Réseaux d'ECS		P	V
	Nature :	Multicouche	
	Technologie :	Absence de calorifuge	

Distribution ECS			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Sans objet	
	Localisation :	En locaux chauffés	
	Localisation :	Sous-sol	

5.2.7. Eclairage

Source d'éclairage			
Luminaire LED		P	V
	Technologie :	Luminaire LED	
	Type de luminaire :	Spot	
	Position :	En applique	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Electronique	
	Localisation :	Ensemble du bâtiment	

Pilotage terminal éclairage			
Détection de présence		P	V
	Technologie :	Détection de présence	
	Locaux desservis :	Circulations et sanitaires	
	Localisation :	Circulations et sanitaires	
Interrupteur manuel		P	V
<i>Absence de photos</i>	Technologie :	Interrupteur manuel	
	Locaux desservis :	Ensemble du bâtiment hors sanitaires et circulations	
	Localisation :	Ensemble du bâtiment hors sanitaires et circulations	

Gradation			
Gradation éclairage intérieur		P	V
Absence de photos	Technologie :	Gradateur automatique total	
	Localisation :	Ensemble du site	
		3	2

Commentaire par équipement	
Gradation éclairage intérieur	Les luminaires sont dimmables, leur intensité a la possibilité d'être modulée. Néanmoins, celle-ci n'est pas pilotée (aucune sonde de luminosité ni aucune régulation automatique ne permet de moduler automatiquement l'intensité lumineuse). La nuit, les luminaires des circulations sont constamment allumés à 10% de leur intensité.

5.2.8. Climatisation

Production de froid			
Pompes à chaleur réversibles multisplit		P	V
	Type :	Monosplit	
	Puissance frigorifique totale :	12.5 kW	
	Puissance électrique totale :	4.5 kW	
	Plage de performance :	EER < 3	
	EER nominal :	2.8	
	Fluide frigorigène :	R410A	
	Position :	Terrasse	
	Locaux desservis :	R+1	
	Nombre :	12	
Localisation :		R+1	
		1	1
Unités de climatisation - Local informatique		P	V
	Type :	Monosplit	
	Puissance frigorifique totale :	6 kW	
	Puissance électrique totale :	1.445 kW	
	Plage de performance :	EER >= 3,5	
	EER nominal :	4.2	
	Fluide frigorigène :	R410A	
	Position :	Terrasse	
	Locaux desservis :	Local informatique	
	Marque :	Panasonic	
	Modèle :	U-60PE1E5	
	Nombre :	3	
Localisation :		Toiture-terrasse	
		3	1

Emission de froid			
Cassettes plafonnieres réversibles		P	V
	Locaux desservis :	R+1	
	Energie :	Fluide frigorigène	
		2	2

Emission de froid			
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Position :	Plafonnière	
	Marque :	HITACHI	
	Localisation :	R+1	
Cassettes murales		P	V
	Locaux desservis :	Local informatique du R+1	
	Energie :	Fluide frigorigène	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Position :	Murale	
	Marque :	Panasonic	
	Modèle :	S-60PK1E5	
	Nombre :	3	
Localisation :		Local informatique	
		2	1

Régulation terminale froid			
Régulation terminale		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance programmable	
	Marque :	Hitachi	
	Locaux desservis :	R+1	
	Localisation :	R+1	
		2	2

5.2.9. Autres usages

Autres usages			
Equipements de bureautique		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Ordinateurs, écrans, imprimantes, photocopieuses	
	Durée de fonctionnement :	Période d'ouverture	
		1	NC

Autres usages				
	Localisation : Bureaux			
Serveurs informatiques		P	V	
Absence de photos	Energie :	Electricité	1	NC
	Type d'équipement :	Baie de brassage, serveurs informatiques		
	Durée de fonctionnement :	Permanent		
	Nombre :	1		
	Localisation :		Salle serveur R+1	

5.3. Synthèse état des lieux techniques

Synthèse

Le bâtiment présente une performance thermique moyenne. En effet, les murs sur extérieur du bâtiment existant sont moyennement isolés par l'intérieur et les toitures-terrasses sont peu isolées (hypothèse). Les menuiseries sont récentes et performantes et les planchers bas sont supposés faiblement isolés d'après l'année de construction.

Il est prévu une dépose du parement brique des murs extérieurs qui s'accompagnera d'une réfection des toitures-terrasses et d'une isolation thermique par l'extérieur des murs. Ces interventions sont proposées et le chiffrage est donné à titre indicatif.

La chaufferie a subi une réfection en 2017. La production de chaleur est assurée par une chaudière gaz à condensation performante. L'ensemble des réseaux de chauffage sont isolés et les départs sont alimentés par des circulateurs à débit variable. La production de chaleur est régulée par une GTC installée en 2017 également. La quasi-totalité des radiateurs sont équipés de robinet thermostatique.

Le R+1 est chauffé grâce à des cassettes plafonnieres pilotées par des thermostats programmables et alimentées par des pompes à chaleur réversibles air/air.

Le sous-sol est chauffé par des aérothermes pilotés par des thermostats manuel.

Le remplacement de ces thermostats et des aérothermes sera proposé dans un premier temps. La mise en place d'une énergie renouvelable pour la production de chaleur sera proposée dans un second temps afin de décarboner le site.

Le R+1 est rafraîchi en période estival par les pompes à chaleur réversibles. Ces pompes à chaleurs utilisent différents fluides frigorigènes : la majorité utilisent du R410a et certaines utilisent du R32. **Ces fluides sont concernés par l'interdiction des HFC respectivement à compter de 2025 puis 2030.** Ainsi, il n'est donc pas obligé de déposer ces installations dans l'immédiat mais **ces équipements ne pourront plus être rechargés ou réparés** et en cas de fuite, ceux-ci devront être déposés complètement. Il faut donc prévoir un remplacement éventuel de ces équipements afin de respecter la réglementation en vigueur (ce remplacement ne sera pas chiffré ici).

Le renouvellement d'air du bâtiment est assuré par une ventilation mécanique. Les bureaux de l'ensemble du site sont ventilés par des CTA double-flux équipées d'échangeur de chaleur et de batterie chaude hydraulique. L'extraction se fait dans les circulations et le soufflage dans les bureaux. Le détalonnage des portes semble correct et permet d'assurer un brassage de l'air suffisant.

Le restaurant est ventilé par un CTA de soufflage équipée d'une batterie chaude hydraulique. La cuisine était ventilée par une extraction simple-flux, mais ce caisson est à l'arrêt depuis la fermeture de la cuisine.

Les sanitaires sont ventilés par une extraction simple-flux.

Les deux CTA double-flux et les caissons des sanitaires sont pilotés suivant un programme horaire par la GTC.

Une CTA double-flux assure la ventilation de l'auditorium. Néanmoins, cette CTA semble fonctionner uniquement lors de l'occupation de l'auditorium.

L'éclairage de l'ensemble du site est assuré par des spots LED dimmables pilotés par des interrupteurs dans les bureaux et par une détection de présence dans les circulations et sanitaires. Un pilotage centralisé par zone est possible sur le site mais n'est pas utilisé.

La mise en place d'un sous-comptage par usage permettrait également de mieux identifier les consommations et limiter le risque de dérives énergétiques.

6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE

Ce chapitre présente les résultats de la modélisation thermique et énergétique réalisée dans le cadre de cette étude. Cette modélisation a été réalisée via le logiciel de simulation thermique dynamique Pléiades. La méthodologie est présentée en annexe du présent document.

Les objectifs de ce calcul sont les suivants :

- Construire un modèle énergétique rapproché du réel pour estimer la répartition des flux thermiques (déperditions et transferts de chaleur) et des flux énergétiques (décomposition des consommations) par poste
- Utiliser ce modèle pour estimer les gains énergétiques et économiques envisageables liés aux préconisations d'amélioration (comportement / régulation et travaux)

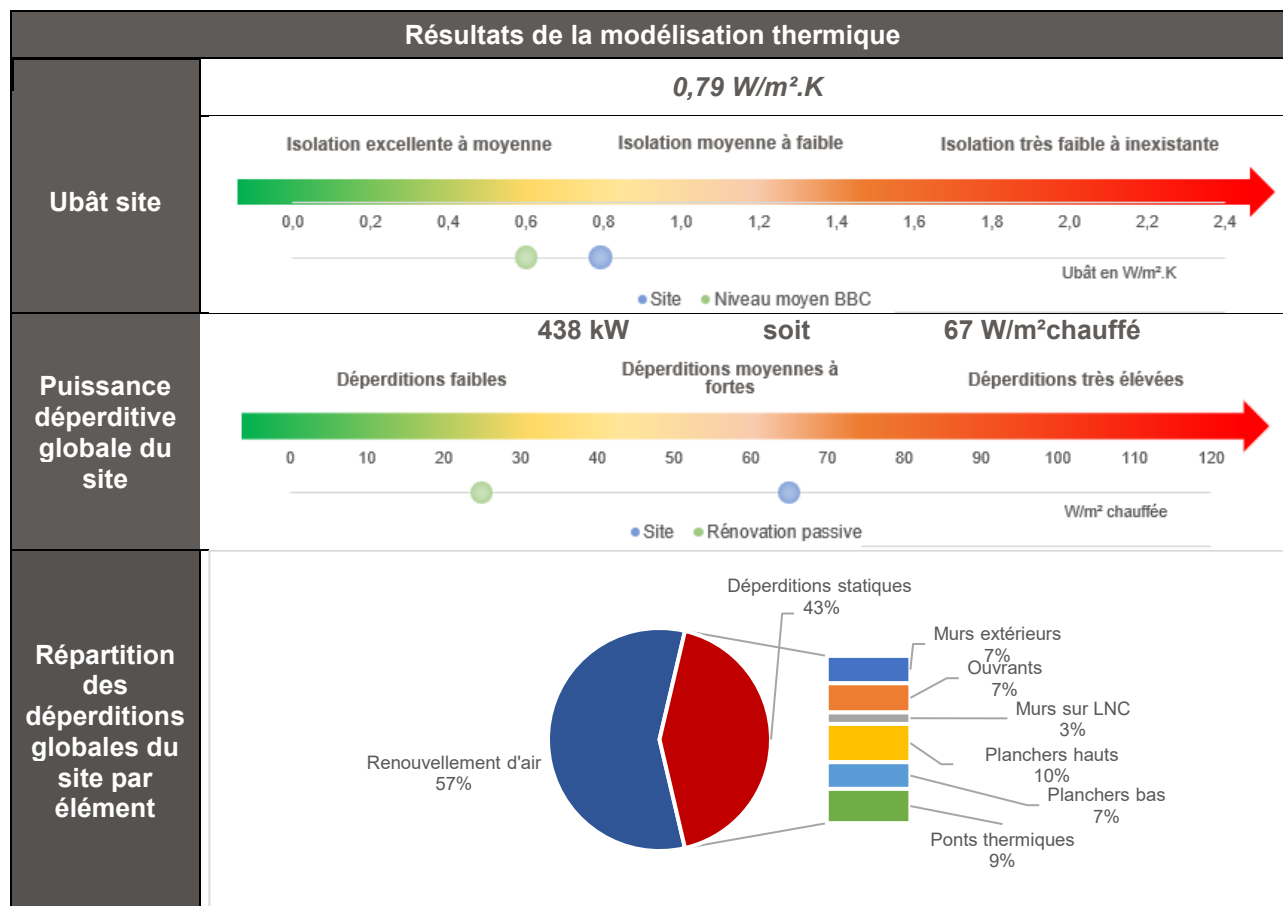
Cette modélisation intègre les caractéristiques techniques (bâti et système) collectées et relevées lors de la visite du site ainsi que l'usage du site décrits dans les précédents chapitres.

