

Ministère de la Justice

Site de 4 Rue d'Auxonne



Audit énergétique



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

Maîtrise d'ouvrage

Anthony FUHRMANN

Chef de projets

T. : 06 75 65 53 76

@ : anthony.fuhrmann@justice.gouv.fr

Assistant MOA

ALTEREA – Agence Lille - HdF

8 rue Anatole France

59000 Lille

T. : 03 59 54 21 08

Louis BOUREL

Responsable des projets

T. : 07 48 14 36 26

@ : lbourel@alterea.fr

SUIVI DU DOCUMENT

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	16/01/2025	Rapport d'audit : 1 ^{ère} version	ZZAA	GESN	LBOU

SOMMAIRE

1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE	3
2. ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS	8
2.1. Objectifs d'un audit énergétique et étapes méthodologiques	8
2.2. Conditions de réalisation de la visite et des relevés techniques du site	9
2.3. Documents mis à disposition	9
2.4. Hypothèses posées dans le cadre de l'étude	10
2.5. Paramètres d'étude	10
3. PRÉSENTATION DU SITE	11
3.1. Fiche identité	11
3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique	11
3.3. Informations détaillées d'occupation du site	12
3.4. Historique des travaux du site	12
3.5. Confort des occupants	13
4. ANALYSE ÉNERGETIQUE ET CARBONE	14
4.1. Usages énergétiques du site	14
4.2. Plan de comptage	14
4.2.1. Électricité	14
4.2.2. Énergie thermique Gaz	15
4.3. Analyse des consommations d'énergie	16
4.3.1. Consommations d'électricité	16
4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ)	17
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie	19
4.4. Analyse relative au Décret Tertiaire	20
4.4.1. Situation énergétique de référence	20
4.4.2. Objectifs de réduction des consommations à 2030, 2040 et 2050	21
5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES	23
5.1. Enveloppe du bâti	24
5.2. Systèmes énergétiques	30
5.2.1. Décret BACS	30
5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie	31
5.2.3. Analyse de la conformité de la chaufferie	31
5.2.4. Chauffage	32
5.2.5. Ventilation	34
5.2.6. Eau Chaude Sanitaire	35
5.2.7. Éclairage	36

5.2.8. Autres usages	37
5.3. Synthèse état des lieux techniques	38
6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE	39
6.1. Analyse des déperditions thermiques	39
6.2. Analyse des consommations énergétiques simulées	41
7. OPPORTUNITE D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE	42
8. PRECONISATIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES	45
9. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE	48
9.1. Interventions de pilotage	48
9.2. Interventions sur le bâti	51
9.3. Interventions sur les systèmes	56
9.4. Interventions sur les énergies renouvelables	59
10. SCENARIOS DE TRAVAUX	62
10.1. Scénario 1 « Objectif Décret Tertiaire 2030 »	63
10.2. Scénario 2 « Objectif Décret Tertiaire 2040 »	64
10.3. Scénario 3 « Objectif Décret Tertiaire 2050 »	65
10.4. Analyse comparative des scénarios de travaux	66
10.5. Volet carbone	70
11. CONCLUSION	72
12. ANNEXES	73
12.1. Aide à la compréhension de l'étude	73
12.1.1. Lexique	73
12.1.2. Légende de notation	83
12.2. Récapitulatif des réglementations	86
12.2.1. Réglementation thermique des bâtiments existants	86
12.2.2. Décret Tertiaire	88
12.2.3. Décret BACS	90
12.2.4. Réglementation F-GAZ	91
12.2.5. Traitement de l'air	93
12.3. Limites de prestation	95
12.3.1. Niveau de détail de l'étude	95
12.3.2. Exhaustivité des informations	95
12.3.3. Chiffrage des préconisations	95
12.3.4. Chiffrage des subventions	95
12.3.5. Calcul en coût global	96
12.3.6. Evolutions réglementaires	96

1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

IDENTITÉ DU SITE	
	Nom du site : Site du 4 Rue d'Auxonne
	Adresse : 4 Rue d'Auxonne 54000 Nancy
	Année de construction : 1994 (Bâtiments A et B) Bâtiment C : NC
	Année de rénovation : -
	Nombre de bâtiments : 3
	Nombre de niveaux : 4
	Surface de plancher (SDP) : 3 847 m ² _{SDP}
	Usage du site : Bureaux et administration
	Effectifs du site : NC
	Horaires d'ouverture : 08h – 17h

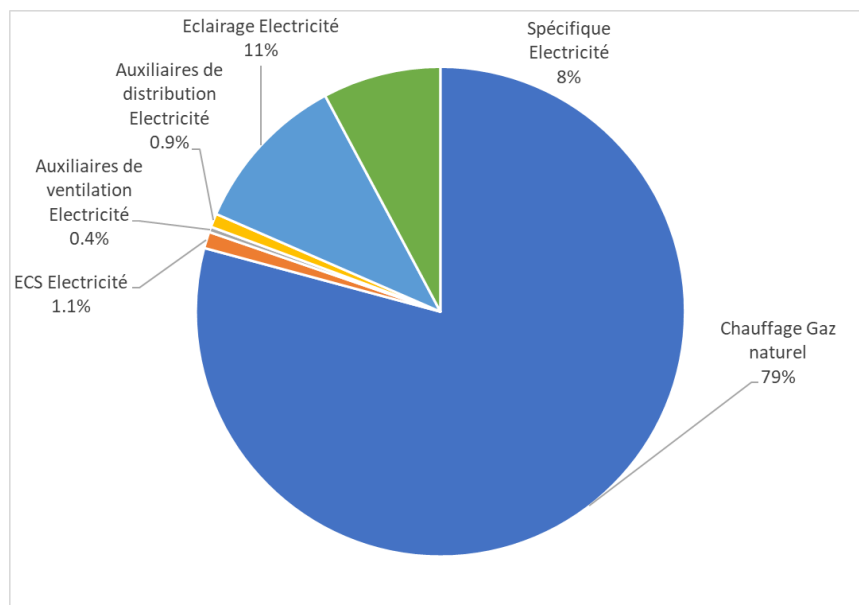
DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTÈMES		
Poste technique	Points forts	Points faibles
Enveloppe du bâti	-	Les murs sur extérieur en béton et les planchers hauts sont moyennement isolés. Les murs sur extérieur en pierre ne sont pas isolés. Les menuiseries ne sont pas performantes.
Systèmes thermiques	Réseaux relativement bien calorifugés. Présence de robinets thermostatiques. Production d'eau chaude sanitaire décentralisée.	Chaudières au gaz vieillissantes et non performantes. Circulateurs à débit constant.
Systèmes de ventilation	-	VMC simple flux dans les sanitaires donc source de déperdition (aucune récupération de chaleur) Ventilation naturelle pour les autres locaux.
Pilotage énergétique	Présence d'une régulation centrale avec horloge par départ	Absence de sous comptage énergétique.

Le site était complètement occupé avant 2020. Actuellement, seulement une partie du bâtiment B est occupée. Après les travaux de rénovation envisagés, le site sera occupé par le ministère de la justice. Nous avons choisi la période entre 2017 et 2019 pour représenter l'état initial et pour caler la simulation numérique puisqu'elle constitue la dernière période en plein usage du site.

ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE DE L'ETAT INITIAL

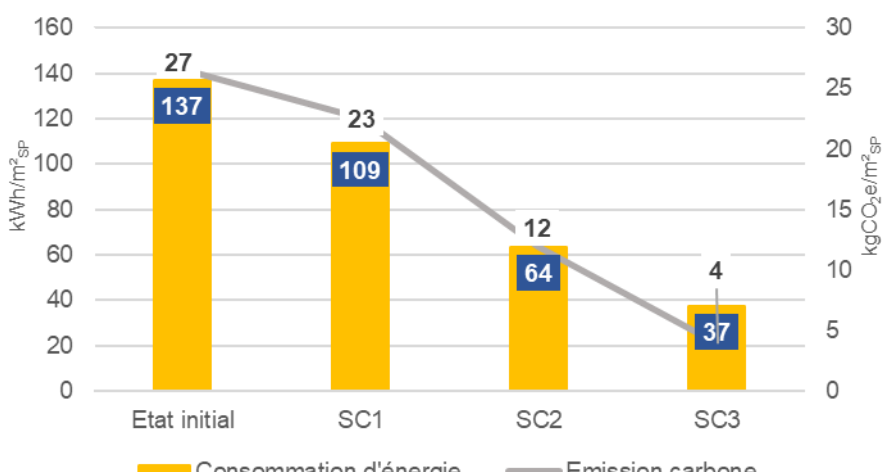
Années considérées :	2017, 2018 et 2019				
Consommation d'énergie :	527 569	kWh EF/PCI			
	137	kWh EF/PCI/m²SP .an			
Emission carbone :	26,6	kgCO2/m²SP .an			
Dépenses énergétiques (P1) :	83 153	€ TTC/an	Dont électricité	27 452	€ TTC/an
			Dont gaz	55 702	€ TTC/an
Dépenses de maintenance (P2)* :	1 350	€ TTC/an			
Dépenses de renouvellement (P3)* :	2 300	€ TTC/an			

Répartition des consommations d'énergie finale par poste :



*En l'absence des données, les coûts de maintenance et de renouvellement des équipements ont été estimés.

PRECONISATIONS D'AMELIORATION, SCENARIOS DE TRAVAUX ET INDICATEURS DE PERFORMANCE					
Programmes de travaux			SC1	SC2	SC3
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	X	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs en pierre (ITI)		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation des murs en béton (ITI)		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Remplacement de la verrière de toiture			X
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Reprise de l'isolation des toitures terrasses			X
TRAVAUX SUR LE BATI	9	Reprise de l'isolation des planchers de combles			X
TRAVAUX SUR LE BATI	10	Isolation du plancher bas sur sous-sol			X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place de pompes à débit variable	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur		X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Amélioration du système d'éclairage	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place de chaudières gaz à condensation	X	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Mise en place d'une chaufferie biomasse			
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de panneaux photovoltaïques			X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau			X

Indicateurs de performance		Etat initial	SC1	SC2	SC3															
Consommation d'énergie	kWh_{EF}/m^2_{SP}	137	109	64	37															
	<i>Ecarts annuels %</i>		-20%	-54%	-73%															
Emission carbone	kg_{CO_2e}/m^2_{SP}	27	23	12	4															
	<i>Ecarts annuels %</i>		-15%	-55%	-85%															
Coûts travaux	€ ^{HT} travaux		272 000	1 293 000	1 943 000															
Dépenses énergie (P1)	€ ^{TTC} /an	83 153	62 019	39 491	32 443															
	<i>Ecarts annuels %</i>		-25%	-53%	-61%															
Retour sur investissement	<i>Années Evolution P1 4%/an</i>		12	24	>30															
	<i>Années Evolution P1 10%/an</i>		9	16	19															
Plan de progrès																				
 <table><caption>Data for Plan de progrès chart</caption><thead><tr><th>Scenario</th><th>Consommation d'énergie (kWh/m^2_{SP})</th><th>Emission carbone ($kgCO_2e/m^2_{SP}$)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Etat initial</td><td>137</td><td>27</td></tr><tr><td>SC1</td><td>109</td><td>23</td></tr><tr><td>SC2</td><td>64</td><td>12</td></tr><tr><td>SC3</td><td>37</td><td>4</td></tr></tbody></table>						Scenario	Consommation d'énergie (kWh/m^2_{SP})	Emission carbone ($kgCO_2e/m^2_{SP}$)	Etat initial	137	27	SC1	109	23	SC2	64	12	SC3	37	4
Scenario	Consommation d'énergie (kWh/m^2_{SP})	Emission carbone ($kgCO_2e/m^2_{SP}$)																		
Etat initial	137	27																		
SC1	109	23																		
SC2	64	12																		
SC3	37	4																		

DECRET BACS	
Le site est-il assujéti au décret BACS ?	Oui
Une mise en conformité avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2027 est-elle nécessaire ?	Oui

CONCLUSION

Le site est composé de 3 bâtiments à usage administratif. Il s'agit d'un bâtiment ancien en pierre avec deux bâtiments qui ont été construits ultérieurement.

La performance thermique de l'enveloppe est faible à moyenne avec une partie des murs sur extérieur qui ne sont pas isolés. L'autre partie des murs est faiblement isolée et possède des menuiseries déperditives. Les planchers hauts sont également faiblement isolés.

La production de chaleur est assurée par des chaudières gaz peu performantes et vieillissantes.

En ce qui concerne la ventilation, le site est ventilé naturellement par ouverture des fenêtres et défauts d'étanchéité. Une VMC simple flux est présente aux niveaux des sanitaires.

L'eau chaude sanitaire est assurée par des ballons électriques qui se trouvent aux sanitaires, la production est donc décentralisée et adaptée à l'usage.

L'éclairage du bâtiment est assuré majoritairement par des luminaires LED et des tubes fluorescents.

Les usages spécifiques sont liés principalement aux équipements de bureautique étant donné l'usage du site.

La consommation du site est de 137 kWhEF/m²SDP ce qui est cohérent vu l'usage, les caractéristiques de l'enveloppe et les systèmes énergétiques du bâtiment.

Le site est assujéti au Décret Tertiaire qui exige une économie d'énergie finale par rapport à un état de référence prédéfini selon 3 objectifs : 2030, 2040 et 2050. Les 3 scénarios proposés visent à atteindre les 3 objectifs Décret Tertiaire.

Au vu des caractéristiques et des performances du site, le scénario 1 proposé regroupe les interventions de pilotage énergétique (plan de comptage, coupure centralisée pour la bureautique et la mise en place d'une GTC) en plus de l'amélioration du système d'éclairage et la mise en place des chaudières gaz à condensation plus performantes.

Le scénario 2 ajoute les travaux d'amélioration des performances de l'enveloppe avec l'isolation des murs extérieurs et le remplacement des menuiseries et intègre également la mise en place d'une ventilation mécanique double-flux pour un meilleur confort des occupants.

Le scénario 3 qui vise à atteindre l'objectif 2050 continue avec l'optimisation des performances de l'enveloppe tout en intégrant les énergies renouvelables par la mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau et d'une installation photovoltaïque.

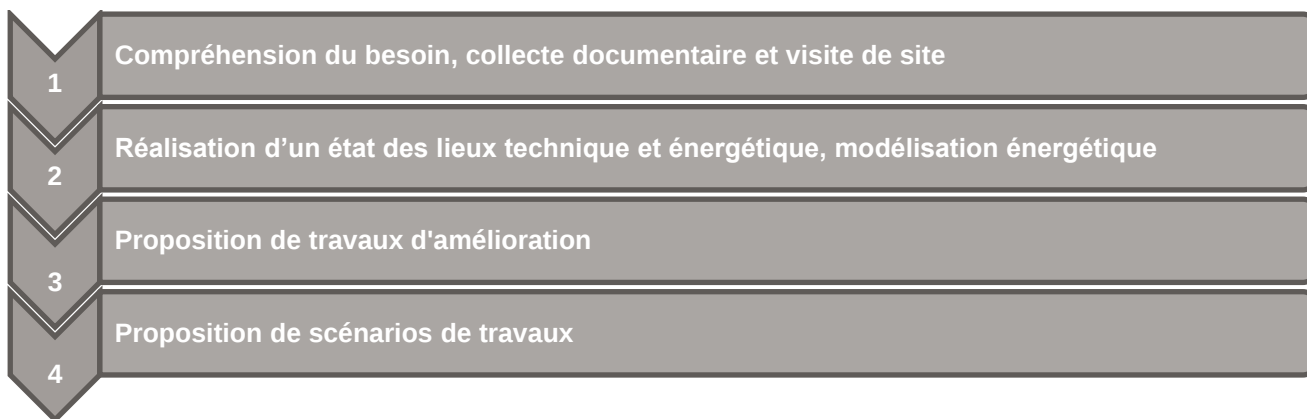
2. ELEMENTS METHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS

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 :	10/12/2024
Auditeur ALTEREA :	Zakaria ZAAZAA
Accompagnateur(s) :	Anthony FUHRMANN (Chef de projets – Département de l'immobilier)
Conditions climatiques :	Text. = 10°C, nuageux
Chauffage en fonctionnement lors de l'intervention :	Oui
Climatisation en fonctionnement lors de l'intervention :	-
Difficultés et anomalies rencontrées lors de la visite :	-

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, coupes, évacuation, ...)	X
	Tableau de surface	
Consommations et dépenses d'énergie	Factures d'énergie détaillées mensuelles	
	Consommations annuelles - période 2017-2023	X
Exploitation / Maintenance	Contrats d'exploitation maintenance et annexes	
	Récapitulatif des dépenses annuelles P2 / P3	
	Fiche chaufferie	
Divers documents	Horaires d'ouvertures du site	
	Dossiers techniques des travaux antérieurs : DOE /	
	Etudes de sols / études préalables / diagnostics structure / ...	X
	Etudes techniques et énergétiques antérieures : audits énergétiques, Pré-diagnostics, DPE, calculs thermiques	

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
Epaisseur de l'isolation des murs extérieurs et des toitures terrasses	Voir la description de l'enveloppe du bâtiment	Selon l'année de construction

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 de Nancy	Station Météonorm - Pléiades
Outil de simulation utilisé	Outil de simulation thermique dynamique	Pléiades
Prix unitaire de valorisation des CEE	8,03 €/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	25 cts€/kWh _{EF} (électricité) 12 cts€/kWh _{PCS} (gaz)	Moyenne nationale de 2024*
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

**Les derniers coût communiqués par la MAO sont ceux de 2020. Afin de tenir compte de l'augmentation des prix de l'énergie, notamment pour le gaz, la moyenne nationale de 2024 a été considérée dans l'étude. Ce choix permettra de mieux mesurer l'impact financier des préconisations de travaux.*

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Fiche identité

IDENTITE DU SITE	
	Nom du site :
	Site du 4 Rue d'Auxonne
	Adresse :
	4 Rue d'Auxonne 54000 Nancy
	Année de construction :
	1994 (Bâtiments A et B) Bâtiment C : NC
	Année de rénovation :
	-
	Nombre de bâtiments :
	3
	Nombre de niveaux :
	4
	Surface de plancher (SDP) :
	3 847 m ² _{SDP}
	Usage du site :
	Bureaux et administration
	Effectifs du site :
	NC
	Horaires d'ouverture :
	08h – 17h

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



3.3. Informations détaillées d'occupation du site

Catégorie	Effectifs	Commentaires
Bureaux et administration	NC	Actuellement, le site est partiellement occupé

		Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Bureaux	Ouverture	08h00	08h00	08h00	08h00	08h00	Fermé	Fermé
	Fermeture	17h00	17h00	17h00	17h00	17h00		

Eléments d'explication et d'analyse
Le site se compose de 3 bâtiments, il a été occupé complètement jusqu'à 2019/2020. Actuellement, quelques locaux du bâtiment B seulement sont occupés.
Le site est prévu d'être occupé par le ministère de la justice après la rénovation.

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 bâtiment C	NC
Construction des bâtiments A et B	1994
Mise en place de luminaires LED	NC

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		L'enveloppe des bâtiments est moyennement isolée et les fenêtres ne sont pas performantes, avec une étanchéité moyenne. Etant donné que le bâtiment est très faiblement occupé, nous n'avons pas pu demander le ressenti des occupants lors de la visite.	
Estival		Le confort estival est moyen, en raison de la performance moyenne de l'enveloppe et l'absence d'un système de ventilation mécanique au niveau des locaux d'occupation. Etant donné que le bâtiment est très faiblement occupé, nous n'avons pas pu demander le ressenti des occupants lors de la visite.	
Lumineux		Les locaux disposent de surfaces vitrées suffisantes et d'un éclairage artificiel adéquat. Le confort lumineux est donc bon.	
Acoustique		Le site se situe en zone urbaine, fournissant un bon confort acoustique. Aucune nuisance sonore n'a été constatée lors de la visite.	
Renouvellement d'air (ventilation)		Un caisson de ventilation simple flux assure la ventilation des sanitaires (extraction d'air vicié). La ventilation des locaux d'occupation est assurée naturellement par ouverture des fenêtres, ce qui ne garantit pas un renouvellement d'air suffisant.	
Etanchéité à l'air		L'étanchéité des ouvrants à l'air et à l'eau est moyenne.	
Légende :			
			
Confort très bon	Confort bon	Confort moyen	Confort faible

4. ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE

4.1. Usages énergétiques du site

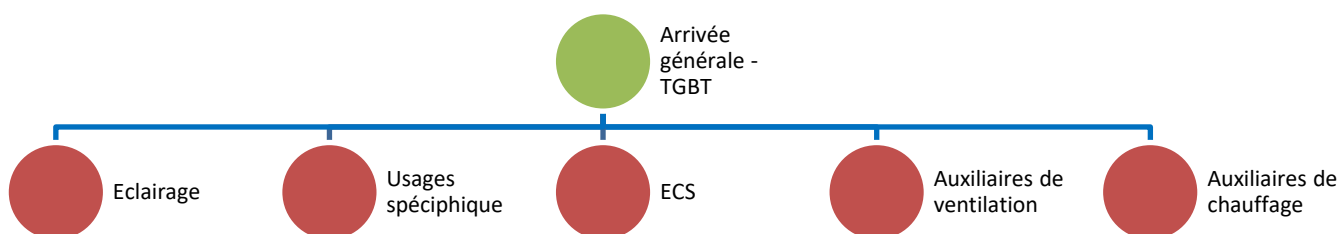
Usage	Gaz	Electricité
Chauffage	X	
ECS		X
Auxiliaires		X
Eclairage		X
Usages spécifiques		X

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



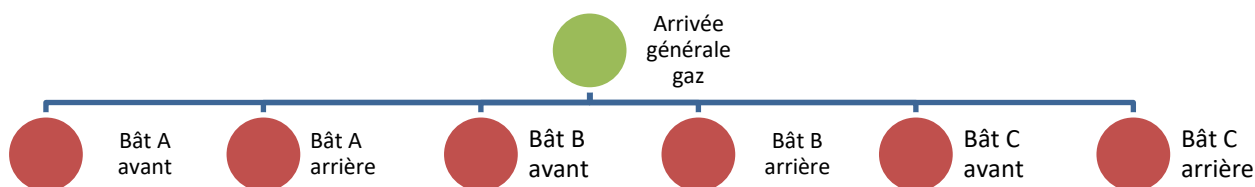
Sous-compteur à poser en
vue d'une maîtrise complète
des consommations
d'électricité du site

Éléments d'explication et d'analyse

Le site dispose d'un seul compteur général qui dessert l'ensemble du site, sans aucune présence de sous-compteur pour l'électricité. La mise en place de sous-compteurs électriques par usage et par zone permettrait d'identifier précisément les consommations et de limiter le risque de dérives énergétiques. Le détail de mise en place ainsi que le nombre des sous-compteurs est détaillé dans la fiche d'intervention.

