



CCI LYON METROPOLE
SAINT-ETIENNE ROANNE

CCI LYON METROPOLE SAINT-ETIENNE ROANNE

Bâtiment A



Audit énergétique



CCI LYON METROPOLE
SAINT-ETIENNE ROANNE



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

Maîtrise d'ouvrage

Jeff Lavagne – Responsable Patrimoine &
Moyens généraux
Palais du Commerce Place de la Bourse
21 Rue de la République, 69 002 Lyon
T. : 04 72 40 59 19
@ : j.lavagne@lyon-metropole.cci.fr

Assistant MOA

ALTEREA – Agence Lyon - SE
83-85 Bd Vivier Merle
69 003 Lyon
T. : 04 87 91 26 15

Edmond Commare

Chef de projet
@ : ecommare@alterea.fr

SUIVI DU DOCUMENT

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	13/01/2025	Rapport d'audit : 1 ^{ère} version	PAGA	EDCO	EDCO

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	11
3. PRÉSENTATION DU SITE	12
3.1. Fiche identité	12
3.2. Plan du site et périmètre de l'audit énergétique	12
3.3. Informations détaillées d'occupation du site	13
3.4. Historique des travaux du site	13
4. ANALYSE ÉNERGETIQUE ET CARBONE	14
4.1. Usages énergétiques du site	14
4.2. Analyse contractuelle et plan de comptage	14
4.2.1. Electricité	14
4.2.2. Énergie thermique (Gaz naturel)	16
4.3. Analyse des consommations d'énergie	17
4.3.1. Consommations d'électricité	17
4.3.2. Consommations d'énergie thermique (Gaz)	19
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie	20
5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES	21
5.1. Enveloppe du bâti	22
5.2. Systèmes énergétiques	29
5.2.1. Décret BACS	29
5.2.2. Contrats d'exploitation et de maintenance	29
5.2.3. Schéma de principe de la chaufferie	30
5.2.4. Analyse de la conformité de la chaufferie	30
5.2.5. Chauffage	31
5.2.6. Climatisation	2
5.2.7. Ventilation	5
5.2.8. Eau Chaude Sanitaire	3
5.2.9. Éclairage	6
5.2.10. Autres usages	8
5.3. Synthèse état des lieux techniques	9

6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE	10
6.1. Analyse des déperditions thermiques	10
6.2. Analyse des consommations énergétiques simulées	12
7. OPPORTUNITE D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE.....	13
8. PRECONISATIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES	16
9. SCENARIOS DE TRAVAUX.....	22
9.1. Scénario 1 « Optimisation énergétique »	23
9.2. Scénario 2 « Maximisation énergétique »	24
9.3. Analyse comparative des scénarios de travaux	25
10. ANNEXES	29
10.1. Régulation chauffage et ventilation des sous-stations.....	29
10.2. Fiches descriptives des interventions spécifiques au bâtiment A	36
10.2.1. Intervention 1 : Mise en place d'un mode de refroidissement à haute performance.....	36
10.3. Détails des résultats de l'étude en énergie primaire.....	37
10.4. Méthodologie d'étude.....	38
10.4.1. Déroulé de la prestation.....	38
10.4.2. Méthodologie de simulation énergétique.....	38
10.4.3. Stratégie d'économies d'énergie	39
10.4.4. Coefficients de conversion des énergies.....	40
10.5. Aide à la compréhension de l'étude	42
10.5.1. Lexique	42
10.5.2. Légende de notation	48
10.6. Récapitulatif des réglementations	51
10.6.1. Réglementation thermique des bâtiments existants.....	51
10.6.2. Décret Tertiaire	52
10.6.3. Décret BACS.....	54
10.6.4. Réglementation F-GAZ.....	55
10.6.5. Traitement de l'air	57
10.7. Limites de prestation.....	59
10.7.1. Niveau de détail de l'étude	59
10.7.2. Exhaustivité des informations	59
10.7.3. Chiffrage des préconisations	59
10.7.4. Chiffrage des subventions	59
10.7.5. Calcul en coût global	60
10.7.6. Evolutions réglementaires	60

1. SYNTHÈSE DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

IDENTITÉ DU SITE		
	Nom du site :	Bâtiment A
	Adresse :	23 Av. Guy de Collongue, 69130 Écully
	Année de construction :	1972
	Année de rénovation :	2000
	Nombre de bâtiments :	1
	Nombre de niveaux :	4
	Surface de plancher (SDP) :	15 000 m ² _{SDP}
	Usage du site :	Enseignement Universitaire Bureaux Administratifs Restauration Universitaire
	Effectifs du site :	~ 1500 personnes
Horaires d'ouverture :		7h – 22h, hors Dimanche et vacances

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DE L'ENVELOPPE ET DES SYSTÈMES		
Poste technique	Points forts	Points faibles
Enveloppe du bâti	L'enveloppe de l'extension est performante. Les murs sont isolés par l'intérieur et les menuiseries sont en double vitrage.	Les murs extérieurs d'origine ainsi que ceux sur locaux non chauffés ne présentent aucune isolation. Le bâtiment est fortement vitré et les menuiseries datant de 1972 sont en simple vitrage.
Systèmes thermiques	La chaudière datant de 2011 fonctionne à basse température. Les radiateurs sont encore en état d'usage correct.	Les productions de chaleur et d'ECS sont au gaz, ce qui génère des émissions importantes de CO ₂ . Les chaudières, ainsi que le groupe froid, sont vétustes. Absence d'EnR.
Systèmes de ventilation	Les amphithéâtres 7 et 8 disposent d'une ventilation mécanique avec récupération d'énergie. Certaines salles de cours, ainsi que la salle de restauration, sont équipées des CTA avec récupération d'énergie.	La plupart des systèmes sont vétustes et consommateurs.
Pilotage énergétique	Les sanitaires, les circulations et la salle de restauration disposent de détecteurs de présence. Le pilotage est géré correctement.	La majorité des radiateurs disposent des robinets manuels. Certaines CTA des salles des cours étaient en fonctionnement malgré l'inoccupation du site. Actuellement, la régulation de la ventilation des amphithéâtres en fonction de l'occupation est impossible.

ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE DE L'ETAT INITIAL

Années considérées : Moyenne 2022/2023

Consommation d'énergie : 2 268 344 kWh EF/PCI
151 kWh EF/PCI/m²SP .an

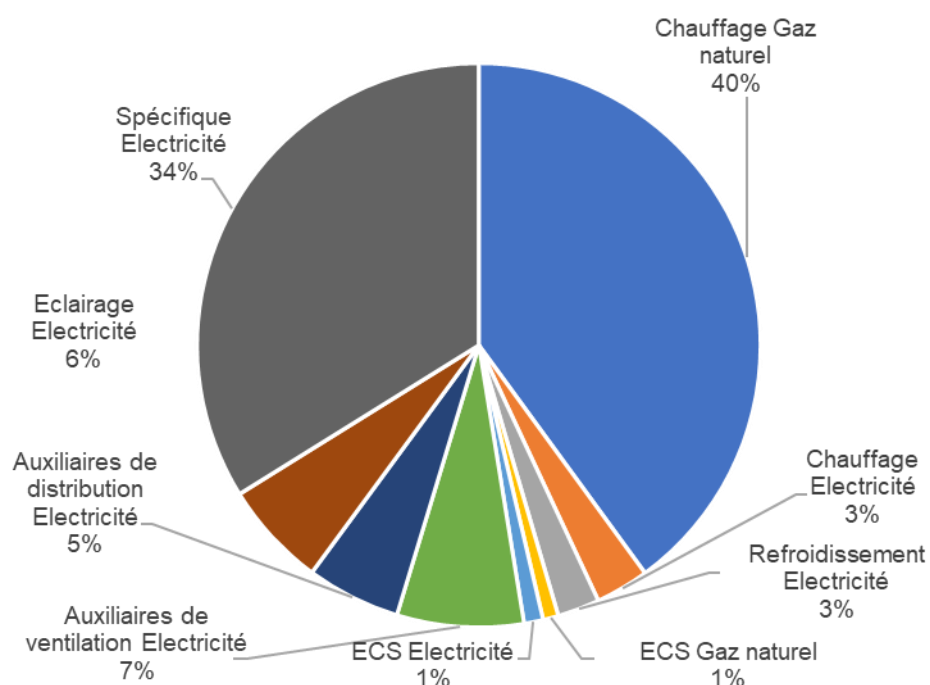
Emission carbone : 20,2 kgCO2/m²SP .an

Dépenses énergétiques (P1) :	518 083	€ TTC/an	Dont électricité	433 116	€ TTC/an
			Dont gaz	84 966	€ TTC/an

Dépenses de maintenance (P2) : - € TTC/an

Dépenses de renouvellement (P3) : - € TTC/an

Répartition des consommations d'énergie finale par poste :



PRECONISATIONS D'AMELIORATION, SCENARIOS DE TRAVAUX ET INDICATEURS DE PERFORMANCE				
Programmes de travaux			SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble des régulateurs	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	3	Renforcement de l'isolation des murs extérieurs par l'extérieur		X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs sur locaux non chauffés		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité des toitures terrasses très peu isolées	X	
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries extérieures	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de l'ensemble des toitures terrasses		X
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Isolation des planchers bas		X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Amélioration de la performance de l'éclairage	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la production d'ECS	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	15	Remplacement du groupe froid	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	16	Remplacement de la chaudière ancienne par une chaudière à condensation avec réduction de la température de départ	X	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	17	Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Raccordement au RCU		X
ENERGIES RENOUVELABLES	19	Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	X	X

Indicateurs de performance		Etat initial	SC1	SC2												
Consommation d'énergie	kWh_{EF}/m^2_{SP}	151	78	71												
	<i>Ecarts annuels</i> %		-48%	-53%												
Emission carbone	kg_{CO2e}/m^2_{SP}	20	8	4												
	<i>Ecarts annuels</i> %		-60%	-78%												
Coûts travaux	€ ^{HT} travaux		6 947 000	9 056 000												
Dépenses énergie (P1)	€ ^{TTC} /an	518 083	320 330	319 237												
	<i>Ecarts annuels</i> %		-38%	-38%												
Retour sur investissement	Années															
	Evolution P1		27	>30												
	4%/an															
	Années															
	Evolution P1		17	20												
	10%/an															
Plan de progrès																
<p>Le graphique illustre les performances énergétiques et carbone pour trois scénarios : l'état initial, le scénario SC1 et le scénario SC2. L'axe vertical de gauche mesure la consommation d'énergie en kWh/m² (0 à 160), et l'axe vertical de droite mesure l'émission carbone en kgCO₂e/m² (0 à 25). Les barres jaunes représentent la consommation d'énergie, et la ligne grise avec des points représente l'émission carbone. Les données sont les suivantes :</p> <table><thead><tr><th>Scénario</th><th>Consommation d'énergie (kWh/m²)</th><th>Emission carbone (kgCO₂e/m²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Etat initial</td><td>151</td><td>20</td></tr><tr><td>SC1</td><td>78</td><td>8</td></tr><tr><td>SC2</td><td>71</td><td>4</td></tr></tbody></table>					Scénario	Consommation d'énergie (kWh/m²)	Emission carbone (kgCO₂e/m²)	Etat initial	151	20	SC1	78	8	SC2	71	4
Scénario	Consommation d'énergie (kWh/m²)	Emission carbone (kgCO₂e/m²)														
Etat initial	151	20														
SC1	78	8														
SC2	71	4														

DECRET BACS	
Le site est-il assujetti au décret BACS ?	Oui
Une mise en conformité avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2027 est-elle nécessaire ?	Mise en conformité avec installation d'une GTC.

CONCLUSION

Le bâtiment A, construit en 1972 et agrandi dans les années 2000, présente une enveloppe d'origine peu performante. Les menuiseries sont en simple vitrage, les murs extérieurs et les planchers bas ne disposent d'aucune isolation, et l'isolation des planchers hauts est très faible. En revanche, l'extension offre une meilleure performance énergétique. Les systèmes en place sont également peu efficaces : le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire reposent sur deux chaudières gaz, tandis que le renouvellement d'air dans les amphithéâtres est principalement assuré par des systèmes sans récupération d'énergie. La plupart de ces équipements sont vieillissants. Cette situation entraîne des coûts de fonctionnement élevés.

Le scénario 1 propose une rénovation partielle visant à assurer la pérennité technique du bâtiment. Dans ce cadre, tous les systèmes vieillissants et peu performants sont remplacés. Une Gestion Technique Centralisée est mise en place, permettant de réguler l'ensemble des systèmes, de se conformer au décret BACS et de mieux suivre les consommations énergétiques. Les menuiseries sont également remplacées. Par ailleurs, la rénovation des planchers hauts d'origine offre l'opportunité d'installer des panneaux photovoltaïques en autoconsommation.

Le scénario 2 propose une rénovation globale, cumulative avec le scénario 1, visant à réduire au maximum les consommations énergétiques grâce à une isolation complète de l'enveloppe du bâtiment. Il inclut également une décarbonation du mode de production de chaleur avec un raccordement au réseau de chaleur pour le chauffage.

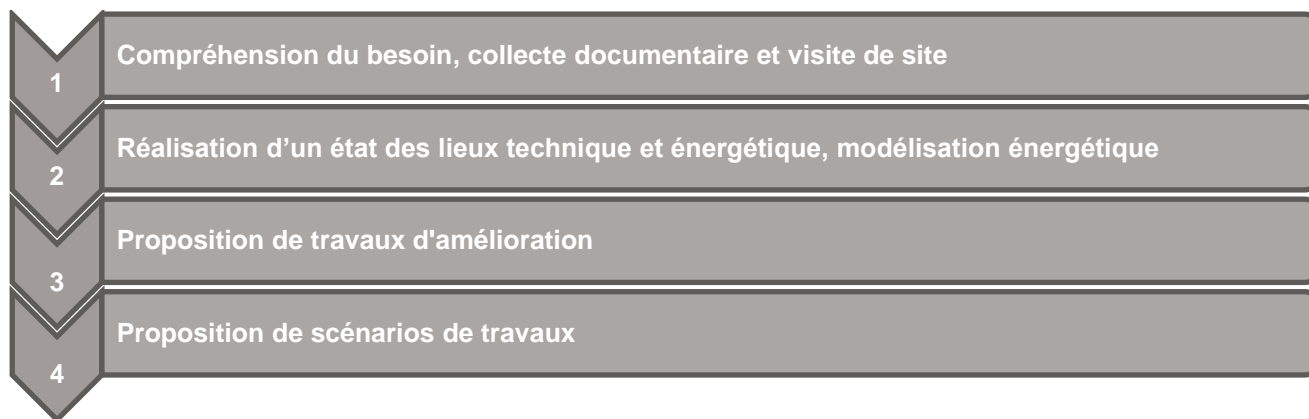
2. ELEMENTS METHODOLOGIQUES ET CONTEXTUELS

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 :	06/11/2024
Auditeur ALTEREA :	Pablo GARCIA BERNARDEZ
Accompagnateur(s) :	M. Roche-Thynn PUTH, Coordinateur du site d'Ecully - HUB des Sécurités
Conditions climatiques :	Text. = 15°C, Ensoleillé
Chauffage en fonctionnement lors de l'intervention :	Non
Climatisation en fonctionnement lors de l'intervention :	Non
Difficultés et anomalies rencontrées lors de la visite :	Le site étant inexploité, l'ensemble des systèmes sont à l'arrêt et de nombreux locaux sont vides. De nombreuses hypothèses ont dû être prises sur l'exploitation passée du site en l'absence d'informations et d'éléments à relever sur site.

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 des niveaux 2, 3 et 4	X
	Tableau de surface et plans des niveaux 1	-
Consommations et dépenses d'énergie	Factures d'énergie détaillées mensuelles – période 2017-2022	-
	Présentation ENGIE des consommations par bâtiment depuis 2019	X
	Consommations annuelles - période 2010-2022	-
	Points 10 minutes sur les 2 dernières années	-
Exploitation / Maintenance	Contrats d'exploitation maintenance et annexes	-
	Récapitulatif des dépenses annuelles P2 / P3	-
	Fiche chaufferie	-
Divers documents	Horaires d'ouvertures du site	X
	Dossiers techniques des travaux antérieurs : DOE / Etudes de sols / études préalables / diagnostics structure / ...	-
	Etudes techniques et énergétiques antérieures : Audit énergétique à l'échelle du site (2024),	X
	Diagnostic Tous Corps d'Etat (2022)	

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
Performance du bâti	-	-
Paramètres de régulation	Consigne : 19°C Réduit : 16°C Programmation de 6h à 18h du lundi au samedi.	Maîtrise apparente des installations depuis leur prise en main par l'exploitant.
Renouvellement d'air	Mise en marche en période d'occupation. Mise à l'arrêt pendant les périodes de fermeture. Fonctionnement permanent pour les sanitaires.	Hypothèse prise selon les systèmes relevés sur site.
Données RCU	Taux GES : 0,057 kg _{co2} /kWh Coût R2 : 3c€TTC/kWh Coût R1 : 13c€TTC/kWh Coût total : 16c€TTC/kWh	Après travaux d'extension et développement de la biomasse, hypothèse d'un taux EnR d'environ 84% Coût réel moyen de 2022 pour les bâtiments tertiaires

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	Lyon Bron	MeteoNorm V2
Outil de simulation utilisé	Outil de simulation thermique dynamique	Pléiades Comfie
Prix unitaire de valorisation des CEE	8.00 €/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	Electricité : 0,33 €/kWh Gaz : 0,08 €/kWh	Prix moyen de l'année 2023, issu de l'audit Energie3ProWatt (octobre 2024)
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse basse	4%	Cahier des charges UGAP
Evolution du prix de l'énergie pour le calcul en coût global – Hypothèse haute	10%	Cahier des charges UGAP
Evolution du prix maintenance/renouvellement	2%	Cahier des charges UGAP

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Fiche identité

IDENTITE DU SITE	
	Nom du site : Bâtiment A
	Adresse : 23 Av. Guy de Collongue, 69130 Écully
	Année de construction : 1972
	Année de rénovation : 2000
	Nombre de bâtiments : 1
	Nombre de niveaux : 4
	Surface de plancher (SDP) : 15 000 m ² _{SDP}
	Usage du site : Enseignement Universitaire Bureaux Administratifs Restauration Universitaire
	Effectifs du site : ~ 1500 personnes
	Horaires d'ouverture : 7h – 22h, hors Dimanche et vacances

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



3.3. Informations détaillées d'occupation du site

Catégorie	Effectifs	Commentaires
Enseignants, Personnel administratif, Etudiants	~ 1500	Hypothèse prise en compte en fonction de la surface et l'utilisation du site.

		Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Bâtiment B	Ouverture	07h00	07h00	07h00	07h00	07h00	07h00	-
	Fermeture	22h00	22h00	22h00	22h00	22h00	19h00	-

Eléments d'explication et d'analyse
<p>Les périodes de fermeture du site sont les weekends et en période de vacances scolaires.</p> <p>Lors de la visite, le client a indiqué que les effectifs des commissions de sécurité (1100 occupants) étaient normalement inférieurs aux effectifs réels.</p>

3.4. Historique des travaux du site

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

Travaux réalisés ou programmés :	Localisation	Année de réalisation
Construction du site	Ensemble du site	1972
Création de l'extension ainsi que l'installation de ses systèmes (groupe froid, CTA)	Extension	2000
Réfection des certaines toitures terrasse	Toitures terrasses	2000
Remplacement de la chaudière	Chaufferie	2011
Remplacement du refroidisseur à air	Local CTA Sud	2021
Mise en place de luminaires LED	Salle de restauration	Relativement récent

Les informations présentées proviennent de l'audit TCE réalisé par Theop en 2022, des données communiquées par la maîtrise d'ouvrage lors de la visite, ainsi que des archives consultées sur place.

4. ANALYSE ENERGETIQUE ET CARBONE

4.1. Usages énergétiques du site

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

4.2. Analyse contractuelle et plan de comptage

Ce chapitre présente, pour chaque vecteur énergétique :

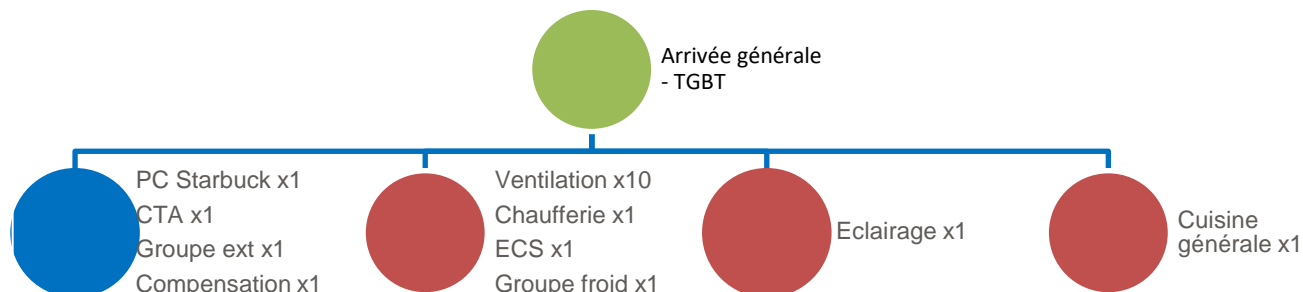
- Les informations relatives aux contrats de fourniture d'énergie : l'objectif est de vérifier l'adéquation des contrats de fourniture à l'usage du site ;
- Les architectures des réseaux existants (plan de comptage) : l'objectif est d'analyser l'opportunité / l'intérêt de compléter le plan de comptage, 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

Titulaire contrat	N° PDL / PRM	Zones / Usages desservis	Fournisseur	Puissance souscrite	Contrat adapté
EM Lyon	30001910393618	Bâtiments A, B, C, D	Engie Solutions	485 kVa	Oui

Au besoin, il pourra être pertinent de réviser les contrats, afin d'être en adéquation avec l'activité des futurs occupants du site.

Architecture et Plan de comptage



Légende :



Compteur
concessionnaire
existant



Sous-compteurs
existants



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

Eléments d'explication et d'analyse

Afin d'en faciliter la lecture, l'architecture présentée est un zoom sur le bâtiment A. D'autres sous-compteurs sont présents au niveau de l'arrivée générale, pour les autres bâtiments du site.

L'arrivée générale est commune à l'ensemble des bâtiments du site, excepté le bâtiment E qui dispose de son propre compteur.

Il est recommandé de vérifier le comptage, et préciser les zones desservies, afin de fiabiliser les futurs relevés.

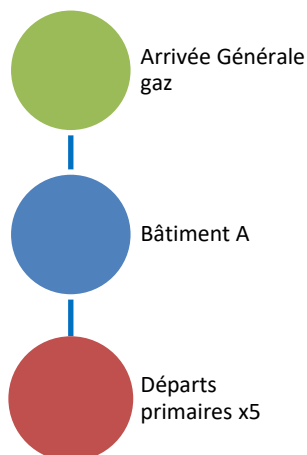
Le plan de comptage proposé permet de distinguer les consommations selon les différents usages.

La connaissance précise des consommations d'électricité est d'autant plus importante dans le cadre d'un projet d'installation de panneaux solaires photovoltaïques en autoconsommation, cela permet de dimensionner l'installation photovoltaïque au plus proche des consommations réelles.

4.2.2. Energie thermique (Gaz naturel)

Porteur contrat	N° PCE	Zones / Usages desservis	Fournisseur	Type contrat	Contrat adapté
EM Lyon	NC	Ensemble du site	NC	NC	NC

Architecture et Plan de comptage



Légende :



Compteur concessionnaire existant



Sous-compteurs existants



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

Eléments d'explication et d'analyse

Afin d'en faciliter la lecture, l'architecture présentée est un zoom sur le bâtiment A. D'autres sous-compteurs sont présents au niveau de l'arrivée générale, pour les autres bâtiments du site.

Les suivis de consommations mensuelles de gaz ont été transmises à l'échelle du bâtiment. Un sous-comptage par bâtiment est déjà présent.

L'installation d'un sous-compteur dédié pour chaque départ de chauffage permettra un meilleur suivi des consommations qui leur sont propres. Le comptage de l'ECS n'a pas été inclus, car son remplacement est prévu dès le scénario 1.

4.3. Analyse des consommations d'énergie

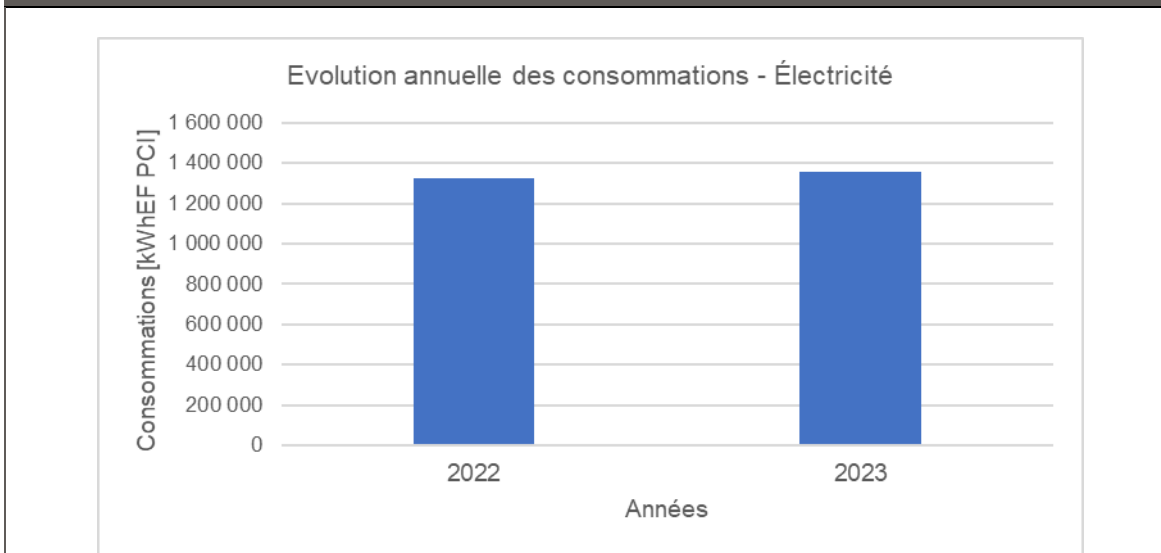
Les consommations d'énergie historiques du site sont présentées dans ce chapitre, sur la base des données transmises par la MOA dans le cadre de cette étude. Elles sont complétées par plusieurs indicateurs, avec par exemple les émissions carbone ou encore les dépenses énergétiques.

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 (10.3.4 Coefficients de conversion des énergie).

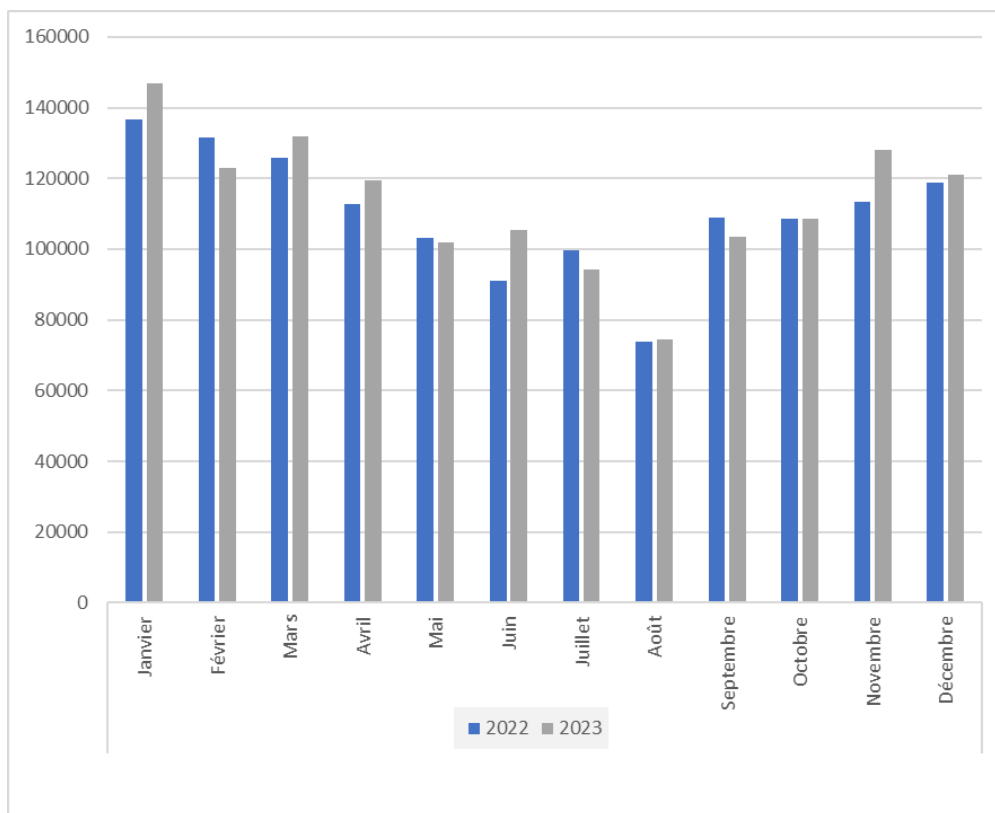
4.3.1. Consommations d'électricité

Consommations énergétiques réelles	2022	2023	Moyenne classique
Consommations (kWh _{EF})	1 324 873	1 358 354	1 341 614
Ratio surfacique de consommation (kWh _{EF} /m ² _{SDP})	88	91	89
Emissions de CO ₂ (kg _{éq} -CO ₂)	84 792	86 935	85 863
Dépenses (€ ^{TTC})	437 208 €	448 257 €	442 732 €
Coût unitaire (€ ^{TTC} /kWh _{PCI})	0,33 €	0,33 €	0,33 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles



Evolution historique des consommations mensuelles



Eléments d'explication et d'analyse

Les factures n'ont pas été transmises ; les coûts unitaires considérés sont issus du rapport d'octobre 2024 d'Energie3ProWatt, basé sur les tarifs de l'année 2023.

Les consommations ont été fournies à l'échelle du bâtiment.

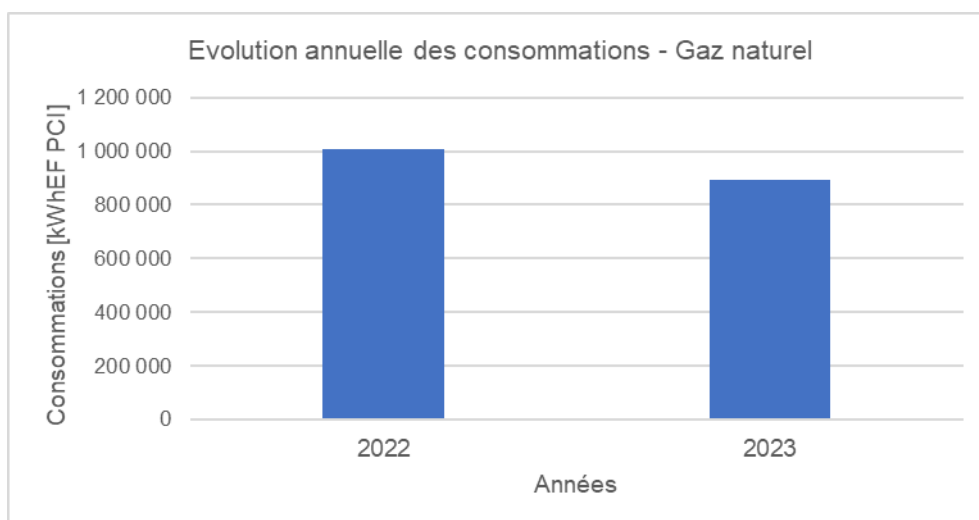
Les niveaux de consommation sont représentatifs de l'usage et des équipements présents (salles serveurs, groupes froids, restauration, équipements suggérant une utilisation régulière). L'intensité d'usage réelle du site n'est pas connue, mais les plages d'horaires d'ouverture sont étendues.

Il a été considéré un usage modéré de ce bâtiment, ainsi qu'une fermeture estivale, justifiant de consommations relativement peu élevées

4.3.2. Consommations d'énergie thermique (Gaz)

Consommations énergétiques réelles	2022	2023	Moyenne classique
Consommations [kWh _{EF PCS}]	1 120 000	990 000	1 055 000
Consommations [kWh _{EF PCI}]	1 008 000	891 000	949 500
Ratio surfacique de consommation [kWh _{EF PCI} /m ² _{SDP}]	67	59	63
Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	254 240	224 730	239 485
Dépenses (€ ^{TTC})	89 600 €	79 200 €	84 400 €
Coût unitaire (€TTC/kWh _{PCI})	0,09 €	0,09 €	0,09 €

Evolution historique des consommations énergétiques réelles annuelles



Eléments d'explication et d'analyse

Les factures n'ont pas été transmises ; les coûts unitaires considérés sont issus du rapport d'octobre 2024 d'Energie3ProWatt, basé sur les tarifs de l'année 2023.

Les consommations ont été fournies à l'échelle du bâtiment.

Les ratios surfaciques sont assez faibles pour un bâtiment très peu isolés, attestant d'une bonne optimisation de la régulation en chauffage du site.

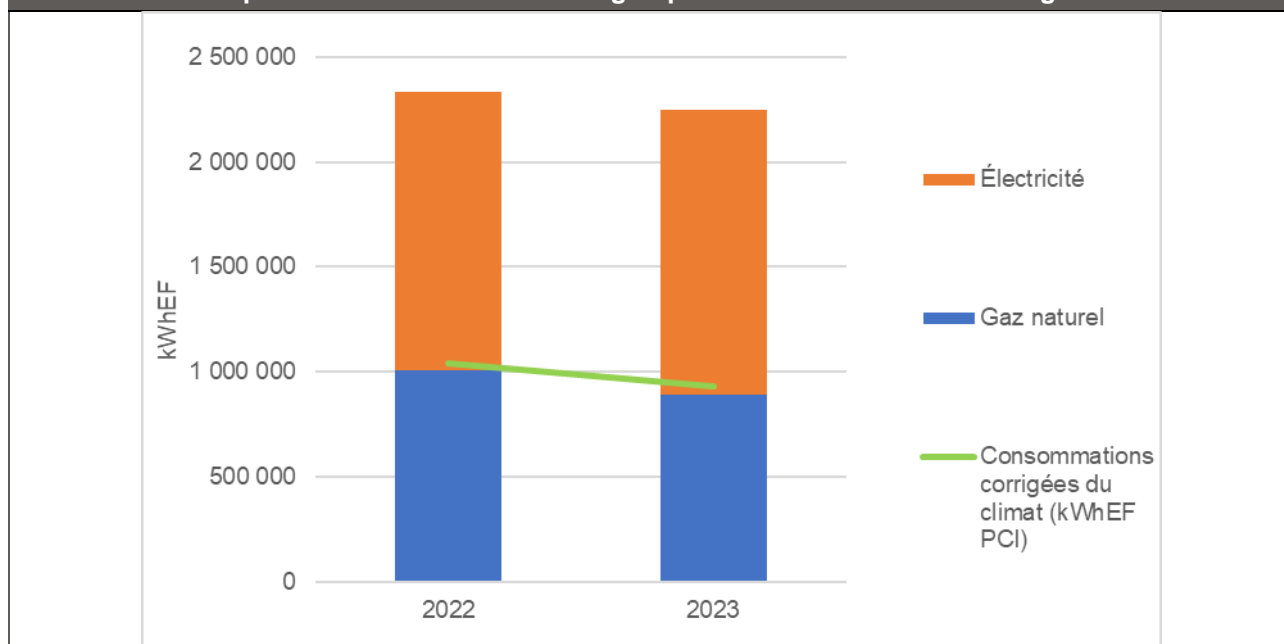
4.3.3. Synthèse des consommations d'énergie

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 10.4.1 Lexique), 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})	2022	2023	Moyenne classique
Consommations réelles de Gaz naturel	1 008 000	891 000	949 500
Consommations réelles d'Électricité	1 324 873	1 358 354	1 341 614
Consommations corrigées du climat (kWh _{EF PCI})	1 040 308	930 106	985 207
Emissions de CO ₂ (kg _{éq-CO2})	339 032	311 665	325 348
Dépenses (€ ^{TTC})	526 808 €	527 457 €	527 132 €
Coût unitaire (€TTC/kWh _{PCI})	0,23 €	0,23 €	0,23 €

Evolution historique des consommations énergétiques annuelles réelles et corrigées du climat



Eléments d'explication et d'analyse

L'évolution des consommations du site est en cohérence avec l'évolution de la rigueur climatique pour les années 2022 et 2023.

5. DESCRIPTION TECHNIQUE DU BATI ET DES SYSTEMES

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

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

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

Référentiel de cotation de l'état de vétusté :

3 : Le matériel ou matériau est considéré comme neuf.


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

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

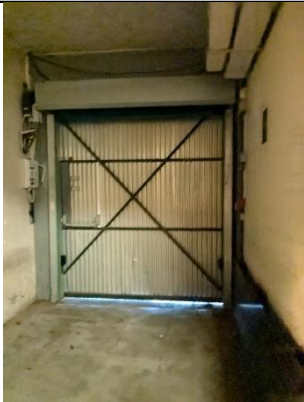


0 : Le matériel ou matériau est considéré comme hors service et nécessite un remplacement immédiat.