6.1. Analyse des déperditions thermiques

Les caractéristiques thermiques de chaque paroi sont décrites dans le chapitre précédent. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques complémentaires prises en compte dans la modélisation thermique :

Caractéristiques thermiques de l'enveloppe		
Surface chauffée	6 500 m ²	La surface chauffée représente 100% de la surface de plancher
Volume chauffé	20 868 m ³	Hauteurs sous plafond standard
Inertie thermique	Forte	Bonne inertie liée aux maçonneries lourdes
Ratio surface vitrée / façade	26%	Le bâti est fortement vitré
Étanchéité à l'air	Bonne	La performance de l'étanchéité à l'air est bonne
T° de chauffage	19 °C	Le calcul de déperdition prend en compte : $\Delta T = T_{\text{chauffage}} - T_{\text{base}}$
T° de base	-10 °C	

Le tableau ci-dessous présente les résultats du calcul thermique effectué :



Eléments d'explication et d'analyse

La performance thermique globale du bâtiment est moyenne, l'ensemble des parois est isolé mais les murs et toitures-terrasses sont peu isolées. Néanmoins, les menuiseries sont performantes.

En regardant dans le détail les postes déperditifs, la priorité devra être mise sur les planchers hauts et les murs. Les planchers bas représentent une part importante des déperditions, mais l'inaccessibilité du vide-sanitaire empêche l'isolation de celui-ci.

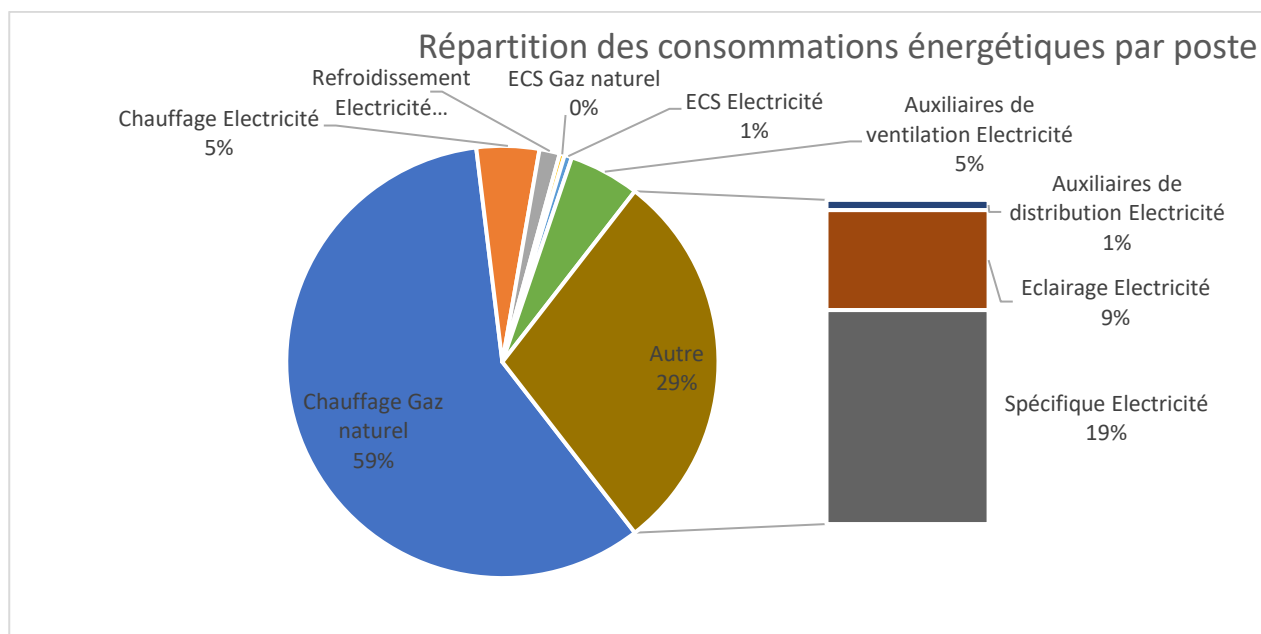
6.2 Analyse des consommations énergétiques simulées

Ce modèle a été calibré par rapport aux consommations de 2024 pour refléter l'état initial (avec un écart maximal admissible de $\pm 5\%$ par rapport aux consommations réelles corrigées du climat).

Le coût de l'énergie pris en compte pour la suite de l'étude est de 0159 €TTC /kWhPCS pour le gaz et 0,30 €TTC /KWh pour l'électricité. Ces coûts correspondent aux coûts classiques pour ces fluides.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des consommations énergétiques modélisées :

Résultats de la modélisation énergétique : répartition des consommations par poste					
Usage	Energie	kWh EF/PCI	kWh EF/PCI/m²SDP	kg CO ₂	€TTC
Chauffage	Gaz naturel	462 685	71	105 029	77 114
Chauffage	Electricité	36 542	6	2 887	10 962
Refroidissement	Electricité	12 079	2	773	3 624
ECS	Gaz naturel	2 948	0,5	669	491
ECS	Electricité	4 444	1	289	1 333
Auxiliaires de ventilation	Electricité	41 720	6	2 670	12 516
Auxiliaires de distribution	Electricité	7 205	1	461	2 161
Eclairage	Electricité	70 566	11	4 869	21 170
Spécifique	Electricité	151 037	23	9 666	45 311
TOTAL		789 224	121	127 314	174 683



Eléments d'explication et d'analyse

La part la plus importante de consommations est liée au chauffage (en particulier au chauffage gaz mais aussi par le chauffage électrique des pompes à chaleur).

Dès lors, une reprise de l'isolation de certaines parois ainsi que le changement des systèmes de production et d'émission seront préconisés (ITE, réfection des toitures, installation de pompes à chaleur).

La mise en place d'une gradation de l'éclairage sera envisagée afin de réduire les consommations associées.

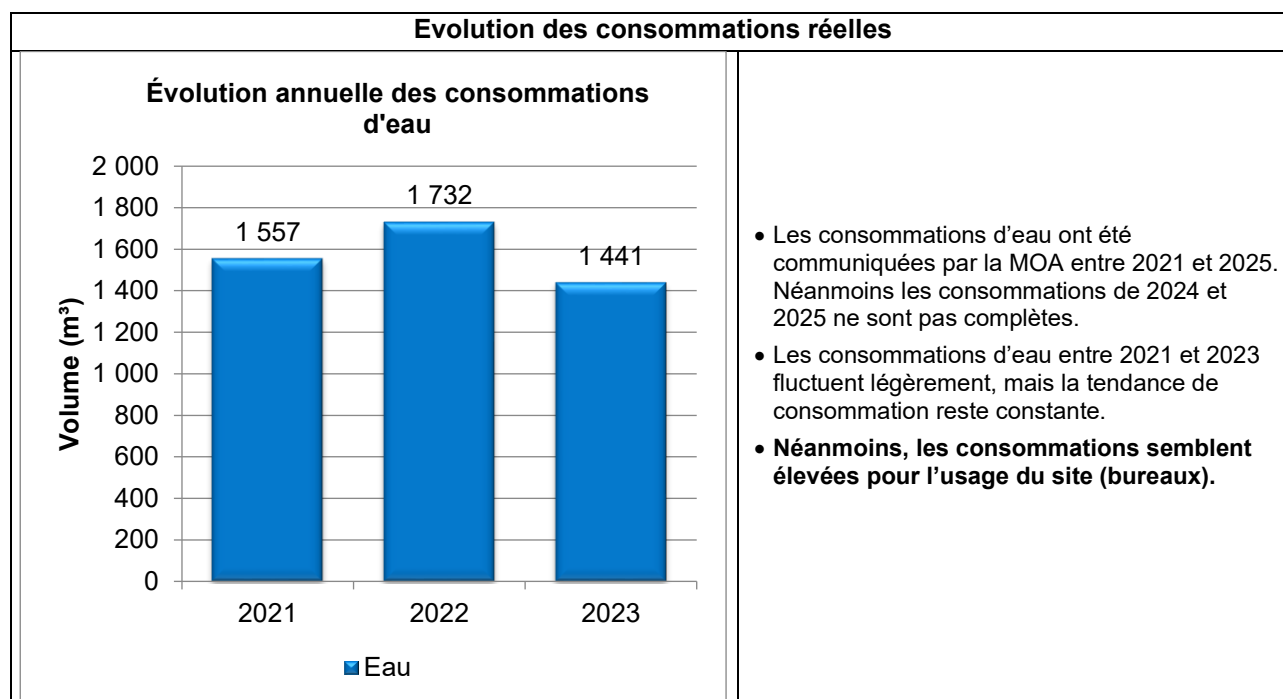
Enfin, la mise en place d'une coupure centralisée pourra être envisagée afin de réduire les consommations de la bureautique.

7. ANALYSE DES CONSOMMATIONS D'EAU

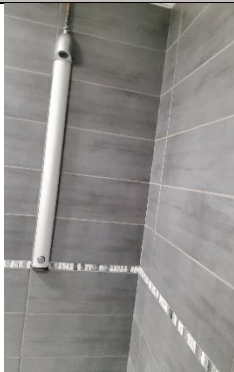
Les chapitres suivants permettront de recenser plus en détail les consommations du site, les origines des consommations d'eau et évaluer des pistes d'améliorations et de réductions des consommations.

7.1. Analyse des consommations

Désignation	Année			Moyenne classique
	2021	2022	2023	
Consommations d'eau (m³)	1 557	1 732	1 441	1 577
Consommation (m³/personne)	11,1	12,4	10,3	11
Dépenses (€ TTC)	6 668	7 454	7 386	7 169
Dépenses (€ TTC/m³)	4,3	4,3	5,1	4,6



7.2. Analyse des équipements et des usages liés à l'utilisation de l'eau

Caractéristiques de l'usage en eau :			
Lavabo - sanitaires		P	V
	Type de robinetterie : Détection + mitigeur	3	3
	Localisation : sanitaires		
Douche		P	V
	Type de robinetterie : Simple bouton poussoir	2	2
	Localisation : Vestiaires		
WC		P	V
	Type de toilette : Cuvette avec chasse d'eau double chasse	3	2
	Type de chasse : Double bouton		
	Réservoir : Présence d'un réservoir (6/12L)		
	Localisation : Sanitaires		

Commentaire par équipement

Les équipements sanitaires sont globalement en bon état.

7.3. Proposition d'interventions

Afin de limiter les consommations de l'eau sur le site, plusieurs types d'interventions sont proposés, en termes de gestion et d'amélioration de la performance des équipements existants.