4.2.2.Énergie thermique Gaz

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. Il est nécessaire d'installer des sous-compteurs thermiques sur les 6 départs existants dans la chaufferie afin d'estimer d'une manière précise les consommations de chauffage de chaque zone. Ce permettrait d'identifier précisément les consommations et de limiter le risque de dérives énergétiques.

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.

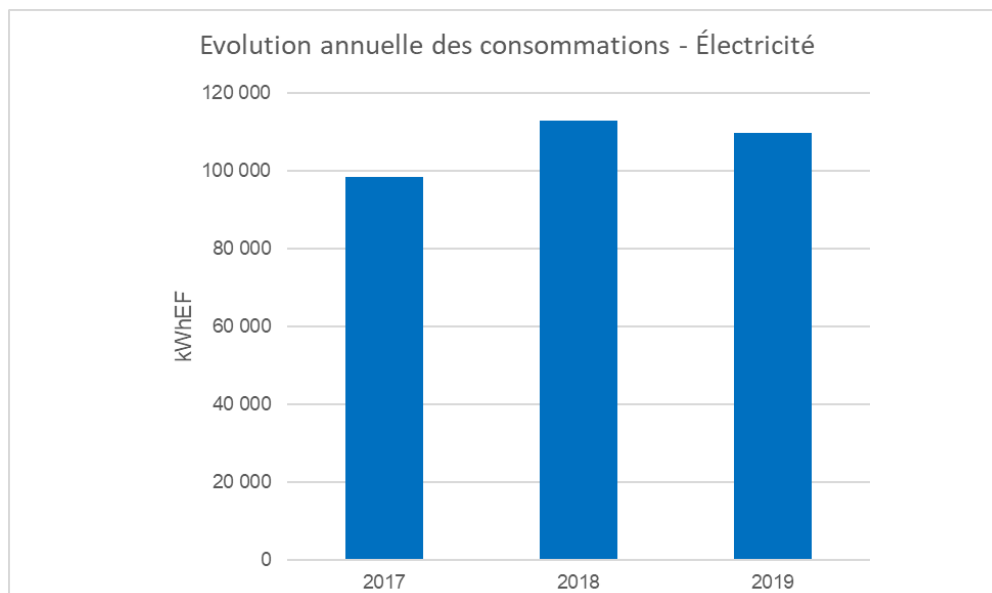
Dans la plupart des cas, les consommations d'énergie sont présentées brutes, c'est-à-dire telles qu'elles apparaissent sur les factures énergétiques. Elles n'ont pas été corrigées des variations climatiques.

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	2017	2018	2019	Moyenne classique
Électricité	Consommations [kWh_{EF}]	98 365	112 959	109 702	107 009
	Ratio surfacique de consommation [kWh_{EF} PCI/m²_{SDP}]	26	29	29	28
	Emissions de CO₂ (kg_{éq}-CO₂)	6 295	7 229	7 021	6 849
	Dépenses (€^{TTC})	16 722 €	19 203 €	18 649 €	18 191 €
	Coût unitaire (€TTC/kWh)	0.17 €	0.17 €	0.17 €	0.17 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles



Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur la période de 2017 à 2019 où le site était complètement occupé afin de comprendre le comportement consommateur du site.

Les consommations sont généralement stables entre ces trois années.

Le ratio de consommation électrique, d'environ 28 kWh_{EF}/m².an, est dans la norme de ce type d'usage de bâtiment.

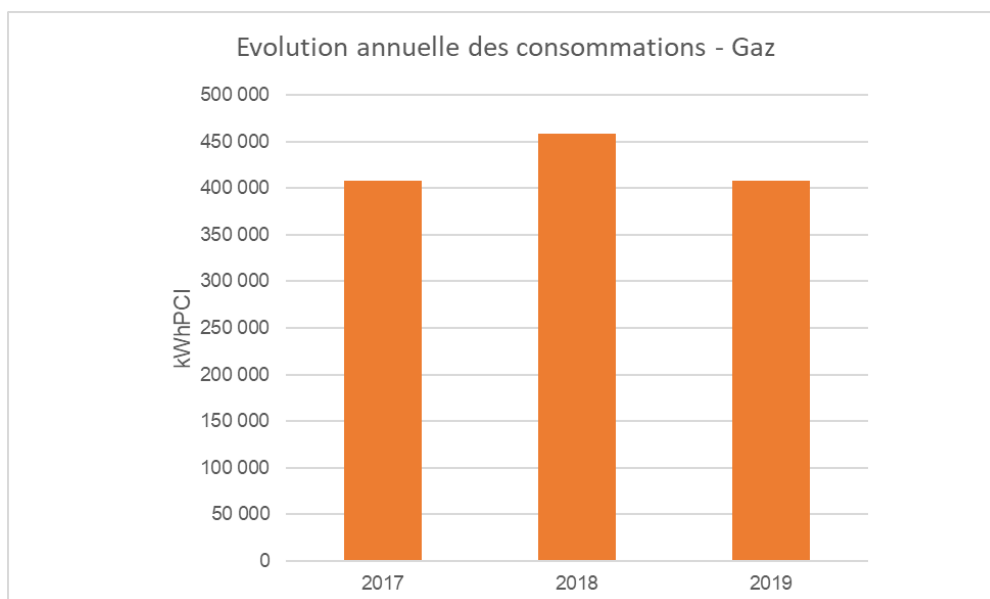
Les coûts énergétiques annuels n'ont pas été communiqués. Un coût unitaire a été pris en compte en analysant les coûts mensuels communiqués par la maîtrise d'ouvrage (Les coûts associés n'ont pas été communiqués pour tous les mois).

Le coût unitaire pris en compte correspondant à ce qui est rencontré habituellement pour la même période. Ces coûts ont par la suite été actualisés dans l'étude afin de tenir compte de leur évolution.

4.3.2. Consommations d'énergie thermique (GAZ)

	Consommations énergétiques réelles	2017	2018	2019	Moyenne classique
Gaz naturel	Consommations [kWh_{EF PCS}]	453 509	509 679	452 805	471 998
	Consommations [kWh_{EF PCI}]	408 158	458 711	407 525	424 798
	Ratio surfacique de consommation [kWh_{EF PCI}/m²_{SDP}]	106	119	106	110
	Emissions de CO₂ (kg_{éq-CO2})	102 947	115 697	102 787	107 143
	Dépenses (€^{TTC})	31 746 €	35 678 €	31 696 €	33 040 €
	Coût unitaire (€^{TTC}/kWh_{PCI})	0.08 €	0.08 €	0.08 €	0.08 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles



Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse des consommations a été réalisée sur la période de 2017 à 2019 où le site était complètement occupé afin de comprendre le comportement consommateur du site.

Les consommations sont généralement stables avec une augmentation de 12 % entre 2017 et 2018 malgré une légère diminution de la rigueur climatique entre ces deux années. Cela peut s'expliquer par la variation de taux d'occupation ou le comportement des usagers.

Les coûts énergétiques annuels n'ont pas été communiqués. Un coût unitaire a été pris en compte en analysant les coûts mensuels communiqués par la maîtrise d'ouvrage (Les coûts associés n'ont pas été communiqués pour tous les mois).

Le coût unitaire pris en compte correspondant à ce qui est rencontré habituellement pour la même période. Ces coûts ont par la suite été actualisés dans l'étude afin de tenir compte de leur évolution.

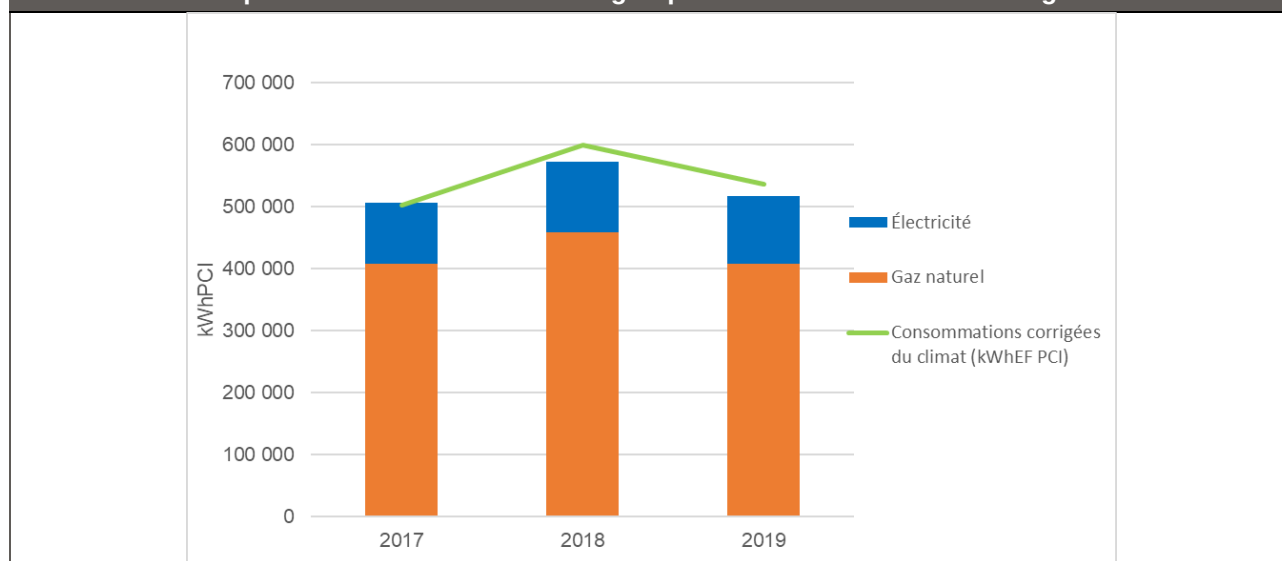
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie

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}]	2017	2018	2019	Moyenne classique
Consommations réelles de Gaz naturel	408 158	458 711	407 525	424 798
Consommations réelles d'Électricité	98 365	112 959	109 702	107 009
Consommations corrigées du climat (kWh _{EF PCI})	502 347	599 268	535 783	545 799
Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	109 242	122 927	109 808	113 992
Dépenses (€ ^{TTC})	48 468 €	54 881 €	50 346 €	51 231 €
Coût unitaire (€ ^{TTC} /kWh _{PCI})	0.10	0.10	0.10	0.10 €

Evolution historique des consommations énergétiques annuelles réelles et corrigées du climat



Eléments d'explication et d'analyse

Les niveaux de consommations sont stables entre 2017 et 2019.

Le gaz représente la majorité des consommations. Cela provient des consommations importantes de chauffage dues à une enveloppe thermique peu performante et des systèmes de chauffage énergivores et vieillissants.

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 2010-2022. 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
							509 486	608 116	541 172	522 792	575 827	442 563

Situation de référence Décret Tertiaire		
Année	Conso kWhEF	Conso kWhEF /m²
2018	608 116	158

Ecart Actuel représentatif Moyenne 2017, 2018, 2019		
Ecart de référence	Conso kWhEF	Conso kWhEF /m²
-9%	552 925	144

Eléments d'explication et d'analyse
Entre l'année de référence 2018 et l'état initial pris en compte dans l'audit énergétique (moyenne des consommations 2017-2018-2019), les consommations ont diminué de 9%.
Ces gains énergétiques déjà réalisés sont considérés comme « bonus » dans l'atteinte des objectifs 2030/2040/2050.

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

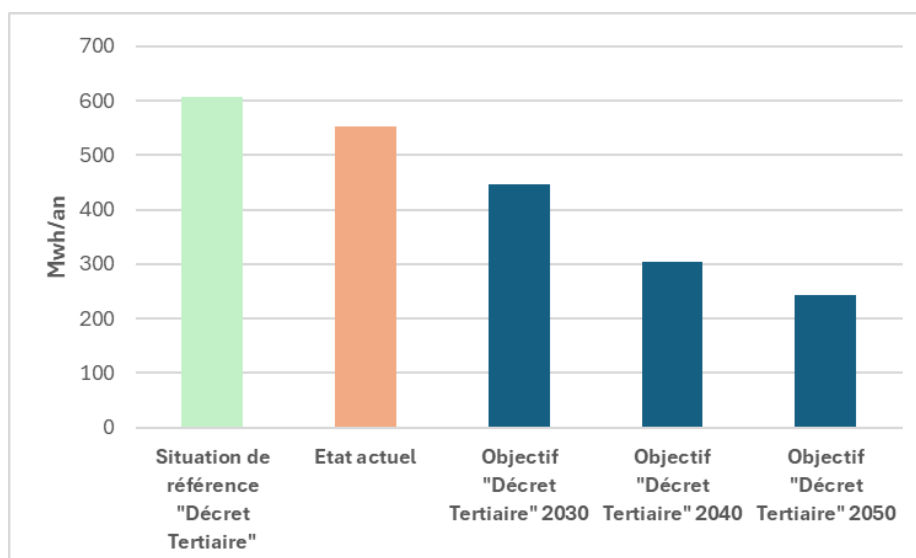
Loi ELAN : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037639478/>

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.

Objectifs cibles		
Année	Valeur retenue	Ecart avec les consommations actuelles
2030	Absolu	
	446 252 kWh _{EF}	19%
	116 kWh _{EF} /m ²	
2040	Relatif	
	304 058 kWh _{EF}	45%
	79 kWh _{EF} /m ²	
2050	Relatif	
	243 247 kWh _{EF}	56%
	63 kWh _{EF} /m ²	

Analyse Décret Tertiaire – Situation de référence et objectifs à 2030, 2040, 2050



Eléments d'explication et d'analyse

Au regard de l'état initial, les gains énergétiques restants à mobiliser pour atteindre les objectifs sont :

- Echéance 2030 : réduction des consommations de 19%
- Echéance 2040 : réduction des consommations de 45%
- Echéance 2050 : réduction des consommations de 56%

En ce qui concerne l'objectif 2030, la valeur absolue a été retenue parce qu'elle est la plus avantageuse. Etant donné que les objectifs absolus pour 2040 et 2050 ne sont pas encore définis, les valeurs relatives sont donc retenues.

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 (12.1.2 Légende de notation).

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

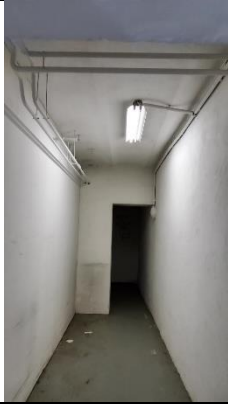
1 : Le matériel ou matériau est dans un état d'usage mais présente des signes d'usure liés à son âge ou à un défaut d'entretien, pouvant altérer sa fonctionnalité ponctuellement ou de manière temporaire. Un remplacement à court terme est à prévoir.

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 extérieur - Pierre		Surface	R	P	V
	Type :	Pierre	407 m²	0,40	0
	Epaisseur :	50 cm			
	Année :	Non déterminée			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Pathologies :	Présence de salissures localisées, Présence de fissures légères localisées			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2			
	Localisation :				
Mur sur extérieur - Béton		Surface	R	P	V
	Type :	Béton plein	1 336 m²	1,71	1
	Epaisseur :	25 cm			
	Année :	1994			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur			
	Isolant :	Indéterminé			
	Epaisseur d'isolation :	6 cm			
	Pathologies :	Présence de salissures localisées, Présence de fissures légères localisées			
Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2	1 336 m²	1,71	1	
Localisation :					Bâtiment A, Bâtiment B
Mur sur local non chauffé		Surface	R	P	V
	Type :	Béton plein	17 m²	0,62	0
	Epaisseur :	20 cm			
	Année :	Non déterminée			
	Nature du local non chauffé :	Sous-sol			
	Présence d'une isolation :	Non			

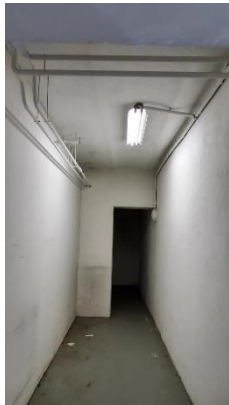
Paroi opaque					
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5			
	Localisation :	Rez-de-jardin (Bâtiment B)			

Menuiserie					
Fenêtre sur extérieur Alu 4/6/4		Surface	Uw	P	V
	Métal / Double	476 m²	3,60	1	1
	Matériau et vitrage : vitrage lame d'air 6 mm				
	Etanchéité : Moyenne				
	Remplissage : Air				
	Année : Non déterminée				
	Occultation : Store intérieur				
	Matériau occultation : Aluminium				
	Position : Nu intérieur, Nu extérieur				
	Fermeture : A l'italienne				
	Pathologies : Absence de pathologie				
Garde-fou RT existant 2023 (Uw) : 1.9					
Localisation : Bâtiment A, Bâtiment B					
Façade vitrée Alu simple vitrage		Surface	Uw	P	V
	Métal / Simple vitrage	40 m²	5,50	1	1
	Matériau et vitrage :				
	Etanchéité : Moyenne				
	Année : 1994				
	Fermeture : Fixe				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) : 1.9				
Localisation : Bâtiment A					
Porte sur extérieur Bois SV		Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage : Bois / Simple vitrage	5 m²	4,70	0	1
	Année : Non déterminée				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :				
	Sans objet				

Menuiserie						
	Localisation : Bâtiment C					
Fenêtre sur extérieur Bois 4/6/4		Surface	Uw	P	V	
	Matériau et vitrage :	132 m²	3,30	1	1	
	Bois / Double vitrage lame d'air 6 mm					
	Etanchéité :					Moyenne
	Remplissage :					Air
	Année :					Non déterminée
	Occultation :					Volet battant, Store intérieur
	Matériau occultation :					Acier
	Position :					Nu intérieur
	Fermeture :					Battante
	Pathologies :					Présence de défauts d'étanchéité à l'air ponctuels au niveau du cadre
Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :		1.9				
Localisation : Bâtiment C						
Fenêtre de toit		Surface	Uw	P	V	
	Matériau et vitrage :	6 m²	4,70	0	1	
	Bois / Simple vitrage					
	Etanchéité :					Moyenne
	Année :					Non déterminée
	Occultation :					Aucune
	Type :					Fenêtre de toit
	Inclinaison :					Inférieure à 45°
	Pathologies :					Absence de pathologie
Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :		1.9				
Localisation : Rampants (bâtiment C)						
Porte sur extérieur métallique		Surface	Uw	P	V	
	Matériau et vitrage :	7 m²	5,80	0	1	
	Métal / Porte pleine non isolée					
	Etanchéité :					Moyenne
	Année :					1994
	Pathologies :					Absence de pathologie

Menuiserie						
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	Sans objet				
	Localisation :	Bâtiment A, Bâtiment B				
Façade vitrée Alu 4/6/4			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Double vitrage lame d'air 6 mm	62 m²	3,60	1	1
	Etanchéité :	Moyenne				
	Remplissage :	Air				
	Année :	1994				
	Occultation :	Aucune				
	Fermeture :	Fixe				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9				
Localisation :		Bâtiment B				
Briques de verre			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Briques de verre ancienne	104 m²	3,60	1	1
	Etanchéité :	Bonne				
	Année :	1994				
	Occultation :	Aucune				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9				
Localisation :		Escalier (bâtiment A et bâtiment B)				

Plancher haut					
Verrière de toiture		Surface	Uw	P	V
	Type :	Métal / Polycarbonate simple-peau	91 m²	3,45	0
	Pathologies :	Présence importante de moisissures			
	Année :	1994			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5			
	Localisation :		Hall (bâtiment A)		
Toiture-terrasse		Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	770 m²	1,79	1
	Épaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Indéterminé			
	Épaisseur d'isolation :	6 cm			
	Année :	1994			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
Localisation :		Bâtiment A, Bâtiment B			
Planchers de combles		Surface	R	P	V
	Type :	Charpente bois	352 m²	2,24	1
	Épaisseur :	5 cm			
	Ventilation des combles perdus :	Local peu ventilé			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation au niveau du plancher des combles			
	Isolant :	Laine de verre			
	Épaisseur d'isolation :	7 cm			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Année :	1994			
Garde-fou RT existant 2023 (R) :	5.2				
Localisation :		Bâtiment C			