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

5.1. Enveloppe du bâti

Paroi opaque					
Mur sur local non chauffé		Surface	R	P	V
	Type :	Béton plein	840 m²	0.20	1
	Epaisseur :	20 cm			
	Année :	1972			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	2.5			
	Localisation :		Ensemble du site		
Mur sur extérieur 1		Surface	R	P	V
	Type :	Béton plein	1572 m²	0.20	0
	Epaisseur :	20 cm			
	Année :	1972			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2			
	Localisation :		Ensemble du site hors extension		
Mur sur extérieur 2		Surface	R	P	V
	Type :	Béton plein	647 m²	2.2	2
	Epaisseur :	20 cm			
	Année :	2000			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par l'intérieur			
	Isolant :	Indéterminé			
	Epaisseur d'isolation :	8 cm			
	Pathologies :	Absence de pathologie			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3.2			
Localisation :		Extension			


Commentaire par paroi	
Murs sur extérieur et sur locaux non chauffé	<p>Les murs extérieurs du bâtiment construit en 1972, ainsi que les murs sur locaux non chauffés, ne disposent d'aucune isolation.</p> <p>L'extension, en revanche, présente une isolation par l'intérieur, conformément aux observations effectuées lors de la visite et aux indications des plans.</p>

Menuiserie						
Porte sur extérieur			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Porte pleine non isolée	4 m²	5.80	0	0
	Etanchéité :	Mauvaise				
	Remplissage :	Sans objet				
	Année :	1972				
	Position :	En tunnel				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	Sans objet				
	Localisation :	Local technique				
Menuiseries extension			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Double vitrage lame d'air 12 mm	276 m²	2.8	1	1
	Etanchéité :	Faible				
	Remplissage :	Information non disponible				
	Année :	2000				
	Occultation :	Brise-soleil fixe				
	Matériau occultation :	Aluminium				
	Position :	En tunnel				
	Fermeture :	Battante, Fixe				
	Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9				
Localisation :	Extension					
Menuiseries 1972			Surface	Uw	P	V
	Matériau et vitrage :	Métal / Simple vitrage	3216 m²	5.60	0	1
	Etanchéité :	Faible				
	Année :	1972				
	Occultation :	Jalousie				
	Matériau occultation :	Aluminium				
	Position :	Nu intérieur				
	Fermeture :	Coulissante, Fixe				
Garde-fou RT existant 2023 (Uw) :	1.9					
Localisation :	Ensemble du site hors extension					




Commentaire par paroi	
Menuiseries	Toutes les menuiseries datant de 1972 sont en simple vitrage. En revanche, celles installées lors de l'extension des années 2000 sont équipées d'un double vitrage avec une lame d'air de 12 mm d'épaisseur.

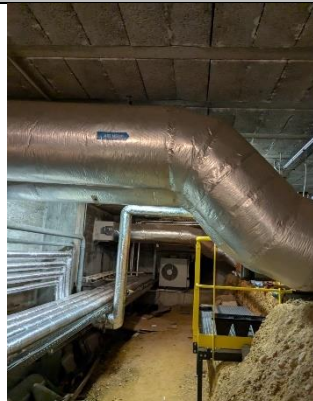
Plancher haut					
Toiture-terrasse		Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	4835 m²	1.32	1
	Epaisseur :	31 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face			
	Isolant :	Polystyrène expansé			
	Epaisseur d'isolation :	3 cm			
	Etanchéité :	Végétalisée			
	Année :	Non déterminée			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
	Localisation :		Ensemble du site hors extension		
Toiture-terrasse 2		Surface	R	P	V
	Type :	Charpente métallique	689 m²	2.93	2
	Epaisseur :	2 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Laine de roche			
	Epaisseur d'isolation :	12 cm			
	Etanchéité :	Bitumineuse			
	Année :	2000			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
	Localisation :		Extension		
Toiture-terrasse 3		Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	92 m²	2.60	2
	Epaisseur :	30 cm			
	Présence d'une isolation :	Oui			
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus			
	Isolant :	Laine de roche			
	Epaisseur d'isolation :	8 cm			
	Etanchéité :	Végétalisée			
	Année :	2000			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5			
	Localisation :		Extension		

Toiture-terrasse 4			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	1859 m²	2.76	2	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Polystyrène expansé				
	Epaisseur d'isolation :	10 cm				
	Etanchéité :	Bitumineuse				
	Année :	2000				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5				
	Localisation :		Restauration			
Toiture-terrasse 5			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	1092 m²	3.00	2	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation par-dessus				
	Isolant :	Polystyrène expansé				
	Epaisseur d'isolation :	10 cm				
	Etanchéité :	Végétalisée				
	Année :	2000				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5				
Localisation :		Terrasse jardin coursive + abri réception				
Faux plafond			Surface	R	P	V
	Type :	Charpente métallique	713 m²	1.95	2	1
	Epaisseur :	8 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en plénum				
	Isolant :	Laine de roche				
	Epaisseur d'isolation :	8 cm				
	Etanchéité :	Végétalisée				
	Année :	2000				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	4.5				
Localisation :		Auditorium				

Verrière		Surface	R	P	V	
	Type :	Métal / double vitrage	16 m²	2.80	2	
	Année :	2000				1
	Garde-fou RT existant	2.5				
	2023 (R) :					
	Localisation : Extension					

Commentaire par paroi	
Planchers hauts	L'ensemble des toitures-terrasses est isolé avec des épaisseurs variées. Certaines toitures ont été rénovées, mais aucun plan de repérage n'a été transmis. D'après les DOE, ces travaux datent des années 2000. Étant donnée une durée de vie de l'étanchéité d'une toiture qui se situe entre 15 et 30 ans, une réfection devrait être envisagée à moyen terme.

Plancher bas						
Plancher bas sur terre-plein			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	7645 m²	0,20	1	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	Sans objet				
	Localisation :					
Plancher bas sur local non chauffé			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	70 m²	1.45	1	0
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Oui				
	Mise en œuvre de l'isolation :	Isolation en sous face				
	Isolant :	Flocage coupe-feu				
	Epaisseur d'isolation :	5 cm				
	Année :	Non déterminée				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
Localisation :		Chaufferie				
Plancher bas sur local non chauffé 2			Surface	R	P	V
	Type :	Dalle béton	147 m²	0.20	0	1
	Epaisseur :	20 cm				
	Présence d'une isolation :	Non				
	Année :	1972				
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3				
Localisation :		Locaux techniques				

Plancher bas sur local non chauffé 3		Surface	R	P	V
	Type :	Poutrelle hourdis en parpaing	728 m²	0.19	0
	Epaisseur :	20 cm			
	Présence d'une isolation :	Non			
	Année :	Non déterminée			
	Garde-fou RT existant 2023 (R) :	3			
Localisation :		Pièces donnant sur VS			

Commentaire par paroi	
Plancher bas	Sur site, seules certaines pièces, telles que la chaufferie, disposaient d'un flochage coupe-feu.

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.

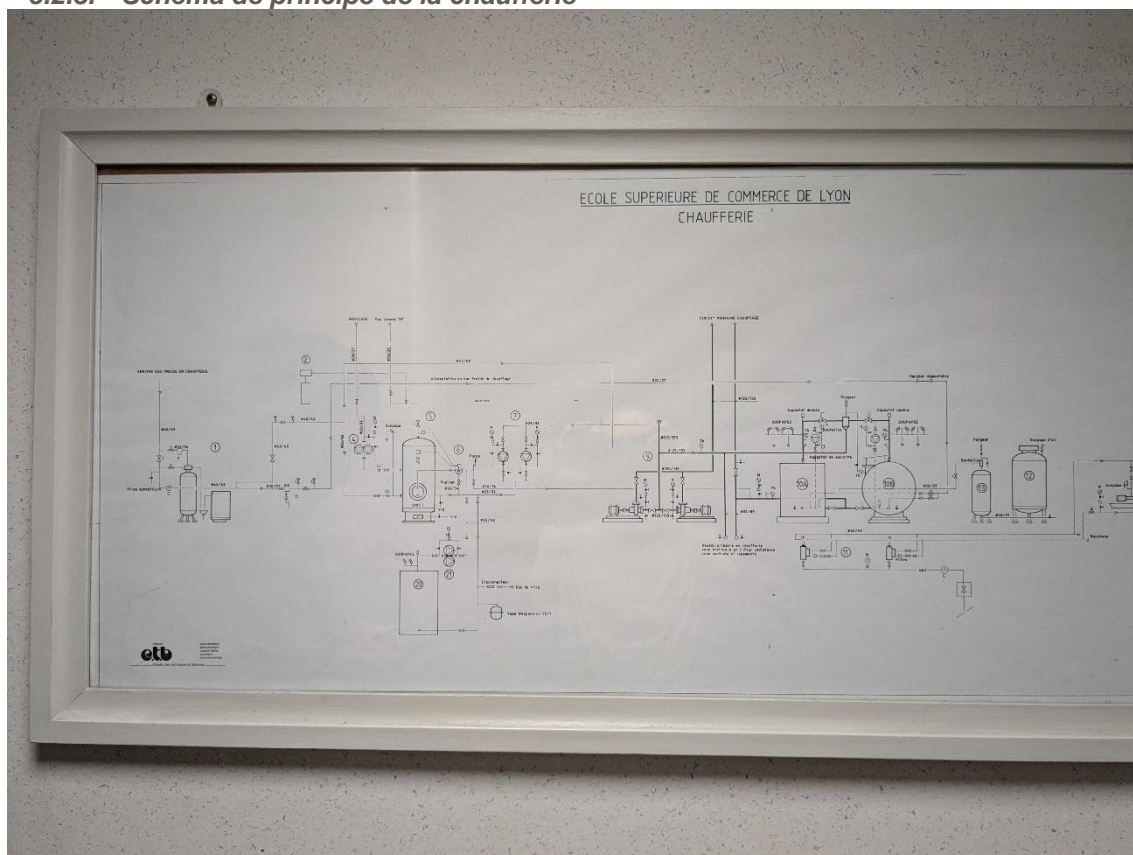
Décret BACS	
Assujettissement	
Le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale >70kW	Oui
Le site est-il assujetti au décret BACS ?	Oui
Mise en conformité	
Action à réaliser avant le 1er janvier 2025 ou le 1er janvier 2027 :	Mise en conformité avec installation de GTC

5.2.2. Contrats d'exploitation et de maintenance

Engie est l'exploitant du site sur les équipements techniques. Avec clause d'intéressement. Les installations semblaient bien conduites, elles ont notamment permis d'optimiser les consommations énergétiques.

Contrat d'exploitation	
Titulaire du contrat (exploitant)	ENGIE
Type de marché	NC
Date de fin du contrat	Janvier 2025
Clause d'intéressement	Oui
Périmètre de prestation	P1/P2/P3/P4
Coût annuel P2	NC
Coût annuel P3	NC
Avis sur l'exploitation	Exploitation adaptée : bonne maîtrise et conduite des installations permettant la réduction des consommations énergétiques

5.2.3. Schéma de principe de la chaufferie



5.2.4. 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	
Situation	Sous-sol
Barre anti-panique	Présente (état d'usage)
Ferme-porte	Non déterminé
Balayage du local (ventilation)	Présence de dispositifs permettant un balayage d'air
Éclairage du local	Eclairage suffisant
Etat du bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES)	Etat moyen
Porte coupe-feu	Non déterminé
Nombre d'extincteur(s)	2
Etat de l'armoire électrique	Etat moyen
Etat du coffret de coupure extérieure combustible	Etat moyen
Etat du coffret de coupure extérieure électrique	Etat moyen


Eléments d'explication et d'analyse




Lors de la visite, la porte était ouverte. Le schéma principe n'est pas à jour.

5.2.5. Chauffage


Production de chaleur				
Production identique à l'émission - Soufflage depuis CTA		P	V	
	Energie :	Electricité	NC	
	Technologie :	Production électrique (voir émission)		2
	Localisation :	Certaines salles de classe		
Chaudière 1		P	V	
	Locaux desservis :	Ensemble du site	2	
	Energie :	Gaz naturel		
	Puissance thermique totale :	1400 kW		
	Puissance électrique totale :	1 kW		
	Rendement :	91.5 %		
	Technologie :	Basse température		
	Fonction :	Chaudière principale		
	Cascade :	Oui		
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées		
	Position :	Au sol		
	Année :	2011		
	Marque :	ATLANTIC GUILLOT		
	Modèle :	LRR 48		
	Nombre :	1		
	Brûleur intégré :	Non		
	Puissance thermique brûleur :	2100 kW		
	Technologie brûleur :	Air pulsé 2 allures		
	Puissance électrique brûleur :	4.32 kW		
	Année brûleur :	2011		
	Marque brûleur :	WEISHAUPT		
	Modèle brûleur :	WM - G20/2-A		
	Nombre de brûleur :	1		
	Performance brûleur :	3		
	Vétusté brûleur :	3		
	Utilisation :	Chauffage		
Localisation :		Chaufferie		

Chaudière 2		P	V
	Energie :	Gaz naturel	10
	Puissance thermique totale :	1200 kW	
	Puissance électrique totale :	1 kW	
	Rendement :	Non déterminé	
	Technologie :	Standard	
	Fonction :	Chaudière d'appoint	
	Cascade :	Oui	
	Mode d'évacuation :	Conduit de fumées	
	Position :	Au sol	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GUILLOT	
	Modèle :	TOTALTUB ST	
	Nombre :	1	
	Brûleur intégré :	Non	
	Puissance thermique brûleur :	2100 kW	
	Technologie brûleur :	Atmosphérique	
	Puissance électrique brûleur :	3 kW	
	Année brûleur :	1987	
	Marque brûleur :	CUENOD	
	Modèle brûleur :	C200 B567/8	
	Nombre de brûleur :	1	
	Performance brûleur :	1	
	Vétusté brûleur :	1	
	Utilisation :	Chauffage	
Localisation : Chaufferie			

Distribution de chaleur			
Réseaux de chauffage		P	V
	Technologie :	Présence de calorifuge avec quelques défauts	22
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'un film PVC	
	Epaisseur :	4 cm	
	Localisation :	En locaux technique	
	Année réseau :	Non déterminée	
	Année isolation :	Non déterminée	
	Localisation :	Chaufferie	


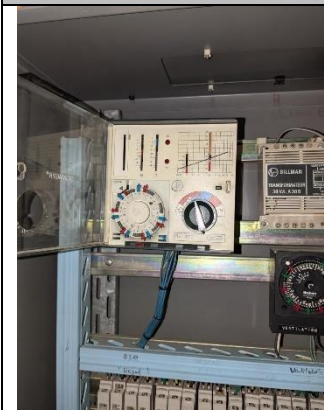
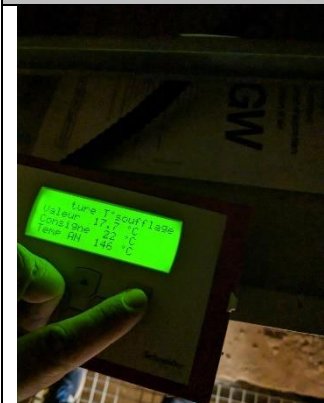
Auxiliaire de chauffage – Chaufferie			
Pompe chauffage - Primaire 1		P	V
	Puissance électrique totale :	4000 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Primaire	
	Nom du départ :	Primaire 1	1
	Année :	2012	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	Q2E112M4C-41-PTC-H	
	Nombre :	1	
Localisation : Chaufferie			
Pompe chauffage - Primaire 2		P	V
	Puissance électrique totale :	Non déterminé	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Primaire	
	Nom du départ :	Primaire 2	1
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	Non déterminé	
Localisation : Chaufferie			
Pompe chauffage - Circuit 1 - Extension (Hypothèse)		P	V
	Puissance électrique totale :	825 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ constant	
	Nom du départ :	Circuit 1 - Extension (Hypothèse)	1
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	DCX50-90	
Localisation : Chaufferie			


Pompe chauffage – CTA Faculty (Hypothèse)		P	V
	Puissance électrique totale :	111 W	
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Primaire	
	Nom du départ :	CTA Faculty (Hypothèse)	3
	Année :	Non déterminée	1
	Marque :	GRUNDFOS	
	Modèle :	MAGNA1D 32-60 F220	
	Nombre :	1	
Localisation : Chaufferie			
Pompe chauffage - Radiateurs - Logements		P	V
	Puissance électrique totale :	360 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Radiateurs - Logements	1
	Année :	Non déterminée	1
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	SCX50-25	
	Nombre :	2	
Localisation : Chaufferie			
Pompe chauffage - Radiateurs - Zone centrale		P	V
	Puissance électrique totale :	1010 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe double	
	Fonction :	Départ régulé	
	Nom du départ :	Radiateurs - Zone centrale	1
	Année :	Non déterminée	1
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	C2800N-N1	
	Nombre :	1	
Localisation : Chaufferie			
Pompe chauffage - Recyclage 1		P	V
	Puissance électrique totale :	845 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Recyclage chaudière	
	Nom du départ :	Recyclage	1
	Année :	Non déterminée	1
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	SCX65-50 N	
	Nombre :	1	
Localisation : Chaufferie			



Pompe chauffage - Recyclage 2		P	V
	Puissance électrique totale :	845 W	
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Recyclage chaudière	
	Nom du départ :	Recyclage 2	1
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SALMONSON	
	Modèle :	MA550-2	
	Nombre :	1	
Localisation : Chaufferie			


Auxiliaires de distribution - Sous-station :


Nom	Localisation local	Puissance électrique totale	Technologie	Type	Position	Nom du départ	Année	Marque	Modèle	Nombre	Commentaire	P	V
Pompe 1	Sous station - Amphithéâtre 2	310	Pompe à débit constant	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Amphithéâtre 2	Non déterminé	SALMSON	EC2650-T3-N1	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	1	1
Pompe 2	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	410	Pompe à débit constant	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	Non déterminé	SALMSON	DCX40-40	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	1	1
Pompe 3	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	135	Pompe à débit constant	Pompe simple	Départ constante	Récupération sur boucle d'eau	Non déterminé	SALMSON	CXL100-32-T3	1	Récupération d'énergie	1	1
Pompe 4	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	325	Pompe à débit constant	Pompe simple	Départ constante	Récupération sur boucle d'eau	Non déterminé	SALMSON	SCX32-80	1	Récupération d'énergie	1	1
Pompe 5	Local technique GF	151	Pompe à débit variable	Pompe double	Départ régulé	CTA - Local technique GF	Non déterminé	GRUNDFOS	MAGNA 1D 32-80 F 220	1	Desserve la CTA de soufflage des bureaux	3	2
Pompe 6	Sous station - Amphithéâtre 3	405	Pompe à débit constant	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Amphithéâtre 3	Non déterminé	SALMSON	MA185-4	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	1	1
Pompe 7	Sous station - Amphithéâtre 0	310	Pompe à débit constant	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Amphithéâtre 0 - 1	Non déterminé	SALMSON	EC2650-T3-N1	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	1	1
Pompe 8	Sous station - Amphithéâtre 5 et 6	Non déterminé	Pompe à débit variable	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Amphithéâtre 5 et 6	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	3	1
Pompe 9	Sous station - Auditorium	360	Pompe à débit constant	Pompe double	Départ régulé	Sous station - Auditorium	Non déterminé	GRUNDFOS	UPSD 50-60	1	Desserve les radiateurs hydrauliques	1	1