- Les interventions liées à la gestion de l'eau :
 - Mise en place d'un suivi des consommations.
 - Mise en place d'une sensibilisation auprès des usagers.
-

L'investissement financier et le gain associé à chaque intervention est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Interventions	Equipement	Gain estimé (%)
Mise en place de systèmes 3/6L permettant de réduire la capacité de la chasse d'eau des toilettes et offrent le choix entre deux types de chasse	WC	50%
Mise en place d'éco plaquettes limitant le volume d'eau contenu dans la chasse d'eau et évitant le changement du système de chasse d'eau	WC	40%
Modification de la temporisation des boutons poussoirs de type "Presto" sur les douches	Douches	30%
Mise en place d'aérateurs sur les lavabos	Lavabos	30%
Installation de mousseurs sur les robinets des lavabos	Lavabos	30%

8. ETUDE DE CONFORT ESTIVAL

8.1. Contexte de la mission d'étude de confort

8.1.1. Objectif de la simulation thermique dynamique

De manière générale les objectifs de la simulation thermique dynamique peuvent être :

- > d'analyser les températures du bâtiment et par zone,
- > d'analyser le confort thermique des occupants,
- > d'analyser le comportement thermique du bâtiment,
- > d'analyser les besoins et consommations énergétiques,
- > d'analyser la sensibilité et l'incertitude de paramètres d'influence,
- > d'identifier les opportunités d'améliorations techniques.

Dans le cas des présentes STD Confort l'objectif se limitent à analyser le confort thermique des occupants au travers de l'analyse des températures estivales intérieures.

8.1.2. Outil de simulation

La simulation thermique dynamique est réalisée avec le logiciel Pleiades-Comfie. Le moteur de calcul est développé par le centre d'efficacité énergétique des systèmes de Mines ParisTech, et a été validé expérimentalement (plateforme INCAS, cellule PASSYS).

8.1.3. Données météorologiques

Les données climatiques exercent une influence déterminante sur les transferts thermiques et par conséquent sur le bilan énergétique du projet concerné. Les variables prises en compte dans notre méthode de calcul sont :

- > Températures horaires
- > Hauteur du soleil
- > Azimut du soleil
- > Rayonnement horaire global horizontal
- > Rayonnement horaire diffus
- > Humidité relative
- > Vitesse du vent
- > Direction du vent

Le fichier météo est issu du Pack Météonorm et est de type « RCP4.5 200 » qui correspond au climat le plus probable pour 200 selon les projections du GIEC. La station météo de rattachement pour les calculs STD est celle de Lille-Lesquin. Les fichiers météo qui sont intégrés aux logiciels sont non modifiables

8.2. Modélisation du bâtiment et usage

8.2.1. Représentation 3D

L'outil de simulation numérique Pléiades permet une représentation graphique du bâtiment d'étude. Celle-ci n'a pas de vocation architecturale ou esthétique.



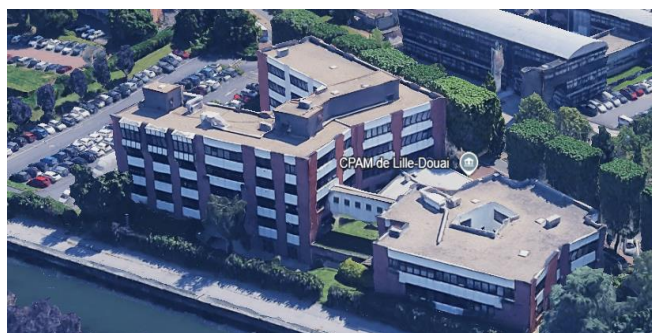
Vue Pléiades Est



Vue Google Maps Est



Vue Pléiades Nord-Est



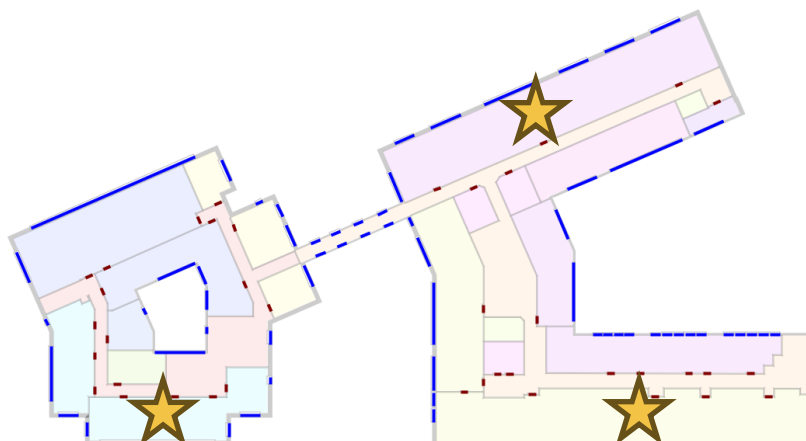
Vue Google Maps Ouest

Visualisation du modèle 3D et adéquations avec les vues satellites selon 2 orientations

8.2.2. Zonage thermique

Dans le cadre de cette STD Confort, l'ensemble du bâtiment est modélisé, néanmoins seulement quelques pièces à occupation continue sont étudiées en détails (pièces représentatives ou les plus défavorables en termes de confort estival).

Pièces étudiées spécifiquement	Equivalence pour les pièces non étudiées
R+2 – Open-space côté rue	Ensemble des open-space et bureaux côtés rue du bâtiment de droite
R+2 – Open-space côté canal	Ensemble des open-space et bureaux côtés canal du bâtiment de droite
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé	Ensemble des bureaux côté rue du bâtiment logé



8.2.3. Chauffage

L'étude de STD porte sur le confort hygrothermique d'été des usagers. Le système de chauffage est alors hors périmètre d'analyse.

8.2.4. Climatisation

Le R+1 est rafraîchi par des cassettes plafonniers réversibles. Néanmoins, afin de mettre en évidence l'impact des différents travaux proposés, ce rafraîchissement est supprimé dans l'étude de confort.

8.2.5. Renouvellement d'air mécanique

Zones	Ventilation	Planning
R+2 – Open-space côté rue	Ventilation double-flux avec échangeur de chaleur	6h-18h
R+2 – Open-space côté canal	Ventilation double-flux avec échangeur de chaleur	6h-18h
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé	Ventilation double-flux avec échangeur de chaleur	6h-18h

8.2.6. Etanchéité à l'air

La perméabilité à l'air d'une construction caractérise la quantité d'air qui entre ou sort de manière parasite par les défauts d'étanchéité de son enveloppe. Elle se quantifie par la valeur du débit de fuite traversant l'enveloppe sous un écart de pression donné, en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ sous 4 Pa.

En l'absence de mesures précises, l'étanchéité à l'air pour l'état existant a été prise par défaut à **$2,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ sous 4 Pa**. Cette valeur élevée s'explique notamment par l'absence de joints d'étanchéités sur le contour des menuiseries.

8.2.7. Occupation

Les apports liés aux occupants sont estimés à 80 W/occupant (chaleur sensible uniquement).

Zones	Planning hebdomadaire
R+2 – Open-space côté rue	20 personnes dans l'open-space
R+2 – Open-space côté canal	20 personnes dans l'open-space
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé	1 à 2 occupants par bureau

8.2.8. Eclairage artificiel

Les systèmes d'éclairage présents sur site sont variés et dépendent des locaux.

Zones	Eclairage	Planning
R+2 – Open-space côté rue	Tubes fluorescents LED Soit environ 6 W/m²	500 Lux en période d'occupation 0 Lux sinon
R+2 – Open-space côté canal	Tubes fluorescents LED Soit environ 6 W/m²	500 Lux en période d'occupation 0 Lux sinon
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé	Tubes fluorescents LED Soit environ 6 W/m²	500 Lux en période d'occupation 0 Lux sinon

8.2.9. Equipements spécifiques

Les équipements dits « spécifiques » sont les appareils ne fonctionnant qu'à l'électricité. Ils comprennent les ordinateurs, écrans, frigidaires, micro-ondes et divers matériels branchés sur les prises de courant.

Zones	Equipements spécifiques	Planning
R+2 – Open-space côté rue	Un poste de travail (ordinateur + 2 ^{ème} écran) par occupant	13 W/m² en occupation 8 W/m² en veille 1,6 W/m² en inoccupation
R+2 – Open-space côté canal	Un poste de travail (ordinateur + 2 ^{ème} écran) par occupant	13 W/m² en occupation 8 W/m² en veille 1,6 W/m² en inoccupation
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé	Un poste de travail (ordinateur + 2 ^{ème} écran) par occupant	10 W/m² en occupation 5 W/m² en veille 1,6 W/m² en inoccupation)

8.2.10. Parois vitrées

Type	Composition	Performance
R+2 – Open-space côté rue	Double vitrage 4/16/4	$U_w = 1,3$
R+2 – Open-space côté canal		$S_w = 0,55$
R+1 – Bureaux côté rue du bâtiment logé		$TL_w = 0,6$

8.2.11. Aérations et occultations

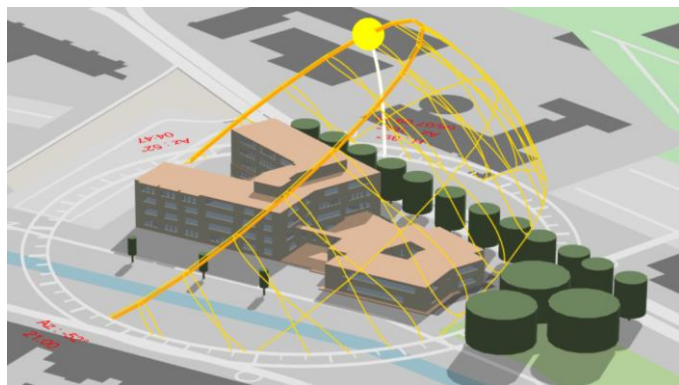
Les menuiseries sont équipées de stores extérieures semi-opaques. Ils sont fermés constamment en période d'occupation estivale.

Les menuiseries peuvent s'ouvrir en mode oscillo-battant uniquement. Une aération est réalisée en période estivale dès l'arrivée des occupants le matin.

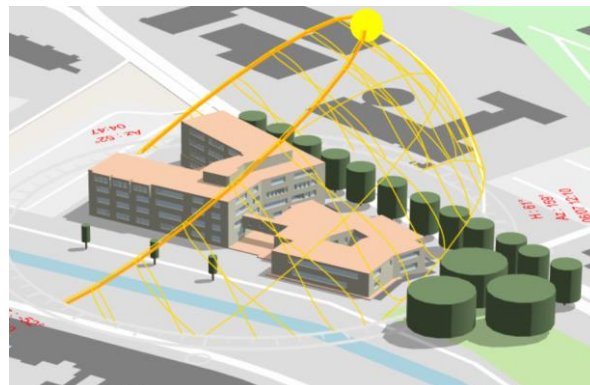
8.3. Simulations et résultats

8.3.1. Analyse des ombres portées

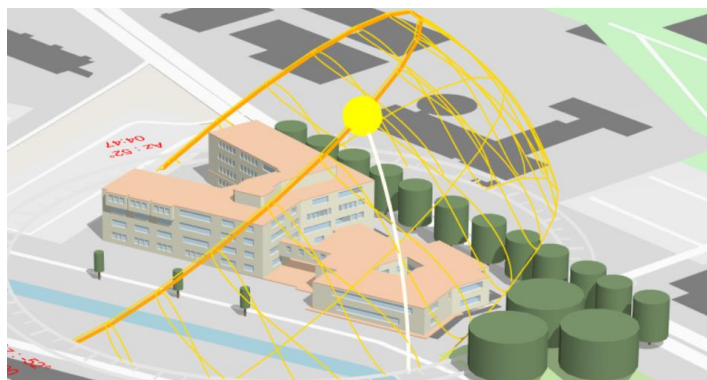
Les représentations 3D permettent d'apprécier l'évolution des ombres portées en juillet