Plancher bas						
Plancher bas sur local non chauffé			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	348 m²	0,56	0	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Année :	Non déterminée				
	Nature du local non chauffé :	Sous-sol				
	Position :	Sur sous-sol semi-enterré				
	Ventilation du local non chauffé :	Local peu ventilé				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
	Localisation :		Bâtiment C			
Plancher bas sur terre-plein			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	941 m²	2,56	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Année :	1994				
	Pathologies :	Absence de pathologie				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	Sans objet				
Localisation :		Bâtiment A, Bâtiment B				

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 :

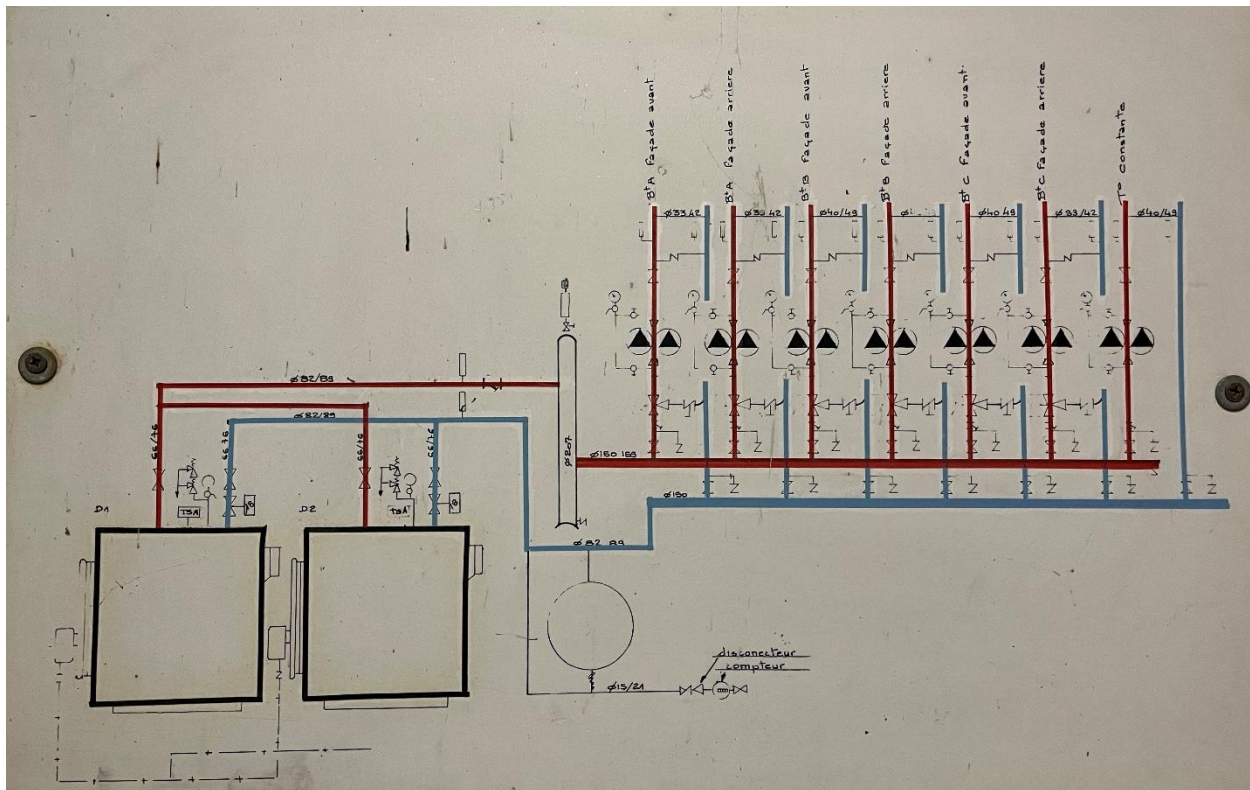
- Bâtiments non résidentiels dans lesquels sont exercées des activités tertiaires marchandes ou non-marchandes y compris ceux appartenant à des personnes morales du secteur primaire ou secondaire
- Bâtiments équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile est supérieure 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 2027.

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 2027 :	Mise en place d'une GTC

5.2.2. Schéma de principe de la chaufferie

Un schéma de principe est présent en 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	Sous-sol (Bâtiment C)
Barre anti-panique	Présente
Ferme-porte	Oui
Balayage du local (ventilation)	Grille de ventilation
Éclairage du local	Eclairage suffisant
Etat du bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES)	Bon état
Porte coupe-feu	Non
Nombre d'extincteur(s)	1
Etat de l'armoire électrique	Bon état
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Bon état
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Etat moyen

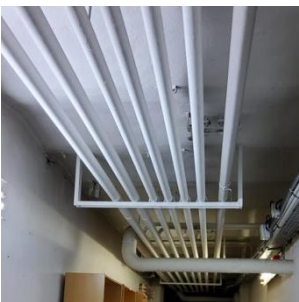
5.2.4. Chauffage

Production de chaleur			
Chaudières gaz		P	V
	Locaux desservis :	Ensemble du site	
	Energie :	Gaz naturel	
	Puissance thermique totale :	740 kW	
	Technologie :	Basse température	
	Fonction :	Chaudière principale	
	Cascade :	Oui	
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées	
	Position :	Au sol	
	Année :	1993	
	Marque :	VIESSMANN	
	Modèle :	Paromat-Triplex-RN	
	Nombre :	2	
	Brûleur intégré :	Non	
	Marque brûleur :	weishaupt	
	Nombre de brûleur :	2	
	Vétusté brûleur :	1	
	Utilisation :	Chauffage	
Localisation :		Sous-sol (Bât C)	
		2	1

Auxiliaire de chauffage			
Départs bâtiment C		P	V
	Puissance électrique totale :	480 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Bât C avant, Bât C arrière	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRIUNDFOS	
	Nombre :	2	
Localisation :		Chaufferie	
		1	1

Départs bâtiment B			
Départs bâtiment B		P	V
	Puissance électrique totale :	480 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Bât B avant, Bât B arrière	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRIUNDFOS	
	Nombre :	2	
Localisation :		Chaufferie	
		1	1

Départs bâtiment A		P	V
	Puissance électrique totale :	480 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Bât A avant, Bât A arrière	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRIUNDFOS	
	Nombre :	2	
Localisation : Chaufferie		1	1

Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage		P	V
	Technologie :	Présence de calorifuge sur l'ensemble des réseaux	
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'un film PVC	
	Localisation :	En sous-sol	
	Année réseau :	Non déterminée	
	Année isolation :	Non déterminée	
	Localisation :	Chaufferie, sous-sol	
		3	2

Emission de chaleur			
Radiateur plinthe		P	V
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiateur plinthe	
	Matériau :	Acier	
	Température :	Haute	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Année :	Non déterminée	
Localisation : Bât B (R+1, R+2), Bât C (quelques locaux RDC, R+1, R+2)		2	2
Radiateur		P	V
	Energie :	Hydraulique	
	Technologie :	Radiateur	
	Matériau :	Acier	
	Température :	Haute	
	Pathologies :	Absence de pathologie	
	Année :	Non déterminée	
Localisation : Bât A, RDC Bât C, Bât B (escalier, RDJ)		2	2

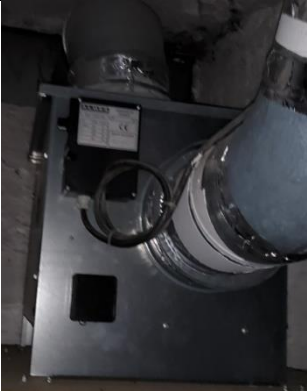
Régulation terminale chauffage				
Robinet thermostatique			P	V
	Technologie :		Robinets thermostatiques anciens	2
	Année :		Non déterminée	
	Localisation :		Ensemble du site	

Régulation centrale chauffage				
Régulation centrale		P	V	
	Technologie :	Régulation en fonction de la température de retour	2	1
	Programmation :	Information non disponible		
	Nombre de départs régulés :	6		
	Adéquation de la régulation :	Optimisable		
	Année :	Non déterminée		
	Marque :	ELESTA		
	Modèle :	DOMOTESTA 300		
	Locaux desservis :	Ensemble du site		
	Localisation : Chaufferie			

Commentaire par équipement	
Régulation centrale	Tous les départs disposent d'une régulation centrale. Cette régulation est en fonction de la température de retour. Nous n'avons pas pu relever les températures de consigne (confort et réduit) ni les plages horaires pendant la visite.

5.2.5. Ventilation

Équipement de ventilation				
Bouche d'extraction d'air			P	V
	Technologie :		Autoréglable	
	Position :		Au plafond	
	Année :		Non déterminée	
	Localisation :		Sanitaires, quelques salles (bâtiment A)	
Extracteurs simple flux			P	V
	Technologie :		Autoréglable	
	Type :		Haute pression	
	Type de conduit :		Gaine de ventilation	
	Pathologies :		Présence d'odeurs localisées dans les sanitaires	
	Année :		Non déterminée	
	Marque :		ALDES	
	Modèle :		CVEC 750	

Équipement de ventilation			
	Locaux desservis :	Sanitaires, salle de repos, réserves	
	Nombre :	1	
	Localisation :	Sous-sol (bâtiment C)	
Ventilation naturelle		P	V
-	Technologie :	Ventilation par ouverture des fenêtres (faible utilisation)	0
	Localisation :	Ensemble du site	NC

Régulation centrale ventilation			
Absence de régulation		P	V
-	Technologie :	Sans régulation centrale	0

5.2.6. Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Ballons électriques 30 L		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	2	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Volume :	30 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
Localisation :		Bât A (sanitaires R+1, salle de repos RDC)	
Ballons électriques 50 L		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Nombre :	5	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	2 kW	
	Volume :	50 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
Localisation :		Bât A (sanitaires RDC et R+2), Bât B (sanitaires)	

5.2.7. Eclairage

Source d'éclairage			
Luminaire LED		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Ampoule, Spot, Tube	
	Position :	En saillie, Encastrée	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Localisation :	Bât A (Circulations, cafétéria R+1, sanitaires, atrium RDC), Bât C (partie sous-sol, hall RDC, partie des salles R+1, circulation R+1 R+2), Bât B (sanitaires, circulation)	
Tube fluorescent T8		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Tube fluorescent T8	
	Type de luminaire :	Tube	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Localisation :	Partie du sous-sol, quelques salles RDC et R1 et locaux R+2 (Bât C), local réserve RDC (Bât A), archive RDJ (Bât B)	
Lampe fluocompacte		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Lampe fluocompacte	
	Type de luminaire :	Ampoule	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Localisation :	Couloir R+2 (Bât A)	
Tube fluorescent T5		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Tube fluorescent T5	
	Type de luminaire :	Tube	
	Position :	En saillie	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Localisation :	Ensemble des locaux (Bât A), Salles R+1 R+2 (Bât B)	
Pilotage terminal éclairage			
Relance temporisée		P	V
	Technologie :	2	2
	Localisation :	Couloir R+2 (Bât A), couloir et escaliers (Bât B)	
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie :	1	2

Pilotage terminal éclairage				
	Localisation : Majorité des locaux			
Détection de présence			P	V
	Technologie : Détection de présence		3	2
	Localisation : Bâtiment C (Sous-sol, Hall RDC, couloir R1)			

5.2.8. Autres usages

Autres usages			
Equipements de cuisine		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Plaque de cuisson	
	Durée de fonctionnement :	Ponctuelle	
	Année :	Non déterminée	
	Localisation :	Salle de repos (bâtiment A)	
Equipements de bureautique		P	V
	Type :	PC fixe, PC portable, Vidéoprojecteur, Photocopieur, Imprimante	
	Durée de fonctionnement :	Période d'ouverture	
	Année :	Non déterminée	
	Localisation :	Bureaux	

5.3. Synthèse état des lieux techniques

Synthèse

Le site est composé de trois bâtiments dont un ancien et deux construits ultérieurement. Ces bâtiments présentent une performance thermique globalement moyenne.

En effet, les murs en pierre du bâtiment ancien ne sont pas isolés, les autres murs en béton sont moyennement isolés. Les menuiseries sont majoritairement fortement déperditives. Les planchers hauts sont moyennement isolés. Pour les planchers bas, dont une partie qui est sous-sol, ne sont pas isolés.

Il sera préconisé une mise en place/reprise de l'isolation de l'enveloppe et le remplacement des menuiseries.

La production de chaleur est assurée par deux chaudières gaz peu performantes et vieillissantes. Le remplacement de ces équipements par un système plus performant et émettant moins de gaz à effet de serre sera proposé.

Chaque départ dispose d'un module de régulation centrale, la régulation s'effectue en fonction de la température de retour. Les plages horaires ainsi que les différentes températures de consignes ne sont pas déterminées. La mise en place d'une gestion technique centralisée sera préconisée.

La régulation terminale est assurée par des robinets thermostatiques en bon état.

En ce qui concerne la ventilation, le site est ventilé naturellement par ouverture des fenêtres et défauts d'étanchéité. Une VMC simple flux est présente aux niveaux des sanitaires. La mise en place d'une ventilation double-flux sera préconisée.

L'eau chaude sanitaire est assurée par des ballons électriques. Il n'y a pas un grand besoin d'eau chaude sur site et la production est décentralisée. Le système actuel est donc adapté à l'usage du site.

L'éclairage du bâtiment est assuré dans l'ensemble du bâtiment par des tubes fluorescents et des luminaires LED. Une généralisation de l'éclairage LED sera préconisée avec mise en place d'une détection de présence dans les locaux à occupation passagère qui n'en sont pas encore équipés.

Les usages spécifiques liés principalement à la bureautique représentent une part non négligeable étant donné l'usage du site. La mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique sera préconisée.

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. 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)

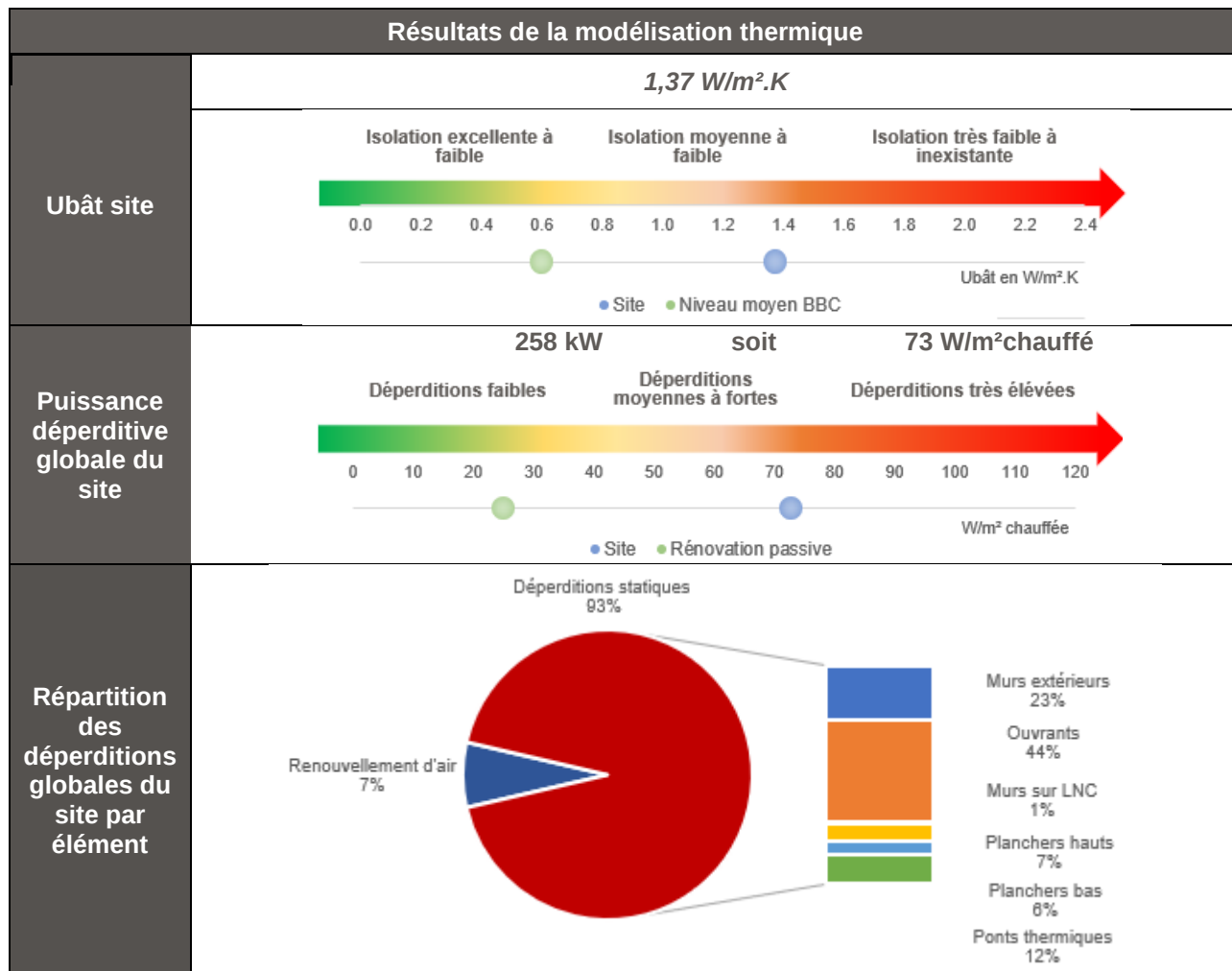
Cette modélisation intègre les caractéristiques techniques (bâti et système) collectées et relevées lors de la visite du site ainsi que l'usage du site décrits dans les précédents chapitres.

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	3 550 m ²	La surface chauffée représente 92% de la surface de plancher
Volume chauffé	13 219 m ³	Hauteurs sous plafond standard
Inertie thermique	Forte	Bonne inertie liée aux maçonneries lourdes
Ratio surface vitrée / façade	35%	Le bâti est fortement vitré
Étanchéité à l'air	Faible	La performance de l'étanchéité à l'air est faible en raison de l'étanchéité faible des fenêtres extérieures.
T° de chauffage	19 °C	Le calcul de déperdition prend en compte : $\Delta T = T_{\text{chauffage}} - T_{\text{base}}$
T° de base	-15 °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 à faible, notamment à cause des menuiseries déperditives et des parois extérieurs faiblement isolés d'où le $U_{bât}$ élevé.

En regardant dans le détail les postes déperditifs, la priorité devra être mise sur les menuiseries et les murs extérieurs. Le renouvellement d'air est un poste qui représente un potentiel d'économies d'énergies en mettant en place un système de ventilation performant.

6.2. Analyse des consommations énergétiques simulées

Ce modèle a été calibré par rapport à la moyenne des consommations de l'année 2017, 2018 et 2019 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 0,07 €TTC /kWhPCS pour le gaz et 0,17 €TTC /KWh pour l'électricité. Un coût unitaire a été pris en compte en analysant les coûts mensuels communiqués par la maîtrise d'ouvrage (Les consommations ainsi que les coûts associés n'ont pas été communiqués pour tous les mois).

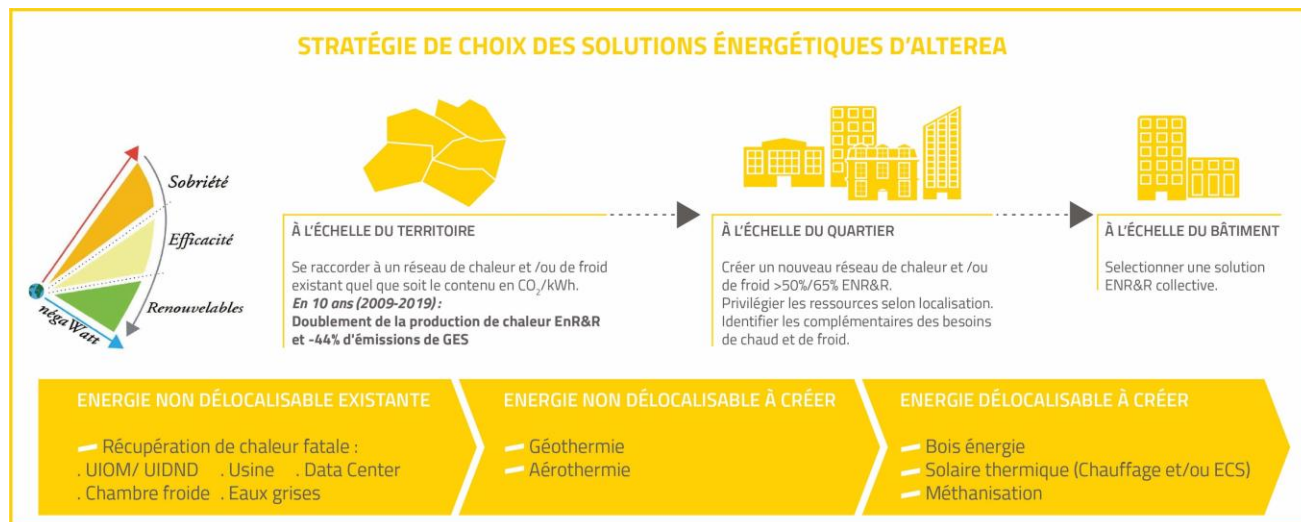
Le tableau ci-dessous présente la répartition des consommations énergétiques modélisées :

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	417 761	109	94 832	55 702
ECS	Electricité	5 748	1.5	374	1 437
Auxiliaires de ventilation	Electricité	1 900	0.5	122	475
Auxiliaires de distribution	Electricité	4 739	1.2	303	1 185
Eclairage	Electricité	56 215	15	3 879	14 054
Spécifique	Electricité	41 206	11	2 637	10 301
TOTAL		527 569	137	102 146	83 153

Eléments d'explication et d'analyse
La part la plus importante de consommations est liée au chauffage. Dès lors, l'amélioration des performances de l'enveloppe ainsi que le changement des systèmes de production et d'émission seront préconisés. L'amélioration de la régulation centrale en mettant en place une GTC est recommandée. L'éclairage représente le 2nd poste le plus consommateur. Cela s'explique par la présence de systèmes énergivores dans beaucoup de locaux. La généralisation des LEDs sera donc préconisée. Etant donné l'usage du site, les usages spécifiques liés aux équipements de bureautique représente une part non négligeable. La mise en place d'une coupure centralisée sera préconisée.

