

Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE - AUDIT

TNN001 – Hôpital de TENON – Bâtiment LE LORIER

EMETTEURS

Zoé PLUYAUD

Energy Manager – Advizeo

Vincent PIGNON

Energy Manager – Advizeo

Bastien RINGES

Expert STD – Advizeo

Clarisse MANTEAU

Cheffe de projet – Advizeo

DESTINATAIRE

Régis PATRAT

Ingénieur énergies et construction
durable

Direction des Investissements et des
Services Numériques

AP-HP Sorbonne Université

Production et vérification du document

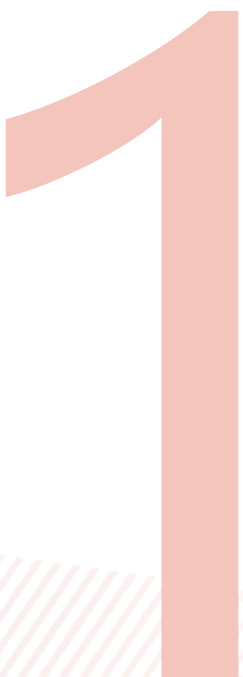
Le présent document a été rédigé et validé par les personnes suivantes :

Prénom & Nom	Fonction	Rôle
Vincent PIGNON	Energy Manager	Rédaction
Zoé PLUYAUD	Energy Manager	Rédaction
Bastien RINGES	Expert STD	Support
Clarisse MANTEAU	Directrice de projet	Validation

Sommaire

1.	Objet du document.....	5
2.	Rappel de la situation actuelle	5
2.1.	Consommations annuelles du bâtiment	5
2.1.1.	Consommation d'énergie thermique (réseau de chaleur).....	5
2.1.2.	Consommation d'énergie électrique.....	6
2.2.	Rappel des résultats de la modélisation	7
2.2.1.	Détails des consommations issues de la STD	7
2.2.2.	Détails des déperditions thermiques.....	8
2.2.3.	Détails des besoins de puissance	9
3.	Préconisations et fiches actions.....	10
3.1.	Préconisations	11
3.2.	Fiches actions	12
4.	Scénarisation	22
4.1.	Synthèse.....	22
4.2.	Liste des scénarios	24
4.3.	Scénario gains rapides.....	25
4.4.	Scénario gains moyen terme.....	26
4.5.	Scénario gains long terme	27
5.	Etude du coût global	28
6.	Hypothèses de calcul	37
6.1.	Données météorologiques	37
6.2.	Subventions et aides.....	38

Objet du document



1. OBJET DU DOCUMENT

Ce document complète l'étude effectuée sur le bâtiment Le Lorier de l'établissement de Tenon APHP. Il a pour but d'établir les résultats d'analyses et les propositions de scénarios d'actions afin d'atteindre les objectifs du décret tertiaire à l'échelle du site.

2. RAPPEL DE LA SITUATION ACTUELLE

2.1. CONSOMMATIONS ANNUELLES DU BATIMENT

2.1.1. Consommation d'énergie thermique (réseau de chaleur)

En l'absence de données de consommation à l'échelle du bâtiment Le Lorier uniquement, un calcul de consommation au mètre des consommations de RCU a été effectué, permettant une estimation de la consommation du bâtiment. Une première estimation réalisée à partir des relevés de consommation consistant à établir une consommation annuelle moyenne par m² occupé fournit les résultats suivants :

- Consommation réelle totale (2023) = 17 543 800 kWh
- Consommation réelle totale corrigée (2023) = 20 648 546 kWh
- Surface totale occupée (2023) = 115 527 m²
- Surface occupée bâtiment Le Lorier (2023) = 7 856 m²
- Consommation calculée bâtiment Le Lorier (2023) = 1 193 000 kWh
- Consommation calculée corrigée (2023) = 1 394 542 kWh

Cependant, considérant l'état de l'enveloppe thermique du bâtiment et les températures mesurées lors de la visite, cette consommation ne peut correspondre à l'état existant. En effet, la surface totale occupée renseignée incluant potentiellement une certaine partie de locaux non chauffés et certains bâtiments présentant une performance thermique bien supérieure à celle du bâtiment Le Lorier, cette estimation de consommation obligerait à fausser les paramètres de simulation pour correspondre à l'état existant.