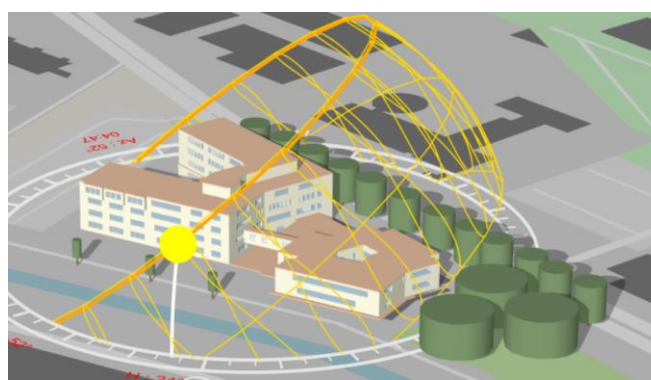
Représentation à 9h



Représentation à 12h



Représentation à 15h

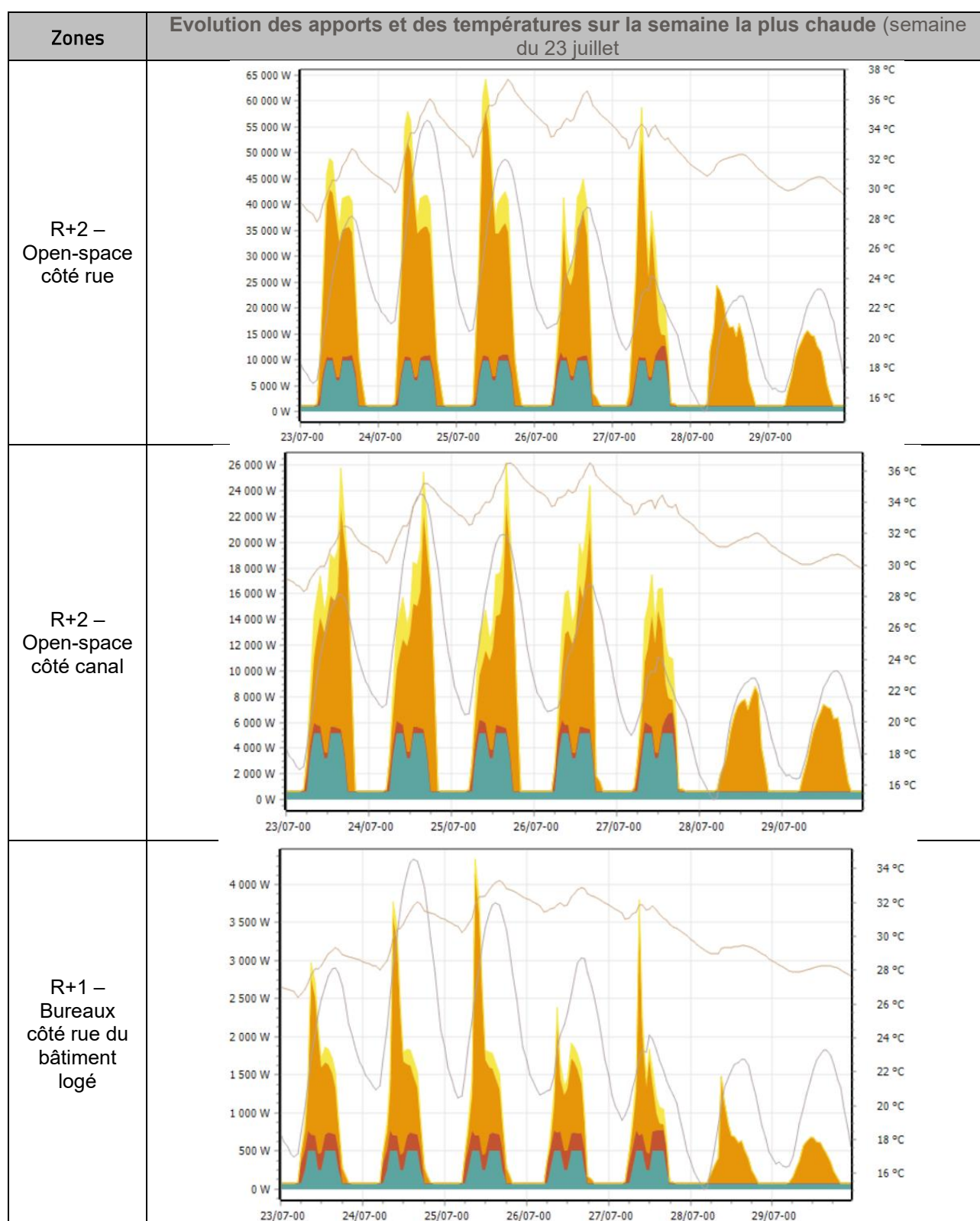


Représentation à 18h

8.3.2. Bilan des apports thermiques

Les apports thermiques d'un bâtiment peuvent être classés en 4 catégories : Solaires, Eclairage artificiel, Puissances dissipées et Occupation. Les graphiques ci-dessous présentent la répartition des apports de chaleur par catégorie et les températures extérieures et opératives, sur la semaine la plus chaude.





Ces graphiques sont cumulatifs : la part de l'éclairage artificiel est ajoutée à celle de la puissance dissipée (visuellement positionnée au-dessus), la part des apports solaires est sommée à la somme des deux parts précédentes et la part de l'occupation est sommée à la somme des trois parts précédentes.

Commentaires :

- > Dans l'ensemble des zones étudiées, les apports solaires sont la source majoritaire d'apports internes et ce malgré la présence de store semi-opaque. On remarque d'ailleurs le moment dans la journée où les apports solaires sont les plus importants pour chaque orientation.
- > Enfin, l'éclairage artificiel participe à l'augmentation de chaleur au sein des locaux, mais demeure faible, tout comme les apports gratuits des équipements spécifiques.
- > On remarque enfin une difficulté à éliminer la chaleur la nuit et le week-end avec une température intérieure qui diminue très peu malgré les fluctuations de la température extérieure.
- >

8.3.3. Indicateurs du confort estival

L'analyse du confort estival se réalise selon deux indicateurs :

- > Le nombre d'heures d'inconfort où la température intérieure opérative dépasse les 28 °C en période d'occupation.
- > La température maximale atteinte sur la simulation annuelle.
- > Le pourcentage de temps où la température intérieure opérative dépasse les 28 °C en période d'occupation. On considère que ce taux d'inconfort est très satisfaisant lorsque le pourcentage est inférieur à 2 %.

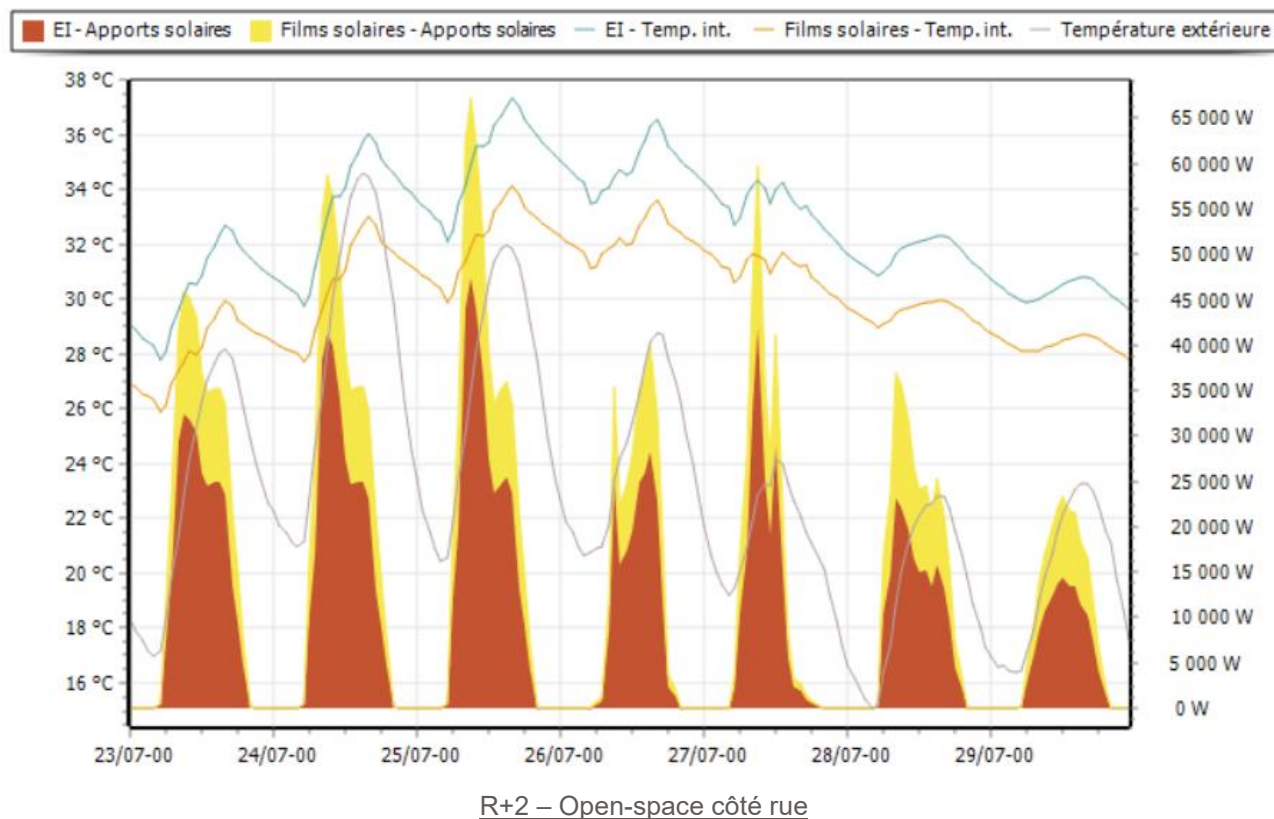
8.4. Interventions et scénarios

8.4.1. Intervention 1 : Mise en place de films solaires

Estimation du coût			
Mise en place de films solaires	111 800 €HT		
Avantages :	Inconvénients :		
> Diminution des apports solaires > Faible investissement > Transparence possible et donc non-modification de l'esthétique du bâtiment > Mise en œuvre facilement réalisable en site occupé	> Diminution des apports solaires en période froide qui entraîne une augmentation des consommations de chauffage et d'éclairage > Durée de vie limitée (environ 5 ans)		
<u>Mise en œuvre :</u> > Mise en place d'une nacelle permettant l'installation des films > Nettoyage et séchage du vitrage avant la pose > Pose de films solaires côté extérieur des menuiseries (Est, Sud et Ouest) > Eviter la pose en cas de vent ou de pluie.			
<u>Performances :</u> > Transmission thermique (Uw) non modifiée. > Le facteur solaire (Sw) et la transmission lumineuse (TLw) sont dépendants l'un de l'autre. > La performance est dépendante de la teinte et de l'aspect désirés. Le tableau ci-dessous présente des exemples de performances pour quelques types de films solaires :			
Teinte / Aspect	Réduction du facteur solaire (Sw)	Réduction de l'éblouissement (non modélisable)	Réduction de la transmission lumineuse (TLw)
Argent très foncé	87 %	96 %	95 %
Argent clair	64 %	64 %	56 %
Transparent	45 %	30 %	30 %
Bleu	68 %	86 %	88 %