7. OPPORTUNITÉ D'INTÉGRATION DES ÉNERGIES 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	Fort
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	Fort
Commentaires	Il existe une capacité de livraison du bois sur site ainsi qu'une surface disponible au sous-sol (bâtiment C) pour abriter la chaufferie et le silo avec un aménagement potentiel. La mise en place d'une chaudière biomasse sera étudiée.
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 de la salle des fêtes.
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 faiblement isolé
Potentiel	Inexistant
Commentaires	Ressources géothermales de la zone très faibles. Ce système n'est donc pas envisageable.
Aérothermie (PAC)	
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	Oui
Surface extérieure disponible (sol, toiture)	Oui
Zone climatique favorable	Non
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Potentiel	Modéré
Commentaires	La zone climatique n'est pas favorable pour la mise en place de cette solution. Cependant, ce système

Evaluation du potentiel EnR	
reste envisageable avec le recours à un système d'appoint pendant les périodes de plus basses températures.	
Solaire thermique	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Besoin d'ECS en période estivale	Faibles
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
Inclinaison de la toiture/du pan envisagé	0°
Masques solaires	Faibles
Surface de captage disponible	105 m²
Puissance associée à la surface de captage	19,88 kWc
Potentiel	Fort
Commentaires	La toiture terrasse dispose d'une surface non négligeable pour la mise en place de panneaux photovoltaïques. Cette solution sera étudiée.
Eolien	
Potentiel	Inexistant
Commentaires	L'environnement urbain ne permet pas la mise en place d'une éolienne.

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.

8. 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 :



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		SC1	SC2	SC3
			Énergie FINALE		annuellement								
			kWh EF/PCI	%	kgCO ₂	%	€HT	CEE €	€TTC	années			
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	6 587	1%	-1 279	-1%	5 000	0	2 864	2	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	56 670	11%	12 686	12%	45 000	19 804	7 684	5	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	-	-	-	-	16 000	0	-	-	X	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs en pierre (ITI)	72 117	14%	16 475	16%	49 000	9 412	9 541	5		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation des murs en béton (ITI)	34 626	7%	7 989	8%	114 000	30 897	4 525	18		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries	104 698	20%	23 839	23%	630 000	1 285	13 908	26		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Remplacement de la verrière de toiture	4 805	1%	1 192	1%	91 000	0	568	>30			X
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Reprise de l'isolation des toitures terrasses	22 067	4%	5 120	5%	162 000	10 388	2 863	>30			X
TRAVAUX SUR LE BATI	9	Reprise de l'isolation des planchers de combles	5 596	1%	1 378	1%	19 000	4 409	669	19			X
TRAVAUX SUR LE BATI	10	Isolation du plancher bas sur sous-sol	4 114	1%	1 043	1%	21 000	8 719	470	26			X

			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	Retour sur investissement	SC1	SC2	SC3
			Énergie FINALE		annuellement								
			kWh EF/PCI	%	kgco ₂	%	€HT	€	€TTC	années			
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place de pompes à débit variable	2 219	0.4%	127	0.1%	6 000	158	566	9	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur	-5 350	-1%	-115	-0.1%	228 000	16 172	-2 300	-		X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Amélioration du système d'éclairage	16 406	3%	-2 518	-2%	135 000	3 513	6 797	15	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place de chaudières gaz à condensation	29 203	6%	6 629	6%	65 000	10 547	1 054	>30	X	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Mise en place d'une chaufferie biomasse	12 287	2%	82 668	81%	317 000	13 341	43 012	7			
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de panneaux photovoltaïques	17 650	3%	1 218	1%	60 000	0	1 923	21			X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau	157 998	30%	73 468	72%	297 000	13 341	-19 225	-25			X

9. GISEMENTS DES POTENTIELS D'ECONOMIE D'ENERGIE

9.1. Interventions de pilotage

Mise en place d'un plan de comptage énergétique	<u>Zones concernées :</u> Ensemble du site	Nombre de sous-compteurs : 37
<u>Problématiques traitées</u> - Le plan de comptage actuel ne permet pas d'analyser clairement les usages énergétiques. - Le site ne dispose d'aucun sous-comptage énergétique. - Cette intervention permet de réaliser une maîtrise complète des flux énergétiques du site. Toutefois, afin d'être efficace, ces compteurs devront être relevés régulièrement. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Mise en place de 6 compteurs thermiques en chaufferie (un compteur par départ de chauffage) afin de déterminer les consommations de chauffage par zone. - Mise en place des sous-compteurs électriques dans les armoires électriques afin de sous-compter la consommation électrique par bâtiment, par étage et par usage. - Le nombre de sous-compteurs électriques est estimé à 31 installés comme suit : 1 sous-compteur dans la chaufferie (auxiliaires de chauffage), 1 sous compteur par bâtiment pour les systèmes de ventilation et 3 sous-compteurs par étage pour l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les usages spécifiques (le bâtiment C n'est pas concerné par l'eau chaude sanitaire) - Le suivi des compteurs devra être réalisé mensuellement par un technicien. <u>Remarques :</u> - La mise aux normes éventuelle des armoires électriques n'a pas été évaluée durant la visite. Par conséquent, cette prestation n'a pas été incluse dans le chiffrage de l'intervention. <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Fourniture et pose des compteurs électriques. - Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - Relevé des compteurs. - Mise aux normes des armoires électriques.		

Mise en place d'une gestion technique centralisée	<u>Zones concernées :</u> Ensemble du site	
<u>Problématiques traitées</u> - La mise en place d'une GTC permet de réaliser des économies d'énergie en réalisant des actions régulières de correction des paramètres de régulation. - L'installation d'une supervision permet également de réaliser de la télérelève, qui permet de suivre et de faciliter le plan de comptage énergétique envisagé. - La mise en place d'une supervision permet à la maîtrise d'ouvrage d'effectuer un suivi des consommations, des paramètres de régulation et des alarmes techniques. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Mise en place d'une GTC dans la chaufferie et sur les équipements de ventilation et d'éclairage. - Mise en place d'une connexion ADSL dans les locaux techniques. - Raccordement des compteurs énergétiques. - Établissement de la liste des points d'entrées et de sorties. - Mise en place et programmation d'un automate central et de son interface. - Mise en place et branchement des capteurs et des actionneurs adéquats (aquastat chaudières, sonde de température extérieure, sondes de départ et retour réseau, registres de motorisation de la ventilation...) - Les fonctionnalités de base prévues sont les suivantes : - Sur les installations de chauffage : raccordement des pompes (connaissance du fonctionnement, marche ou arrêt et possibilité de mise en route) et des Vannes 3 Voies (régulation du chauffage). - Sur les installations de ventilation : mise en place d'une programmation horaire. - Sur les équipements d'éclairage : mise en place d'une coupure centralisée / programmation horaire pour les locaux d'occupation (bureaux, salles ...) <u>Remarques :</u> - Un système de Gestion Technique Centralisée ne sera utile que s'il est utilisé par des personnes ayant suivi les formations adéquates et si le système est régulièrement exploité. - Il est nécessaire de veiller à la communication des différents bus. Les systèmes des différents fabricants n'étant en général pas interchangeables, il est primordial de sélectionner autant que possible des solutions dites « ouvertes » permettant la mise en œuvre de protocoles normalisés pour la communication des bus de terrain et de supervision. <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La mise en place des équipements de télégestion : automate, interface d'utilisation. - La pose et le raccordement des capteurs et des actionneurs. - La programmation du système de gestion.		

Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	Zones concernées : Ensemble du site	
<u>Problématiques traitées</u> • Actuellement, aucun système de coupure centrale ne permet un arrêt complet des équipements informatiques. • Diminution de la consommation d'électricité des équipements de bureautique. <u>Mise en œuvre proposée :</u> • Les imprimantes, PC et photocopieurs sont concernés par ce type de dispositif. • Deux solutions principales existent : ○ Utilisation des solutions disponibles sur le marché (horloges, applications réseau, etc.). ○ Développement d'une application interne. • Les coupures peuvent être effectuées via le réseau informatique. • Un message préventif peut être envoyé aux utilisateurs pour les prévenir de la coupure à venir de leur poste informatique. Ils peuvent annuler cette coupure s'ils n'ont pas terminé leur travail. • Installation de prises équipées d'horloge afin de couper l'alimentation en électricité des moniteurs des ordinateurs (les écrans ne peuvent pas être raccordés sur le réseau). • Sensibilisation des utilisateurs pour faire éteindre les ordinateurs après l'utilisation. <u>Remarques :</u> • La coupure des équipements informatiques permet également de réduire les apports internes de chaleur, ce qui limite les surchauffes estivales. • L'intervention peut être réalisée en interne en relation avec les services informatiques. <u>Chiffrage :</u> • Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ Mise en place d'une coupure centrale pour le matériel de bureautique. • Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : ○ Une éventuelle mise en conformité de l'armoire électrique.		

9.2. Interventions sur le bâti

Isolation / Reprise de l'isolation des murs extérieurs (ITI)	Localisation : Ensemble du site	Surface concernée : 407 m ² + 1336 m ²
<u>Problématiques traitées</u> - Les murs en pierre ne sont pas isolés et les murs en béton sont faiblement isolés, ce qui engendre des déperditions importantes et altère le confort des occupants. - Réduction des déperditions par les murs et des ponts thermiques. - Diminution des consommations de chauffage. - Amélioration du confort thermique par suppression de l'effet de parois froides. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Cette intervention concerne l'isolation des murs en pierre (Bâtiment C) et la reprise de l'isolation des murs en béton (Bâtiments A et B) de l'ensemble des murs extérieurs. - Dévoisement des réseaux électriques. - L'isolation par l'intérieur des murs de façade est réalisée par la mise en place de panneaux isolants. Les panneaux sont disposés entre des tasseaux de bois et revêtus par des plaques de plâtre. - Mise en place d'un frein-vapeur. - Mise en place des plinthes adaptées (carrelage ou bois). - La résistance thermique de l'isolant est de $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. <u>Remarques :</u> - La mise en place de l'isolation côté intérieur diminue la surface utile des pièces. - L'isolation par l'intérieur des murs en pierre entraîne une baisse de l'inertie du bâtiment et donc une montée en température plus rapide lors de la mise en route du chauffage. Cela peut cependant avoir un impact négatif sur le confort thermique en été. - L'isolation par l'intérieur entraîne également une augmentation des ponts thermiques, notamment au niveau des planchers intermédiaires. - Afin de limiter au maximum les ponts thermiques au niveau des fenêtres, le remplacement de celles-ci doit être réalisé en même temps que l'isolation par l'intérieur. <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Préparation des surfaces (dépose des doublages, des radiateurs, des coffres de volets roulants et dévoisement des réseaux électriques). - Pose d'une nouvelle isolation avec doublage et finition plaque de plâtre. - Mise en place d'un frein-vapeur. - Mise en place de plinthes. - Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - Un éventuel surcout lié à la présence d'amiante. - Reprise des revêtements intérieurs (plafonds et sols). <u>Alternative bas carbone :</u> - Mise en place d'une isolation en panneaux semi rigide de fibres végétales. L'épaisseur d'isolant est de 200 mm pour un $R = 5.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. - Gain carbone moyen : 34%. - Surcoût en €TTC : +15€/m².		

Remplacement des menuiseries	<u>Localisation :</u> Ensemble du site	Menuiseries Alu : 578 m ² Menuiseries bois : 138 m ²
<u>Problématiques traitées</u> • Les ouvrants sont peu performants et peu étanches à l'air. • Réduction des déperditions par les ouvrants. • Diminution des consommations de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> • L'intervention concerne l'ensemble des menuiseries du site. • Le remplacement des menuiseries est réalisé en dépose totale, en changeant la menuiserie complète. • Dépose des menuiseries existantes • Mise en place de menuiseries en bois pour le bâtiment C et en aluminium pour les bâtiments A et B avec rupteurs de ponts thermiques et double vitrage 4/16/4. Le vitrage sera peu émissif et disposera d'un traitement pour limiter les apports solaires. Les menuiseries auront une performance $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et de $S_w = 0,3$. • Le remplacement des ouvrants implique de revoir le système de ventilation du bâtiment car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. <u>Remarques :</u> • Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air en périphérie de la fenêtre afin de ne pas altérer le confort des occupants. • La réalisation conjointe du remplacement des ouvrants avec la pose de l'isolation des murs limite les ponts thermiques au niveau des ouvrants et améliore l'étanchéité à l'air. • En l'absence de ventilation mécanique, le remplacement des menuiseries rend indispensable de rénover le système de ventilation du bâtiment car les nouvelles fenêtres seront étanches à l'air. Si la ventilation ne peut pas être modifiée, il sera nécessaire de prévoir des entrées d'air intégrées aux menuiseries afin d'assurer un renouvellement d'air naturel. <u>Chiffrage :</u> • Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ La dépose des menuiseries actuelles. ○ La mise en place de menuiseries neuves. • Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : ○ La protection et les moyens d'accès. ○ La reprise des revêtements intérieurs. ○ Un éventuel surcoût lié à la présence d'amiante. <u>Alternative bas carbone :</u> • Mise en place de menuiseries fabriquée en France, en bois d'essence tempérée européen respectant une performance thermique de $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. • Gain carbone moyen : 55%. • Surcoût en €TTC : 90€/m².		

Remplacement de la verrière de toiture	Localisation : Bâtiment A	Surface concernée : 91 m ²
<u>Problématiques traitées</u> - La verrière en polycarbonate simple peau est trop déperditive. - Diminution des consommations de chauffage. - Réduction des déperditions par l'enveloppe. - Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. - Amélioration du confort thermique. - Les travaux d'isolation permettent de réaliser l'entretien de la façade et de revoir son aspect architectural. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - L'intervention concerne la verrière de la toiture du bâtiment A. - Le remplacement de la verrière est réalisé en dépose totale. - Mise en place d'une structure métallique avec du polycarbonate double-peau. Le vitrage sera peu émissif et disposera d'un traitement pour limiter les apports solaires. L'ensemble aura une performance $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et $S_w = 0,3$. <u>Remarques :</u> - Il est impératif de réaliser une parfaite étanchéité à l'air afin de ne pas altérer le confort des occupants. - La réalisation conjointe du remplacement de la verrière avec la reprise de l'isolation de la toiture terrasse limite les ponts thermiques et améliore l'étanchéité à l'air. <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - La dépose de la verrière actuelle. - La mise en place de verrière neuve. - Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - La protection et les moyens d'accès. - Un éventuel surcoût lié à la présence d'amiante.		

Reprise de l'isolation des planchers de combles	Localisation : Bâtiment C	Surface concernée : 352 m ²
<u>Problématiques traitées</u> - Les plafonds du bâtiment C donnent sur des combles perdus. - Les planchers de combles actuels sont faiblement isolés. - L'isolation est vieillissante. - Réduction des déperditions par les planchers hauts. - Diminution des consommations de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Dépose de l'isolation existante - Mise en place de panneaux de laines minérales croisés en plancher de combles et en rampant donnant sur l'extérieur. La résistance thermique de l'isolant installée est égale à $7,50 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$. - Mise en place d'un pare-vapeur. <u>Remarques :</u> - Le pare-vapeur de l'isolation doit être positionné côté chaud. - Dans le cas de la pose de deux couches d'isolant, croiser la deuxième couche en la déroulant perpendiculairement à la première. Afin d'éviter toute condensation dans la laine de verre, le panneau d'isolant situé côté combles ne doit pas disposer de pare-vapeur		

- L'isolation pourrait également être envisagée par soufflage mécanique (par du soufflage de laine de verre ou de ouate de cellulose).
- Une étude de structure pourra être réalisée.
- L'intervention pourra être l'occasion de mettre en place un platelage dans les combles perdus pour garantir l'accès aux équipements techniques (cheminement en bois posé sur l'isolation).

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
 - Dévoisement des réseaux électriques.
 - Pose d'une isolation en panneaux de laine minérale (y compris pare-vapeur).
 - Création d'un platelage en bois.
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
 - L'étude de structure.

Alternative bas carbone :

- Mise en place d'une isolation en panneaux de ouate de cellulose. L'épaisseur d'isolant est de 330 mm pour un $R = 7 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- Gain carbone moyen : 100%.
- Surcoût en €TTC : +0€/m².

Reprise de l'isolation des toitures terrasses	Localisation : Bâtiment A et B	Surface concernée : 770 m ²
<u>Problématiques traitées</u> • Les toitures terrasses sont faiblement isolés. • Diminution des déperditions par l'enveloppe, diminution des consommations de chauffage. • Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant. • Amélioration du confort thermique. • L'isolation des toitures-terrasses est l'occasion de reprendre l'étanchéité de la toiture. <u>Mise en œuvre proposée :</u> • Dépose de l'étanchéité actuelle et de l'isolation le cas échéant. • Mise en place de panneaux isolants rigides en polystyrène expansé de 250 mm pour une résistance thermique $R = 7,00 \text{ m}^2\text{K/W}$. • Mise en place d'une étanchéité de type bitume. • Réhausse des acrotères par des profilés métalliques. • Réalisation des étanchéités des relevés et des couvertines. • Dépose et repose des équipements présents en toiture. <u>Remarques :</u> • Une hauteur d'acrotère minimum de 15 cm devra être conservée après l'ajout de la nouvelle isolation (DTU 43.1). • Afin d'améliorer le confort estival, la végétalisation de la toiture peut être envisagée sur les terrasses. Cette solution permettra une meilleure gestion des eaux pluviales et donnera une nouvelle identité architecturale aux bâtiments. • L'intervention en toiture peut être l'occasion de mettre les toitures terrasse aux normes en installant des organes de sécurité (garde-corps, ligne de vie...) conformément à la réglementation. <u>Chiffrage :</u> • Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ La dépose et repose des équipements en toiture. ○ La dépose de l'étanchéité actuelle. ○ L'isolation de la toiture.		

- La mise en place d'une nouvelle étanchéité.
- La rehausse des acrotères.
- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
 - L'étude de structure.
 - La mise en place de garde-corps.

Isolation du plancher bas sur sous-sol

Localisation :

Bâtiment C

Surface concernée : 770 m²

Problématiques traitées

- Réduction des déperditions par l'enveloppe et diminution des consommations de chauffage.
- Mise en conformité vis-à-vis de la réglementation thermique dans l'existant.

Mise en œuvre proposée :

- L'isolation consiste à mettre en place un flochage isolant en sous face de plancher bas. La résistance thermique R est de 4,00 m².K/W en sous face de plancher bas.
- L'isolation consiste, lorsque la hauteur sous-plafond est faible, à réaliser une isolation par soufflage mécanique de laine minérale maintenue par un liant.
- Dépose et dévoiement des réseaux si nécessaire (éclairage, réseaux de chauffage et d'ECS, EU/EV/EP).

Remarques :

- Des découpes sur l'isolant pourront être réalisées afin de limiter les déposes des équipements existants (EU/EV, etc.).
- Généralement, les entreprises n'interviennent pas pour une hauteur sous-plafond inférieure à 1,2 m.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
 - La pose d'un flochage isolant au plafond.
 - L'abaissement des réseaux hydrauliques, électriques, d'évacuation.

Alternative bas carbone :

- Mise en place d'une isolation en panneau rigide de laine de bois enrobée de ciment. L'épaisseur d'isolant est de 200 mm pour un R = 4.6 m².K/W.
- Gain carbone moyen : 45%.
- Surcoût en €TTC : +10€/m².

9.3. Interventions sur les systèmes

Mise en place de pompes à débit variable	Localisation : Chaudière	Nombre : 6
<u>Problématiques traitées</u> - Les circulateurs sont à vitesse constante. - Réduction des consommations électriques des auxiliaires de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - L'intervention concerne les pompes situées sur les départs de chauffage en chaudière et/ou sous-station. - Dépose des pompes actuelles. - Mise en place de nouvelles pompes à vitesse variable. <u>Remarques :</u> - Cette intervention est l'occasion de contrôler les débits et les pertes de charge. Les nouvelles pompes devront être choisies avec des puissances adaptées (il faut éviter tout surdimensionnement en remplaçant systématiquement à l'identique). - L'arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants impose que les pompes de circulation des installations de chauffage intégrées à la chaudière ou situées dans le local de la chaudière, installées ou remplacées, soient munies de dispositif permettant leur arrêt. - Il est primordial de revoir l'équilibrage de l'installation en parallèle de cette intervention (non chiffré). <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Dépose des pompes actuelles. - Mise en place de pompes à débit variable. - Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : - Équilibrage du réseau.		