Régulation centrale chauffage			
Régulation centrale - Primaire		P	V
	Technologie :	Loi d'eau avec horloge	
	Programmation :	Information non disponible	
	Nombre de départs régulés :	2	
	Adéquation de la régulation :	Optimisée	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	Non déterminé	
	Modèle :	Non déterminé	
	Locaux desservis :	Radiateurs zone centrale et logement	
Localisation :		Chaufferie	
Régulation centrale - Radiateurs sous-stations		P	V
	Technologie :	Loi d'eau avec horloge	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Adéquation de la régulation :	Optimisable	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	TREND, LANDIS & GYR, SIEMENS, Non déterminé	
	Modèle :	IQEVIEW 4, RVL 41.10, RVL480, Non déterminé	
	Locaux desservis :	Radiateurs des amphithéâtres	
Localisation :		Sous stations	
Régulation centrale - Consigne de soufflage CTA		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance simple	
	Programmation :	Information non disponible	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SCHNEIDER Electricque	
	Modèle :	Non déterminé	
	Locaux desservis :	Amphithéâtres	
Localisation :		Sous station	



Régulation centrale - Consigne de soufflage CTA 2		P	V	
	Technologie :	Thermostat d'ambiance simple	1	1
	Programmation :	Information non disponible		
	Année :	Non déterminée		
	Marque :	LANDIS & GYR et non déterminé		
	Modèle :	RVL 41.10 et non déterminé		
	Locaux desservis :	Amphithéâtres		
	Localisation :		Sous-Stations	

Emission de chaleur				
Ventilo-convecteurs chaud-froid		P	V	
	Locaux desservis :	Accueil	2	1
	Energie :	Hydraulique		
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)		
	Position :	Plafonnière, Murale		
	Pathologies :	Absence de pathologie		
	Année :	Non déterminée		
	Marque :	CARRIER		
	Modèle :	Non déterminé		
Localisation :		Accueil et salles de classe extension		
Soufflage depuis une CTA - Electrique		P	V	
	Position :	Bouche de soufflage murale	2	2
	Année :	Non déterminée		
	Technologie :	Soufflage depuis une CTA		
	Localisation :		Certaines salles de classe	

Soufflage depuis une CTA - Hydraulique		P	V
	Position : Bouche de soufflage plafonnière	2	1
	Année : Non déterminée		
	Technologie : Soufflage depuis une CTA		
	Localisation : Amphithéâtres		

Radiateur		P	V
	Energie : Hydraulique	2	1
	Technologie : Radiateur		
	Matériau : Acier		
	Température : Haute		
	Année : Non déterminée		
Localisation : Ensemble du site			

Régulation terminale chauffage			
Thermostat d'ambiance chaud et froid		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance simple	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	CARRIER, CIAT ET INDUSTRIE TECHNIK	
	Modèle :	Non déterminé	
	Localisation : Accueil et salles de classe extension		
Thermostat d'ambiance 2		P	V
	Technologie :	Thermostat d'ambiance programmable	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	France Air	
	Modèle :	Non déterminé	
	Localisation : Certaines salles de classe		

Robinet thermostatique ancien		P	V
	Technologie :	Robinets thermostatiques anciens	
	Année :	2	1
	Marque :		
	Modèle :		
	Localisation :	Ensemble du site (très ponctuellement)	
Robinet manuel		P	V
	Technologie :	Robinets manuels	
	Année :	1	1
	Marque :		
	Modèle :		
	Localisation :	Ensemble du site	

Régulation centrale des radiateurs des sous-stations :

Nom	Technologie	Programmation	Commentaire programmation	Année	Marque	Modèle	Locaux desservis	Nombre	Commentaire	P	V
Régulation radiateurs Amphithéâtre 0 et 1	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 18h en température de confort Sinon en réduit	Non déterminé	LANDIS & GYR	RVL 41,10	Radiateurs amphithéâtre 0 et 1	1	-	1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 2	Horloge simple sur loi d'eau (Hypothèse)	Hebdomadaire (hypothèse)	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Radiateurs amphithéâtre 2	1	La commande permettant de réguler les horaires ainsi que la loi d'eau n'a pas été relevé. Il est probable qu'elle soit localisée dans le tableau électrique du local	2	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 3	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 18h en température de confort Sinon en réduit	Non déterminé	LANDIS & GYR	RVL 41,10	Radiateurs amphithéâtre 3	1	-	1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 5 et 6	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Mercredi de 0h à 20h Lundi, Mardi et Jeudi de 6h à 19h Vendredi de 6h à 18h Samedi de 8h à 18h	Non déterminé	SIEMENS	RVL480	Radiateurs amphithéâtre 5 et 6	1	-	1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtres 7 et 8	Commande centralisée - Horloge simple	Hebdomadaire	Le lundi de 5h à 12h. Du mardi au vendredi de 5h30h à 12h	Non déterminé	TREND	IQEVIEW 4	Radiateurs amphithéâtre 7 et 8	1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. Les horaires se correspondent aux horaires d'utilisation du site.	2	1
Régulation radiateurs Auditorium	Non déterminé	Non déterminé	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Radiateurs zone centrale	1	La régulation de la V3V n'était pas accessible lors de la visite	1	1

Commentaire global

La production de chauffage du site est assurée par deux chaudières fonctionnant en cascade. La première chaudière, datant de 2011, est un modèle à basse température tandis que la seconde chaudière, plus ancienne, est standard.

Au cours des années 2000, une extension a été construite, accompagnée de travaux dans la chaufferie pour intégrer un réseau permettant d'alimenter les batteries hydrauliques des centrales de traitement d'air ainsi que les radiateurs des zones concernées. La chaudière à basse température et ce circuit créé n'apparaissent pas dans le schéma principe, ce qui indique qu'il n'a pas été mis à jour.

Les chaudières desservent six circuits primaires. Ces circuits sont les suivants :

- Deux pompes individuelles connectées en parallèle, vraisemblablement pour le circuit primaire alimentant les sous-stations des amphithéâtres (hypothèse non confirmée en raison de l'absence d'information de l'exploitant).
- Une pompe double à débit constant avec départ régulé, desservant les radiateurs de la zone centrale.
- Deux pompes individuelles connectées en parallèle, alimentant les radiateurs des logements. Lors de la visite, aucun logement n'a été identifié sur site.
- Une pompe double à débit variable, desservant la CTA "Faculty" (Hypothèse)
- Une pompe double à débit constant, desservant les CTA de l'extension (Hypothèse).
- Un départ vers l'ECS.

Il y a 9 circulateurs supplémentaires dédiés à l'alimentation des radiateurs et des CTA de chaque sous-station. Les caractéristiques spécifiques de chaque pompe de distribution sont détaillées dans le tableau récapitulatif.

La régulation centrale des départs depuis la chaufferie se réalise depuis une commande centralisée située dans le tableau électrique et permet d'ajuster les températures des différents circuits. Il est probable que cette commande centralisée inclut également la gestion des lois d'eau pour les départs régulés (radiateurs des logements et ceux de la zone centrale). Toutefois, l'absence de l'exploitant lors de la visite n'a pas permis de confirmer précisément le fonctionnement de cet équipement.

Dans les sous-stations, les départs sont régulés à l'aide de lois d'eau et de plannings hebdomadaires, via des systèmes analogiques ou numériques. Par ailleurs, chaque CTA est équipée d'une sonde de température sur l'air soufflé, permettant de contrôler la vanne 3 voies.




Il n'existe pas une GTC permettant de contrôler l'ensemble de systèmes depuis un seul local, l'exploitant doit se déplacer pour modifier la régulation. Cette multiplicité de systèmes de régulation complexifie considérablement la gestion globale de l'installation.


L'émission de chaleur dans les amphithéâtres et dans la restauration est assurée par le soufflage des CTA, équipées chacune d'une batterie hydraulique régulée par des V3V et une sonde de température, comme mentionné précédemment. En revanche, certaines CTA des salles de classe sont dotées de batteries électriques. Lors de la visite, bien que le bâtiment soit inoccupé, certaines CTA étaient encore en fonctionnement dans les salles de classe.


Dans les circulations, les bureaux et les salles de classe, le chauffage est assuré par des radiateurs hydrauliques, souvent en état d'usage très avancé, majoritairement équipés de robinets manuels. Quelques robinets thermostatiques ont été observés, notamment dans l'extension réalisée dans les années 2000, bien que leur proportion reste faible.


Enfin, à l'accueil et dans les salles de classe de l'extension, des ventilo-convecteurs ont été identifiés. Ceux-ci sont pilotés par des thermostats d'ambiance simples, permettant de régler à la fois la température et la vitesse de soufflage.


5.2.6. Climatisation


Production de froid			
Unité de climatisation		P	V
	Type :	Monosplit	
	Plage de performance :	3,5 > EER >= 3	
	EER nominal :	3.04	
	Fluide frigorigène :	R410A	
	Position :	Sol	
	Locaux desservis :	Magasin technique	
	Année :	2017	
	Marque :	MITSUBISHI ELECTRIC	
	Modèle :	MUZ-HJ71VA	
	Nombre :	1	
Localisation :		Vide sanitaire	
Unité de climatisation 2		P	V
	Type :	Monosplit	
	Plage de performance :	3,5 > EER >= 3	
	EER nominal :	3.23	
	Fluide frigorigène :	Information non disponible	
	Position :	Sol	
	Locaux desservis :	TGBT	
	Année :	2018	
	Marque :	MITSUBISHI ELECTRIC	
	Modèle :	SUZ-KA50VA5	
	Nombre :	1	
Localisation :		Vide sanitaire	
Unité de climatisation 3		P	V
	Type :	Monosplit	
	Plage de performance :	EER < 3	
	EER nominal :	2.80	
	Fluide frigorigène :	R410A	
	Position :	Terrasse	
	Locaux desservis :	Restauration	
	Année :	Non déterminé	
	Marque :	FUJITSU ATLANTIC – Non déterminé	
	Modèle :	AOY36FNAXT – Non déterminé	
	Nombre :	2	
Localisation :		Toiture terrasse	

Groupe froid		P	V
	Type :	Groupe froid multi-étage	
	Puissance frigorifique totale :	333 kW	
	Puissance électrique totale :	152 kW	
	Plage de performance :	EER < 3	
	EER nominal :	2.2	
	Fluide frigorigène :	R404A	
	Position :	Sol	
	Locaux desservis :	Extension	
	Année :	2000	
	Marque :	TRANE	
	Modèle :	ERTAB 212	
	Nombre :	1	
Localisation :		Extérieur	

Auxiliaire de froid			
Pompe froid Primaire		P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Fonction :	Primaire	
	Puissance électrique totale :	Non déterminé	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	Non détermine	
	Nombre :	2	
Localisation :		Local technique GF	

Distribution de froid			
Ballon tampon (eau glacée)		P	V
	Année :	2019	
	Technologie :	Ballon correctement isolé	
	Volume :	1000 L	
	Marque :	CHAROT	
	Modèle :	TAMFROID 1000 L	
	Nombre :	1	
Localisation :		Local technique GF	



Réseaux de froid		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Technologie :	Présence de calorifuge avec quelques défauts	
	Mise en œuvre de l'isolation :	Laine de verre revêtue d'un film PVC	
	Epaisseur :	4 cm	
	Localisation :	En galerie technique, En locaux technique	
	Année réseau :	Non déterminée	
	Année isolation :	Non déterminée	
Localisation : Local technique GF		2	1

Emission de froid			
Unités intérieures		P	V
	Année :	2017	
	Energie :	Fluide frigorigène	
	Technologie :	2 tubes réversibles (chauffage et refroidissement)	
	Marque :	MITSUBISHI ELECTRIC	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	2	
Localisation : TGBT, Magasin technique		2	2

Régulation terminale froid			
Régulation terminale - Thermostats d'ambiance		P	V
-	Technologie :	Thermostat d'ambiance programmable	
	Année :	20172018	
	Marque :	MITSUBISHI ELECTRIC	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	2	
Localisation : TGBT, Magasin technique		2	1

Commentaire global	
<p>Lors de la création de l'extension, un groupe froid a été installé à l'extérieur pour climatiser les salles de classe de l'extension ainsi que les amphithéâtres 7 et 8. Les CTA des amphithéâtres 7 et 8 sont équipées de batteries froides.</p> <p>Le système de refroidissement inclut également un ballon tampon et un circuit primaire, qui alimentent l'ensemble des ventilo-convecteurs ainsi que les batteries froides des CTA mentionnées. Le type d'émetteur et le mode de régulation terminale, communs au chauffage, ont été détaillés dans le paragraphe précédent.</p> <p>Le site dispose également de splits permettant de refroidir le TGBT et le magasin technique au sous-sol.</p> <p>Les chambres froides n'ont pas été abordées dans ce paragraphe, car elles ne sont pas en service et relèvent d'un processus de refroidissement industriel, distinct du confort thermique. Ces équipements ont été détaillés dans le paragraphe consacré aux autres usages (puissance dissipée).</p>	

5.2.7. Ventilation


Equipement de ventilation			
Extracteurs simple flux		P	V
	Technologie :	Autoréglable, hotte	1
	Localisation :	Sous-sol, local techniques, toiture terrasse	
CTA		P	V
	Puissance électrique totale :	Voir tableau récapitulatif	
	Technologie :	Voir tableau récapitulatif	
	Echangeur :	Voir tableau récapitulatif	
	Batterie chaude :	Voir tableau récapitulatif	
	Batterie froide :	Voir tableau récapitulatif	
Localisation :		Sous-sol, local techniques, toiture terrasse	


Toiture ter

Liste des CTA :

Nom	Localisation local	P. élec totale	Technologie	Echangeur	Rendement échangeur	Débit d'air soufflé	Débit d'air repris	Batterie chaude	Batterie froide	Année	Marque	Modèle	Locaux desservies	Nombre	Commentaire	P	V
CTA 1	Sous-sol	480 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	WOLF Klimatechnik	KG 15 9390	Local Sécurité et locaux techniques sous-sol	1	La CTA fonctionne en permanence pour assurer le renouvellement d'air.	1	1
CTA 2	Local technique terrasse	1500 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	2012	CIAT	SILENTER ME 52 - M500	Cafétéria	1	Il s'agit très probablement d'une CTA à compensation pour la cuisine	1	1
CTA 3	Local technique terrasse	2200 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Cafétéria	1	Il s'agit très probablement d'une CTA à compensation pour la cuisine	1	1
CTA 4	Toiture terrasse	3940 W	CTA DF avec échangeur (absence de caisson de mélange)	Echangeur à plaques	Non déterminé	5500 m3/h	5500 m3/h	Electrique (24940 W)	-	2015	FRANCE AIR	POWER BOX 95 BC H EL T5500H-P EXT	Cafétéria	1	La CTA desserve très probablement la salle de restauration	3	1
CTA 5	Sous station - Amphithéâtre 2	370 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	CIAT	Non déterminé	Amphithéâtre 2	1	-	1	1
CTA 6	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	12600 W	CTA DF avec échangeur et caisson de mélange	Echangeur sur boucle d'eau	Non déterminé	7600 m3/h	7600 m3/h	Hydraulique	Hydraulique	2000	WESPER	CDC 85	Amphithéâtre 7	1	Amphi 207 places. Aucune information sur la gestion de l'ouverture du caisson de mélange n'a pas été transmise.	1	1
CTA 7	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	12600 W	CTA DF avec échangeur et caisson de mélange	Echangeur sur boucle d'eau	Non déterminé	7200 m3/h	7200 m3/h	Hydraulique	Hydraulique	2000	WESPER	Non déterminé	Amphithéâtre 8	1	Amphi 200 places. Aucune information sur la gestion de l'ouverture du caisson de mélange n'a pas été transmise.	1	1
CTA 8	Local technique GF	1,4	CTA SF Soufflage	-	-	3850 m3/h	-	Hydraulique	-	1992	WOLF Klimatechnik	KG 63 / 9442	Bureaux étage 2	1	Elle desserve les bureaux ventilés mécaniquement	1	1
CTA 9	Sous station - Amphithéâtre 3	370 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	CIAT	Non déterminé	Amphithéâtre 3	1		1	1
CTA 10	Sous station - Amphithéâtre 0	370 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	CIAT	Non déterminé	Amphithéâtre 0	1		1	1

CTA 11	Sous station - Amphithéâtre 1	370 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	CIAT	Non déterminé	Amphithéâtre 1	1		1	1
CTA 12	Sous station - Amphithéâtre 5 et 6	370 W	CTA SF Soufflage	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Hydraulique	-	Non déterminé	CIAT	Non déterminé	Amphithéâtre 5 et 6	1		1	1
CTA 13	Sous station - Auditorium	22000W	CTA DF avec caisson de mélange (sans échangeur)	-	-	17000 m3/h	17000 m3/h	Hydraulique	Hydraulique	2000	WESPER	Non déterminé	Auditorium	1	-	1	1
CTA 14	Vide sanitaire - côté technique	2000W	CTA SF Soufflage	-	-	6000 m3/h	-	Hydraulique	-	Non déterminé	WOLF Klimatechnik	KG 100 / 9342	Locaux techniques sous-sol	1		1	1
CTA 15 et plus	Salles de classe	594 W	CTA DF avec récupérateur d'énergie	Contre flux	93%	1400 m3/h		Electrique	-	Non déterminé	FRANCE AIR	Silent school 1000 PE	Salles de classe	10		3	2
Extrac-teurs	Sous station, local technique GF et vide sanitaire	Non déterminé	Extracteur	-	-	-	-	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtres, bureaux et locaux techniques	8		1	1

Régulation centrale ventilation			
Horloge simple		P	V
	Technologie :	Horloge simple	
	Programmation :	Hebdomadaire	
	Année :	Non déterminé	
	Localisation :	Sous station	

Régulation terminale ventilation			
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie :	Interrupteur manuel	
	Année :	Non déterminé	
	Localisation :	Amphithéâtres	

Commentaire global

L'ensemble des amphithéâtres sont chauffés et ventilés par des centrales de traitement d'air.

Les amphithéâtres de l'extension disposent de deux CTA double flux équipées d'un récupérateur d'énergie sur boucle d'eau et d'un caisson de mélange chacune. Le grand amphithéâtre, quant à lui, est desservi par une CTA double flux également équipée d'un caisson de mélange. Aucune donnée précise sur le taux d'ouverture et la gestion des caissons de mélange n'a été communiquée.




La salle de restauration est ventilée par une CTA double flux équipée d'un échangeur, tandis que les autres amphithéâtres sont desservis par des CTA simple flux associées à des extracteurs, tous situés dans les sous-stations. Ces équipements ne sont pas dotés de système de récupération d'énergie, et leur régulation repose sur des horloges ou des commandes digitales intégrées aux tableaux électriques.