Dans le cadre de l'intervention proposée, un film transparent est mis en œuvre, et ce afin de ne pas affecter l'architecture du bâtiment, bien que ceux-ci soient moins performants. Les menuiseries ont alors les performances suivantes :

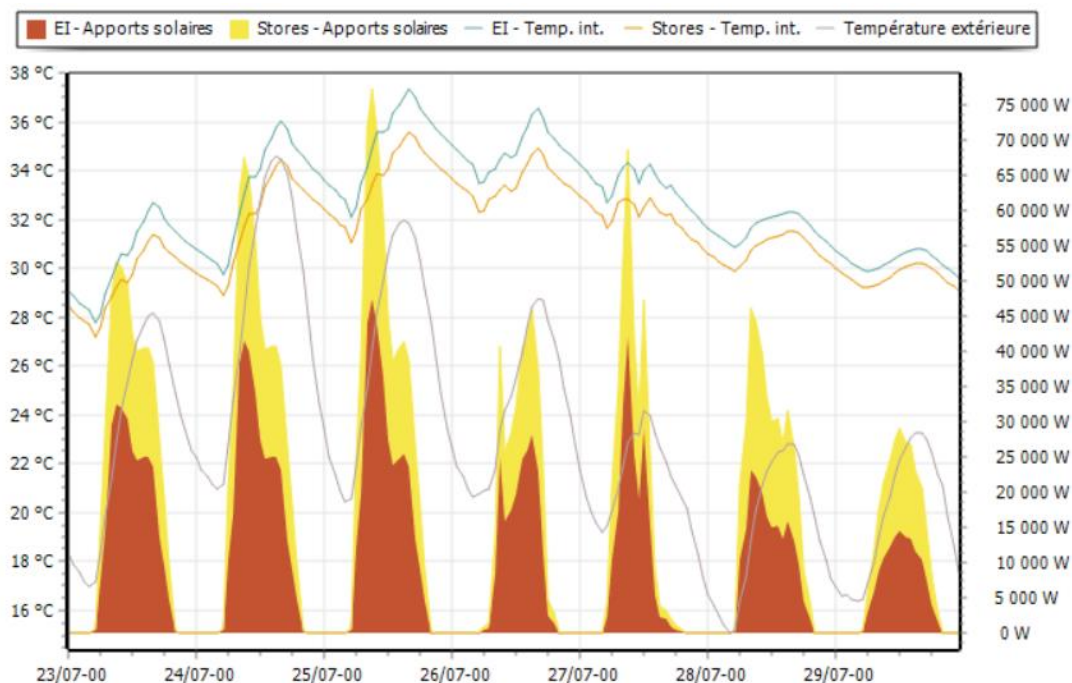
> Sw = 0.33 : TLw = 0.48



On remarque que les apports solaires ont significativement diminué avec l'installation des films solaires, ce qui a pour effet de réduire les températures intérieures de plus de 2°C sur la période la plus chaude.

8.4.2. Intervention 2 : Mise en place de stores extérieurs opaques

Mise en place de stores extérieurs opaques	Estimation du coût
	258 000 €HT
<u>Avantages :</u>	<u>Inconvénients :</u>
> Adaptabilité des occupants > Faible investissement	> Pérennité limitée
Détail : L'intervention propose la mise en place de stores extérieurs opaques. Le dispositif se devra d'être associé à un capteur de luminosité afin de permettre d'abaisser le store dès qu'un certain seuil est atteint. Il est également possible de relier le store à la GTC afin d'assurer une gestion pilotée. Performance : > Le taux d'occultation (sur facteur solaire et transmission lumineuse) de la verrière est estimé à 60% pendant la journée. Ce taux est revu à la hausse (80%) pendant les weekends. Nota : > Il est recommandé d'installer les toiles à une distance supérieure à 10 cm du vitrage pour une meilleure performance. > Les toiles sombres sont plus efficaces que les toiles claires.	

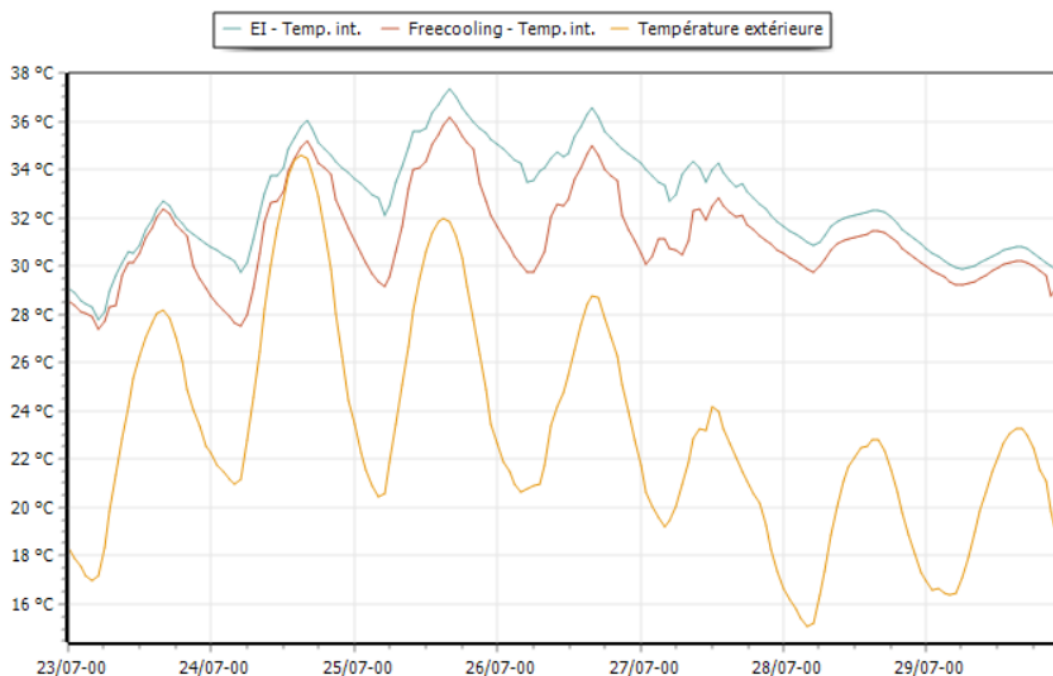


R+2 – Open-space côté rue

Les apports solaires ont diminué dans une moindre mesure qu'avec l'installation des films solaires.

8.4.3. Intervention 3 : Mise en place d'une sur ventilation nocturne (freecooling)

Mise en place d'une sur-ventilation nocturne (freecooling)	Estimation du coût -
<u>Avantages :</u> > Permet d'évacuer la chaleur accumulée en journée en apportant de l'air frais extérieur	<u>Inconvénients :</u> > Augmente les consommations électriques des moteurs de soufflage et d'extraction en période d'inoccupation
<u>Détail :</u> > Cette intervention ne nécessite pas de travaux lourds. Le site dispose déjà de sondes de température extérieure et sur air soufflé/air repris. Ainsi, soit une programmation par horloge peut être implémentée, soit une programmation plus fine sur la GTC peut être programmée en fonction des températures extérieure et intérieure.	

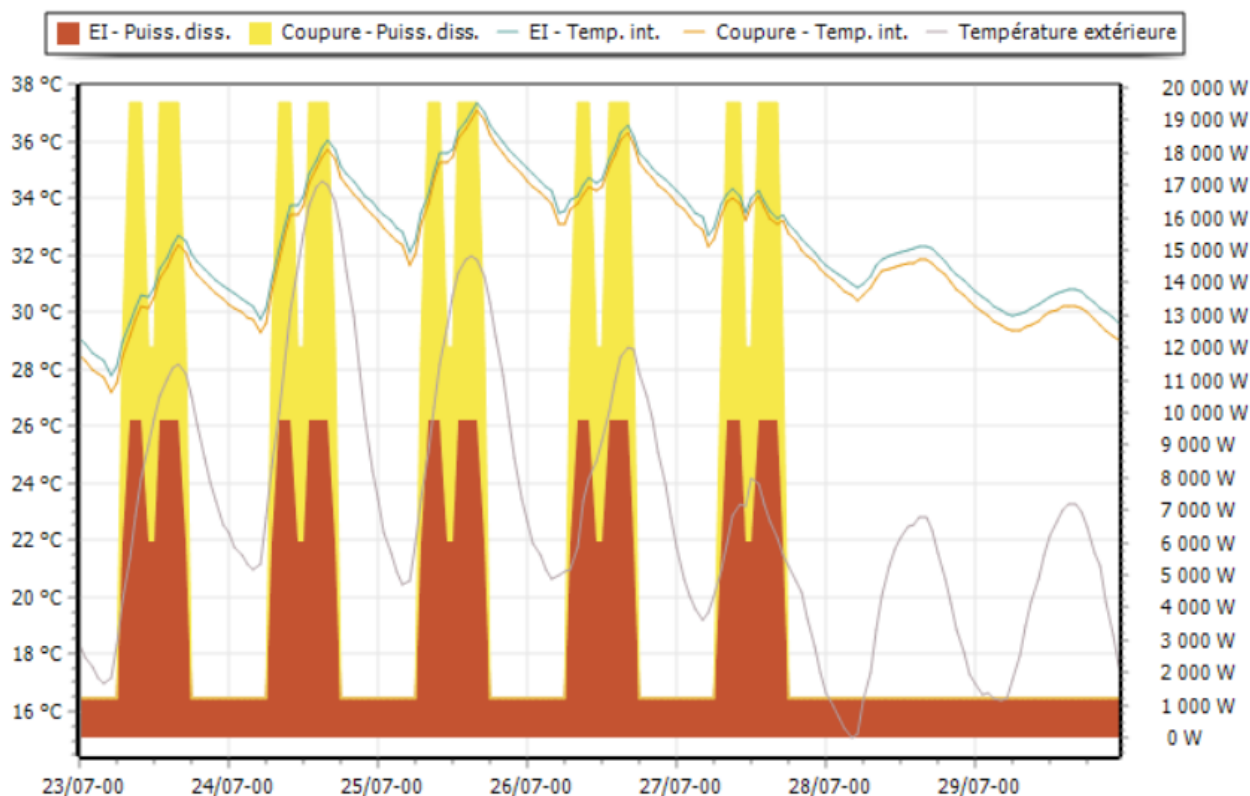


R+2 – Open-space côté rue

On remarque une diminution de la température plus importante en inoccupation lorsque le freecooling fonctionne. Néanmoins, la chute de température ne permet pas de passer sous la barre des 28°C.

8.4.4. Intervention 4 : Coupure centralisée de la bureautique

Coupure centralisée de la bureautique	Estimation du coût
	Inclus dans l'audit énergétique
Avantages :	Inconvénients :
> Réduit les apports internes en période d'inoccupation. > Réduit la température intérieure en période d'inoccupation	> Nécessite de réaliser des adaptations des équipements électriques
<u>Détail :</u> > Cette intervention est détaillée dans l'audit énergétique.	



R+2 – Open-space côté rue

La réduction des apports internes par la puissance dissipée en période d'inoccupation permet d'évacuer la chaleur plus rapidement sur cette période, mais l'impact est relativement faible.

8.4.5. Interventions 5 et 6 : Impact de l'isolation thermique (ITE et toitures-terrasses)

Impact de l'isolation thermique	<u>Estimation du coût</u>	
	Inclus dans l'audit énergétique	
<u>Avantages :</u>		<u>Inconvénients :</u>
> Améliore le confort thermique hivernal.		> Augmente l'isolation et l'inertie thermique du bâti et n'évacue pas rapidement la chaleur accumulée en journée.
<u>Détail :</u> Cette intervention est détaillée dans l'audit énergétique.		