Mise en place d'une VMC double-flux avec récupération de chaleur	Localisation : Ensemble du site	Débit : 6 500 m³/h
<u>Problématiques traitées</u> - Le site est ventilé majoritairement de manière naturelle par ouverture des fenêtres. - Les débits de renouvellement d'air à respecter sont précisés dans la réglementation sanitaire départementale. - La mise en place d'une ventilation double-flux avec échangeur améliore le confort des occupants et la qualité de l'air (la centrale est équipée de filtres) et permet de réduire les déperditions par renouvellement d'air. - Le renouvellement d'air mécanique doit être permanent dans les sanitaires. Cependant, il peut être coupé dans les autres locaux à pollution non spécifique. Cela permet de limiter les déperditions thermiques et les consommations des auxiliaires. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Cette intervention concerne tous les d'occupation (bureaux, salles...). - Mise en place d'une VMC double-flux équipées d'un échangeur à plaques ou à roue avec un rendement minimal de 80 %. - Création des réseaux aérauliques, un réseau pour le soufflage et un réseau pour l'extraction. - Raccordement des réseaux aux caissons de VMC. - Mise en place de pièges à son.		

- Mise en place de bouches (d'extraction et de reprise) au niveau du plafond dans les locaux concernés.
- Les débits de renouvellement d'air à respecter sont de 25 m³/h par occupant. Compte tenu de la capacité du site, les débits sont estimés à 6 500 m³/h.
- Mise en place de registres d'équilibrage par pièce (bureaux, etc.) pilotés par les équipements de régulation souhaités.
- Pose des éléments de pilotage et de contrôle (sondes CO₂, détecteur de présence, horloge...) dans les pièces.
- Mise en place d'un planning de fonctionnement adapté et modulation des débits en fonction du taux d'occupation des locaux via les sondes CO₂.

Remarques :

- Les caissons devront être équipés de ventilateur centrifuge à action. Cette technologie conserve une pression constante sur une plage importante de débit.
- La mise en place d'un faux-plafond facilitera la mise en œuvre des réseaux aérauliques (surcoût à prévoir).

Amélioration du système d'éclairage	Localisation : Ensemble du site	
<u>Problématiques traitées</u> • L'éclairage du bâtiment est assuré en grande partie par des luminaires peu performants d'ancienne génération qui absorbent une grande puissance électrique. • L'éclairage de certains locaux à usage intermittent (circulations et sanitaires) est géré par des interrupteurs manuels, ce qui peut entraîner des surconsommations. • Réduction des puissances absorbées et des temps d'allumage, diminution des consommations de l'éclairage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> • Mise en place des luminaires LED aux locaux non équipés. • Pilotage de l'éclairage par détection de présence dans les circulations, sanitaires et locaux de stockage. • Pilotage de l'éclairage par détection de présence dans les pièces occupées de manière continue, avec mise en place d'une gradation en fonction des apports de lumière naturelle. Il est à noter que les interrupteurs seront conservés pour avoir la capacité de forcer le fonctionnement ou l'arrêt des luminaires si besoin, afin de garantir un confort d'utilisation pour les usagers. • Les détecteurs de présence posséderont une couverture rectangulaire. Ils devront être positionnés au milieu des circulations et des pièces. <u>Remarques :</u> • Un calcul d'éclairement devra être effectué afin de valider l'implantation des luminaires. • Le niveau d'éclairement devra prendre en compte les problématiques d'accessibilité. • Une attention particulière doit être portée sur le réglage des seuils de détection, des temporisations et sur le placement des détecteurs. • La mise en place de LED améliore le confort thermique d'été puisque la LED dissipe très peu de chaleur. <u>Chiffrage :</u> • Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ Pose de détecteurs de présence. ○ Remplacement des luminaires existants par des technologies LED. ○ Mise en place de gradateurs dans les bureaux et les salles.		

Mise en place de chaudières gaz à condensation	<u>Zones desservies :</u> Ensemble du site	Puissance : 297 kW
<u>Problématiques traitées</u> • Les chaudières actuelles sont peu performantes et vieillissantes. • La performance de la production de chaleur peut être améliorée par la mise en place d'une chaudière à condensation (récupération de chaleur sur les fumées de combustion). • Amélioration du rendement de production de chauffage et diminution des consommations de chauffage. <u>Mise en œuvre proposée :</u> • Vidange de l'installation et dépose de la production de chaleur actuelle. • Mise en place de chaudières gaz à condensation. La puissance installée est dimensionnée à partir de l'analyse des déperditions du site. Une surpuissance de relance de 15% a été appliquée. • Les chaudières fonctionneront en cascade. Le rendement de production sera supérieur à 100%. • Dans le cas où des travaux d'isolation sont entrepris, la puissance pourra être revue à la baisse. • Mise en place d'un conduit de fumée avec tubage double peau. • Mise en place d'un pot à boue magnétique. • Raccordement des chaudières à la distribution existante et remise en eau. <u>Remarques :</u> • L'évacuation des condensats devra être correctement prévue. • La production de chaleur utilisera un combustible fossile induisant d'importantes émissions de CO₂. • La puissance installée pourra être revue à la baisse si des actions d'amélioration sont réalisées sur le bâti. <u>Chiffrage :</u> • Le chiffrage comprend les prestations suivantes : ○ La vidange des installations. ○ La dépose des chaudières actuelles et l'installation de chaudières à condensation. ○ La mise en place d'un pot à boue. ○ La mise en place d'un conduit de fumée. ○ La remise en eau. • Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes : ○ Une éventuelle remise en conformité de la chaufferie. ○ Un surcout éventuel lié à la présence d'amiante.		

9.4. Interventions sur les énergies renouvelables

Mise en place d'une chaufferie biomasse	<u>Localisation :</u> Chaufferie	Puissance : 297 kW
<u>Problématiques traitées</u> - La combustion de combustible fossile est fortement émettrice en CO₂. L'utilisation d'un combustible biomasse est un moyen de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre. - L'augmentation annuelle du prix du bois est supposée moins importante que celle du gaz naturel. Le passage au bois pourrait créer des économies sur le long terme. - Valorisation d'une énergie renouvelable. <u>Mise en œuvre proposée :</u> - Vidange de l'installation et dépose de la production de chaleur existante. - Mise en place de chaudière bois biomasse couvrant 100% des besoins. La puissance installée est dimensionnée à partir de l'analyse des déperditions du site. Une surpuissance de relance de 15% a été appliquée. - Le rendement de la production de chaleur sera d'environ 94%. - Le combustible envisagé dépend de la taille de l'installation projetée : - Taille modérée : granulé de bois - Taille importante : plaquette forestière - Déplacement de la chaufferie en locaux archive. - Adaptation de la voirie pour le passage du camion. - Création d'un silo de stockage proche de la chaufferie. - La livraison s'effectuera par un camion souffleur ou par un camion équipé d'une benne à retournement. - Mise en place d'une vis sans fin pour le convoyage entre le silo et la chaufferie. - Le convoyage du combustible entre le silo et la chaufferie s'effectuera par soufflage à air comprimé. - Mise en place d'un pot à boue magnétique. - Mise en place d'un conduit de fumée avec tubage double peau. - Mise en place d'un filtre magnétique pour le traitement des fumées. - Raccordement des chaudières à la distribution existante. <u>Remarques :</u> - Une étude de faisabilité devra valider la possibilité de l'approvisionnement (manœuvre de retournement) et déterminer les caractéristiques du silo de stockage et du convoyage du combustible. - Un surcout de maintenance est à prévoir. - L'évacuation des cendres issues de la combustion devra être correctement prévue. - La mise en place d'un électro-filtre pour le traitement des fumées pourra être nécessaire. - La puissance installée pourra être revue à la baisse si des actions d'amélioration sont réalisées sur le bâti. - Cette intervention ne sera intégrée à aucun scénario de travaux. Elle est étudiée et présentée à titre indicatif. <u>Chiffrage :</u> - Le chiffrage comprend les prestations suivantes : - Mise en place d'une chaufferie biomasse. - Création du silo de stockage. - Mise en place d'un conduit de fumées à tubage double peau. - Mise en place d'un électrofiltre pour le traitement des fumées. - Mise en place d'un pot à boues magnétique. - Raccordement à la distribution.		

- Le chiffrage ne comprend pas les prestations suivantes :
 - L'étude de faisabilité pour la livraison et l'implantation du silo.
 - Une éventuelle remise en conformité de la chaufferie.

Mise en place d'une pompe à chaleur air/eau	<u>Zones desservies :</u> Ensemble du site	Puissance thermique : 145 kW
<u>Problématiques traitées</u> • La production actuelle n'est pas performante. • Recours à une énergie renouvelable. • Diminution des consommations d'énergie finale. • Diminution des émissions de gaz à effet de serre.		
<u>Mise en œuvre proposée :</u> • L'intervention concerne la mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau. La pompe à chaleur sera le système primaire de production de chaleur sur site. La chaudière gaz à condensation proposée en scénario 1 fonctionnera comme système d'appoint. • Déterminer la puissance chaude nécessaire au bâtiment ainsi que les températures d'eau chaude nécessaire. • Création et mise en conformité d'un local chaufferie. • Mise en place dans le local chaufferie d'un ballon tampon afin de limiter les courts cycles de la PAC. • Equilibrage, tests de bon fonctionnement.		
<u>Remarques :</u> • Il est nécessaire de monitorer l'installation pour en suivre la performance. • La puissance installée a été dimensionnée selon les déperditions du scénario 3, une sur puissance de relance de 15% a été appliquée. • La pompe à chaleur assurera environ 70% du besoin de chauffage. Le reste sera assurée par la chaudière gaz. • Il conviendra de prendre en compte les dimensions, le poids et le bruit des installations • L'entretien des PAC est indispensable (échangeur externe, filtres internes...), ainsi que le contrôle d'étanchéité obligatoire pour les circuits dont la quantité est supérieure à 2 kg de fluide frigorigène (article R543-75 à R543-123 du code de l'Environnement). • Selon la puissance de la PAC, une augmentation de l'abonnement électrique est à envisager.		

Mise en place de panneaux photovoltaïques	<u>Localisation :</u> Toitures terrasses	Puissance crête : 19,88 kWc Production annuelle : 17 650 kWh
<u>Problématiques traitées</u> • Les toitures présentent un potentiel intéressant pour la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque. • Valorisation d'une énergie renouvelable.		
<u>Mise en œuvre proposée :</u> • Mise en place de panneaux photovoltaïques monocristallins. • Mise en place d'un local ventilé permettant d'accueillir les onduleurs. • Mise en place de compteurs électriques. • Raccordement au réseau de distribution électrique.		
<u>Remarques :</u> • La faisabilité de cette intervention pourrait être compromise si le bâtiment est classé ou situé à proximité d'un bâtiment classé. • Si le site est inoccupé en été il ne sera pas possible de consommer localement l'électricité produite. Dans ce cas, il est préconisé de raccorder l'installation au réseau de distribution pour une vente totale.		

- Si le site est utilisé en été, il est envisageable de créer une installation en autoconsommation. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de raccorder l'installation au réseau de distribution électrique.
- Il est possible de mutualiser cette intervention avec d'autres bâtiments situés à proximité afin de mettre en place une installation en autoconsommation collective.
- Les prix de rachat sont fixés chaque trimestre par la CRE (Commission de Régulation de l'Energie), suivant l'arrêté du 4 mars 2011.
- Une attention particulière devra être portée à l'espace entre les panneaux.
- Un surcout de maintenance est à prévoir.
- Le montage d'une opération photovoltaïque nécessite une étude de faisabilité complète : étude d'implantation, analyse de la production annuelle, analyse économique, montage administratif et financier.

Chiffrage :

- Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
 - Fourniture et pose des panneaux photovoltaïques et d'un onduleur.
 - Création d'un local dédié à l'accueil de l'onduleur.
 - Raccordement au réseau de distribution.

10. 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 « Objectif Décret Tertiaire 2030 »** : préconisations permettant d'optimiser les installations techniques (éclairage, auxiliaires), mais également de réduire les consommations d'énergie à travers les actions de pilotage et le remplacement de la production de chaleur par un système plus performant, tout en atteignant l'objectif Décret Tertiaire 2030.
- **Scénario 2 « Objectif Décret Tertiaire 2040 »** : rénovation énergétique partielle de l'enveloppe et mise en place d'un système de ventilation performant. Le scénario 2 permet d'atteindre l'objectif Décret Tertiaire 2040.
- **Scénario 3 « Objectif Décret Tertiaire 2050 »** : optimisation de l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment et intégration des énergies renouvelables permettant une réduction des consommations d'énergie conséquente par une efficacité énergétique maximisée tout en respectant l'objectif Décret Tertiaire 2050.

10.1. Scénario 1 « Objectif Décret Tertiaire 2030 »

		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	5 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	45 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	16 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	4	Mise en place de pompes à débit variable	6 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	5	Amélioration du système d'éclairage	135 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	6	Mise en place de chaudières gaz à condensation	65 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			272 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			71 €HT/m ²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 1	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	527 569	►	419 455	-20%
	kWhEF/m²SP	137		109	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO₂/an	102 146	►	86 803	-15%
	kgCO₂/an/m²SP	27		23	

10.2. Scénario 2 « Objectif Décret Tertiaire 2040 »

		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	5 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	45 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	16 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs en pierre (ITI)	49 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation des murs en béton (ITI)	114 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries	630 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7	Mise en place de pompes à débit variable	6 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur	228 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Amélioration du système d'éclairage	135 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Mise en place de chaudières gaz à condensation	65 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			1 293 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			336 €HT/m ²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 2	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	527 569	►	244 667	-54%
	kWhEF/m ² SP	137		64	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO ₂ /an	102 146	►	46 041	-55%
	kgCO ₂ /an/m ² SP	27		12	

10.3. Scénario 3 « Objectif Décret Tertiaire 2050 »

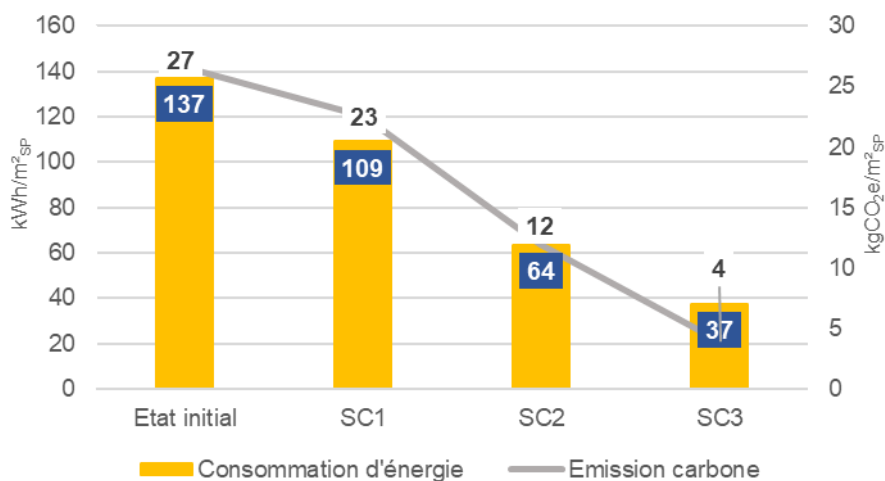
		PRECONISATIONS	COÛT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	5 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	45 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	16 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs en pierre (ITI)	49 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation des murs en béton (ITI)	114 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries	630 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Remplacement de la verrière de toiture	91 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Reprise de l'isolation des toitures terrasses	162 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	9	Reprise de l'isolation des planchers de combles	19 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	10	Isolation du plancher bas sur sous-sol	21 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place de pompes à débit variable	6 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur	228 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Amélioration du système d'éclairage	135 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place de chaudières gaz à condensation	65 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Mise en place de panneaux photovoltaïques	60 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau	297 000 €HT
COÛTS TRAVAUX TOTAUX			1 943 000 €HT
COÛTS TRAVAUX SURFACIQUES			505 €/HT/m²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 3	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	527 569	►	144 179	-73%
	kWhEF/m²SP	137		41	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO ₂ /an	102 146	►	15 352	-85%
	kgCO ₂ /an/m²SP	27		3	

10.4. Analyse comparative des scénarios de travaux

CONSTITUTION DES SCENARIOS DE TRAVAUX			SC1	SC2	SC3
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'une coupure centralisée pour la bureautique	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une gestion technique centralisée (GTC)	X	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	3	Mise en place d'un plan de comptage	X	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs en pierre (ITI)		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation des murs en béton (ITI)		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries		X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Remplacement de la verrière de toiture			X
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Reprise de l'isolation des toitures terrasses			X
TRAVAUX SUR LE BATI	9	Reprise de l'isolation des planchers de combles			X
TRAVAUX SUR LE BATI	10	Isolation du plancher bas sur sous-sol			X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Mise en place de pompes à débit variable	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Mise en place d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur		X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Amélioration du système d'éclairage	X	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Mise en place de chaudières gaz à condensation	X	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	15	Mise en place d'une chaufferie biomasse			
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Mise en place de panneaux photovoltaïques			X
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Mise en place d'une pompe à chaleur Air-Eau			X

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE		Etat initial	SC1	SC2	SC3
Consommation d'énergie	kWh_{EF}/m^2_{SP}	137	109	64	37
	Ecart annuels %		-20%	-54%	-73%
Emission carbone	$kgCO_2e/m^2_{SP}$	27	23	12	4
	Ecart annuels %		-15%	-55%	-85%

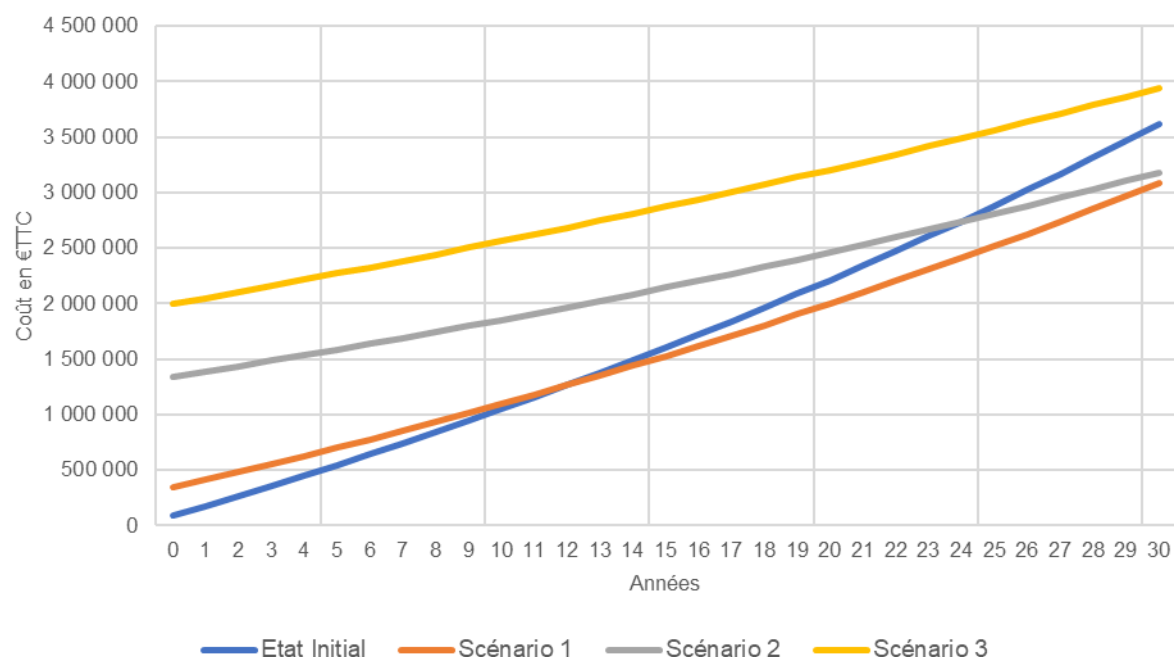
PLAN DE PROGRES


INDICATEURS ECONOMIQUES		Etat initial	SC1	SC2	SC3
Coûts travaux	€HT travaux	-	272 000	1 293 000	1 943 000
CEE mobilisables	kWhcumac	-	4 236 928	11 430 848	16020728
	€	-	34 023	91 790	128646
Dépenses énergie (P1)	€TTC/an	83 153	62 019	39 491	32 443
	Ecart à l'état initial %	-	25%	53%	61%
Dépenses maintenance (P2)	€TTC	1 350	1 990	2 290	3 530
Dépenses renouvellement (P3)	€TTC	2 300	4 500	5 000	16 900