Grâce à une autre méthode d'estimation de la consommation de chaleur issue du réseau de chauffage urbain, basée sur une base de donnée interne dans laquelle figure l'étude énergétique de nombreux bâtiments de typologie identique, il a été possible d'établir un ratio de consommation annuelle moyen par m² occupé :

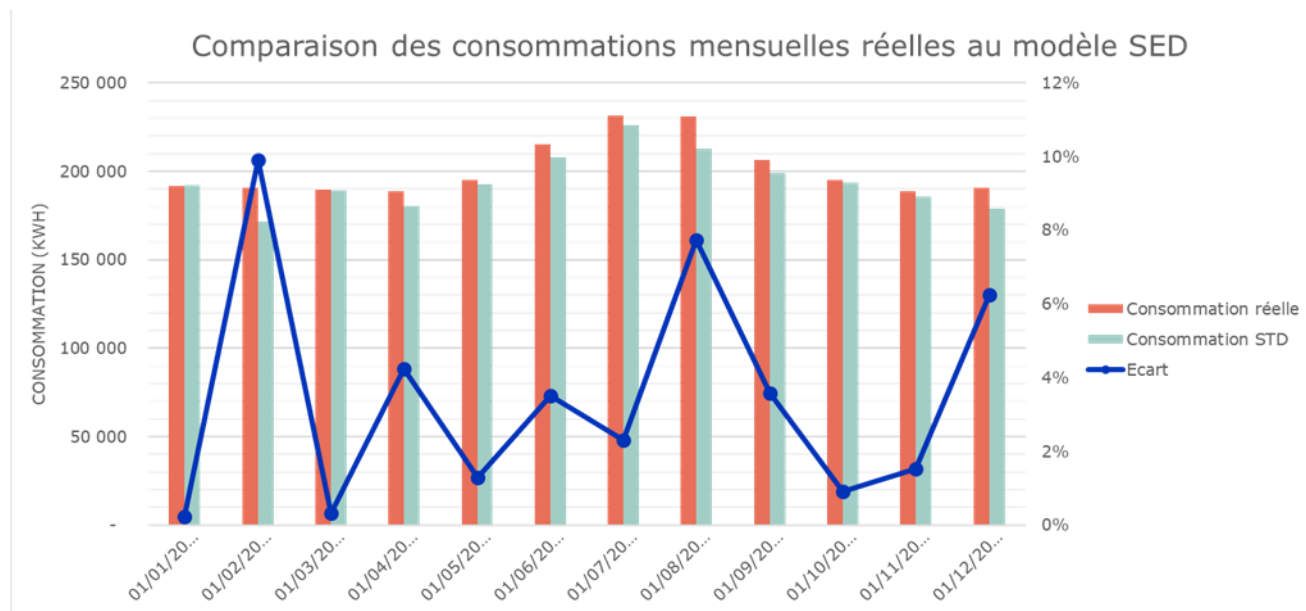
- Ratio de consommation surfacique estimé (chauffage et ECS) : 195 kWh/m².an
- Consommation bâtiment Le Lorier estimée : 1 531 920 kWh/an

Consommation annuelle de RCU du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle de RCU estimée [MWh]	Ecart [%]
1 588 MWh	1 532 MWh	3,2%

L'écart est donc inférieur à 5% sur l'année, ce qui permet de valider le modèle SED sur le RCU.

2.1.2. Consommation d'énergie électrique

Les consommations électriques réelles ramenées à la rigueur climatique (DJF base 15) sont ensuite comparées au modèle réalisé.



On ne constate globalement sur la représentation graphique ci-dessus que peu d'écarts entre les consommations réelles moyennées et celles du modèle SED. On note un écart inférieur à 15% sur l'ensemble des mois, conformément aux préconisations de l'ASHRAE.

La comparaison entre ces consommations mensuelles du modèle et celles réelles sur l'année complète sont les suivantes :

Consommation annuelle d'électricité du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle d'électricité estimée [MWh]	Ecart [%]
808.4 MWh	815.0 MWh	0.9 %

L'écart est donc inférieur à 5% sur l'année, ce qui permet de valider le modèle SED sur l'électricité.