La liste des extracteurs/hottes accessibles le jour de la visite (hors extracteurs décrits dans le tableau précédent) :


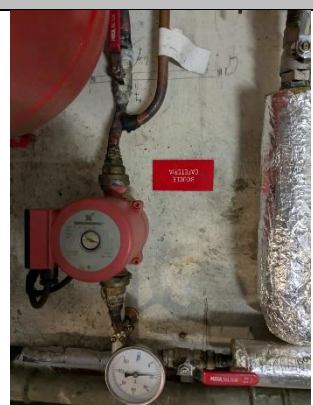
- Ext Plonge - EXT VMC 2
- Hotte - EXT & SUPLEMENT DESENFUMAGE 2
- Hotte PIZZERIA - EXT & SUPLEMENT DESENFUMAGE
- EXT DESENFUMAGE NUM 1 - 500W
- EXT DESENFUMAGE NUM 5 - 500W
- Extracteur sanitaires - 250 W (2015)
- Atlantic AIRVENT M 902 J - 205 W
- Atlantic AIRVENT M 625 J - 100 W
- EXT Non déterminé - 1.25 kW
- EXT VMC 4
- Atlantic MRF 160 - 116 W (2015)
- Atlantic STELAIR 500 T4/8 IP - 1.1 kW
- 4 tourelles d'extraction pour les salles de classe situées au R+4 dans l'extension (2x1230 m3/h, 1x480m3/h et 1x570m3/h) avec 4 ventilo-convecteurs avec de prise d'air sur toiture.
- Extracteur sanitaires extension (510 m3/h)



En complément de la régulation centrale, certains amphithéâtres sont équipés d'interrupteurs manuels, permettant de désactiver le chauffage et la ventilation des salles selon les besoins.

5.2.8. Eau Chaude Sanitaire

Production ECS			
Commun avec la production de chauffage (chaudière)		P	V
	Mode de production :	Semi-accumulé	
	Technologie :	Chaudière basse température	
	Localisation :	Chaufferie	
Préparateur ECS indépendant - Chaudière électrique		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	COLLARD TROLART	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
	Energie :	Electricité	
	Puissance thermique unitaire :	24 kW	
	Puissance électrique unitaire :	24 kW	
	Technologie :	Standard	
	Volume :	Non déterminé	
	Locaux desservis :	Cafétéria et certaines sanitaires	
Localisation :		Chaufferie	
Ballon électrique		P	V
	Année :	Non déterminée	
	Type de production :	Production décentralisée	
	Puissance électrique unitaire :	1.2 kW	
	Volume :	75 L	
	Technologie :	Adaptée à l'usage	
	Locaux desservis :	Sanitaires	
Localisation :		Certains sanitaires et locaux de ménage	




Stockage ECS			
Ballon de stockage		P	V
	Type :	Stockage sur primaire	
	Volume :	500 L	
	Technologie :	Ballon avec isolation dégradée	
	Année :	2009	
	Marque :	THERMOR PACIFIC SERVICES	
	Modèle :	PAC MIX 0500L BLIND	
	Nombre :	1	
Localisation :		Chaufferie	



Auxiliaire ECS			
Pompe de bouclage primaire - ECS Eté		P	V
	Technologie :	Pompe à débit variable	
	Type :	Pompe double	
	Puissance électrique totale :	75 W	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	SALMSON	
	Modèle :	D 80-32/180	
	Nombre :	1	
Localisation :		Chaufferie	
Pompe de bouclage Cafétéria		P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Puissance électrique totale :	Non déterminé	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRUNDFOS	
	Modèle :	Non déterminé	
	Nombre :	1	
Localisation :		Chaufferie	

Pompe de bouclage		P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Puissance électrique totale :	120 W	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRUNDFOS	
	Modèle :	UPS 25-55 B 180	
	Nombre :	2	
Localisation :		Chaufferie	
Pompe de bouclage primaire - ECS Hiver		P	V
	Technologie :	Pompe à débit constant	
	Type :	Pompe simple	
	Puissance électrique totale :	245 W	
	Année :	Non déterminée	
	Marque :	GRUNDFOS	
	Modèle :	UPS 25-80 180	
	Nombre :	2	
Localisation :		Chaufferie	



Commentaire global
<p>La production d'ECS est assurée par des chaudières à gaz ainsi qu'une chaudière électrique. Cette dernière fonctionne toute l'année afin de maintenir une température suffisante dans le ballon de stockage et le réseau de bouclage. En son absence, des températures très basses ont été mesurées, favorisant le risque de prolifération de légionelle.</p> <p>Le ballon de stockage et le réseau de bouclage sont dans un état d'usage très avancé. L'installation comprend deux pompes primaires et deux pompes de bouclage, desservant l'ECS de la cafétéria ainsi qu'une partie des sanitaires.</p> <p>Cette configuration n'est pas adaptée aux besoins réels du site. Il serait pertinent d'envisager l'installation d'un ballon individuel thermodynamique à proximité des points de puisage de la cafétéria. Cette solution permettrait non seulement de garantir une qualité d'eau optimale, mais aussi de réduire les consommations énergétiques.</p> <p>Lors de la visite, des ballons d'eau chaude ont été observés dans certains sanitaires. Compte tenu de l'usage du site, il serait judicieux de limiter leur nombre à un seul ballon par étage, dédié aux besoins liés aux activités de ménage, tout en évitant d'équiper chaque sanitaire individuellement.</p>




5.2.9. Eclairage

Source d'éclairage			
Luminaire LED		P	V
	Technologie :	Luminaires LED	
	Type de luminaire :	Dalle, Spot, Hublot	
	Nombre de lampe(s) par luminaire :	1	
	Puissance électrique unitaire d'une lampe :	6 W	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Electronique	
	Localisation :	Réfectoire et certaines pièces rénovées	
Tube fluorescent T8 - T5		P	V
	Technologie :	Tube fluorescent T8	
	Type de luminaire :	Tube	
	Nombre de lampe(s) par luminaire :	4	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Ferromagnétique	
	Localisation :	Amphithéâtres, bureaux et salles de classe non rénovées	
Lampe fluocompacte		P	V
	Technologie :	Lampe fluocompacte	
	Type de luminaire :	Ampoule	
	Nombre de lampe(s) par luminaire :	2	
	Type d'éclairage :	Eclairage direct	
	Ballast :	Sans objet	
	Localisation :	Circulations, sanitaires	

Pilotage terminal éclairage			
Interrupteur manuel		P	V
	Technologie :	Interrupteur manuel	
	Locaux desservis :	Ensemble du site	
	Localisation :	Ensemble du site	
Détection de présence		P	V
	Technologie :	Détection de présence	
	Locaux desservis :	Circulations, sanitaires, réfectoire	
	Localisation :	Circulations, sanitaires, réfectoire	

5.2.10. Autres usages

Autres usages			
Equipements de cuisine		P	V
	Energie :	Electricité	
	Type d'équipement :	Four, Micro-onde, Sauteuse, Plaque de cuisson, Marmite, Friteuse, Chambre froide positive, Chambre froide négative, Lave-vaisselle, Réfrigérateur, Armoire de maintien en température	NC
	Localisation :	Cuisine	1
Equipements de bureautique - Hypothèse		P	V
	Type :	Baie de brassage, PC fixe, PC portable, Serveur informatique, Vidéoprojecteur, Imprimante, Photocopieur, Télévision	NC
	Localisation :	Ensemble du site	NC

Chambre froide	Prépa Froide	Négative	Centrale +
Photo			
Marque	ZANOTTI	ZANOTTI	REFRA
Modèle	GCU2023U1122F	HCU2040B534F	RCASE 2E319A
Liquide	R404A	R404A	R404A

5.3. Synthèse état des lieux techniques

Synthèse

Le bâtiment principal, construit en 1972, présente une enveloppe thermique globalement très peu performante. Dans les années 2000, une extension a été construite. Les murs d'origine sont dépourvus d'isolation, tandis que ceux de l'extension intègrent une isolation intérieure d'environ 8 cm. Les menuiseries de 1972 sont en simple vitrage, en contraste avec celles de l'extension, dotées de double vitrage. Les toitures-terrasses, partiellement rénovées dans les années 2000, bénéficient d'une isolation variable. Cependant, compte tenu de la durée de vie limitée de leur étanchéité, une réfection sera nécessaire à court-moyen terme. Enfin, la plupart des planchers bas ne sont pas isolés.

Le chauffage repose sur deux chaudières en cascade : une chaudière basse température de 2011 et une chaudière standard plus ancienne. Le réseau hydraulique est équipé des pompes à vitesse constante desservant plusieurs équipements : radiateurs, batteries hydrauliques des CTA et ventilo-convecteurs. Chaque équipement possède une régulation indépendante, rendant l'exploitation complexe. La majorité des radiateurs, en état d'usure avancé, sont encore équipés de robinets manuels. Malgré ces limites, l'exploitant a significativement réduit les consommations de chauffage par rapport aux années précédant son arrivée, témoignant d'une gestion efficace et optimisée des systèmes en place.

Les amphithéâtres, la salle de restauration, ainsi que certaines salles de classe et bureaux, sont ventilés par des CTA équipées de batteries hydrauliques ou électriques. Cependant, seuls les CTA plus récents disposent d'un système de récupération d'énergie. La plupart des systèmes sont régulés par des horloges ou des commandes locales, limitant leur adaptabilité en fonction de l'occupation.

La climatisation de l'extension est assurée par un groupe froid couplé aux batteries froides des CTA et des ventilo-convecteurs. Des splits supplémentaires refroidissent certains locaux techniques.

La production d'eau chaude sanitaire repose sur les chaudières à gaz décrites précédemment et une chaudière électrique vieillissante, fonctionnant en continu pour maintenir la température du réseau. Le système, en état d'usage très avancé, nécessite une rénovation complète pour réduire les consommations énergétiques et limiter les risques sanitaires liés à la légionelle.

Concernant l'éclairage, la majorité du site est encore équipée de dispositifs peu performants, tels que des ampoules fluocompactes ou des tubes fluorescents T8. Certaines zones rénovées, comme des salles de classe, bureaux et la salle de restauration, disposent de luminaires LED. Cette dernière zone, ainsi que les circulations et sanitaires, est équipée de détecteurs de présence.

6. MODELISATION ENERGETIQUE DU SITE

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

Les objectifs de ce calcul sont les suivants :

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

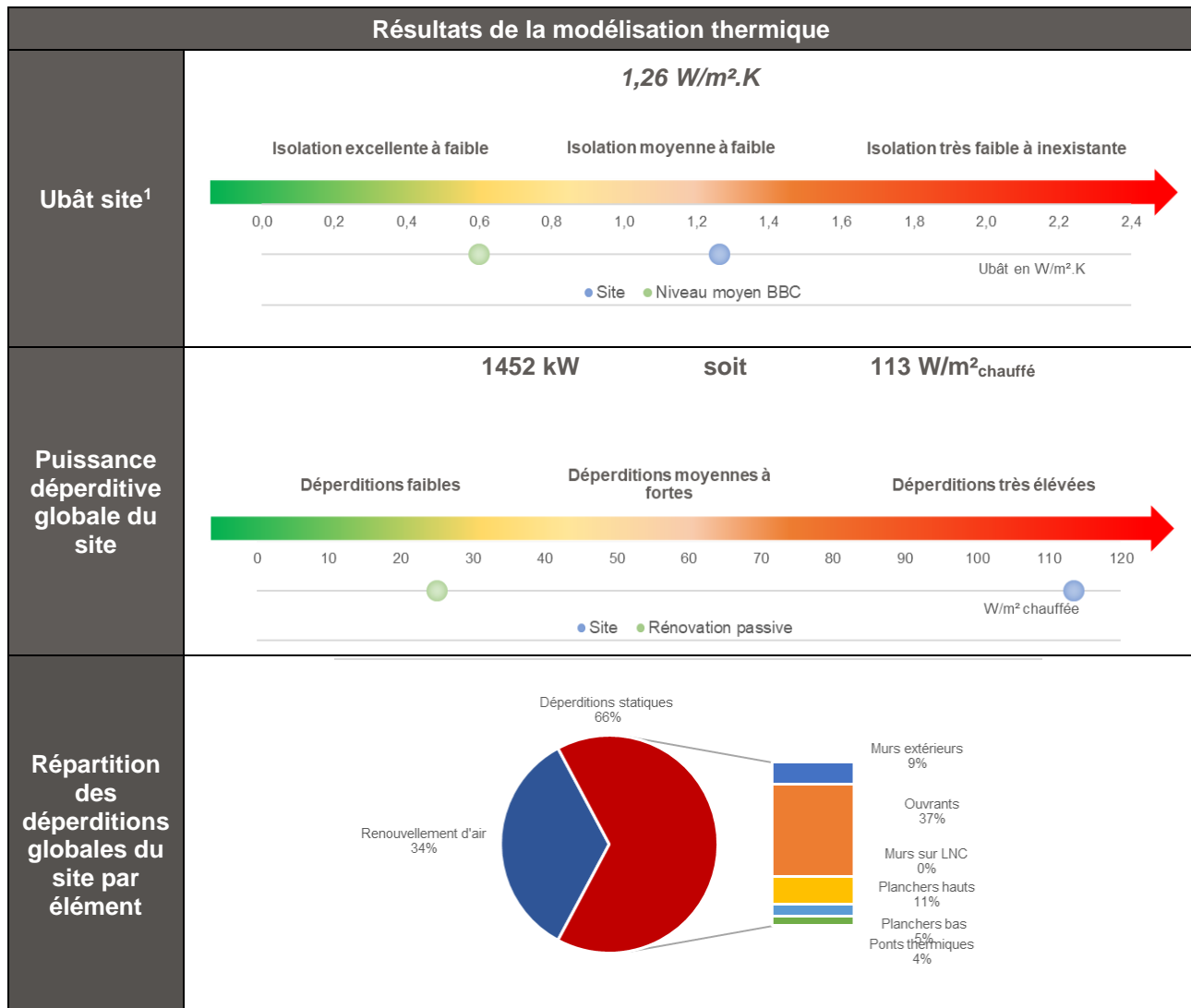
Cette modélisation intègre les caractéristiques techniques (bâti et système) collectées et relevées lors de la visite du site ainsi que l'usage du site décrits dans les précédents chapitres.

6.1. Analyse des déperditions thermiques

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

Caractéristiques thermiques de l'enveloppe		
Surface chauffée	12 800 m ²	La surface chauffée représente 85% de la surface de plancher
Volume chauffé	44 513 m ³	Les hauteurs sous plafond sont élevées.
Inertie thermique	Moyenne	La forte surface vitrée dégrade l'inertie globale du bâtiment.
Ratio surface vitrée / façade	53%	La surface vitrée est très importante.
Etanchéité à l'air	Faible	Bâtiment ancien, infiltrations d'air au niveau des menuiseries et défauts d'étanchéité
T° de chauffage	19 °C	Le calcul de déperdition prend en compte : $\Delta T = T_{\text{chauffage}} - T_{\text{base}}$
T° de base	-11 °C	

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



Eléments d'explication et d'analyse

L'analyse de la performance thermique du site révèle des valeurs très élevées tant pour le Ubât que pour la puissance déperditive surfacique. En comparaison avec les exigences du label BBC rénovation, le Ubât de ce bâtiment est deux fois supérieur à celui exigé par le label. De plus, en comparant les déperditions surfaciques avec celles d'une maison passive, celles du site sont quatre fois plus élevées, ce qui met en évidence une faible performance énergétique de l'enveloppe. Cela s'explique pour la grande surface vitrée existante et par l'absence de récupération d'énergie dans le renouvellement d'air.

La répartition des déperditions thermiques révèle que la majorité d'entre elles proviennent des ouvrants et du renouvellement d'air. Les pertes liées au renouvellement d'air regroupent la ventilation mécanique et les infiltrations.

¹ Le Ubât est le coefficient standardisé de déperdition statique d'un bâtiment (hors pertes liées au renouvellement d'air). Il traduit la capacité d'un bâtiment à perdre sa chaleur à travers ses parois. Il est calculé à l'échelle d'un bâtiment en pondérant la performance thermique de chaque paroi par leurs surfaces. Le Ubât moyen constaté pour les projets tertiaires neufs respectant la RT2012 est de 0.4 W/m².K (source : étude CEREMA Performance du Bâti – 2018). Il est de 0.6 W/m².K pour les projets tertiaires labellisés BBC rénovation (source Observatoire BBC, sur un panel de 370 projets à l'échelle nationale).

6.2 Analyse des consommations énergétiques simulées

Ce modèle a été calibré par rapport à la moyenne des consommations réelles d'électricité et de gaz naturel du bâtiment B des années 2022 et 2023, fournies par la MOA, pour refléter l'état initial.

Le coût de l'énergie pris en compte pour la suite de l'étude est 0,33€/kWh pour l'électricité et 0,08€/kWh pour le gaz (2023, Energi3ProWatt).