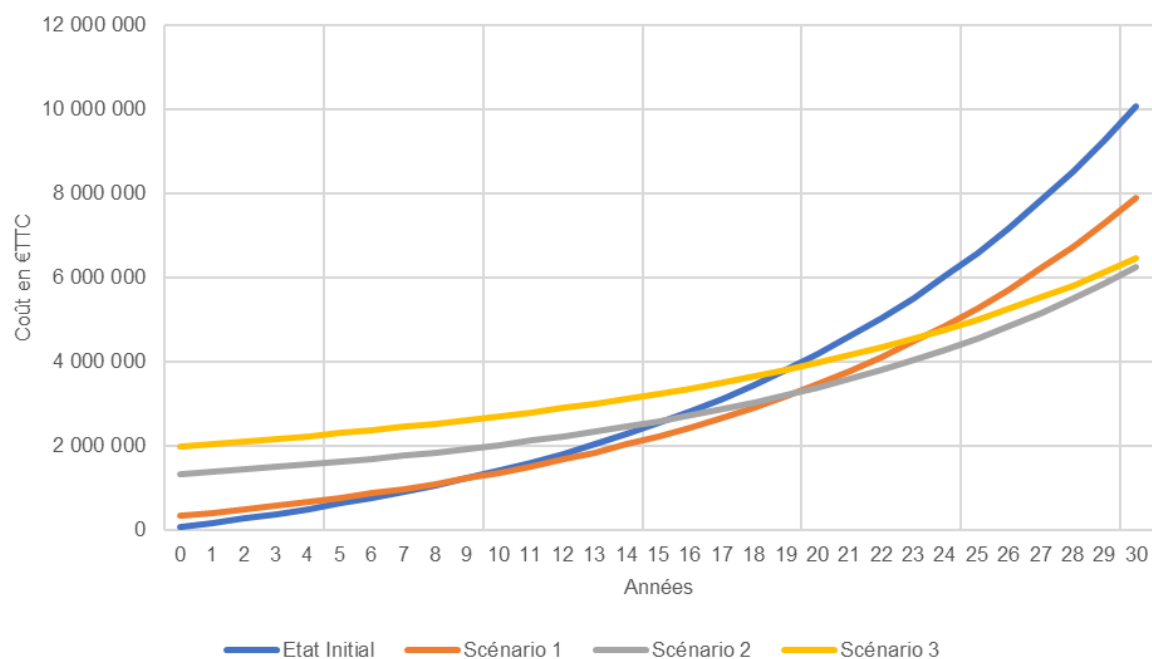
INDICATEURS FINANCIERS		Etat initial	SC1	SC2	SC3
Dépenses énergie (P1)	€TTC sur 30 ans				
	Evolution P1 4%/an	4 933 357	3 679 513	2 342 959	1 924 771
	€TTC sur 30 ans				
	Evolution P1 10%/an	15 129 228	11 284 037	7 185 201	5 902 735
Dépenses maintenance (P2) et renouvellement (P3)					
€TTC sur 30 ans		154 685	275 043	308 946	865 812
Coût global actualisé y compris coûts travaux	€TTC sur 30 ans				
	Evolution P1 4%/an	3 614 779	3 084 858	3 181 990	3 942 506
	€TTC sur 30 ans				
	Evolution P1 10%/an	10 067 284	7 897 417	6 246 426	6 459 979
Retour sur investissement actualisé	Années				
	Evolution P1 4%/an	-	12	24	>30
	Années				
	Evolution P1 10%/an	-	9	16	19

INDICATEURS D'EFFICIENCE		Etat initial	SC1	SC2	SC3
Coût de l'énergie économisée	€HT travaux / kWh	-	3	5	5
Coût du carbone évité	€HT travaux / kgCO2	-	18	23	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



10.5. Volet carbone

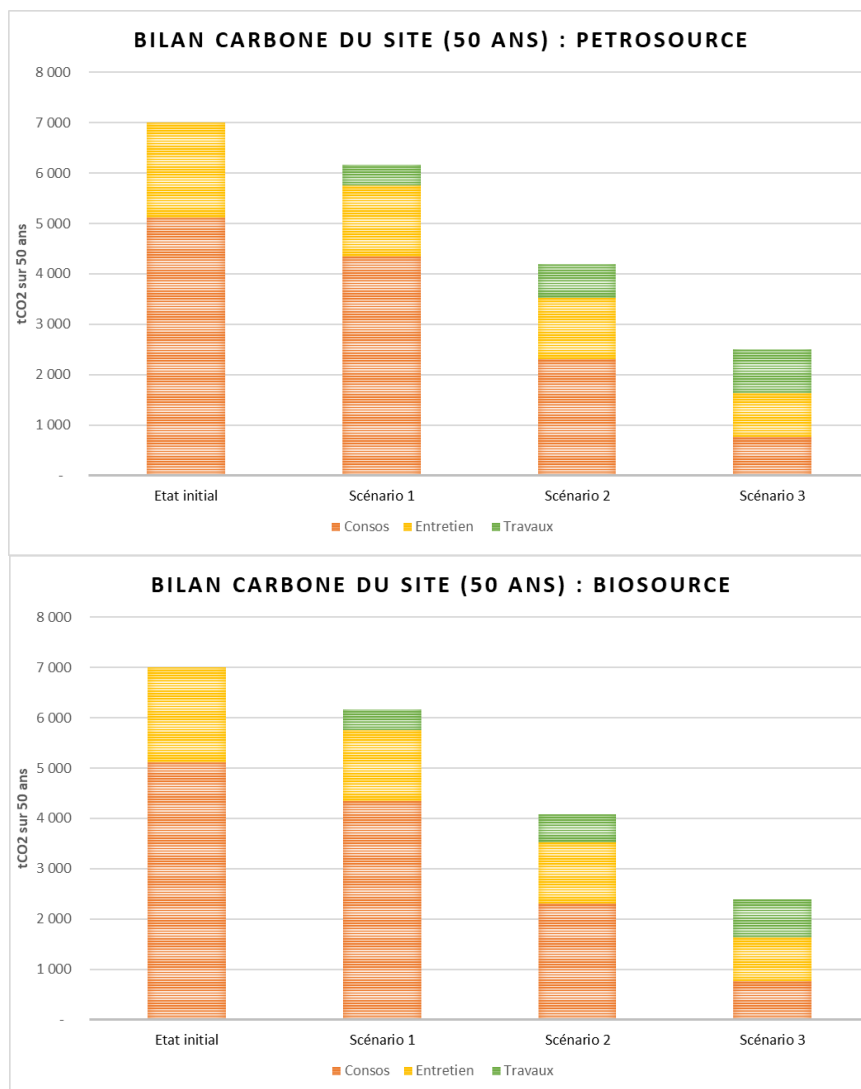
Jusqu'alors, les enjeux d'une réhabilitation étaient principalement basés sur le volet financier et énergétique. Au vu du contexte actuel, l'empreinte carbone prend une place non négligeable dans une stratégie de rénovation. Il est important ainsi d'inclure ce volet dans le cadre d'un audit énergétique.

L'histogramme ci-dessous présente l'impact carbone du site durant 50 ans. Pour ce faire, les trois impacts suivants ont été pris en compte :

- **Impact carbone issus des consommations énergétiques** liées au chauffage, Eau chaude sanitaire, auxiliaires, éclairage...
- **Impact carbone des travaux d'entretien** à réaliser sur les **éléments énergétiques** du site (systèmes et enveloppe)
- **Impact carbone des travaux énergétiques** réalisés dans les scénarios de cette étude énergétique.

Le calcul de l'impact carbone des travaux d'entretien ou énergétiques sur 50 ans est basé sur les fiches FDES. Les FDES prennent en compte l'ensemble du cycle de vie du produit, de l'extraction des matières premières à sa fin de vie, sans oublier les transports, la mise en œuvre et l'usage même du produit.

Les résultats présentés dans ce chapitre ne sont pas issus d'une analyse de cycle de vie mais permettent d'avoir une vision simplifiée de l'empreinte carbone que laissera le site en fonction des solutions choisies.



Pour ce site, la principale source d'émission de GES réside dans les consommations. Cela s'explique par l'utilisation du gaz comme énergie pour la production de chauffage.

Dans le scénario 1, les interventions du pilotage, notamment la mise en place d'une GTC ainsi que la mise en place d'une chaudière à condensation permettent de réduire légèrement l'empreinte carbone du site avec un impact non négligeable lié aux travaux énergétiques.

Le second scénario qui intègre des travaux sur l'enveloppe permet de diviser par 2 l'impact carbone issu de la consommation du site avec une augmentation significative de l'impact lié aux travaux.

Le scénario 3 qui vise une maximisation énergétique permet de réduire les émissions de GES liées à la consommation de 88% par rapport à l'état initial et 74% par rapport au scénario 2. Cela est dû principalement à l'optimisation des performances du bâti ainsi qu'à l'intégration des énergies renouvelables.

11. CONCLUSION

L'audit énergétique du site a mis en évidence la faible performance thermique du bâti. Les travaux d'isolation et de remplacement des menuiseries permettront de réduire considérablement les besoins en chauffage du bâtiment. En effet, les murs et les menuiseries représentent le gisement d'économies d'énergies le plus significatif du site.

Dans l'immédiat, nous recommandons de mettre en place des actions de pilotage relativement simple à mettre en place et qui permettent des gains énergétiques considérables notamment la gestion technique centralisée (**GTC**) ainsi que la mise en place **d'un plan de comptage** précis sur l'ensemble du site. Cela permettra une gestion et un suivi précis des consommations et empêche les problèmes de dérives énergétiques. Le remplacement des chaudières vieillissantes par un système plus performant est préconisé au court terme.

Le scénario 1 qui vise de respecter les exigences du **Décret Tertiaire du 2030** comporte des interventions d'amélioration des systèmes énergétiques (éclairage et auxiliaires de chauffage).

Quant au **scénario 2**, il reprend le scénario 1 en y ajoutant l'amélioration des performances de l'enveloppe en renforçant l'isolation des parois extérieures en plus du remplacement des menuiseries.

Le **renouvellement d'air** du bâtiment principal est insuffisant et ne permet pas de respecter le code du travail. Afin d'assurer un renouvellement d'air satisfaisant, nous préconisons la mise en place d'une ventilation mécanique double-flux avec récupération de chaleur en ce **scénario 2**. Cette intervention n'engendre pas de gain énergétique mais permet d'améliorer grandement le confort des occupants. Il est à noter que le remplacement de l'ensemble des menuiseries du site va diminuer grandement les infiltrations d'air et par conséquent le renouvellement d'air global du bâtiment, il est donc nécessaire de mettre en place une solution durable pour le confort des usagers et la pérennité du bâti.

Le **scénario 3** vise l'optimisation de l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment et l'intégration des énergies renouvelables permettant une réduction des consommations d'énergie conséquente par une efficience énergétique maximisée tout en respectant l'objectif **Décret Tertiaire 2050**.

Dans cette étude, les interventions sont regroupées selon trois scénarios, les scénarios visent à respecter les 3 objectifs du décret tertiaire.

Il est à noter que les objectifs absolus ne sont pas encore disponibles aux horizons 2040 et 2050, ces derniers pourront permettre de satisfaire plus facilement le décret tertiaire.

12. ANNEXES

12.1. Aide à la compréhension de l'étude

12.1.1. Lexique

Généralités :

Maitrise d'Ouvrage	MOA	-	Le Maître d'Ouvrage est la personne physique ou morale pour qui est réalisé le projet. Elle est l'entité porteuse d'un besoin, définissant l'objectif d'un projet, son calendrier et le budget consacré à ce projet. Le résultat attendu du projet est la réalisation d'un produit, appelé ouvrage
Maitrise d'Œuvre	MOE	-	Le maître d'œuvre est la personne physique ou morale choisie par le maître d'ouvrage pour la conduite opérationnelle des travaux en matière de coûts, de délais et de choix techniques, le tout conformément à un contrat et un cahier des charges. Un maître d'œuvre ne peut pas effectuer de travaux.
Assistance à Maitrise d'Ouvrage	AMO	-	L'assistant à maitrise d'ouvrage est la personne physique ou morale choisie par le maître d'ouvrage pour apporter un conseil et contribuer à la définition des besoins, à la vérification de leur prise en compte et à l'accompagnement des utilisateurs, dans le cadre de projets

Energétique :

Energie	E	kWh	Grandeur physique, mesurant de la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement ou de la chaleur
Puissance	P	kW	Grandeur physique mesurant la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système.
Energie finale	EF	kWhEF	L'énergie finale est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale
Energie primaire	EP	kWhEP	Une source d'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Si elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source d'énergie secondaire pour être utilisable et transportable facilement
Pouvoir calorifique supérieur	PCS		Le pouvoir calorifique supérieur est une propriété des combustibles. Il s'agit de la « quantité d'énergie dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée.
Pouvoir calorifique inférieur	PCI		Le pouvoir calorifique inférieur est une propriété des combustibles. Il s'agit de la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée. Par hypothèse, l'énergie de vaporisation de l'eau dans le combustible ou chaleur latente et les produits de réaction ne sont pas récupérés.
kilo Watt	kW		Unité de mesure dérivée d'une puissance. 1kW équivaut à 1000 joules par seconde
kilo Watt heure	kWh		Unité de mesure dérivée d'une énergie, 1kWh correspondant à la mise en marche d'une machine de 1kW pendant 1heure à puissance constante
Energie Renouvelable	EnR	-	Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables, réutilisables. Elles sont issues des éléments naturels : le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux... On qualifie les énergies renouvelables d'énergies "flux" par opposition aux énergies "stock", elles-mêmes constituées de

			gisements limités de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz, uranium). Contrairement à celle des énergies fossiles, l'exploitation des énergies renouvelables n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Il existe 5 grandes familles d'énergies renouvelables : - Énergie éolienne (terrestre et en mer) - Production : électricité - Énergie solaire (photovoltaïque, thermique et thermodynamique) - Production : électricité et chaleur - Biomasse - Production : chauffage (bois-énergie), chaleur et électricité (déchets) - Énergie hydraulique - Production : électricité - Géothermie - Production : chaleur
--	--	--	---

Surfaces :

Surface Hors Œuvre Brute	SHOB	m²SHOB	La surface hors œuvre brute (SHOB) des constructions est égale à la somme des surfaces de chaque niveau, des surfaces des toitures-terrasses, des balcons ou loggias et des surfaces non closes situées au rez-de-chaussée, y compris l'épaisseur des murs et des cloisons. Sont compris les combles et sous-sols, aménageables ou non, les balcons, les loggias et toitures-terrasses. Ne sont pas compris les éléments ne constituant pas de surface de plancher. Cette surface est aujourd'hui remplacée par la surface de plancher dans les différentes réglementations
Surface Hors Œuvre Nette	SHON	m²SHON	La SHON est une mesure de superficie des planchers pour les projets de construction immobilière. La SHON est mesurée à partir de la SHOB en déduisant les surfaces des combles et sous-sol dont la hauteur est inférieure à 1,8, les surfaces des toitures-terrasses, balcons, locaux techniques en sous-sol ou combles, des caves, des parkings. Cette surface est aujourd'hui remplacée par la surface de plancher dans les différentes réglementations
Surface de Plancher	SDP	m²SDP	La Surface De Plancher, définie par l'ordonnance 2011-1539 du 16 novembre 2011, et la surface de référence dans le code de l'urbanisme et dans le dispositif décret tertiaire. Elle remplace les surfaces SHOB et SHON depuis 2011. Elle est définie comme la surface totale des planchers de chaque niveau clos et couvert dont la hauteur est >1,8m, calculée au nu intérieur des façades, après déduction, entre autres - des vides et des trémies afférentes aux escaliers et ascenseurs ; - des surfaces de stationnement et circulation des véhicules ; - des surfaces de plancher des combles non aménageables ; - des surfaces de plancher des locaux techniques nécessaires au fonctionnement d'un groupe de bâtiments ; - des surfaces de plancher des caves ou des celliers, annexes à des logements, dès lors que ces locaux sont desservis uniquement par une partie commune.
Surface Thermique	SRT	m²SRT	Surface thermique à prendre en compte dans le cadre de la réglementation thermique. Elle est définie à l'annexe III de l'arrêté du 26 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 décembre 2014. Dans le cas d'un bâtiment tertiaire, cette surface est égale à la surface utile RT de ce bâtiment ou de cette partie de bâtiment, multipliée par un coefficient dépendant de l'usage.
Surface Utile Réglementation Thermique	SURT	m²SURT	Surface utile d'un bâtiment. Elle est définie comme la surface de plancher construite des locaux soumis à la réglementation thermique, après déduction des surfaces occupées par les murs, y compris l'isolation, les cloisons fixes prévues aux plans, les poteaux, les marches et cages d'escaliers.
Surface Utile Brute	SUB	m²SUB	La surface utile brute correspond à la surface horizontale située à l'intérieur des locaux, de laquelle sont déduits les éléments structuraux (poteaux, murs extérieurs, refends gaines techniques, circulations verticales...), les locaux techniques hors combles et sous-sols (chauffage, ventilation, poste EDF, commutateur téléphonique) à l'exclusion de ceux exclusivement réservés à l'usage d'un locataire (salles informatiques par exemple). C'est la surface de référence pour les baux immobiliers.

Surface Utile Nette	SUN	m²SUN	La Surface Utile Nette s'obtient en déduisant de la surface utile brute la quote-part pour les parties communes, les locaux techniques non partagés, les circulations horizontales (couloirs, paliers d'ascenseur et d'escalier, sas de sécurité) ainsi que les locaux sociaux et les sanitaires. Ce calcul permet d'établir la surface effectivement réservée aux espaces de travail : bureaux, ateliers, laboratoires, salles de réunion...C'est la surface de référence pour les aménagements des plateaux de bureaux
Surface Habitable	SHAB	m²SHAB	La surface Habitable est la surface de référence pour l'habitat. Elle correspond à la surface de plancher construite, après déduction des surfaces occupées par les murs, cloisons, marches et cages d'escaliers, gaines, embrasures de portes et de fenêtres [...] Il n'est pas tenu compte de la superficie des combles non aménagés, caves, sous-sols, remises, garages, terrasses, loggias, balcons, séchoirs extérieurs au logement, vérandas, volumes vitrés prévus à l'article R.111-10, locaux communs et autres dépendances des logements, ni des parties de locaux d'une hauteur inférieure à 1,80 mètre.

Thermique du bâtiment :

Déperdition thermique	-		La déperdition thermique est la perte de chaleur subie par un bâtiment par ses parois et ses échanges de fluide avec l'extérieure. Plus l'isolation thermique est faible, plus les déperditions sont importantes.
Degré Kelvin	K		Unité de mesure de la température
Degré Celsius	C		Unité de mesure de la température
Résistance thermique	R	$m^2.K/W$	Résistance thermique des parois opaques, exprimée en $m^2.K/W$, quantifie la capacité d'un matériau à limiter le transfert de chaleur. Plus le coefficient est faible, plus la paroi ou le matériau est déperditif
Conductance thermique	U	$W/(m^2.K)$	La conductance thermique est une grandeur physique caractérisant un échange thermique conductif en régime statique, exprimée en watts par kelvin ($W.K^{-1}$ ou W/K). Cette grandeur quantifie la capacité d'un matériau à perdre de la chaleur. Plus le coefficient est élevé, plus la paroi ou matériau est déperditif
Coefficient de transmission thermique	U_w	$W/(m^2.K)$	Coefficient de transmission thermique des ensembles menuisés, exprimé en $W/(m^2.K)$, quantifie la capacité d'un ensemble menuisé à perdre de la chaleur. Ce coefficient prend en compte à la fois la performance du vitrage (nommé U_g) et du cadre de menuiserie (U_f). Plus le coefficient est élevé, plus l'ouvrant est déperditif
Facteur Solaire	S_w	-	Nombre sans unité qui définit la capacité de votre fenêtre à transmettre la chaleur d'origine solaire à l'intérieur de votre local. Ainsi, plus le coefficient S_w est élevé, plus votre fenêtre laissera passer l'énergie solaire.
Garde-fou RTex 2023		$m^2.K/W$	Valeur minimale de performance de parois à respecter lors de travaux d'isolation de la paroi. Les garde-fou RTex, mis en application par la réglementation thermique sur les bâtiments existants, sont définis pour chaque type de parois et selon les localisations des différentes zones. Les textes officiels sont consultables ici : https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000822199/
Coefficient standardisé de déperdition d'un bâtiment	$U_{bât}$	$W/(m^2.K)$	Le $U_{bât}$ est le coefficient moyen de déperdition à travers les parois d'un bâtiment. Il traduit la capacité d'un bâtiment à perdre sa chaleur. Il est calculé à l'échelle d'un bâtiment en pondérant la conductance thermique de chaque paroi par leurs surfaces. Ce coefficient permet de comparer la performance thermique de plusieurs bâtiments. Il est exprimé en $W/(m^2.K)$
Degré Jour Unifié	DJU		Le degré jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli (18 °C dans le cas des DJU ou Degré Jour Unifié). Sommés sur une période cet indicateur permet de quantifier la rigueur climatique sur cette période. La référence habituelle de 18 °C (DJU base 18) fut définie en considérant que la température intérieure des locaux est à 19 °C et que les apports gratuits internes (occupants, éclairage, équipements, etc.) et externes (rayonnement solaire...) couvrent l'équivalent de 1 °C de déperditions thermiques. Le cumul des DJU sur une année reflète la rigueur climatique locale
Degré Jour Hiver	DJH		Le degré jour hiver correspond au cumul des DJU sur la période hivernale
Degré Jour Été	DJE		Le degré jour été correspond au cumul des DJU sur la période estivale, calculés sur la base d'une référence de température à 24 °C, permettant de quantifier les besoins de rafraîchissement.