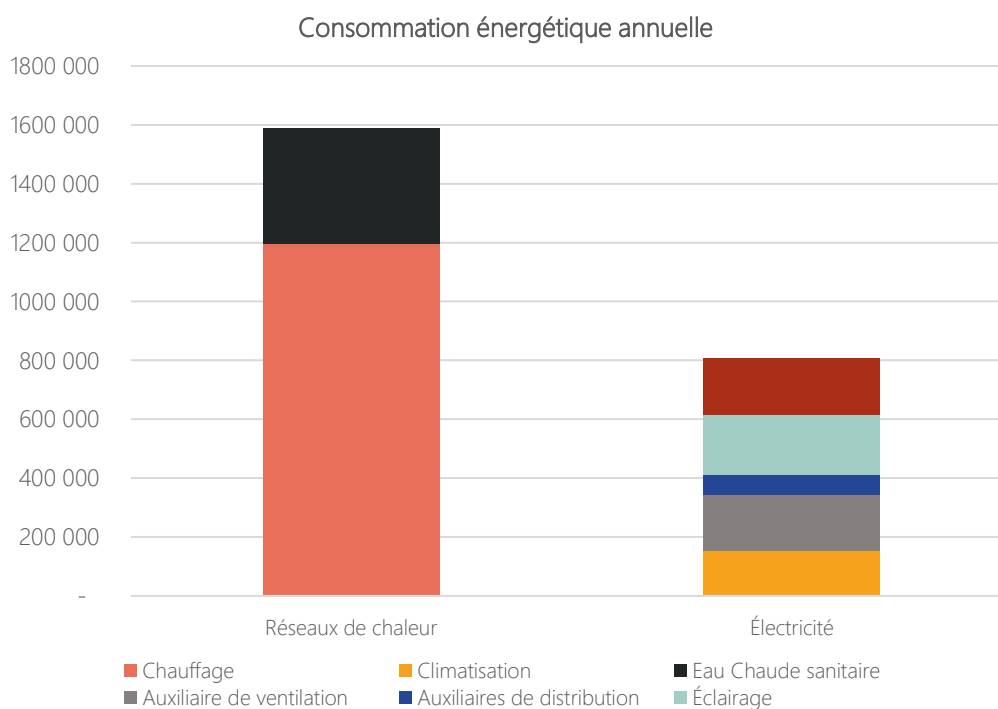
2.2. RAPPEL DES RESULTATS DE LA MODELISATION

2.2.1. Détails des consommations issues de la STD

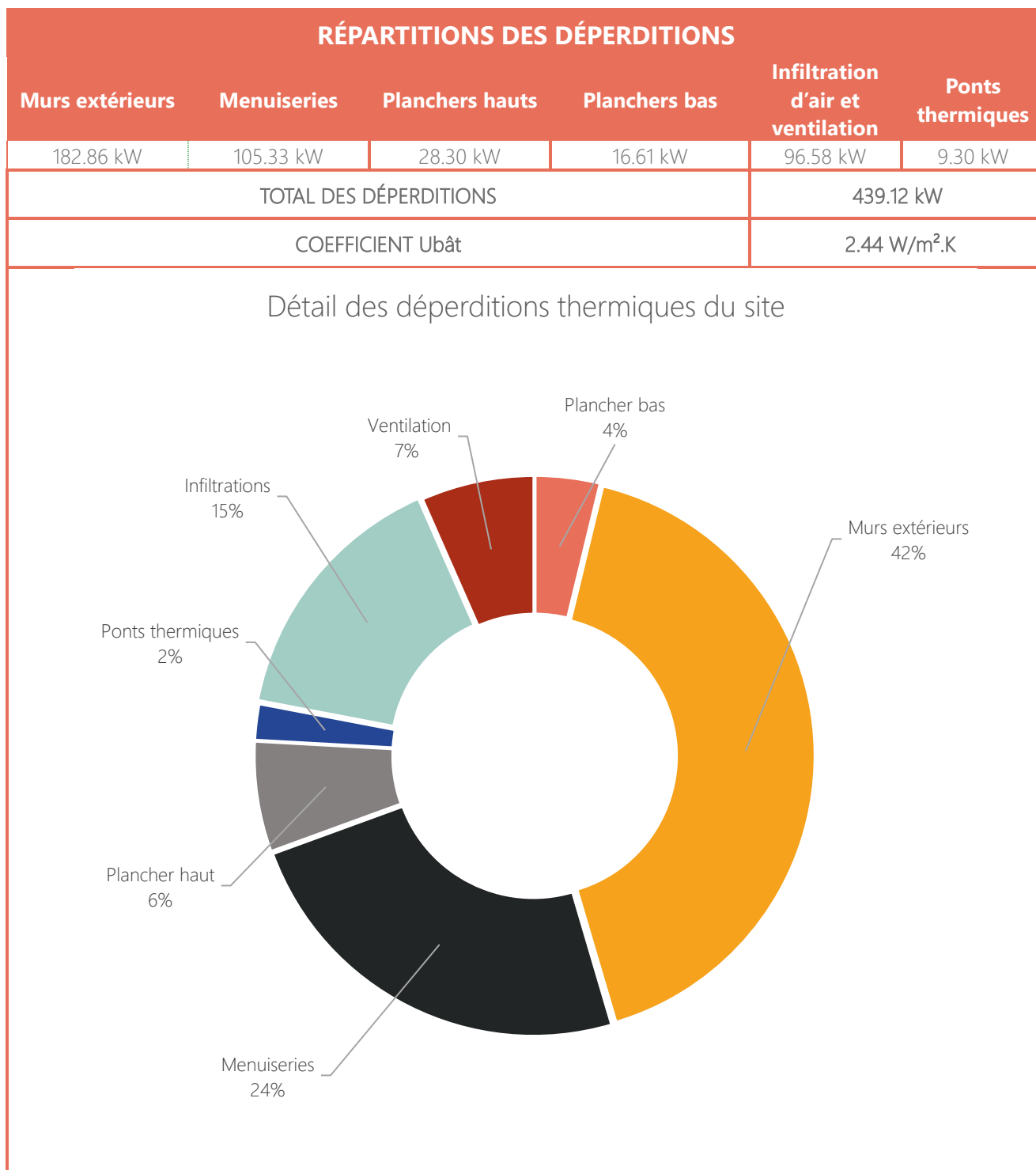
La Simulation Thermique Dynamique et la Simulation Energétique Dynamique ont permis de réaliser le calcul des consommations du site.

Par la suite, les différentes actions à mener sur le site ont été simulées depuis la STD afin de déterminer les différentes réductions des consommations énergétiques atteintes. Un bilan de puissance a été réalisé pour certaines actions. L'addition de ces deux méthodes de calculs a permis de réaliser la répartition des consommations qui figure ci-après.

	RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS					
	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	1 194 078	75%	-	0%	152	50%
Climatisation	-	0%	154 048	19%	20	6%
Eau chaude sanitaire (ECS)	393 564	25%	-	0%	50	16%
Auxiliaires de ventilation	-	0%	187 004	23%	24	8%
Auxiliaires de distribution	-	0%	71 095	9%	9	3%
Éclairage	-	0%	204 110	25%	26	9%
Usage spécifique	-	0%	191 464	24%	24	8%
Production d'énergie renouvelable	-	0%	-	0%	-	0%
TOTAL	1 587 642	100%	808 421	100%	305	100%



2.2.2. Détails des déperditions thermiques



Principal poste de déperdition, les déperditions par les murs extérieurs représentent 42 % des déperditions totales. En effet, l'absence généralisée d'isolation sur ces parois induit des déperditions élevées.

Second poste de déperdition, les déperditions par les menuiseries représentent 24 % des déperditions totales. En effet, les performances thermiques faibles des fenêtres et des portes-fenêtres induisent des déperditions élevées.

Troisième poste de déperdition, les déperditions par le renouvellement d'air représente 22 % des déperditions totales. Le renouvellement d'air assuré par les différents systèmes de ventilation (simple et double flux) induit 7 % des déperditions totales. En effet, la performance énergétique élevée (récupération d'énergie) des systèmes de ventilation double flux induit de faibles déperditions.