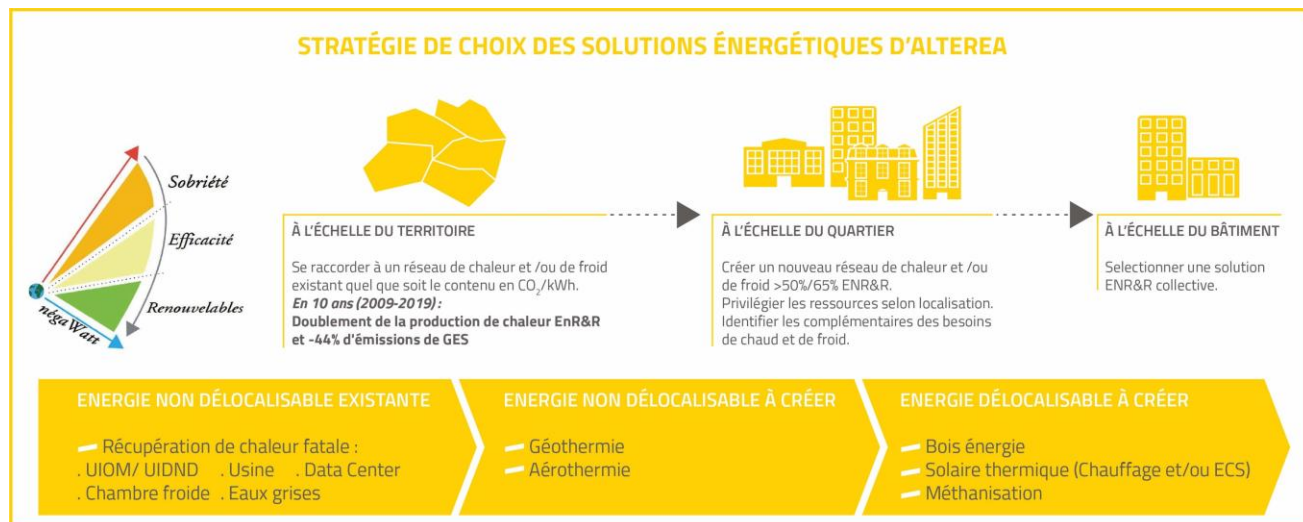
Le tableau ci-dessous présente la répartition des consommations énergétiques modélisées :

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	935 062	62	212 259	83 117
Chauffage	Electricité	71 756	5	5 669	23 679
Refroidissement	Electricité	56 584	4	3 621	18 673
ECS	Gaz naturel	20 809	1	4 724	1 850
ECS	Electricité	25 690	2	1 670	8 478
Auxiliaires de ventilation	Electricité	170 216	11	10 894	56 171
Auxiliaires de distribution	Electricité	126 197	8	9 153	41 645
Eclairage	Electricité	141 896	9	9 791	46 826
Spécifique	Electricité	791 890	53	50 681	261 324
TOTAL		2 340 100	156	308 461	541 762

Eléments d'explication et d'analyse
<p>La part la plus importante de consommations est représentée par le chauffage. Bien que la conduite des installations soit optimisée, cela s'explique par la performance très faible du bâti, source de déperditions, ainsi que par les pertes importantes induites par les systèmes de renouvellement d'air sans récupération d'énergie.</p> <p>Pour réduire les consommations de chauffage, il est important de prévoir le remplacement des menuiseries ainsi que l'amélioration des systèmes de ventilation. Le déploiement d'une régulation centrale (GTC) permettra également de réaliser des économies d'énergie.</p> <p>Le poste le plus consommateur d'électricité est représenté par les usages spécifiques liés notamment aux équipements de cuisine et aux salles serveurs. Les consommations liées à ce poste ne dépendent pas de la performance énergétique. Néanmoins, un relamping LED, une valorisation des calories de l'air extrait pourront être envisagées afin de réduire les consommations électriques.</p> <p>De manière générale, les ratios par poste sont raisonnables.</p>

7. OPPORTUNITE D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE SITE

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

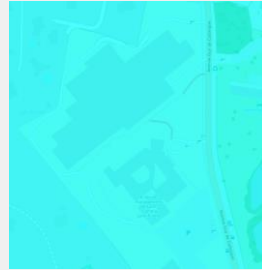


Ainsi, à l'échelle d'un bâtiment, le choix d'une énergie renouvelable se priorise comme suit :

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

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

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

Evaluation du potentiel EnR	
Biomasse	
Capacité de livraison	Envisageable
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	~ 70 m ² (chaufferie actuelle) si dépose des équipements.
Surface disponible pour le silo	-
Adéquation au besoin	Non
Potentiel	-
Commentaires	La mise en place d'autres solutions plus adaptées au site seront privilégiées dans cette étude.
Réseau de Chaleur Urbain	
Proximité d'un réseau existant	Une extension du réseau de chaleur urbain à proximité du site est en projet.
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	~ 70 m ² (chaufferie actuelle) si dépose des équipements.
Adéquation au besoin	Oui
Potentiel	Inexistant à ce jour, mais en projet.
Commentaires	A plus long terme, il serait pertinent de raccorder les bâtiments du site à ce réseau. Des études complémentaires de faisabilité devront être menées, et un dimensionnement précis sera à prévoir en fonction des travaux d'amélioration énergétique engagés d'ici là.
Géothermie (PAC)	
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	~ 70 m ² (chaufferie actuelle) si dépose des équipements
Surface disponible au sol	~100 m ²
Adéquation du régime basse température	Actuellement, le bâti n'est pas isolé. Cette intervention est à envisager une fois la performance du bâti optimisée.
Potentiel	Ressource à priori favorable sur sonde : 
Commentaires	D'après le site géothermies.fr le potentiel sur : - Nappe : Non connu - Sondes : Ressource à priori favorable <i>La mise en place d'une PAC géothermique nécessite des études complémentaires (faisabilité, forage test)</i>

Evaluation du potentiel EnR	
Aérothermie (PAC)	
Surface disponible en chaufferie/pour la création de la chaufferie	~ 70 m ² (chaufferie actuelle) si dépose des équipements
Surface extérieure disponible (sol, toiture)	>1 000 m ² (toiture)
Zone climatique favorable	Oui
Compatibilité avec le système de chauffage existant	Oui
Potentiel	Bon
Commentaires	La zone climatique est plutôt favorable à ce type d'installations. Néanmoins, le déploiement d'une autre solution sera privilégié.
Solaire thermique	
Présence d'une production d'ECS au sein du bâtiment	Oui
Besoin d'ECS en période estivale	Faible
Type de toiture/de pan envisagé	Toiture terrasse
Surface disponible en chaufferie/pour la création d'un local	~ 70 m ² (chaufferie actuelle) si dépose des équipements
Potentiel	A déterminer
Commentaires	La mise en place d'un compteur thermique sur l'ECS, ainsi qu'un suivi des consommations d'eau à l'échelle du bâtiment sont conseillés, afin de déterminer si un équipement solaire thermique serait judicieux sur ce site. Actuellement, les consommations estivales sont réduites (fermeture en période de vacances scolaires).
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	10°
Masques solaires	Faibles
Surface de captage disponible	1 500 m ²
Potentiel	Fort
Commentaires	L'intervention sera simulée pour déterminer le productible attendu. /!\ Cette préconisation est valable sous réserve d'une étude structure attestant la faisabilité du projet.

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	Retour sur investissement	SC1	SC2
			kWh EF/PCI	%	kgco2	%	€HT	CEE	€TTC	années		
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage	0	0%	0	0%	23 000	0	0	>30	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble de régulateurs	0	0%	0	0%	600 000	27 896	0	>30	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	3	Renforcement de l'isolation des murs extérieurs par l'extérieur	109 557	5%	22 799	8%	437 000	54 322	13 107	22		X
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs sur locaux non chauffés	13 196	1%	2 906	1%	85 000	19 356	1 293	>30		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité des toitures terrasses très peu isolées	107 964	5%	22 870	8%	967 000	64 981	12 267	>30	X	
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries extérieures	412 649	18%	87 148	29%	2 734 000	81 810	47 223	>30	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de l'ensemble des toitures terrasses	134 948	6%	28 518	9%	1 973 000	132 582	15 418	>30		X
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Isolation des planchers bas	14 938	1%	3 262	1%	149 000	0	1 563	>30		X

TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	152 871	7%	34 482	11%	548 000	16 163	12 329	26	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	-8 902	0%	1 730	1%	669 000	43 239	-8 436	>30	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Amélioration de la performance de l'éclairage	26 153	1%	-3 474	-1%	600 000	36 960	16 641	23	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la production d'ECS	20 809	1%	4 724	2%	8 000	0	1 850	4	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	32 665	1%	2 091	1%	61 000	922	10 779	5	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	46 692	2%	10 720	4%	75 000	7 680	3 928	14	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	15	Remplacement du groupe froid	10 761	0%	689	0%	67 000	1 201	3 551	14	X	X

TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	16	Remplacement de la chaudière ancienne par une chaudière à condensation avec réduction de la température de départ	118 058	5%	26 840	9%	200 000	26 880	10 428	15	X	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	17	Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	3 959	0%	253	0%	20 000	756	1 307	12	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Raccordement au RCU	83 438	4%	163 784	54%	632 000	32 736	-52 618	-17		X
ENERGIES RENOUVELABLES	19	Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	289 924	13%	18 555	6%	375 000	0	94 075	4	X	X

			DETAILS DES PRECONISATIONS ET POINTS DE VIGILANCE	REFERENCE FICHE PRECONISATION ALTEREA
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage	Installation de 15 sous-compteurs électriques et d'un sous-compteur thermique pour chaque départ, permettant un suivi précis des consommations et une identification rapide des sources de surconsommation.	
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble de régulateurs	Mise en place d'un système de Gestion Technique Centralisé afin de réaliser des économies d'énergies et d'améliorer le suivi des consommations. Le système a été prévu pour les installations de chauffage, de climatisation et de ventilation, ainsi que l'éclairage. La GTC permet de respecter les objectifs fixés par le décret BACS	
TRAVAUX SUR LE BATI	3	Renforcement de l'isolation des murs extérieurs par l'extérieur	Mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur sous enduit. L'intervention a été réalisée avec un isolant en laine minérale pour un R de 5,00 m².K/W.	
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs sur locaux non chauffés	L'isolation par l'intérieur des murs sur locaux non chauffés est réalisée par la mise en place de panneaux isolants en laine de verre sans pare-vapeur ayant un R de 3,70 m².K/W.	
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité des toitures terrasses très peu isolées	La réfection de l'étanchéité et de l'isolation des toitures terrasses d'origine a été prévue avec des panneaux isolants rigides en polystyrène expansé de résistance thermique 7,50 m².K/W.	
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Remplacement des menuiseries extérieures	Cette intervention prévoit le remplacement de l'ensemble des menuiseries par des menuiseries aluminium en double vitrage avec remplissage argon respectant une performance thermique de $U_w = 1,50 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Les nouvelles menuiseries installées seront sans entrée d'air.	
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de l'ensemble des toitures terrasses	La réfection de l'étanchéité et de l'isolation de la totalité des toitures terrasses a été prévue avec des panneaux isolants rigides en polystyrène expansé de résistance thermique 7,50 m².K/W.	
TRAVAUX SUR LE BATI	8	Isolation des planchers bas	L'isolation des planchers bas donnant sur extérieur ou sur local non chauffé. Mise en place d'une isolation ayant un R de 4,00 m².K/W.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	Remplacement des équipements existants (aérothermes, caissons d'extraction et CTA obsolètes) par des CTA double flux avec échangeur thermique présentant un rendement supérieur à 80%. Les amphithéâtres seront équipées de sondes de CO2 pour ajuster le débit d'air en fonction de l'occupation.	

TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	Installation de CTA double flux avec échangeur thermique sur l'ensemble des salles de cours et bureaux, offrant un rendement supérieur à 80%. Un détecteur de présence sera intégré pour ajuster la ventilation uniquement lorsque nécessaire.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Amélioration de la performance de l'éclairage	Généralisation des éclairages LED sur l'ensemble du site et mise en place de détecteurs de présence sur l'ensemble des circulations et sanitaires pour les zones n'en étant pas encore équipés.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la production d'ECS	Remplacement du système actuel de production d'ECS par un ballon thermodynamique de 400 L, positionné à proximité des points de puisage dans la cuisine.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	Remplacement des circulateurs à débit constant par des circulateurs à débit variable.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	Généralisation des robinets thermostatiques bridés sur l'ensemble des radiateurs	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	15	Remplacement du groupe froid	Remplacement du groupe froid extérieur de l'extension par des systèmes durables à haute performance.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	16	Remplacement de la chaudière ancienne par une chaudière à condensation avec réduction de la température de départ	Remplacement de la chaudière standard par une chaudière à condensation. Cette chaudière sera priorisée dans le fonctionnement en cascade.	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	17	Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	Remplacement des groupes de condensation des chambres froides par des systèmes durables à haute performance	Cf 10.1.1 Intervention spécifique
ENERGIES RENOUVELABLES	18	Raccordement au RCU	Raccordement au Réseau de Chaleur du Quartier La Duchère pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.	
ENERGIES RENOUVELABLES	19	Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	Installation de 300 kWc de panneaux photovoltaïques en toiture en autoconsommation collective à l'échelle du site pour diminuer les besoins du site en électricité.	

9. 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 deux scénarios de travaux poursuivent les objectifs suivants :

- **Scénario 1 « Optimisation énergétique »** : préconisations permettant d'assurer la pérennité des bâtiments et d'optimiser les installations techniques, mais également de réduire les consommations d'énergie pour des coûts travaux et/ou retour sur investissement faibles, tout en améliorant le confort thermique
- **Scénario 2 « Maximisation énergétique »** : rénovation énergétique globale de l'enveloppe et des systèmes, réfléchi et cohérent, permettant une réduction de consommations d'énergie conséquente par une efficacité énergétique maximisée.

9.1. Scénario 1 « Optimisation énergétique »

		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage	23 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble de régulateurs	600 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	3	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité des toitures terrasses très peu isolées	967 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Remplacement des menuiseries extérieures	2 734 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	5	Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	548 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	6	Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	669 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	7	Amélioration de la performance de l'éclairage	600 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Remplacement de la production d'ECS	8 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	61 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	75 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Remplacement du groupe froid	67 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Remplacement de la chaudière ancienne par une chaudière à condensation avec réduction de la température de départ	200 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	20 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	14	Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	375 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			6 947 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			463 €/m ²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 1	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	2 268 344	►	1 172 342	-48%
	kWhEF/m ² SP	151		78	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO ₂ /an	302 792	►	120 808	-60%
	kgCO ₂ /an/m ² SP	20		8	

9.2. Scénario 2 « Maximisation énergétique »

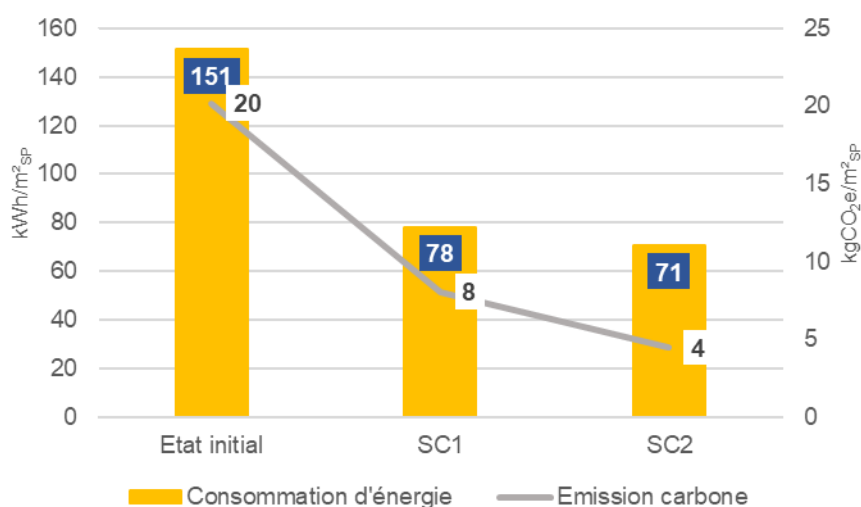
		PRECONISATIONS	COUT TRAVAUX
ACTIONS DE PILOTAGE	1	Mise en place d'un plan de comptage	23 000 €HT
ACTIONS DE PILOTAGE	2	Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble de régulateurs	600 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	3	Renforcement de l'isolation des murs extérieurs par l'extérieur	437 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	4	Isolation des murs sur locaux non chauffés	85 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	5	Remplacement des menuiseries extérieures	2 734 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	6	Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de l'ensemble des toitures terrasses	1 973 000 €HT
TRAVAUX SUR LE BATI	7	Isolation des planchers bas	149 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	8	Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	548 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9	Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	669 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10	Amélioration de la performance de l'éclairage	600 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11	Remplacement de la production d'ECS	8 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12	Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	61 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13	Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	75 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14	Remplacement du groupe froid	67 000 €HT
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	15	Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	20 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	16	Raccordement au RCU	632 000 €HT
ENERGIES RENOUVELABLES	17	Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	375 000 €HT
COUTS TRAVAUX TOTAUX			9 056 000 €HT
COUTS TRAVAUX SURFACIQUES			604 €/m ²

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE					
		Etat initial		Scénario 2	Ecart
Consommation d'énergie	kWhEF/an	2 268 344	►	1 058 313	-53%
	kWhEF/m ² SP	151		71	
Emissions de gaz à effet de serre	kgCO ₂ /an	302 792	►	67 074	-78%
	kgCO ₂ /an/m ² SP	20		4	

9.3. Analyse comparative des scénarios de travaux

CONSTITUTION DES SCENARIOS DE TRAVAUX		SC1	SC2
ACTIONS DE PILOTAGE	1 Mise en place d'un plan de comptage	X	X
ACTIONS DE PILOTAGE	2 Mise en place d'une GTC avec centralisation de l'ensemble de régulateurs	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	3 Renforcement de l'isolation des murs extérieurs par l'extérieur		X
TRAVAUX SUR LE BATI	4 Isolation des murs sur locaux non chauffés		X
TRAVAUX SUR LE BATI	5 Reprise de l'isolation et de l'étanchéité des toitures terrasses très peu isolées	X	
TRAVAUX SUR LE BATI	6 Remplacement des menuiseries extérieures	X	X
TRAVAUX SUR LE BATI	7 Reprise de l'isolation et de l'étanchéité de l'ensemble des toitures terrasses		X
TRAVAUX SUR LE BATI	8 Isolation des planchers bas		X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	9 Remplacement des systèmes de ventilation et chauffage des amphithéâtres avec un système équipé de récupérateur d'énergie et des sondes de CO2 permettant la régulation du débit d'air	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	10 Généralisation des CTA double flux avec échangeur à haute performance équipées de détection de présence pour les salles de classe	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	11 Amélioration de la performance de l'éclairage	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	12 Remplacement de la production d'ECS	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	13 Généralisation des circulateurs à débit variable ou avec variateur de vitesse	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	14 Remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	15 Remplacement du groupe froid	X	X
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	16 Remplacement de la chaudière ancienne par une chaudière à condensation avec réduction de la température de départ	X	
TRAVAUX SUR LES SYSTEMES	17 Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance	X	X
ENERGIES RENOUVELABLES	18 Raccordement au RCU		X
ENERGIES RENOUVELABLES	19 Installation de panneaux photovoltaïques (300 kWc)	X	X

INDICATEURS ENERGIE ET CARBONE		Etat initial	SC1	SC2
Consommation d'énergie	kWh_{EF}/m^2_{SP}	151	78	71
	Ecart annuels %		-48%	-53%
Emission carbone	$kgCO_2e/m^2_{SP}$	20	8	4
	Ecart annuels %		-60%	-78%