Ponts thermiques			Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une variation de résistance thermique. Il s'agit d'un point de la construction où la barrière isolante est rompue. Un pont thermique est donc créé en cas de changement de la géométrie de l'enveloppe, de changement de matériaux et ou de résistance thermique ou de discontinuité de l'isolant à travers la paroi ou la jonction mur-sol / mur-toiture
------------------	--	--	---

Technique bâtiment :

Lampes Basses Consommation	LBC	-	La lampe basse consommation est une nouvelle génération d'ampoule électrique, moins énergivore et bénéficiant d'une plus longue durée de vie. Bien plus économes que les ampoules à incandescence aujourd'hui disparues, les lampes basse consommation ont un intérêt économique, énergétique, mais aussi écologique.
Diode Electroluminescente	LED	-	De l'anglais Light-emitting Diode, LED définit une technologie d'éclairage qui permet une excellente conversion de l'énergie électrique en énergie lumineuse. Cette technologie disruptive permet de réaliser des économies d'électricité importantes sur le poste éclairage.
Chauffage Ventilation Climatisation	CVC	-	Le Chauffage, Ventilation et Climatisation est un ensemble de domaines techniques regroupant les corps d'état traitant du traitement thermique (hydraulique et aéraulique). Ce qualificatif s'applique à tous types de bâtiments (habitat, tertiaire, industriel).
Centrale de Traitement d'Air	CTA	-	Une centrale de traitement d'air (abréviation correspondante : CTA) est un organe technique de traitement d'air, système visant à modifier les caractéristiques d'un flux d'air entrant par rapport à une commande. Elle constitue l'un des organes principaux d'un système de CVC
Ventilation Mécanique Contrôlée	VMC	-	La ventilation mécanique contrôlée (VMC) est, dans le bâtiment, un dispositif mécanique (ventilateur électrique) destiné à assurer le renouvellement permanent de l'air à l'intérieur des pièces. Plusieurs systèmes existent telles que la VMC simple flux et la VMC double flux.
Ventilation Naturelle Assistée	VNA	-	La ventilation naturelle assistée, ou ventilation hybride, est une évolution des techniques et matériels d'aération combinant la ventilation naturelle et une mécanisation de la ventilation. La ventilation naturelle assistée associe aux dispositifs de ventilation naturelle (grilles de fenêtres, bouches d'aération...) une ventilation mécanique capable d'assister l'aération lorsque celle-ci est insuffisante et restant au repos lorsque le débit d'air de l'aération naturelle est suffisant.
Ventilation Simple Flux	SF	-	La ventilation simple flux est une VMC qui assure le renouvellement permanent de l'air intérieur, par extraction de l'air vicié dans les pièces. L'air neuf pénètre dans le bâtiment par les bouches d'entrées d'air (fenêtres, façades) et/ou les défauts d'étanchéité de l'enveloppe. Contrairement à la ventilation naturelle, ce système permet une meilleure maîtrise des débits. Il existe 3 types de simple flux : - autoréglable : les bouches d'entrée d'air et d'extraction sont à débit fixe - Hygro A : les bouches d'entrée d'air sont à débit fixe, les bouches d'extractions sont hygroréglables (débit variable selon l'hygrométrie) - Hygro B : les bouches d'entrée d'air et d'extraction sont hygroréglables (débit variable selon l'hygrométrie)
Ventilation Double Flux	DF	-	La ventilation double flux est une VMC qui assure le renouvellement permanent de l'air intérieur, par extraction de l'air vicié dans les pièces et insufflation de l'air neuf dans le bâtiment. Aucune bouche d'entrée d'air n'est nécessaire en façade ou fenêtre. Ce système permet le prétraitement d'air (batterie de traitement) et également la récupération de chaleur (si présence d'un échangeur). 2 réseaux de gaines cheminent alors dans le bâtiment (extraction et soufflage)

Variation Electronique de Vitesse	VEV	-	Un Variateur Electronique de Vitesse est un dispositif destiné à régler la vitesse et le couple d'un moteur électrique à courant alternatif en faisant varier respectivement la fréquence et le courant, délivrées à la sortie de celui-ci. Ce dispositif permet notamment de réguler les débits des pompes ou des CTA en fonction des besoins réels terminaux.
Vanne 2 voies	V2V	-	Une vanne 2 voies est un dispositif destiné à contrôler (stopper ou modifier) le débit d'un fluide. Elle est généralement une vanne droite possédant un raccord d'entrée et un raccord de sortie.
Vanne 3 voies	V3V	-	Une vanne 3 voies est un organe central permettant la régulation d'un réseau hydraulique de chauffage ou de refroidissement. En forme de T, elle munie de 3 raccords afin de pouvoir ajouter une conduite d'entrée à un circuit existant. La régulation consiste à faire un dosage dans ou depuis un circuit primaire en admettant un apport depuis un circuit secondaire ou en effectuant une décharge dans ce circuit secondaire. Le dosage pouvant être manuel, programmable ou automatisé sur une vanne 3 voies motorisée. En pratique, elle permet de réguler la température de départ ou de retour d'un circuit, ou le débit d'alimentation d'un équipement.
Laine de verre	LdV	-	La laine de verre est un matériau isolant thermique, isolant phonique et absorbant acoustique de consistance laineuse obtenu par fusion à partir de sable et de verre recyclé.
Laine de roche	LdR	-	La laine de roche isolant thermique, isolant phonique et absorbant acoustique, ou pour la protection contre l'incendie. La laine de roche est un matériau fibreux issue essentiellement d'un matériau naturel, le basalte (une roche volcanique) transformé industriellement.
Polystyrène expansé	PSE	-	Le polystyrène expansé est une mousse rigide et résistante à cellules fermées, isolant thermique. Ce matériau de la famille des polymères est obtenu industriellement à base de produits pétroliers.
Polyuréthane	PU	-	Tout comme le polystyrène, le polyuréthane appartient à la famille des polymères issu de la pétrochimie (plastique). Le polyuréthane peut avoir une texture souple ou rigide selon la façon dont il est travaillé.
Eau Chaude Sanitaire	ECS	-	L'eau chaude sanitaire est une eau utilisée pour le quotidien, lavabos, cuisine, ... Elle est indépendante de l'eau chaude réservée au chauffage, qui se présente en circuit fermé dans les chaudières et radiateurs. L'eau chaude sanitaire est produite de 2 façons : - Instantanée : pour la chaudière, le chauffe-eau ou le chauffe-bain ; - Accumulée : l'eau est maintenue au chaud dans un réservoir prévu à cet effet, associé à la chaudière ou à un accumulateur indépendant.
Menuiserie extérieure	MEX		Ensemble Menuisé présent en façade d'un bâtiment, en contact entre l'extérieur et l'intérieur. Les MEX peuvent être vitrées (fenêtres, portes fenêtres).
Simple vitrage	SV	-	Terme employé pour caractériser le vitrage d'une menuiserie vitrée / fenêtre. Le simple vitrage se caractérise par la présence d'une unique couche de verre, ne permettant pas réduire efficacement les déperditions
Double vitrage	DV	-	Le simple vitrage se caractérise par la présence de deux couches de verres séparées par de l'air ou du gaz. Cela lui confère une bonne isolation thermique, évitant ainsi la déperdition de chaleur.
Gestion Technique du Bâtiment	GTB	-	La Gestion Technique de Bâtiment est un système informatique connecté permettant de contrôler et de superviser l'ensemble des lots d'un même

			bâtiment. Par exemple l'électricité, le chauffage, la climatisation et la ventilation.
Gestion Technique Centralisé	GTC	-	Gestion Technique Centralisée est un système informatique connecté permettant de contrôler et de superviser l'ensemble des paramètres d'un seul lot technique. Par exemple, pour le lot « électricité », la GTB permettra d'avoir le contrôle sur les détecteurs de présence, les chauffages électriques, les volets roulants...
Pompe à Chaleur	PAC	-	Une pompe à chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un milieu à basse température (source froide) vers un milieu à haute température (source chaude). Ce dispositif permet donc d'inverser le sens naturel du transfert spontané de l'énergie thermique. Selon le sens de fonctionnement du dispositif de pompage, une pompe à chaleur peut être considérée comme un système de chauffage ou de réfrigération. Ces systèmes peuvent être réversibles.
Groupe Froid	GF	-	Groupe Froid : système thermodynamique permettant la production d'eau glacée pour le refroidissement ou le rafraîchissement.
Débit de Réfrigérant Variable	DRV	-	La DRV est un système de chauffage / refroidissement thermodynamique à détente directe de type air/air. Ce système permet une modulation des débits de réfrigérants selon les besoins terminaux, et présente d'excellents niveaux de performance.
Split System		-	Un split système est un système de chauffage / refroidissement thermodynamique à détente directe de type air/air. Il est composé d'une unité extérieure et d'une ou plusieurs unités intérieures. C'est le système de climatisation le plus couramment utilisé.
Coefficient de Performance	COP	-	Coefficient de Performance Calorifique, caractérise la performance d'un appareil de chauffage par cycle thermodynamique (pompe à chaleur) selon des conditions normalisées de fonctionnement à un instant T. Cette donnée est calculée comme le ratio la puissance calorifique en condition optimale par la puissance électrique à l'instant T dans ces mêmes conditions
Efficiency Energy Ratio	EER	-	Coefficient de Performance Frigorifique, caractérise la performance d'un appareil de climatisation selon des conditions normalisées de fonctionnement à un instant T. Cette donnée est calculée comme le ratio la puissance frigorifique produite en condition optimale par la puissance électrique à l'instant T dans ces mêmes conditions
Seasonal Efficiency Energy Ratio	SEER	-	Coefficient d'efficacité frigorifique saisonnière, caractérise la performance moyenne d'un appareil de climatisation selon des conditions évolutives et normalisées sur une période d'utilisation. Ce ratio est calculé comme le ratio de la somme de l'énergie frigorifique produite sur la saison par la somme de l'énergie consommée sur cette même période
Réseau de Chaleur Urbain	RCU	-	Les Réseaux de Chaleur Urbain, mis en place à l'échelle territoriale, permettent la distribution de chaleur depuis des chaufferies centralisées jusqu'aux consommateurs finaux. Ce mode de chauffage permet de mobiliser d'importants gisements d'énergie renouvelable difficiles d'accès ou d'exploitation, notamment en zones urbaines (bois-énergie, géothermie, chaleur de récupération...).
Réseau de Froid Urbain	RFU	-	Les Réseaux de Froid Urbain, mis en place à l'échelle territoriale, permettent la distribution de froid depuis des productions centralisées jusqu'aux consommateurs finaux. Ce mode de chauffage permet de mobiliser

			d'importants gisements d'énergie renouvelable difficiles d'accès ou d'exploitation, notamment en zones urbaines (géothermie...).
Eaux Grises	EG	-	Les eaux grises sont des eaux usées faiblement polluées (par exemple eau d'évacuation d'une douche ou d'un lavabo) et pouvant être utilisées pour des tâches ne nécessitant pas une eau absolument propre. Pour certains bâtiments, la récupération de chaleur sur eaux grises est pertinente pour alimenter d'autres usages.

Réglementation bâtiment énergie :

Réglementation thermique	RT	-	La réglementation thermique (RT) française est celle cadrant la thermique des bâtiments. Elle a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage et intègre des garde fous sur les performances des équipements. La réglementation thermique se décline en 2 sous-ensembles : - La RT pour les bâtiments existants : s'appliquent dans le cadre des projets de rénovation ; - La RE2020 pour les bâtiments neufs : s'applique à terme pour tout projet de construction et intègre, en complément du volet énergétique, un volet performance carbone.
Label BBC Effinergie Rénovation	BBC	-	Le label BBC (Bâtiment Basse Consommation) Effinergie Rénovation fait partie des labels d'État adossés aux réglementations thermiques françaises des bâtiments. Il est délivré dans le cadre d'une certification octroyée par un organisme indépendant et accrédité, et vise des rénovations performantes sur les volets énergétiques (niveau de performance établis selon les calculs réglementaires issus de la RT). Des exigences complémentaires sur la ventilation, l'étanchéité à l'air, la limitation des impacts sur la biodiversité sont également demandées.
Décret tertiaire	DT	-	Dispositif réglementaire visant à réduire les consommations d'énergie des bâtiments tertiaires de manière progressive, avec des objectifs ambitieux fixés à horizon 2030, 2040 et 2050
Dispositif Eco Energie Tertiaire	DEET	-	Autre appellation du décret tertiaire.
Haute Qualité environnementale	HQE	-	La certification HQE (Haute Qualité Environnementale) permet d'attester qu'un bâtiment a été conçu, ou rénové, selon des exigences environnementales fortes. La certification est délivrée par un organisme indépendant et accrédité.
Building Automation & Control Systems	BACS	-	Le décret BACS (20 juillet 2020) pour « Building Automation & Control Systems » détermine les moyens permettant d'atteindre les objectifs de réduction de consommation fixés par le décret tertiaire. Cette norme impose de mettre en place un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments, selon un échéancier rapproché. Elle concerne tous les bâtiments tertiaires non résidentiels, pour lesquels le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale supérieure à 70Kw.

Réglementation F-gaz	F-gaz	-	Réglementation qui encadre depuis 2006 la vente et l'utilisation des différentes catégories de fluides frigorigènes (considérés comme d'importants gaz à effet de serre)
Documentation Technique Unifiée	DTU	-	Un document technique unifié (DTU) est un document applicable aux marchés de travaux de bâtiment en France. Il est établi par la « Commission Générale de Normalisation du Bâtiment/DTU ». Ces documents normatifs, propres à chaque catégorie de travaux, relatent les règles de l'art à respecter en conception et chantier.

Exploitation maintenance :

Prestations Forfaitaires	PF	-	Marché le plus standard et le moins coûteux, il inclut le poste P2 à minima (l'entretien et la maintenance des installations). Le P3 et P4 peuvent être inclus en complément.
Combustible et prestation	CP	-	Le marché CP inclut le P1 et P2 à minima. L'énergie est vendue par l'exploitant à la copropriété au moment de la signature du contrat. L'énergie est gérée par l'exploitant mais possédée par la copropriété, avec un coût reflétant les consommations réelles. Le P3 et P4 peuvent être inclus en complément.
Marché à forfait	MF	-	Le marché forfait inclut P1 et P2 à minima. Le coût est entièrement forfaitaire et dépend uniquement de ce qui a été fixé dans le contrat, sans ajustement par rapport à la consommation réelle et aux conditions climatiques. Le P3 et P4 peuvent être inclus en complément.
Marché à température extérieure	MT		Le marché température est similaire au marché forfait mais est adapté aux conditions climatiques. Il est donc plus juste que le MF. Le P3 et P4 peuvent être inclus en complément.
Marché à comptage	MC		Le marché comptage inclut le P2 à minima qui est calculé sur la base de la consommation réelle d'énergie. La consommation est directement mesurée par l'exploitant. Le P3 et P4 peuvent être inclus en complément.
Fourniture énergie	P1		Prestation de fourniture et gestion de l'énergie
Entretien/maintenance	P2		Prestation d'entretien/maintenance du matériel
Renouvellement	P3		Prestation de renouvellement des équipements - GER et/ou garantie totale
Financement travaux	P4		Prestation de financement de travaux de rénovation

12.1.2. Légende de notation

Deux échelles de cotation ont été mises en place afin d'évaluer l'état de vétusté et la performance thermique de l'enveloppe, des systèmes et des équipements techniques.

Les échelles de notation de la performance et de la vétusté sont présentées dans la grille ci-dessous.

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.

Référentiel de cotation de la performance thermique :

Eléments	3 Très Performant	2 Performant	1 Energivore	0 Très Energivore
Parois verticales	Isolant ≥ 12 cm	Isolant > 8 cm	Isolant < 8 cm	Sans isolation
	$U < 0,35$	$0,35 < U < 0,45$	$0,45 < U < 1,00$	$U > 1,00$
Parois vitrées	Double vitrage (lame d'air ≥ 16 mm)	Double vitrage (lame d'air ≥ 10 mm)	Double vitrage (lame d'air ≤ 10 mm)	Simple vitrage
	$U_w < 2,00$	$2,00 < U_w < 2,60$	$2,60 < U_w < 4,00$	$U > 4,00$
Planchers bas sur extérieur ou LNC	Isolation > 10 cm	Isolation > 7 cm	Isolation < 7 cm	Sans isolation
	$U < 0,30$	$0,30 < U < 0,40$	$0,40 < U < 1,00$	$U > 1,00$
Plancher bas sur terre-plein	Présence d'isolation	Présence d'isolation	Absence d'isolation	-
	$U < 0,30$	$0,30 < U < 0,40$	$U > 0,40$	-
Planchers hauts (toitures terrasses, rampants)	Isolation > 20 cm	Isolation > 10 cm	Isolation < 10 cm	Sans isolation
	$U < 0,20$	$0,20 < U < 0,34$	$0,34 < U < 1,00$	$U > 1,00$
Planchers hauts (combles)	Isolation > 30 cm	Isolation > 15 cm	Isolation < 15 cm	Sans isolation

Référentiel de cotation de la performance des systèmes :

Eléments	3	2	1	0
	Très Performant	Performant	Energivore	Très Energivore
Production chaleur	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz basse température	Chaudière gaz classique	Chaudière fioul
	Sous-station secondaire			Chaudière électrique
	Chaudière bois		Effet Joule direct	
	PAC Air/Eau, Air/Air ou Eau/Eau		Radiants gaz ou électriques	
	Réseau de chaleur Urbain ou Privé			
Régulation centrale	Loi d'eau + thermostat d'ambiance programmable par zone	Loi d'eau + thermostat d'ambiance programmable unique	Loi d'eau seule	Aquastat seul
	GTB		Thermostat d'ambiance programmable seul	Absence de régulation
Paramétrage régulation centrale	Optimisé	Optimisable		Non optimisé
Pompes	Pompe à débit variable	-	Pompe à débit constant	-
Distribution	Parfaitement isolé	Isolé avec quelques défauts	Isolation ponctuelle	Absence de calorifuge
Emission	Plancher chauffant	Radiants hydrauliques	Cassettes plafonniers	Aérothermes et radiants gaz
			Ventilo-convecteurs	
			Bouches de soufflage	
	Plafond chauffant	Radiateurs en fonte	Radiants ou panneaux rayonnants électriques	Convecteurs et aérothermes électriques
	Radiateur acier basse température	Radiateurs aciers	Aérothermes hydrauliques	Radiateurs à ailettes
Régulation terminale	Robinets thermostatiques récent	Robinets thermostatiques anciens	Robinets manuels	Absence de régulation
	Thermostat d'ambiance	Thermostats manuels	Thermostats intégrés Relance temporisée	
Eau Chaude Sanitaire (faible consommation)	Ballon électrique			Stockage surdimensionné
				Production centralisée
Eau Chaude Sanitaire (forte conso)	Eau Chaude solaire	Production centralisée	Production instantanée	Ballons électriques dispersés
	Semi-instantanée			
Eclairage	LED	Tubes fluorescents de type T5	Tubes fluorescents de type T8	Incandescent

Eléments	3	2	1	0
	Très Performant	Performant	Energivore	Très Energivore
Régulation Eclairage		Lampes basse consommation	Spots dichroïques	Halogène
		Lampes fluocompactes		Sodium
		Interrupteur et minuterie	Interrupteur	Absence de régulation
		Interrupteur et détection de présence		
	Graduation automatique par salle ou par rangée	Horloge		
		Graduation manuelle par salle ou par rangée		
Equipement de ventilation	Double flux avec recyclage et récupération d'énergie	Double flux sans récupération d'énergie avec recyclage Double flux avec récupération d'énergie et sans recyclage	VMC simple flux CTA simple flux Double flux sans récupération d'énergie et sans recyclage	Ventilation naturelle
Régulation Ventilation	Programmation optimisée	Programmation optimisable	Programmation non optimisée	Pas de programmation
	Sondes CO2	Détection de présence		Absence de régulation
	Hygrométrie			Régulation manuelle
	Présence de variateurs >75%	Présence de variateurs < 75 %	Présence de variateurs < 25 %	Pas de variateur

12.2. Récapitulatif des réglementations

12.2.1. Réglementation thermique des bâtiments existants

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

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

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

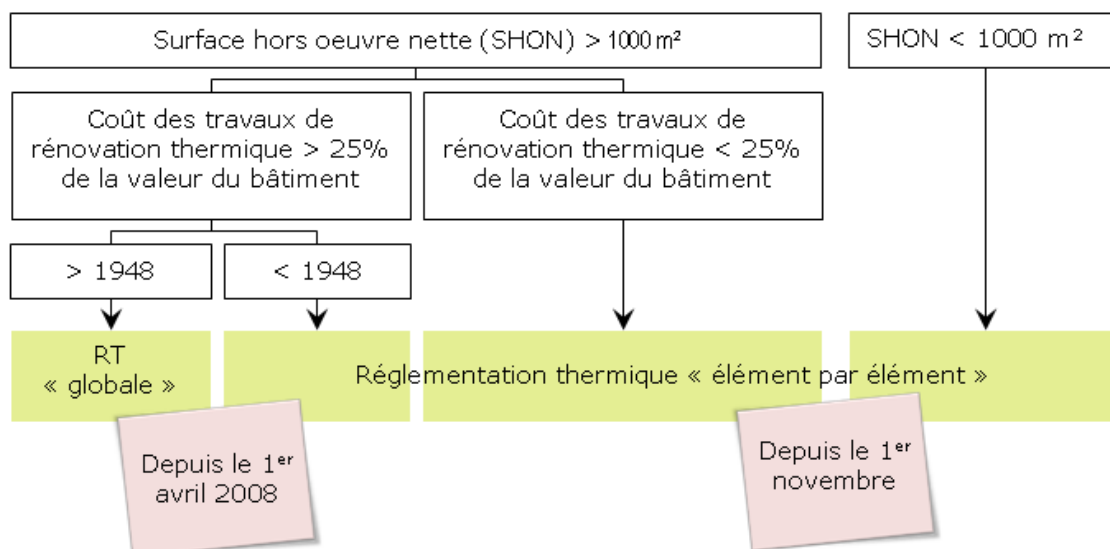
Les mesures réglementaires sont différentes (et les contraintes associées également) selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **RT globale** : Pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m², achevés après 1948, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové.
Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.
Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008.
- **RT élément par élément** : Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une

performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1^{er} novembre 2007.