8.4.6. Scénarios

Les interventions seront regroupées en 2 scénarios :

- Le scénario 1 regroupera la mise en place de films solaires, de stores opaques ainsi que la programmation d'une sur-ventilation nocturne (freecooling) et d'une coupure centralisée de la bureautique.
- Le scénario 2 ajoutera l'impact de la reprise de l'isolation des murs et de la toiture.

8.5. Conclusion de l'étude de confort

Nombre d'heures d'occupation au-dessus de 28 °C	Etat initial	Films solaires	Store opaques	Freecooling	Coupure centralisée	ITE	TT	Scénario 1	Scénario 2
R+2 – Open-space sur rue	699	395	587	687	637	751	715	227	199
R+2 – Open-space sur canal	641	382	545	625	536	700	659	214	205
R+1 - Bureau sur rue du bâtiment logé	350	97	225	299	321	366	351	42	21

Taux d'inconfort	Etat initial	Films solaires	Store opaques	Freecooling	Coupure centralisée	ITE	TT	Scénario 1	Scénario 2
R+2 – Open-space sur rue	24%	14%	21%	24%	22%	26%	25%	8%	7%
R+2 – Open-space sur canal	22%	13%	19%	22%	19%	24%	23%	7%	7%
R+1 - Bureau sur rue du bâtiment logé	12%	3%	8%	10%	11%	13%	12%	1%	1%

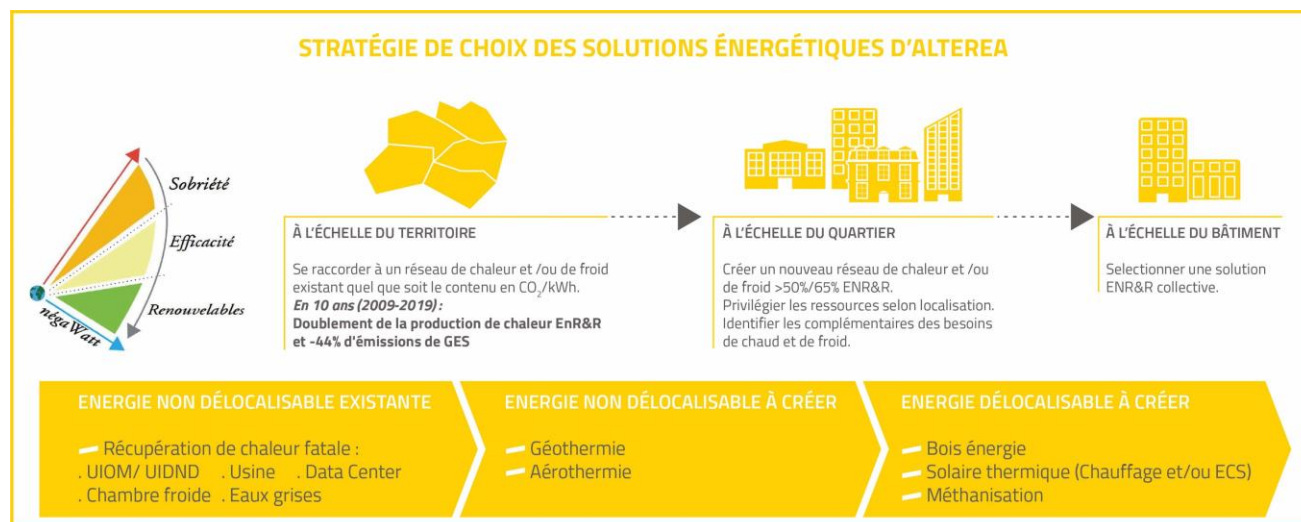
Température maximale [°C]	Etat initial	Films solaires	Store opaques	Freecooling	Coupure centralisée	ITE	TT	Scénario 1	Scénario 2
R+2 – Open-space sur rue	37,3	34,1	35,6	36,2	37,1	37,3	36,1	32,4	31,1
R+2 – Open-space sur canal	36,5	33,6	35,1	35,3	36,8	36,5	35,8	31,9	31,0
R+1 - Bureau sur rue du bâtiment logé	34,7	32,3	33,3	34,3	34,6	34,6	34,3	30,7	29,4

On remarque que l'intervention la plus impactante consiste à mettre en place des films solaires afin de réduire les apports solaires. De plus, la mise en place d'une meilleure isolation couplée à l'évacuation de la chaleur accumulée par le freecooling permet d'améliorer le confort au cours de l'année.

Pour rappel, un taux d'inconfort considéré comme très satisfaisant est inférieur à 2%. Ici, bien que le taux d'inconfort soit satisfaisant, le scénario 2 ne permet pas de passer sous les 2% pour les open-space du bâtiment de droite.

9. OPPORTUNITÉ D'INTÉGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE

La philosophie générale de mise en place d'énergies renouvelables, promue par ALTEREA, s'appuie sur la démarche Négawatt, telle que décrite avec l'infographie suivante :



Ainsi, à l'échelle d'un bâtiment, le choix d'une énergie renouvelable se priorise comme suit :

- Énergie non délocalisable existante, avec récupération de chaleur fatale d'usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), data center, usine, eaux grises, etc
- Énergie non délocalisable à créer : géothermie et aérothermie
- Énergie délocalisable à créer : biomasse, solaire thermique et méthanisation

Par ailleurs, le décret n°2022-666 du 26/04/2022 relatif au classement des réseaux de chaleur et de froid rend obligatoire le raccordement à un RCU classé (la quasi-totalité des RCU sont classés), pour les bâtiments situés à moins de 60 mètres du réseau existant ou de sa zone de développement prioritaire, en cas de remplacement d'un système de chauffage collectif.

Dans le cadre du présent audit énergétique, l'opportunité de mise en place d'énergies renouvelables est étudiée en première approche sommaire. Les conclusions sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Evaluation du potentiel EnR	
Biomasse	
Capacité de livraison	Envisageable
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface disponible pour le silo	Oui
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Modéré
Commentaires	L'installation d'une chaudière biomasse nécessite la création d'une nouvelle chaufferie au RdC afin de pouvoir installer le silo.
Réseau de Chaleur Urbain	
Proximité d'un réseau existant	Non
Site situé dans une zone de développement prioritaire (ZDP)	-
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la sous-station	Oui
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Aucun réseau de chaleur ne passe à proximité du site.
Géothermie (PAC)	
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface disponible au sol	Oui
Adéquation du régime basse température	Bâti moyennement isolé
Potentiel	Fort
Commentaires	Le potentiel géothermique sur nappe est fort, néanmoins la zone est non éligible à la GMI.
Aérothermie (PAC)	
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface extérieure disponible (sol, toiture)	Oui
Zone climatique favorable	Oui
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Potentiel	Fort
Commentaires	La zone climatique est favorable pour la mise en place de cette solution. Elle sera donc étudiée.

Evaluation du potentiel EnR	
Solaire thermique	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Besoin d'ECS en période estivale	Faible
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Les besoins du bâtiment en eau chaude sanitaire sont faibles. Cette solution n'est pas envisageable.
Solaire photovoltaïque	
Type de toiture/de pan envisagé	Toiture-terrasse
Orientation de la toiture/du pan envisagé	Sud-Est
Inclinaison de la toiture/du pan envisagé	0°
Masques solaires	Faible
Surface de captage disponible	125 m²
Puissance associée à la surface de captage	26 kWc
Potentiel	Fort
Commentaires	La toiture-terrasse orientée vers la rue dispose d'une surface importante pouvant accueillir des panneaux photovoltaïques.
Eolien	
Potentiel	Inexistant
Commentaires	L'environnement urbain ne permet pas la mise en place d'une éolienne.
Récupération de chaleur sur Eaux grises	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Présence d'un stockage ECS	Oui
Type de captage du système	-
Etat des appareils sanitaires (douches/baignoires)	-
Potentiel	Faible
Commentaires	Les besoins ECS sont trop faibles pour envisager cette solution.
Récupération de chaleur sur groupe froid	
Présence d'une chambre froide au sein du bâtiment	Non
Zone d'implantation de la production de froid accessible	-
Surface disponible à proximité de la production de froid	-
Etat de la production de froid	-
Adéquation au besoin	-
Potentiel	Inexistant

Evaluation du potentiel EnR	
Commentaires	Il n'y a pas de chambre froide dans le bâtiment.

Nota : Ces éléments de premier niveau seront à confirmer et consolider par des études complémentaires, à réaliser en amont de l'installation d'une unité de production ENR. Elles viendront préciser les hypothèses, dimensionner les installations et fiabiliser les coûts de travaux.

10. PRECONISATIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES

Les préconisations d'amélioration des performances énergétiques et thermiques visent dans un cadre général plusieurs finalités :

- Assurer la conformité et la pérennité du bâtiment
- Améliorer le confort des occupants
- Optimiser le fonctionnement des équipements
- Réduire les consommations d'énergie
- Mettre en place une solution d'énergie renouvelable

Les préconisations proposées pour le site étudié sont présentées dans le tableau ci-après, de manière synthétique. Des indicateurs énergétiques et économiques sont associés à chacune d'entre elles (gains sur les consommations, économies sur les dépenses d'énergie, ...). Le scénario de travaux auquel est rattaché chaque intervention est également indiqué.

Elles font par ailleurs l'objet d'une description plus détaillée, notamment concernant les caractéristiques techniques et les points de vigilance pour la mise en œuvre des matériaux / équipements. Ces fiches préconisations sont présentées en annexe de ce rapport.

Les préconisations sont classifiées en 6 catégories :

ACTIONS REGLEMENTAIRES
ACTIONS URGENTES
ACTIONS DE PILOTAGE
TRAVAUX SUR LE BATI
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES
ENERGIES RENOUVELABLES

Les « **ACTIONS REGLEMENTAIRES** » visent la mise en conformité du bâtiment d'un point de vue réglementaire, par exemple la mise en place de garde-corps en toiture. Elles n'impactent pas les conclusions de l'étude sur ces aspects thermiques/énergétiques.

Les « **ACTIONS URGENTES** » concernent des interventions à réaliser à très court terme pour maintenir le bâti dans un contexte d'utilisation correct (par exemple le remplacement d'une chaudière ne fonctionnant plus), ou encore des préconisations à très faible temps de retour sur investissement (optimisation des équipements de régulation pour réduire la température de consigne, par exemple).

Les « **ACTIONS DE PILOTAGE** » portent sur l'entretien des systèmes énergétiques et de équipements de ventilation : optimisation et pilotage des systèmes, nettoyage des bouches de ventilation, remplacement des filtres, etc.

Les « **TRAVAUX SUR LE BATI** » comprennent les interventions sur l'enveloppe du bâtiment (parois opaques et vitrées : isolation des murs ou de la toiture, remplacement des menuiseries, ...)

Les « **TRAVAUX SUR LES SYSTEMES** » pointent les préconisations relatives aux systèmes de chauffage, ventilation, éclairage, ...

Les « **ENERGIES RENOUVELABLES** » concernent la production ENR : géothermie, biomasse, solaire thermique ou photovoltaïque, ...

			INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE				INDICATEURS ECONOMIQUES			INDICATEURS FINANCIERS	SCENARIOS	
			Economie annuelle		CO ₂ évité		Coût des travaux	Valorisation	Dépense énergie (Impact sur les charges annuelles) Ecart à l'état initial			
			Énergie FINALE		annuellement							
			kWh EF/PCI	%	kgCO ₂	%	€HT	CEE €	€TTC	années		
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de sous-comptage	-	-	-	-	7 000	-	-	-	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Révision des paramètres de chauffe (Consigne à 19°C et réduit à 16°C)	45 163	6%	9 137	7%	-	Non éligible	8 528	-	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Révision des consignes de préchauffage des CTA	17 731	2%	3 441	3%	-	Non éligible	3 464	-	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur (R = 5 m².K/W)	73 296	9%	15 914	13%	983 000	82 832	12 885	>30		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Réfection des toitures-terrasses compris isolation thermique (R = 7 m².K/W)	53 585	7%	11 551	9%	474 000	33 251	9 482	28		X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Reprise de l'isolation du plancher bas sur l'extérieur (R = 4 m².K/W)	365	0,05%	83	0,1%	4 000	619	61	>30	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation du plancher bas sur parking (R = 4 m².K/W)	2 183	0,3%	486	0 ;4%	40 000	11 969	372	>30	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Généralisation des circulateurs à débit variable	205	0,03%	13	0,01%	3 000	Non éligible	62	28	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des aérothermes et des thermostats manuels dans les archives	11 783	2%	2 900	2,3%	36 000	644	1 761	15	X	X

TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Gradation des luminaires	3 303	0,4%	114	0,1%	43 000	Non éligible	1 086	24	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	18 975	2%	-638	-0,5%	8 000	Non éligible	7 193	1	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la CTA auditorium	3 981	0,5%	317	0,2%	20 000	977	1 193	13	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Dépose des radiateurs du R+1 (équipé de PAC air/air)	656	0,1%	209	0,2%	10 000	Non éligible	56	>30	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place d'une CTA double-flux avec échangeur de chaleur dans le restaurant	46 138	6%	11 604	9,1%	35 000	1 587	6 537	5		X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Remplacement des convecteurs électriques de l'open-space du RDC par des pompes à chaleur air/air	5 769	1%	421	0,3%	24 000	3 806	-266	>30		X
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de PAC air/eau en remplacement des chaudières	182 275	23%	83 379	65%	423 000	68 031	-7 422	>30		X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Création d'une chaufferie biomasse	-49 482	-6%	78 824	62%	423 000	18 451	13 888	20		
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Mise en place de panneaux photovoltaïques	21 241	3%	1 359	1%	52 000	Non éligible	5 232	9		X

11. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

11.1. Interventions de pilotage

Mise en place d'un plan de comptage	Localisation : Chaufferie et TD/TGBT	Nombre : 18
Mise en place de 3 sous-compteurs thermiques et de 15 sous-compteurs électriques afin de suivre l'évolution des consommations par usages et repérer facilement tout problème de surconsommation.		

11.2. Interventions sur le bâti

Isolation thermique par l'extérieur des murs	Localisation : Ensemble des façades	Surface concernée : 3 276 m ² (vide pour plein)
Réalisation d'une isolation par l'extérieur sous bardage avec un matériau possédant un $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ – Le remplacement des menuiseries ne sera pas proposé. Ainsi, une attention particulière sera portée au traitement des ponts thermiques engendré par une rupture d'isolant.		

Reprise d'isolation des planchers hauts	Localisation : Toitures-terrasses	Surface concernée : 2 254 m ²
Réfection des toitures-terrasses compris réalisation d'une isolation par-dessus au niveau de la toiture-terrasse avec un matériau possédant un $R = 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, reprise de l'étanchéité et installation de garde-corps autoportants.		

Reprise d'isolation des planchers bas sur l'extérieur	Localisation : Plancher bas sur extérieur	Surface concernée : 23 m ²
Reprise de l'isolation en sous-face du plancher bas sur l'extérieur avec l'installation de panneaux isolants en fibrastyrène possédant un $R = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ et d'un bardage décoratif.		

Reprise d'isolation des planchers bas sur parking	Localisation : Parking	Surface concernée : 437 m ²
Reprise de l'isolation en sous-face du plancher bas sur parking avec l'installation de panneaux isolants en fibrastyrène possédant un $R = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$		

11.3. Interventions sur les systèmes

Mise en place de circulateurs à débit variables	<u>Localisation :</u> Sous-station du bâtiment logé	<u>Nombre :</u> 1
Les pompes sont actuellement à débit constant en sous-station. Le remplacement par des modèles à débit variable permettra d'adapter la puissance en fonction du besoin réel du bâtiment.		
Remplacement des aérothermes et des thermostats des archives	<u>Localisation :</u> Archives	<u>Surface chauffée :</u> 1 000 m ²
Les aérothermes des archives du sous-sol sont anciens et pilotés par des thermostats manuels. Leur remplacement et la mise en place de thermostats programmables sera proposés.		
Révision des paramètres de chauffe	<u>Localisation :</u> Chaudière et sous-station	<u>Nombre :</u> 2
Passage à une consigne de 19°C et un réduit de 16°C pour l'ensemble du site.		
Remplacement de la CTA double-flux de l'auditorium	<u>Localisation :</u> Auditorium	<u>Débit :</u> 1 800 m ³ /h
Mise en place d'une CTA double flux avec échangeur thermique dont le rendement sera supérieur à 80% pour l'auditorium		
Mise en place d'une CTA double-flux dans le restaurant	<u>Localisation :</u> Restaurant	<u>Débit :</u> 7 800 m ³ /h
Mise en place d'une CTA double flux avec échangeur thermique dont le rendement sera supérieur à 80% dans le restaurant		
Mise en place d'une gradation de l'éclairage	<u>Localisation :</u> Ensemble des bureaux et open-space	<u>Surface concernée :</u> 4 300 m ²
Les luminaires LED sont déjà dimmables mais leur gradation n'est pas programmée. Installation de détecteur de luminosité par zone et programmation de la gradation.		

Mise en place d'une coupure centralisée	<u>Localisation :</u> Ensemble des bureaux et open-space	<u>Nombre d'équipement :</u> Environ 400
Mise en place d'une coupure centralisée des équipements de bureautique (installation d'une horloge ou développement d'un logiciel interne).		

11.4. Interventions sur les énergies renouvelables

Mise en place de PAC air/eau	<u>Localisation :</u> Chaufferie, ensemble du bâtiment	<u>Puissance :</u> 440 kW
Mise en place d'une pompe à chaleur Air/Eau en remplacement des chaudières, desservant l'ensemble du bâtiment, combiné avec la mise en place de radiateurs et d'aérothermes à basse température pour une meilleure performance énergétique. Un système de chauffage basse température nécessite au préalable un bâtiment très bien isolé, pour assurer un bon fonctionnement de la PAC.		

Création d'une chaufferie biomasse	<u>Localisation :</u> Chaufferie, ensemble du bâtiment	<u>Puissance :</u> 440 kW
Création d'une chaufferie au rez-de-chaussée permettant d'accueillir une chaudière biomasse et un silo.		

Mise en place de PAC air/air	<u>Localisation :</u> Open-space RDC	<u>Puissance :</u> 12 kW
Dépose des radiateurs électriques de l'open-space du RDC et installation de cassettes plafonniers pilotées par des thermostats programmables et alimentées par des PAC air/air réversibles.		

Mise en place de panneaux photovoltaïques	<u>Localisation :</u> Toiture-terrasse	<u>Surface de captage :</u> 125 m ² (26 kWc)
Mise en place de panneaux photovoltaïques monocristallins, d'un local ventilé permettant d'accueillir les onduleurs et raccordement au réseau de distribution électrique. Installation prévue en autoconsommation. Une étude de structure devra être réalisée pour confirmer la faisabilité de cette intervention.		

12. SCENARIOS DE TRAVAUX

Les préconisations d'amélioration des performances sont ensuite regroupées en scénarios de travaux (ou bouquets de travaux). Ces scénarios sont construits, d'une part en fonction des spécificités et des caractéristiques du site, et d'autre part en associant une approche technique et énergétique cohérente. Ils sont cumulatifs (c'est-à-dire que le scénario 2 est constitué de toutes les préconisations du scénario 1, complété par de nouvelles) et prennent en compte l'ensemble des postes de consommation d'énergie.

Les trois scénarios de travaux poursuivent les objectifs suivants :

- **Scénario 1** : préconisations urgente ou à faible temps de retour permettant de répondre aux objectifs du Décret Tertiaire à horizon 2030.
- **Scénario 2** : préconisations permettant de répondre à l'objectif du Décret Tertiaire à l'horizon 2050.

12.1. Scénario 1

		PRECONISATIONS	COÛT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de sous-comptage	7 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Révision des paramètres de chauffe (Consigne à 19°C et réduit à 16°C)	0 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Revision des consignes de préchauffage des CTA	0 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Reprise de l'isolation du plancher bas sur l'extérieur (R = 4 m².K/W)	4 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation du plancher bas sur parking (R = 4 m².K/W)	40 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	6	Généralisation des circulateurs à débit variable	3 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7	Remplacement des aérothermes et des thermostats manuels dans les archives	36 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Gradation des luminaires	43 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	8 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Remplacement de la CTA auditorium	20 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Dépose des radiateurs du R+1 (équipé de PAC air/air)	10 000 €HT
COÛTS TRAVAUX TOTAUX			171 000 €HT
COÛTS TRAVAUX SURFACIQUES			26 €/m²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 1	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	789 224	►	671 951	-15%
	kWhEF/m²SP	121		103	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO2/an	127 314	►	108 414	-15%
	kgCO2/an/m²SP	20		17	

12.2. Scénario 2

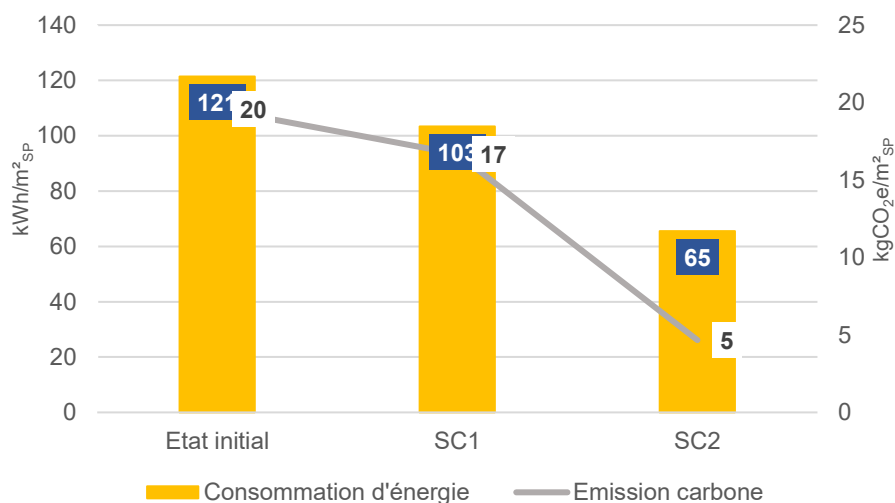
		PRECONISATIONS	COÛT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de sous-comptage	7 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Révision des paramètres de chauffe (Consigne à 19°C et réduit à 16°C)	0 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Revision des consignes de préchauffage des CTA	0 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur (R = 5 m².K/W)	983 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Réfection des toitures-terrasses compris isolation thermique (R = 7 m².K/W)	474 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Reprise de l'isolation du plancher bas sur l'extérieur (R = 4 m².K/W)	4 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation du plancher bas sur parking (R = 4 m².K/W)	40 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Généralisation des circulateurs à débit variable	3 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des aérothermes et des thermostats manuels dans les archives	36 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Gradation des luminaires	43 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	8 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la CTA auditorium	20 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Dépose des radiateurs du R+1 (équipé de PAC air/air)	10 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place d'une CTA double-flux avec échangeur de chaleur dans le restaurant	35 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Remplacement des convecteurs électriques de l'open-space du RDC par des pompes à chaleur air/air	24 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de PAC air/eau en remplacement des chaudières	423 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Mise en place de panneaux photovoltaïques	52 000 €HT
COÛTS TRAVAUX TOTAUX			2 162 000 €HT
COÛTS TRAVAUX SURFACIQUES			333 €HT/m²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 2	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	789 224	►	425 612	-46%
	kWhEF/m²SP	121		65	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO2/an	127 314	►	30 339	-76%
	kgCO2/an/m²SP	20		5	