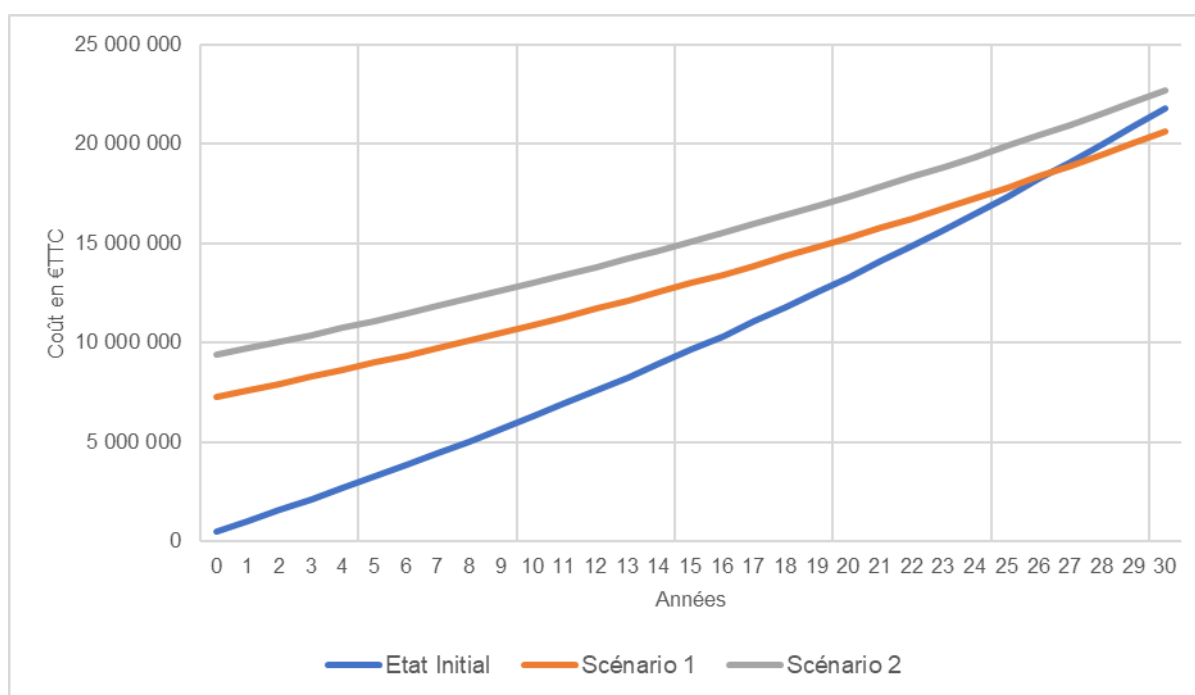
PLAN DE PROGRES


INDICATEURS ECONOMIQUES		Etat initial	SC1	SC2
Coûts travaux	€HT travaux	-	6 947 000	9 056 000
CEE mobilisables	kWhcumac	-	38 560 890	56 952 755
	€	-	308 487	455 622
Dépenses énergie (P1)	€TTC/an	518 083	320 330	319 237
	Ecart à l'état initial %	-	38%	38%
Dépenses maintenance (P2)	€TTC	0	5 300	5 300
Dépenses renouvellement (P3)	€TTC	0	0	0

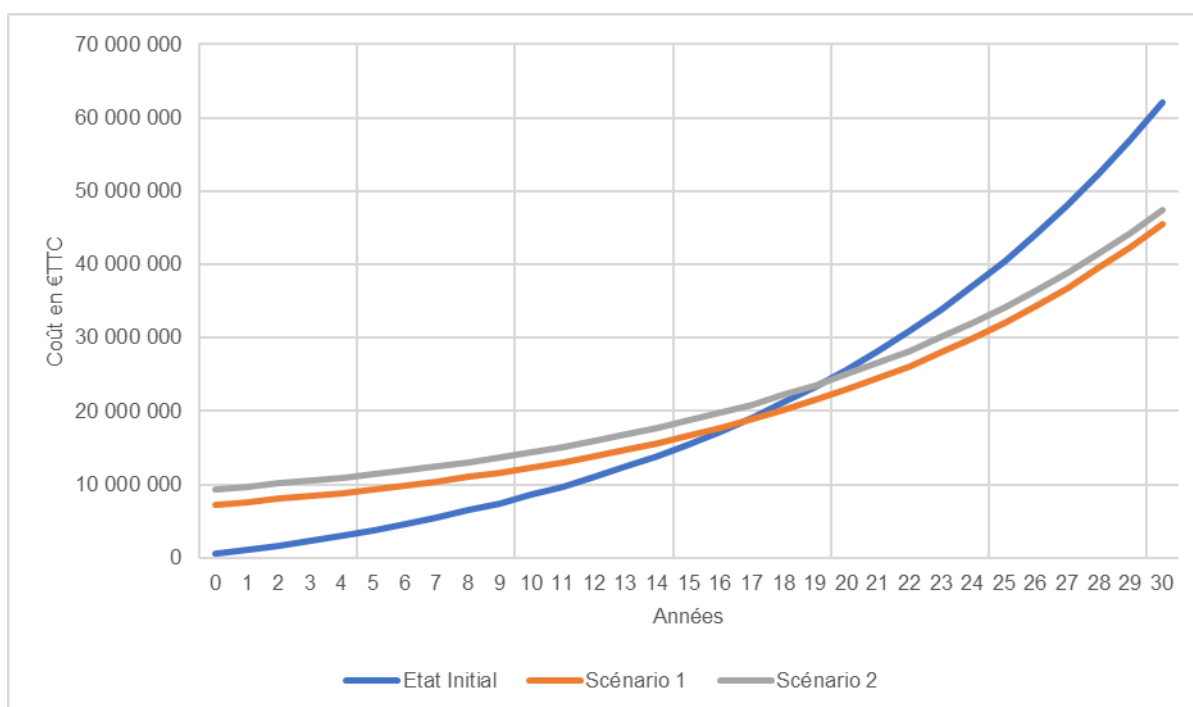
INDICATEURS FINANCIERS		Etat initial	SC1	SC2
Dépenses énergie (P1)	€TTC sur 30 ans	30 736 974	19 004 648	18 939 793
	Evolution P1 4%/an			
Dépenses maintenance (P2) et renouvellement (P3)	€TTC sur 30 ans	94 261 709	58 281 945	58 083 053
	Evolution P1 10%/an			
Coût global actualisé y compris coûts travaux	€TTC sur 30 ans	0	224 611	224 611
	Evolution P1 4%/an			
Retour sur investissement actualisé	€TTC sur 30 ans	21 816 682	20 600 538	22 663 505
	Evolution P1 10%/an			
Années	Années	-	27	>30
	Evolution P1 4%/an			
Années	Années	-	17	20
	Evolution P1 10%/an			

INDICATEURS D'EFFICIENCE		Etat initial	SC1	SC2
Coût de l'énergie économisée	€HT travaux / kWh	-	6	7
Coût du carbone évité	€HT travaux / kgCO2	-	38	38

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. ANNEXES

10.1. Régulation chauffage et ventilation des sous-stations

Nom	Usage	Type de régulation	Localisation local	Technologie	Programmation	Commentaire programmation	Année	Marque	Modèle	Locaux desservis	Nombre	Commentaire	Performance	Vétusté
Régulation CTA 1	Ventilation	Centrale	Tableau électrique partie technique	Interrupteur manuel	Sans objet	L'équipe de sécurité est en permanence sur le site. La CTA fonctionne donc en permanence	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Local Sécurité et locaux techniques sous-sol	1	-	1	1
	Chauffage	Centrale	-	Non déterminé	Sans objet	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	La CTA dispose d'une V3V. Aucune information n'a pas été transmise sur la température de soufflage programmée ou sur le type de régulation	1	1
Régulation CTA 2	Ventilation	Centrale Terminale	Cuisine	Interrupteur manuel	Sans objet	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Cuisine	1	-	1	1
	Chauffage	Centrale	Local technique terrasse	Sonde de température	Sans objet	Régulation de la température à environ 20°C	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	La CTA dispose d'une V3V avec sonde de température sur air soufflé	1	1

Régulation CTA 3	Ventilation	Centrale Terminale	Cuisine	Interrupteur manuel	Sans objet	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Cuisine	1	-	1	1
	Chauffage	Centrale	Local technique terrasse	Sonde de température	Sans objet	Régulation de la température à environ 20°C	Non déterminé	LANDIS & GYR	RCA 12		1	La CTA dispose d'une V3V avec sonde de température sur air soufflé	1	1
Régulation CTA 4	Ventilation - Chauffage	Centrale Terminale	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Salle de restauration	1	Les horaires de fonctionnement n'ont pas été transmis	1	1
Régulation CTA 5	Ventilation	Centrale	Tableau électrique (hypothèse)	Horloge simple (Hypothèse)	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtre 2	1	La régulation centrale peut se trouver dans le tableau électrique	1	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 2	Sonde de température	Sans objet	-	Non déterminé	LANDIS & GYR	RCA12		1	La température de soufflage d'environ 20°C	1	1
	Ventilation	Terminale	Amphithéâtre 2	Interrupteur manuel	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	-	1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 2	Chauffage	Centrale	Tableau électrique (hypothèse)	Horloge simple sur loi d'eau (Hypothèse)	Hebdomadaire (hypothèse)	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Radiateurs amphithéâtre 2	1	La commande permettant de réguler les horaires ainsi que la loi d'eau n'a pas été relevé. Il est probable qu'elle soit localisée dans le tableau électrique du local	2	1

Régulation CTA 7 et 8	Ventilation	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	Commande centralisée - Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au vendredi de 8h à 17h30	Non déterminé	TREND	IQEVUE 4		1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. Les horaires se correspondent aux horaires d'utilisation du site.	1	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	Commande centralisée - Thermostat d'ambiance programmable	Sans objet	Il est très probable que depuis la commande centralisée, la température de soufflage soit définie	Non déterminé	TREND (hypothèse)	IQEVUE 4 (hypothèse)	Amphithéâtre 7 et 8	1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. La température de soufflage n'a pas été communiqué par l'exploitant.	1	1
	Chauffage	Terminale	Amphithéâtre 7 et 8	Sonde de température	-	La sonde de température doit être raccordée à la V3V qui gère la batterie hydraulique	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtre 7 et 8	2	-	2	1

Régulation radiateurs Amphithéâtres 7 et 8	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 7 et 8	Commande centralisée - Horloge simple	Hebdomadaire	Le lundi de 5h à 12h. Du mardi au vendredi de 5h30h à 12h	Non déterminé	TREND	IQEVIEWS 4	Radiateurs amphithéâtre 7 et 8	1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. Les horaires se correspondent aux horaires d'utilisation du site.	2	1
Régulation CTA 8	Ventilation	Centrale	Local technique GF	Commande centralisée - Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au vendredi de 6h à 18h	Non déterminé	SCHNEIDER ELECTRIQUE	Non déterminé	Bureaux étage 2	1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. Les horaires se correspondent aux horaires d'utilisation du site.	1	1
	Chauffage	Centrale	Local technique GF	Commande centralisée - Sonde de température	Sans objet	21°C	Non déterminé	SCHNEIDER ELECTRIQUE	Non déterminé		1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage.	1	1

Régulation radiateurs Amphithéâtre 3	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 3	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 12h en température de confort Sinon en réduit	Non déterminé	LANDIS & GYR	RVL 41,10	Radiateurs amphithéâtre 3	1	-	1	1
Régulation CTA 9	Ventilation	Centrale	Armoire électrique	Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 16/18 ou 20h	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtre 3	1	Les horaires ne sont pas optimisés	1	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 3	Sonde de température	Sans objet	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	Le réglage de la sonde se trouve sur la CTA	1	1
	Ventilation	Terminale	Amphithéâtre 3	Interrupteur manuel	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1		1	1
Régulation CTA 10	Ventilation	Centrale	Armoire électrique	Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 16/18 ou 20h	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtre 0	1	Les horaires ne sont pas optimisés	1	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 3	Sonde de température	Sans objet	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	Le réglage de la sonde se trouve sur la CTA	1	1
	Ventilation	Terminale	Amphithéâtre 3	Interrupteur manuel	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1		1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 0 et 1	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 0	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 12h en température de confort Sinon en réduit	Non déterminé	LANDIS & GYR	RVL 41,10	Radiateurs amphithéâtre 0 et 1	1	-	1	1

Régulation CTA 11	Ventilation	Centrale	Armoire électrique	Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au samedi de 6h à 16/18 ou 20h	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Amphithéâtre 0	1	Les horaires ne sont pas optimisés	1	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 1	Sonde de température	Sans objet	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	Le réglage de la sonde se trouve sur la CTA	1	1
	Ventilation	Terminale	Amphithéâtre 1	Interrupteur manuel	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1		1	1
Régulation CTA 12	Ventilation	Centrale	-	Non déterminé	-	-	-	-	-	Amphithéâtre 0	-	-	-	1
	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 5 et 6	Sonde de température	Sans objet	Non déterminé	Non déterminé	-	-		1	Le réglage de la sonde se trouve sur la CTA	1	1
	Ventilation	Terminale	Amphithéâtre 5 et 6	Non déterminé	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	-	1	1
Régulation radiateurs Amphithéâtre 5 et 6	Chauffage	Centrale	Sous station - Amphithéâtre 5 et 6	Horloge simple sur loi d'eau	Hebdomadaire	Mercredi de 0h à 20h Lundi, Mardi et Jeudi de 6h à 19h Vendredi de 6h à 18h Samedi de 8h à 18h	Non déterminé	SIEMENS	RVL480	Radiateurs amphithéâtre 5 et 6	1	-	1	1
Régulation CTA 13	Ventilation	Centrale	Sous station - Auditorium	Interrupteur manuel	-	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Auditorium	1	-	1	1
	Chauffage	Centrale - Terminale	Sous station - Auditorium	Non déterminé	Sans objet	Il est très probable que la V3V soit réglée en fonction de la température intérieure	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé		1	-	1	1

Régulation radiateurs Auditorium	Chauffage	Centrale	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	-	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Radiateurs zone centrale	1	La régulation de la V3V n'était pas accessible lors de la visite	1	1
Régulation CTA 14	Ventilation	Centrale	Tableau électrique	Commande centralisée - Horloge simple	Hebdomadaire	Du lundi au vendredi de 7h à 18h	Non déterminé	SCHNEIDER ELECTRIQUE	Non déterminé	Bureaux étage 2	1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage. Les horaires se correspondent aux horaires d'utilisation du site.	1	1
	Chauffage	Centrale	Tableau électrique	Commande centralisée - Sonde de température	Sans objet	22°C	Non déterminé	SCHNEIDER ELECTRIQUE	Non déterminé		1	La commande centralisée permet la régulation centrale de la ventilation et le chauffage.	1	1

10.2. Fiches descriptives des interventions spécifiques au bâtiment A

10.2.1. Intervention 1 : Mise en place d'un mode de refroidissement à haute performance

Mise en place d'un mode de refroidissement durable à haute performance

Problématique traitée et points de vigilance

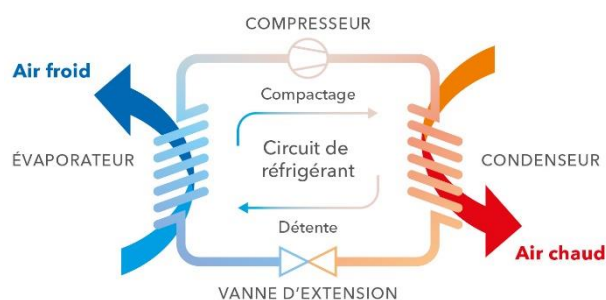
- > Les chambres froides sont équipées d'éléments de production et d'émission de froid leur permettant d'être refroidies à des températures de -18°C pour celles négatives et 4°C pour celles positives.
- > Le fluide frigorigène utilisé est le R404A. Ce gaz a un important PRG. Conformément à la réglementation F-Gaz, leur utilisation est encore possible jusqu'en 2025. Ces gaz seront ensuite interdits à la vente.
- > Le remplacement des groupes de condensation de froid de la partie restauration est donc nécessaire, les équipements actuels n'étant pas compatibles avec d'autres fluides frigorigènes.

Mise en œuvre proposée

- > Dépose des groupes de condensation et des évaporateurs actuels.
- > Mise en place de groupes de condensation à très faible PRG **Danfoss Optima**. L'étude a été réalisée avec le modèle **Optima Plus – R455A** en moyennes et basses températures, en prenant des puissances frigorifiques similaires à celles installées actuellement.
- > Mise en place d'évaporateurs à air cubique A2L de la marque Lu-Ve.
- > Rééquilibrage du circuit réfrigérant.

Remarques

- > Les données relatives à ces éléments sont disponibles ici :
<https://assets.danfoss.com/documents/latest/230261/AD376459081394fr-FR0106.pdf>
<https://delclim.com/media/ae/03/49/1718443760/Instructions-d-installation-SF27HC.pdf>
- > Le remplacement des deux éléments, évaporateur et condenseur, est essentiel afin d'assurer la compatibilité des deux systèmes et d'optimiser leur performance.
- > Les groupes de condensation devront être installés de sorte à permettre la mise en place de récupérateurs de chaleur.



Chiffrage

- > Le chiffrage comprend les prestations suivantes :
 La fourniture des groupes de condensation et des évaporateurs de puissances équivalentes à celles actuellement installées.

10.3. Détails des résultats de l'étude en énergie primaire

Ce chapitre présente les consommations énergétiques d'énergie primaire simulées dans le cadre de l'étude. Pour rappel, la consommation en énergie primaire correspond à l'énergie totale extraite de l'environnement pour répondre à un besoin final. Cette énergie prend notamment en compte l'énergie nécessaire à l'extraction, les rendements de production, de transport et de distribution jusqu'au point final de livraison. La conversion entre énergie finale (énergie consommée au point de livraison) et l'énergie primaire est réalisée par application de coefficients de conversion propres à chaque vecteur énergétique. Ces coefficients sont fixés par la réglementation française, et plusieurs réglementations coexistent à ce jour. Dans le cadre de cette étude, les coefficients appliqués sont ceux issus de la réglementation DPE, datant de l'année 2021.

Consommations primaires	Etat initial	Scénario 1	Scénario 2
Consommation brute annuelle [kWh _{EP} .an]	4 080 768	2337608	2204659
Consommation surfacique annuelle [kWh _{EP} .m ² _{SP} .an]	272	156	147
Ecart par rapport à l'état initial [%]	-	-43%	-46%

Commentaires
Les valeurs présentées sont exprimées en énergie primaire (selon les coefficients de conversion associés à la réglementation thermique des bâtiments existants) par unité de surface de plancher. Ces données diffèrent donc des données réelles issues des factures, des données simulées dans le cadre de cette étude, ou des données du DPE officiel, exprimées dans des unités différentes.

10.4. Méthodologie d'étude

10.4.1. Déroulé de la prestation

L'audit énergétique se décompose en 4 étapes distinctes et successives détaillées ci-dessous

1. Compréhension du besoin, collecte documentaire et visite de site

- Réunion de lancement pour déterminer les enjeux, les besoins et les contraintes MOA
- Récupération des données d'entrées nécessaire à la réalisation de l'étude et analyse
- Intervention sur site : interview des occupants et relevés techniques

2. Réalisation d'un état des lieux technique et énergétique

- Analyse des données récoltés
- Identifications des forces et faiblesses
- Modélisation énergétique et analyse de la performance

3. Proposition de travaux d'amélioration

- Identification et listing des travaux permettant de réduire l'empreinte énergétique et carbone
- Chiffrage des préconisations (coûts travaux, gains financiers énergétiques et carbone)
- Priorisation des travaux

4. Proposition de scénarios de travaux

- Proposition de scénarios de travaux regroupant plusieurs préconisations, construit selon les priorités d'intervention, les montants d'investissement, les objectifs à atteindre, le cycle de vie du site
- Chiffrage des scénarios, en brut et en cout global
- Comparaison des scénarios selon analyse multicritère

10.4.2. Méthodologie de simulation énergétique

L'objectif de cette étape est de construire un modèle énergétique fiable, permettant d'analyser le comportement thermique et les flux énergétiques sur le site. Par la suite, cette modélisation sert de référence pour estimer les gains énergétiques relatifs aux préconisations d'amélioration proposées.