Note : Le coût conventionnel des bâtiments autres que ceux usage principal d'habitation est de 1 583 €/HT/m²_{SHON} (valeur pour le 1^{er} semestre 2023⁹).

⁹ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.12, mis à jour le 1^{er} janvier 2023.



12.2.2. Décret Tertiaire

Contexte législatif :

La Loi ELAN (Loi portant Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique) du 23 novembre 2018, à travers son article 174 modifiant le Code de la Construction (article L. 111-10-3), impose une réduction des consommations d'énergie finale de tous les bâtiments à usage tertiaire, avec des objectifs de -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050. Le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 dit « Décret Tertiaire », entré en vigueur le 1er octobre 2019 et relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, précise les modalités d'application.

Périmètre d'assujettissement :

Sont concernés tous les bâtiments, parties de bâtiments ou ensemble de bâtiments hébergeant des activités tertiaires du secteur public et du secteur privé, quelle que soit leur année de mise en service, dans les configurations suivantes :

- Bâtiment d'une surface supérieure ou égale à 1 000 m² exclusivement alloué à un usage tertiaire ;
- Toutes parties d'un bâtiment à usage mixte qui hébergent des activités tertiaires et dont le cumul des surfaces est supérieur ou égal à 1000 m² ;
- Tout ensemble de bâtiments situés sur une même unité foncière ou sur un même site dès lors que ces bâtiments hébergent des activités tertiaires sur une surface cumulée supérieure ou égale à 1 000 m².

Le dispositif prévoit quelques cas d'exclusion (PC à titre précaire, bâtiments de culte, bâtiments avec une activité opérationnelle à des fins de défense sécurité civile ou sûreté intérieure.).

Précisions sur le dispositif :

En premier lieu, il est nécessaire d'identifier la situation énergétique de référence, avec l'année de référence et la consommation d'énergie associée. Cette étape se réalise à partir de l'analyse des consommations d'énergie de la période 2010-2020, corrigées du climat et de l'utilisation constatée du site.

Ensuite, deux options sont possibles pour définir les objectifs de réduction des consommations d'énergie aux échéances temporelles 2030, 2040 et 2050, le choix de l'option étant laissé au libre arbitre de la MOA :

- Les valeurs relatives déterminent les consommations d'énergie à cibler en appliquant un pourcentage de réduction à la consommation de l'année de référence sélectionnée : -40% en 2030, -50% en 2040 et -60% en 2050 ;
- Les valeurs absolues fixent les consommations d'énergie à atteindre, par des arrêtés spécifiques aux différentes catégories de bâtiments. Cette méthode est davantage adaptée aux bâtiments récents et/ou peu consommateurs.

Nota : A date de réalisation de l'étude, les valeurs absolues sont disponibles pour les catégories Bureaux, Enseignement (primaire, secondaire et supérieur), Petite enfance, Logistique à l'échéance 2030. Pour les autres catégories, les autres valeurs absolues 2030 devraient être disponibles courant 2023 ; celles 2040 et 2050 devraient être publiées la décennie précédant l'échéance.

Le législateur a également prévu plusieurs niveaux de **modulations** :

- Sur les consommations d'énergie réelles et ciblées, en fonction de la rigueur climatique (DJU) et de l'intensité d'usage
- Sur les objectifs de consommations d'énergie, en tenant compte d'éventuelles contraintes techniques, architecturales et patrimoniales
- Sur les objectifs de consommations d'énergie, pour disproportion manifeste du coût des interventions à partir d'un critère de rentabilité maximum : 30 ans pour les actions sur l'enveloppe du bâti, 15 ans pour celles sur les systèmes et 6 ans pour celles relevant de l'optimisation de l'exploitation des systèmes.

Les modulations sur les objectifs devront être justifiées par un **dossier technique**, dont la date limite de remise est fixée au 30/09/2026.

¹⁰ Loi ELAN : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037639478/>

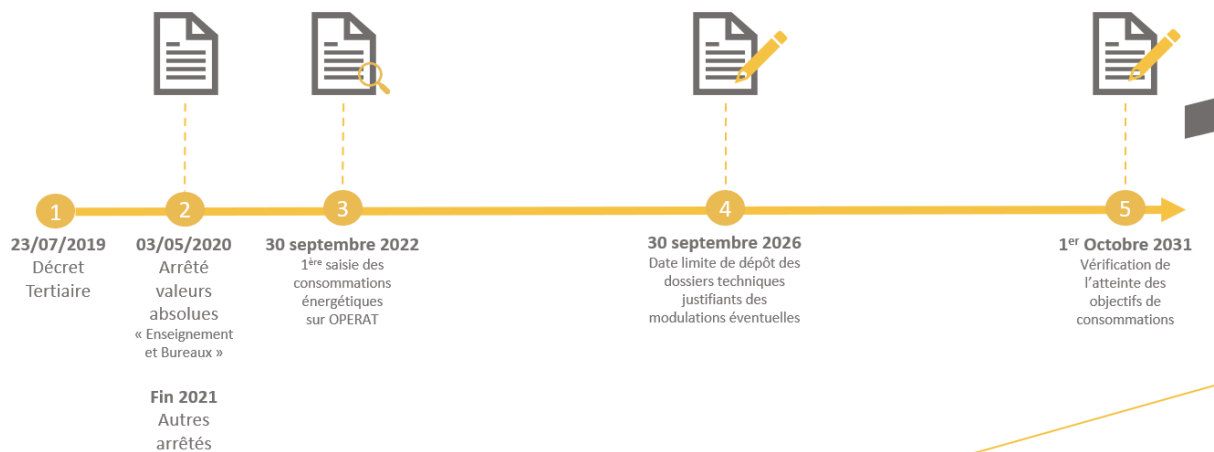
¹¹ Décret tertiaire : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>

Le décret prévoit également une remontée annuelle des consommations d'énergie via la **plateforme dédiée OPERAT**, avec une 1^{ère} déclaration ayant pour échéance le 30/09/2022, ainsi qu'une 1^{ère} vérification décennale de l'atteinte des objectifs au 01/10/2031.

L'assujetti pourra bénéficier d'une **mutualisation** des consommations d'énergie **à l'échelle de tout ou partie de son patrimoine**. Pour cela, l'écart entre la consommation d'énergie finale réelle de chaque bâtiment concerné et chacun des 2 objectifs « valeur relative » et « valeur absolue » est évalué. En cas d'atteinte de l'un des deux objectifs, l'écart de consommation d'énergie le plus significatif pourra être réaffecté à un ou plusieurs autres bâtiments concernés n'ayant respecté aucun des deux objectifs.

Echéances :

Calendrier des échéances réglementaires



En cas de non-atteinte des objectifs (et/ou la non-transmission des données), dont la première évaluation sera faite en 2031, les sanctions encourues sont une amende de 5^{ème} classe (maximum 7 500 €), ainsi que la publication de l'identité des « mauvais élèves » par les services de l'Etat.

A noter que l'ensemble des éléments relatifs au décret tertiaire présentés dans ce rapport sont conditionnés au niveau de connaissance actuel de la réglementation et des informations mises à disposition par la MOA.

12.2.3. Décret BACS

Contexte législatif

Le Décret n°2020-887 du 20 juillet 2020 est paru au JORF le 21 juillet 2020. Il est relatif à la mise en œuvre de systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments non-résidentiels et de systèmes de régulation automatique de chaleur.

Il a été complété par le décret 2023-859 du 07 avril 2023, et par l'arrêté du 07 avril 2023 *relatif aux systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments tertiaires*.

Périmètre du décret BACS

Sont concernés les bâtiments neufs et les bâtiments existants :

- équipés d'un système de chauffage ou de climatisation, dont la puissance nominale utile cumulée 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).
- dans lesquels sont exercées des activités tertiaires marchandes ou non-marchandes
- y compris ceux appartenant à des personnes morales du secteur primaire ou secondaire

C'est le **propriétaire** des équipements de production de chaud ou de froid qui est assujéti aux obligations.

Précisions sur les systèmes d'automatisation à mettre en œuvre

Les systèmes d'automatisation et de contrôle doivent :

- Suivre, enregistrer et analyser en continu les données de production et de consommation énergétique des systèmes techniques du bâtiment
- Ajuster ces systèmes techniques le cas échéant
- Situer l'efficacité énergétique du bâtiment par rapport à des valeurs de référence
- Détecter les pertes d'efficacité des systèmes techniques
- Informer l'exploitant des améliorations possibles d'efficacité énergétique
- Permettre un arrêt manuel et la gestion autonome d'un ou de plusieurs systèmes techniques

On note ici que la GTC telle que prévue par le décret BACS reprend des éléments de la norme ISO 50001, et tend à se rapprocher d'un Système de Management de l'Energie.

Échéances :

L'objectif poursuivi est d'équiper de GTC tous les bâtiments concernés d'ici le 1^{er} janvier 2025 si $P > 290$ kW ou le 1^{er} janvier 2027 si $P > 70$ kW.

Les bâtiments sont exempts d'installation de GTC lorsque le propriétaire produit une étude établissant que le temps de retour sur investissement est supérieur ou égal à dix ans.

12.2.4. Règlementation F-GAZ

Contexte réglementaire :

En Europe, des normes environnementales réglementent le secteur de la climatisation et la réfrigération, dont la F-Gaz. Ce règlement européen vise la réduction de l'utilisation des gaz à fort pouvoir à effet de serre afin de diviser par 5 les émissions de CO₂ équivalentes à l'horizon de 2030. Le pouvoir d'effet de serre est couramment appelé PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) ou GWP (Global Warming Potential).

Précisions et échéances :

La F-Gaz est à l'origine de l'interdiction des gaz fluorés CFC et des HCFC depuis 2015. Conformément à ses indications, il est encore possible d'utiliser les HFC jusqu'en 2030 pour produire de la chaleur ou du froid. Ces gaz seront interdits à la vente (y compris rechargement d'équipements existants) à cette date. La F-Gaz programme notamment l'interdiction progressive des gaz HFC avec des GWP élevés sur trois échéances.

Liste des réfrigérants	GWP	Autorisés dans les installations neuves en 2020	Autorisés dans les installations neuves entre 2022 et 2025	Autorisés dans les installations neuves en 2030
R507	3985	✗	✗	✗
R 404a	3922	✗	✗	✗
R 422a	4143	✗	✗	✗
R 422d	2729	✗	✗	✗
R 407a	2107	✓	✗	✗
R 407f	1825	✓	✗	✗
R 407c	1774	✓	✗	✗
R 410a	2088	✓	✗	✗
R 452a	2141	✓	✗	✗
R32	675	✓	✓	✗
R 134a	1430	✓	✓	✗
R 448a	1273	✓	✓	✗
R 449a	1397	✓	✓	✗
R 450a	600	✓	✓	✗
R 513	631	✓	✓	✗

Dès 2030, les installations neuves devront utiliser un fluide de PRG <150. De la même façon, la recharge d'un circuit par un fluide recyclé ayant un PRG >150 ne sera plus autorisée.

Liste des réfrigérants réglementaires	Potentiel de Réchauffement Global
R 152a	124
R 454c	148
R 455a	145
R 290 (propane)	3
R 717 (NH3)	0
R 744 (CO2)	1
1234ze	6
1234yf	4

12.2.5. Traitement de l'air

Réglementation sur le renouvellement d'air :

Les locaux à usage autre que d'habitation sont essentiellement soumis aux exigences du Règlement Sanitaire Départemental (RSD) et du Code du Travail (Partie réglementaire, Titre 1er, Chapitre II).

Pour les locaux autres qu'habitation, la ventilation peut être mécanique ou naturelle, c'est-à-dire s'effectuer par ouverture des fenêtres, portes ou autres ouvrants sous réserve que le volume du local et la surface des ouvertures soient suffisants.

Le RSD, consultable sur internet, est propre à chaque département et son champ d'application est plus large que le code du travail (couvre notamment les ERP). Il fixe le débit nominal d'air neuf à introduire dans les locaux. Ces débits sont adaptés selon les typologies de zones et l'occupation / usage de ces locaux. Il fixe également les conditions de circulation de l'air dans les locaux, les distances à respecter entre les rejets et les prises d'air neuf.

Pour les établissements soumis au code du travail, la réglementation fixe des débits réglementaires minimaux à respecter :

- Bureaux, locaux sans travail physique : 25 m³/h par occupant
- Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion : 30 m³/h par occupant
- Ateliers et locaux avec travail physique léger : 45 m³/h par occupant
- Autres ateliers et locaux : 60 m³/h par occupant

Qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du Public (ERP).

La loi Grenelle II a rendu obligatoire, dès 2010, la surveillance de la QAI pour le propriétaire ou l'exploitant de certains établissements recevant du public (ERP). Le 4e Plan national santé environnement (2021-2025) a permis une révision en 2022 de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP applicable au 1er janvier 2023.

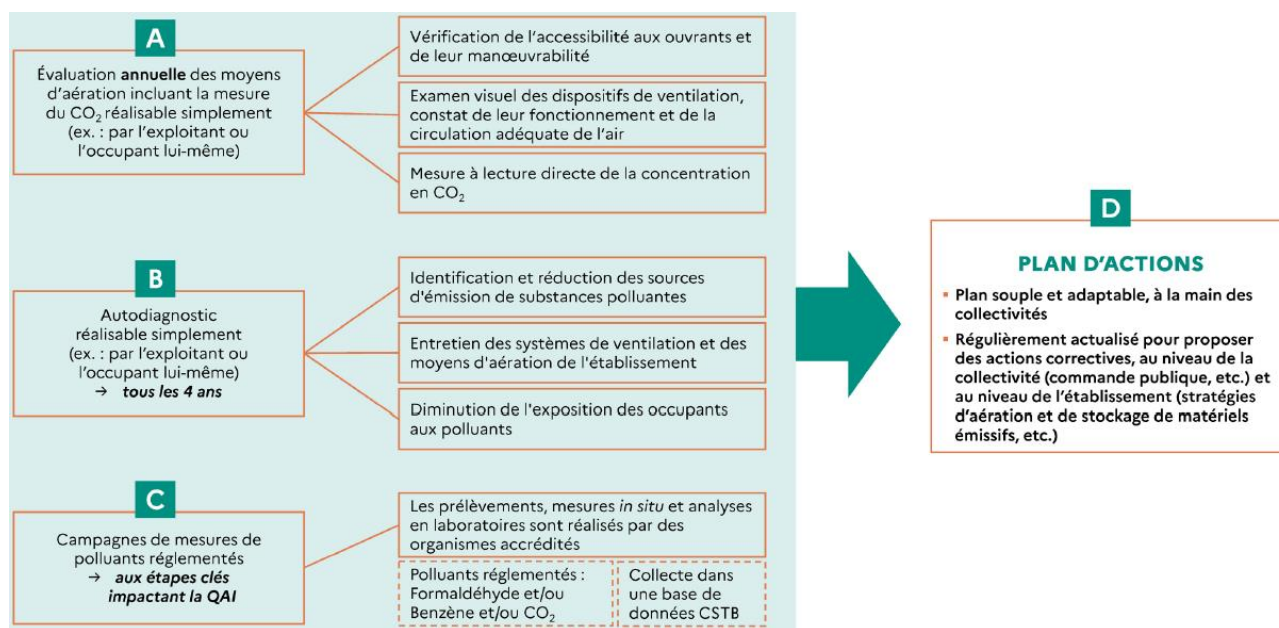
Les établissements soumis à ce dispositif de surveillance réglementaire depuis le 1er janvier 2023 sont ceux accueillant des enfants :

- Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans (crèches, haltes-garderies, etc.) ;
- Les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degrés (écoles maternelles, écoles élémentaires, collèges, lycées d'enseignement général, technologique ou professionnel) ;
- Les centres de loisirs.

Les établissements soumis à ce dispositif de surveillance réglementaire depuis le 1er janvier 2025 sont :

- Les structures sociales et médico-sociales et les structures de soins de longue durée rattachées aux établissements de santé
- Établissements pénitentiaires recevant des mineurs

Le dispositif de surveillance révisé se décompose désormais en 4 phases, récapitulées dans le graphique ci-dessous :



12.3. Limites de prestation

12.3.1. Niveau de détail de l'étude

La présente étude est un document d'aide à la décision du Maître d'ouvrage.

Il constitue une première approche énergétique et environnementale permettant de l'orienter dans les travaux à réaliser pour réduire l'empreinte carbone et énergétique du bâtiment étudié. Cette étude ne peut en aucun cas se substituer à une étude de conception d'un maître d'œuvre, ou tout autre diagnostic indispensable d'un point de vue technique légal ou réglementaire à réaliser en amont d'un projet de rénovation. Tout projet de rénovation devra faire l'objet d'études complémentaires pour affiner les hypothèses et dimensionner les installations (études de faisabilité, définition d'un programme général technique et fonctionnel, diagnostics amiante / plomb / études structures / études de maîtrise d'œuvre / ...), dans les conditions prévues par la loi et les règlements.

Il est rappelé que le niveau de précision de l'étude énergétique est dépendant de la qualité et de la précision des informations transmises par la Maîtrise d'Ouvrage lors de la réalisation de la prestation. La Maîtrise d'Ouvrage porte la responsabilité de la transmission des données d'entrées pré-requises.

12.3.2. Exhaustivité des informations

Les données inscrites dans le présent rapport reflètent les informations collectées sur la base de l'analyse documentaire (documents transmis par la maîtrise d'ouvrage), et les relevés effectués sur site le jour de l'intervention. Il est rappelé qu'aucun sondage destructif ou test / mesure sur équipement n'a été réalisé (hors périmètre de la prestation). En cas d'absence de données sur des caractéristiques techniques (performance thermique réelle d'un isolant / performance réelle d'un équipement ou d'une régulation), Alterea a pu être amené à prendre des hypothèses « à dire d'expert », c'est à dire sur la base des retours d'expérience sur des bâtiments similaires (année de construction / mode constructifs / ...), selon l'expertise de l'auditeur, et selon les résultats de l'étude thermique nécessaire au calibrage de la modélisation énergétique.

Tout écart entre ces hypothèses et des informations transmises a posteriori de la réalisation de l'étude ne saurait être la responsabilité d'Alterea et ne pourra faire l'objet d'une correction du présent rapport.

De manière générale, Alterea ne peut être tenu pour responsable d'une omission ou d'une erreur dans les données qui lui ont été transmises.

12.3.3. Chiffrage des préconisations

Ces chiffrages sont établis selon une base de données interne prenant en considération des retours d'expérience sur les travaux réalisés ces dernières années, actualisés à la date de réalisation de l'étude.

Le chiffrage des préconisations de travaux est établi sur la base des travaux unitaires réalisés. Leur compilation en scénarios de travaux n'intègre pas les éventuels effets de levier (mutualisation des moyens, réduction des besoins thermiques cumulés ...).

Une réévaluation financière sera nécessaire en phase programmation ou en phase de conception pour affiner le budget de l'opération et disposer d'un chiffrage Tout Frais Confondus (TFC) sur la base d'un programme de travaux complet

12.3.4. Chiffrage des subventions

L'étude intègre une estimation de la valorisation des Certificats d'Economies d'Energie (CEE). Cette valorisation se base sur :

Les quantités de kWh_{CUMAC} mobilisables selon les fiches standardisées connues à date de réalisation de l'étude, consultable sur le site internet du ministère de l'écologie : <https://www.ecologie.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie>

- Un prix unitaire de valorisation du kWh_{CUMAC} (précisé dans le corps du rapport), basé sur le cours financier à date de réalisation du diagnostic, selon le site internet du registre national des certificats d'énergie : <https://www.emmy.fr/public/donnees-mensuelles?preca=false>

Il est rappelé que les fiches standardisées peuvent être amenées à être révisées / supprimées. De même, le prix de rachat des CEE dépend du cours du marché. Tout écart observé a posteriori de la réalisation de cette étude ne saurait être la responsabilité d'Alterea et ne pourra faire l'objet d'une correction du présent rapport. Les autres subventions éventuellement mobilisables (Fond Chaleur / AMI / Aides régionales / Aides locales /) ne sont pas intégrées à ce stade.

12.3.5. Calcul en coût global

Le calcul en coût global proposé se base sur des hypothèses d'évolution des prix des énergies, des prix d'exploitation / maintenance et les hypothèses exposées dans le corps du rapport. L'évolution réelle de ces paramètres dans le futur n'est ni connue et ni prévisible. Alterea ne saurait être tenu responsable d'un écart constaté entre ces hypothèses et l'évolution réelle de ces paramètres

12.3.6. Evolutions réglementaires

La présente étude se base sur les réglementations applicables connues à la date de démarrage de l'étude. Toute mise à jour réglementaire intervenant pendant la réalisation ou à posteriori de la présente étude ou projet dont cette étude ferait partie ne saurait être prise en compte dans le cadre de cette étude.

Le dispositif réglementaire relatif au décret tertiaire n'est pas complet à la date de démarrage de cette étude. Notamment, les arrêtés relatifs à la définition des valeurs absolues sont partiellement publiés (connus pour certaines catégories et sous-catégories de bâtiment).