12.3. Analyse comparative des scénarios de travaux

PRECONISATIONS D'AMELIORATION, SCENARIOS DE TRAVAUX ET INDICATEURS DE PERFORMANCE				
Programmes de travaux			SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de sous-comptage	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Révision des paramètres de chauffe (Consigne à 19°C et réduit à 16°C)	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Revision des consignes de préchauffage des CTA	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur (R = 5 m².K/W)		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Réfection des toitures-terrasses compris isolation thermique (R = 7 m².K/W)		X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Reprise de l'isolation du plancher bas sur l'extérieur (R = 4 m².K/W)	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation du plancher bas sur parking (R = 4 m².K/W)	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Généralisation des circulateurs à débit variable	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des aérothermes et des thermostats manuels dans les archives	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Gradation des luminaires	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place d'une coupure centralisée de la bureautique	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la CTA auditorium	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Dépose des radiateurs du R+1 (équipé de PAC air/air)	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place d'une CTA double-flux avec échangeur de chaleur dans le restaurant		X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Remplacement des convecteurs électriques de l'open-space du RDC par des pompes à chaleur air/air		X
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de PAC air/eau en remplacement des chaudières		X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Création d'une chaufferie biomasse		
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Mise en place de panneaux photovoltaïques		X

PLAN DE PROGRES



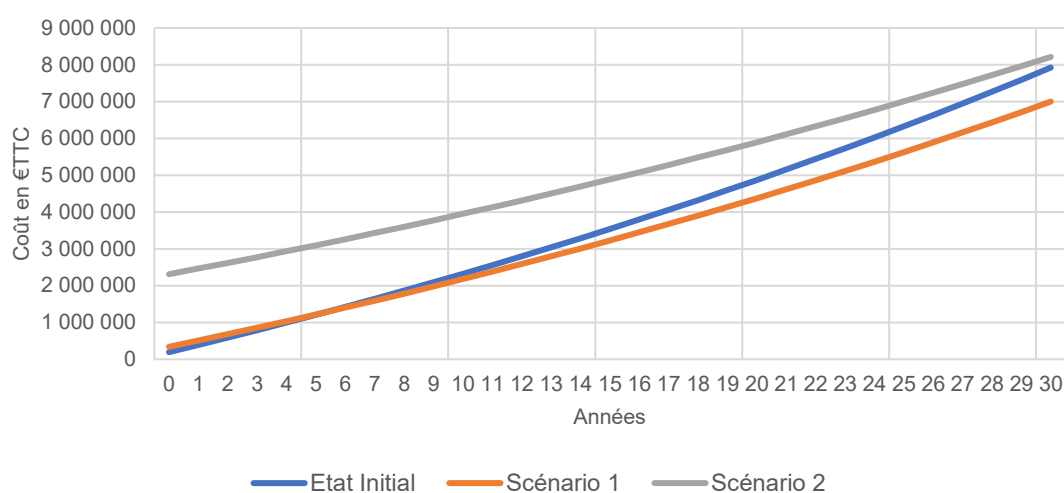
INDICATEURS ECONOMIQUES		Etat initial	SC1	SC2
Coûts travaux	€HT travaux	-	171 000	2 162 000
CEE mobilisables	kWhcumac	-	1 618 369	23 202 175
	€	-	14 209	203 715
Dépenses énergie (P1)	€TTC/an	174 683	148 665	127 684
	Ecart à l'état initial %	-	15%	27%
Dépenses maintenance (P2)	€TTC	6 820	6 820	8 620
Dépenses renouvellement (P3)	€TTC	11 500	11 500	13 120

INDICATEURS FINANCIERS		Etat initial	SC1	SC2
Dépenses énergie (P1)	€TTC sur 30 ans Evolution P1 4%/an	10 363 648	8 820 026	7 575 258
	€TTC sur 30 ans Evolution P1 10%/an	31 782 412	27 048 555	23 231 198
Dépenses maintenance (P2) et renouvellement (P3)	€TTC sur 30 ans	776 391	776 391	921 329
Coût global actualisé y compris coûts travaux	€TTC sur 30 ans Evolution P1 4%/an	7 923 895	6 999 253	8 212 754
	€TTC sur 30 ans Evolution P1 10%/an	21 478 860	18 535 263	18 120 689
Retour sur investissement actualisé	Années Evolution P1 4%/an	-	6	>30
	Années	-	5	20

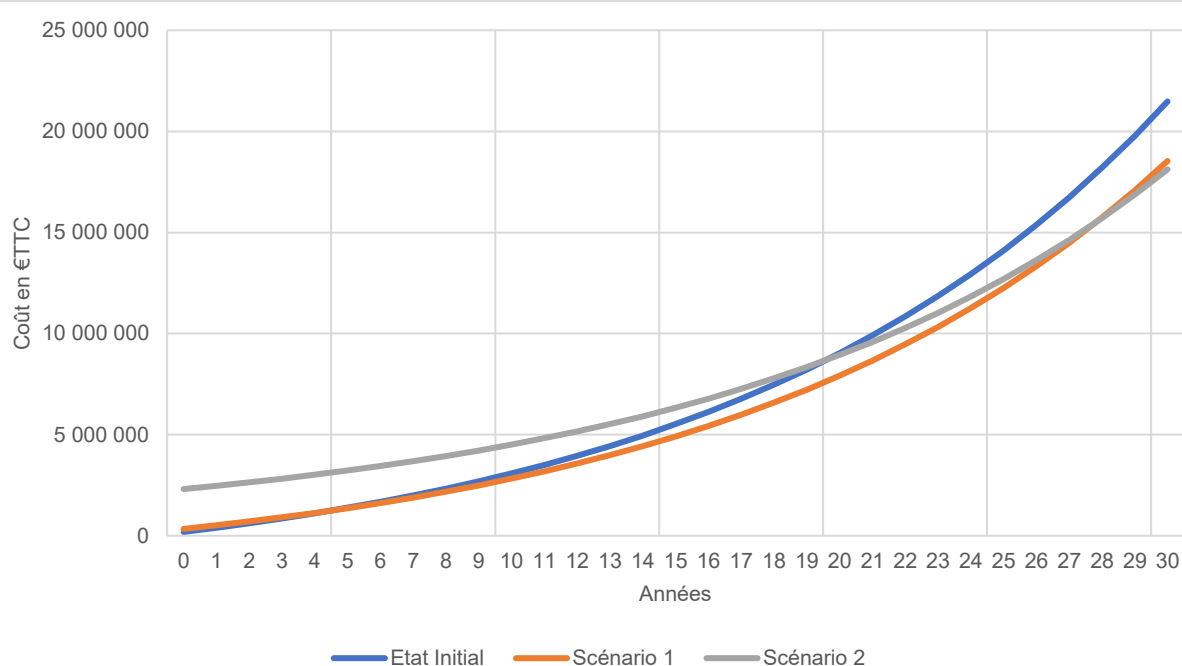
Evolution P1
10%/an

INDICATEURS D'EFFICIENCE		Etat initial	SC1	SC2
Coût de l'énergie économisée	€HT travaux / kWh	-	1	6
Coût du carbone évité	€HT travaux / kgCO2	-	9	22

COUT GLOBAL SUR 30 ANS, AVEC UN TAUX D'EVOLUTION DU COUT DE L'ENERGIE CLASSIQUE



COUT GLOBAL SUR 30 ANS, AVEC UN TAUX D'EVOLUTION DU COUT DE L'ENERGIE EXTREME



Analyse relative au Décret Tertiaire

12.3.1. Positionnement des scénarios de travaux au regard du « Décret Tertiaire »

	2030	2040	2050
Objectifs Décret Tertiaire Ecart ciblé par rapport à l'état initial (%)	-10%	-25%	-40%
Scénario 1	✓	✗	✗
Scénario 2	✓	✓	✓

Eléments d'explication et d'analyse
Entre l'année de référence 2014 et l'état initial pris en compte dans l'audit énergétique, les consommations ont diminué de 36%. Ces gains énergétiques déjà réalisés sont considérés comme « bonus » dans l'atteinte des objectifs 2030/2040/2050. Au regard l'état initial pris en compte dans l'audit, les gains énergétiques restants à mobiliser pour atteindre les objectifs sont : - Echéance 2030 : réduction des consommations de 15% - Echéance 2040 : réduction des consommations de 25% - Echéance 2050 : réduction des consommations de 40% Les calculs détaillés sont présentés en annexe (renvoi automatique).

12.3.2. Identification des contraintes spécifiques

Plusieurs typologies de contraintes peuvent complexifier l'atteinte des objectifs énergétiques visés par le Décret Tertiaire : Contraintes techniques / architecturales / patrimoniales / coûts disproportionnés des actions par rapport aux gains d'énergie. Dans le cas où le site est concerné par cette situation, il est possible de demander une modulation de l'objectif, à justifier par le biais d'un dossier technique (date limite de dépôt : septembre 2026).

Le tableau ci-dessous permet d'identifier les contraintes selon leurs typologies pour le bâtiment étudié.

Contrainte décret tertiaire	
Contraintes techniques	
Façade incompatible avec ITE ?	Non
Façade perspirante / en pans de bois	Non
Impossibilité de placer un équipement sur façade (conduit fumée, groupe ext., ...)	Non
Plancher non isolable (tel voute en pierre/moellon, plancher métallique...)	Non
Retour d'isolant sur fenêtre complexe ?	Non
Pas de surface extérieure pour technologie potentiel/nécessaire (ex : forage géothermique, silos bois...)	Non
HSP<2.7m	Non
Contraintes architecturales	
Problème de surplomb de la parcelle voisine	Non
Façade ouvragée/complexe ?	Non
Homogénéité des menuiseries ?	Non
Descente EP complexe à modifier	Non
Absence d'entrée d'air ?	Non
Contraintes patrimoniales	
Bâtiments classés ?	Non
Bâtiment d'avant 1930 (bâtiment qualitatif) ou matériaux noble (pierre de taille/brique/ardoise/zinc)	Non
Présence de surélévation ou d'extension ?	Non
Environnement du bâtiment à valeur patrimoniale importante ?	Non

12.4. Résultats en énergie primaire

Consommations primaires	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
Consommation brute annuelle [kWh _{EP.an}]	1 261 630	1 029 511	978 908
Consommation surfacique annuelle [kWh _{EP.m²SP.an}]	194	158	151
Ecart par rapport à l'état initial [%]	-	-18%	-22%