Ce modèle prend en compte à la fois l'enveloppe du bâtiment (composition, performances et surfaces des parois, étanchéité à l'air), des systèmes (performance et régulation des équipements) et de l'utilisation du site (horaires d'ouverture, effectifs, habitudes d'utilisation des équipements). Les données d'entrée intégrées se basent sur les éléments techniques, architecturaux et fonctionnels de l'état de lieux et sur l'analyse rétrospective des consommations et des usages énergétiques. La modélisation énergétique de l'état initial du bâtiment est considérée comme fiable suite à l'étalonnage des hypothèses de simulation (par essai erreur) et si l'écart entre les consommations énergétiques réelles par fluide, corrigées du climat, et les consommations simulées en prenant compte les paramètres relevés en visite est inférieure à $\pm 5\%$.

2 méthodes de modélisation énergétique coexistent :

- La simulation énergétique dynamique (SED) ;
- La Simulation Energétique Statique (SES).

Le choix de la méthode utilisé dépend de la complexité du site (enveloppe / systèmes) et des usages constatés lors de l'intervention sur site. La méthode retenue dans le cadre de cette étude est précisée dans le corps du rapport.

Simulation Energétique Dynamique (SED)

L'outil de SED utilisé est le logiciel Pléiades+Comfie. Il permet de modéliser numériquement le site en 3D via le modeleur. L'avantage de cet outil réside dans la finesse du calcul réalisé, prenant en compte un pas de temps de simulation de 30 minutes ou 1h. Il est notamment possible de faire varier les paramètres d'occupation et/ou de régulation, et de visualiser le comportement thermique et énergétique par zone ou à l'échelle du site sur ce même pas de temps. De plus, cet outil permet une meilleure prise en compte des données climatiques (fichier météo précis) et de l'environnement proche du site (modélisation des masques solaires...). Cette méthode a une plus-value certaine dans l'évaluation des problématiques de confort d'été et de mi-saison, et de mise en température des locaux.



PLEIADES

Simulation Energétique Statique (SES)

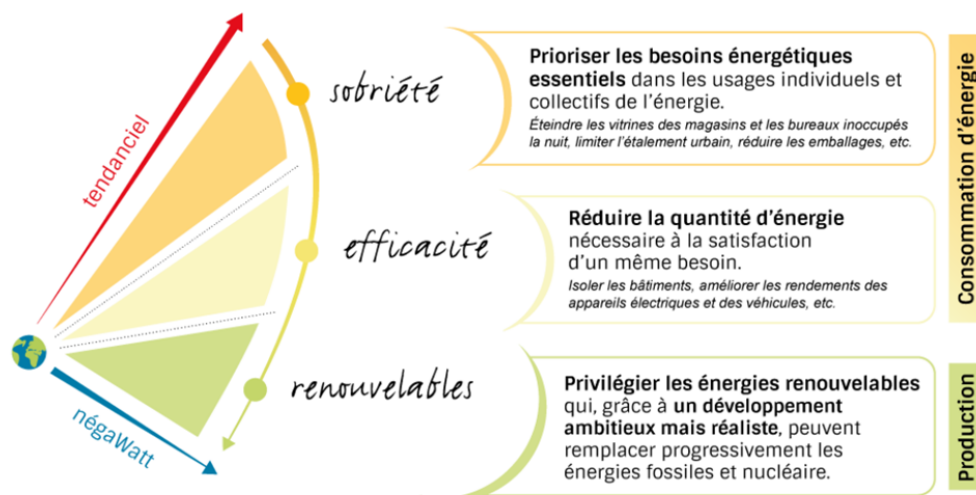
Contrairement à la modélisation SED, cette modélisation ne s'appuie pas sur un logiciel, mais sur un outil de calcul développé en interne conformément aux règles de l'art reconnues par le COSTIC. Aucune modélisation 3D n'est réalisée, les paramètres (enveloppe / systèmes / usages) sont rentrés à la main dans l'outil. Cette méthode permet d'estimer les déperditions, les besoins et consommations énergétiques au pas de temps mensuel. Bien que moins précise que la SED, cette méthode éprouvée demeure fiable sur les bâtiments ne présentant de complexité particulière sur les aspects thermiques, d'usages et/ou techniques.

10.4.3. Stratégie d'économies d'énergie

Les principaux leviers d'amélioration proposés dans le cadre de cette étude portent sur :

- L'optimisation des systèmes existants : actions à coût faible ou nul visant à prioriser les besoins et adapter les installations existantes pour réduire les consommations (exemple adaptation des températures de consigne) ;
- Des travaux d'amélioration de l'isolation du bâtiment : action visant à réduire les besoins de chauffage et/ou de climatisation (exemple isolation des toitures) ;
- Des travaux d'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes : action visant à remplacer les systèmes énergétiques actifs par des équipements plus performants, permettant de réduire la quantité d'énergie pour un besoin identique (exemple remplacement de l'éclairage) ;
- L'intégration de systèmes à énergie renouvelable pour réduire l'empreinte énergétique et environnementale.

La démarche de priorisation et de phasage des scénarios de travaux suivie dans le cadre de cette étude reprend la philosophie de l'Association Négawatt, représentée dans le graphique ci-dessous :



©Association négaWatt - www.negawatt.org

10.4.4. Coefficients de conversion des énergies

Coefficients de conversion des vecteurs énergétiques

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

Énergie	Unité d'origine facturation	Facteur de conversion en kWh _{EF.PCI}
Biomasse – bois bûches	1 stère	1 680
Biomasse - Bois déchiqueté – plaquette forestière	1 kg	2,7
Biomasse – Granulés (pellets) ou briquettes	1kg	4,6
Biomasse – Déchets verts	1kg	3 à 4.2 (selon type et taux d'humidité)
Electricité	1 kWh	1
Gaz naturel réseau (méthane)	1 kWh _{PCS}	0.9
Gaz naturel liquéfié	1 kg	12,553
Gaz propane	1 kg	12,8
	1m ³	23.7
Gaz butane	1 kg	12,57
	1m ³	30,45
Fioul domestique	1 litre	9,97
Réseau de chaleur ou froid	1 kWh	1

Coefficients de conversion émissions CO₂

Les émissions de gaz à effet de serre sont calculées pour chaque énergie, en application d'un facteur de conversion propres à chaque énergie. Ces facteurs de conversion sont définis dans des textes législatifs. Plusieurs réglementations énergétiques non concordantes coexistent à date de réalisation de cette étude, et sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Énergie	RT existant et cahier des charges audit Ademe ²	DT ³
	Conversion [kg _{CO2} /kWh _{EF.PCI}]	Conversion [kg _{CO2} /kWh _{EF.PCI}]
Gaz naturel-Tous	0,227	0,227
Gaz Propane	0,272	0,272
Fioul-Tous	0,324	0,324

² Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments ou parties de bâtiment autres que d'habitation existants proposés à la vente en France métropolitaine.

³ Arrêté du 13 avril 2022 modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire.

Bois-Tous	Selon type de bois - 0,024 à 0,03	Selon type de bois - 0,024 à 0,03
Electricité-Tous usages (sauf Chauffage, Refroidissement, ECS, Eclairage)	0,064	0,064
Electricité-Chauffage	0,079	0,064
Electricité-Refroidissement	0,064	0,064
Electricité-ECS	0,065	0,064
Réseau urbain chaud-Tous	Selon le réseau - cf arrêtés	Selon le réseau - cf arrêtés
Réseau urbain froid-Tous	Selon le réseau - cf arrêtés	Selon le réseau - cf arrêtés
Electricité-PV	0,064 (hors autoconso)	0,064
Electricité-Eclairage	0,069	0,064

En ce qui concerne les réseaux de chaleur, l'arrêté du 12 octobre 2020 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 donne les valeurs à prendre en compte.

Coefficients de conversion énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site. L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale. Le facteur de conversion entre ces deux énergies prend en considération les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction ou à la transformation de celle-ci, ou à la production (dans le cas de l'électricité par exemple). Ces facteurs de conversion sont définis dans des textes législatifs. Plusieurs réglementations énergétiques non concordantes coexistent à date de réalisation de cette étude.

Énergie	RT existant et cahier des charges audit Ademe ⁴	DT ⁵
	Conversion [kWh _{EP} /kWh _{EF.PCI}]	Conversion [kWh _{EP} /kWh _{EF.PCI}]
Gaz naturel-Tous	1	1
Fioul-Tous	1	1
Bois-Tous	1	0,6
Electricité hors PV	2,3	2,3
Réseau urbain chaud-Tous	1	1
Réseau urbain froid-Tous	1	1
Electricité-PV	2,3 (hors autoconso)	2,3
Electricité-Eclairage	2,3	2,3

⁴ Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments ou parties de bâtiment autres que d'habitation existants proposés à la vente en France métropolitaine.

⁵ Arrêté du 13 avril 2022 modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire.

10.5. Aide à la compréhension de l'étude

10.5.1. Lexique

Généralités :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
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 <ul style="list-style-type: none"> - 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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
Déperdition thermique	-		La déperdition thermique est la perte de chaleur subie par un bâtiment par ses parois et ses échanges de fluide avec l'extérieur. 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	Uw	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 Ug) et du cadre de menuiserie (Uf). Plus le coefficient est élevé, plus l'ouvrant est déperditif
Facteur Solaire	Sw	-	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 Sw 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	Ubât	W/(m ² .K)	Le Ubât 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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
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 hygro-réglables (débit variable selon l'hygrométrie) - Hygro B : les bouches d'entrée d'air et d'extraction sont hygro-réglables (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 un modulation des débits de réfrigérants selon les besoins terminaux, et présente d'excellent 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'au 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'au 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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
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 fixées 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 :

Terme	Abréviation	Unité	Définition
Prestations Forfaitaires	PF	-	Marché le plus standard et le moins coûteux, il inclue 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

10.5.2. 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.

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

Référentiel de cotation de l'état de vétusté :

3 : Le matériel ou matériau est considéré comme neuf.

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

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

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

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
	Détection de présence	Interrupteur et minuterie	Interrupteur	Absence de régulation
	Graduation automatique par salle ou par rangée	Interrupteur et détection de présence		
Equipement de ventilation		Horloge	VMC simple flux CTA simple flux Double flux sans récupération d'énergie et sans recyclage	Ventilation naturelle
		Graduation manuelle par salle ou par rangée		
	Double flux avec recyclage et récupération d'énergie	Double flux sans récupération d'énergie avec recyclage	Programmation non optimisée	Pas de programmation
		Double flux avec récupération d'énergie et sans recyclage		
Régulation Ventilation	Programmation optimisée	Programmation optimisable	Programmation non optimisée	Absence de régulation
	Sondes CO2	Détection de présence		Régulation manuelle
	Hygrométrie			
	Présence de variateurs >75%	Présence de variateurs < 75 %	Présence de variateurs < 25 %	Pas de variateur

10.6. Récapitulatif des réglementations

10.6.1. 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.

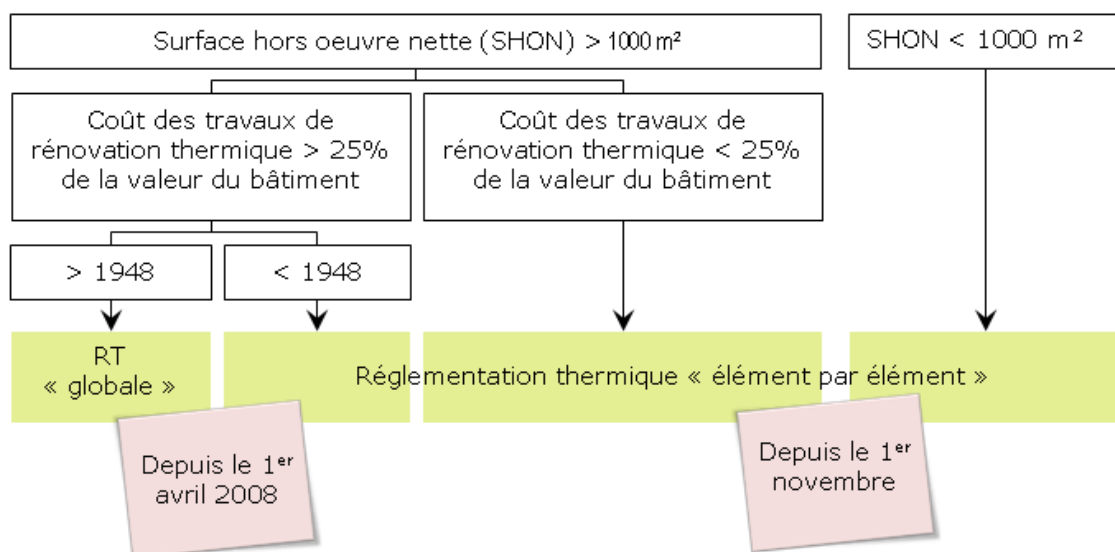
L'objectif général de cette réglementation est de fixer de prérequis et des garde-fous sur la performance énergétique d'un bâtiment lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend telle amélioration. L'objectif global étant d'apporter une amélioration significative de la performance des bâtiments.

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 1 709 €/m²_{SHON} (valeur pour le 1^{er} semestre 2024⁹).

⁹ Source : Fiche d'application du calcul de la valeur d'un bâtiment version 1.13, mis à jour le 1^{er} janvier 2024.



10.6.2. 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 supérieur 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/>

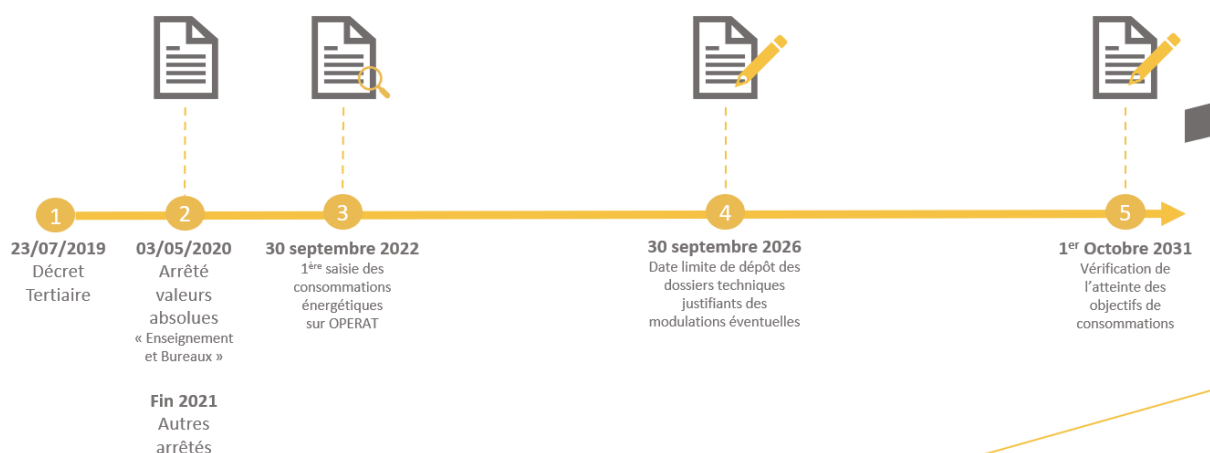
¹¹ Décret tertiaire : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>

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.

10.6.3. 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 assujetti 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>70kW.

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.

10.6.4. 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'à environ 2030 (entre 2029 et 2032 selon les catégories et puissances d'équipement). Ces gaz seront interdits d'installation à cette date.

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	3143	✗	✗	✗
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 même, la recharge d'un circuit de fluide ayant un PRG >750, même par un fluide recyclé, 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

Cette réglementation a été votée au parlement européen le 29 janvier 2024 et est parue au Journal Officiel de l'Union Européenne le 20 février.

Le texte complet est disponible ici :

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202400573&qid=1708437689409

10.6.5. 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.

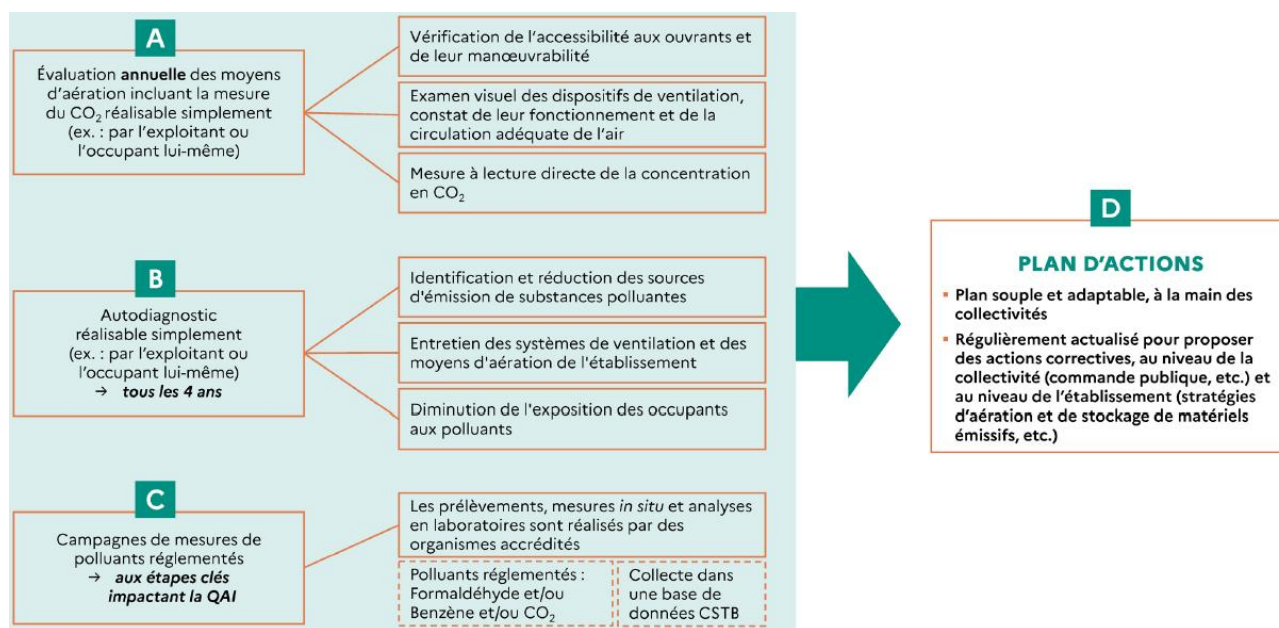
Les établissements soumis à ce dispositif de surveillance réglementaire depuis le 1er janvier 2023 sont ceux accueillant des enfants :

- 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 :



10.7. Limites de prestation

10.7.1. 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.

10.7.2. 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.

10.7.3. 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

10.7.4. 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 kWhCUMAC (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.

10.7.5. 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

10.7.6. 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).