Le renouvellement d'air lié aux infiltrations par les parois représente 15% des déperditions totales. En effet, la haute perméabilité à l'air du bâtiment et l'ouverture récurrente des fenêtres induisent des déperditions importantes.

Quatrième et cinquième postes de déperdition, les déperditions par le plancher bas et par le plancher haut représentent respectivement 4 % et 6 % des déperditions. En effet, le plancher bas donnant sur un local non chauffé (parking) est isolé à l'aide d'une faible épaisseur d'isolant. Le plancher haut, non isolé, est équipé de faux plafonds permettant de limiter les pertes thermiques vers l'extérieur.

Dernièrement, les ponts thermiques représentent 2 % des déperditions. En effet, le bâtiment étant non isolé, les seuls ponts thermiques considérables sont les ponts thermiques induits par les cadres des fenêtres.

2.2.3. Détails des besoins de puissance

La simulation thermique dynamique permet de calculer les besoins climatiques en chaud et froid du site

	PUISSANCE À INSTALLER (NF EN 12831)	PUISSANCE INSTALLÉE (sur site)	ÉCART
CHAUFFAGE	548 kW	600 kW (avec ECS) 600 kW (secours)	+ 9 %
REFROIDISSEMENT	262 kW	276 kW	+ 4 %

La puissance de chauffage active installée est de 600 kW. Cette puissance correspond à 9% près à la puissance à installer recommandée. La puissance de chauffage complémentaire nécessaire en situation de secours est de 600 kW. Une partie de cette puissance installée est dédiée à la production d'ECS. La puissance de chauffage installée est donc adaptée à l'utilisation actuelle du bâtiment.

La puissance de refroidissement installée est de 276 kW. Cette puissance correspond à 4% près à la puissance à installer recommandée. En effet, possédant une surface climatisée importante, le besoin de puissance de climatisation est important.

3. PRECONISATIONS ET FICHES ACTIONS

A l'issue de l'étude énergétique du bâtiment Le Lorier, plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées.

Ces pistes d'amélioration interviennent sur les postes suivants :

- Enveloppe thermique du bâtiment (parois extérieures opaques, menuiseries)
- Systèmes CVC et systèmes de régulation liés
- Systèmes d'éclairage

Les actions listées et chiffrées (chiffrage incluant les aides CEE disponibles pour chaque action) reprenant les pistes d'amélioration identifiées figurent ci-dessous. A noter que le chiffrage des économies d'énergie et donc des ROI sont présentés dans ces fiches à l'échelle de chaque action. Dans cette partie, l'impact de la mise en place des actions entre elles n'est donc pas pris en compte.

Les résultats des estimations des ROI et donc des gains financiers réalisables découlent des consignes de calcul transmises suivantes :

- Coût énergétique (électricité) : 0.164 €/kWh (année initiale)
- Augmentation du coût énergétique (électricité) : 4 %/an
- Coût énergétique (réseau de chaleur) : 0.093 €/kWh (année initiale)
- Augmentation du coût énergétique (réseau de chaleur) : 1.25 %/an

En effet, le bâtiment étant particulièrement vétuste et piloté de manière non optimisée, un grand nombre d'actions sur les divers systèmes du bâtiment et l'enveloppe thermique très faiblement performante ont été préconisées.

Certains locaux équipés de systèmes de ventilations au fonctionnement non optimisé présentent des moisissures au niveau des ponts thermiques (cadres des menuiseries non équipées de rupteurs thermiques). Une intervention d'ordre réglementaire à gain énergétique négatif ayant pour sujet ces systèmes est donc présentée. Cette intervention étant obligatoire, elle est donc incluse dans les scénarios d'amélioration proposés.

3.1. PRÉCONISATIONS

Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Coût					Gain théorique							ROI
				Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/m2SDP]	Avec CEE [€ HT/m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/an]	[kWhEF/an.m2SDP]	[%]	[€ HT/an]	[€ HT/an.m2SDP]	GES (%)	[kg CO2/an]	Actualisé avec CEE [an]
Le Lorier	Isolation des murs par l'extérieur	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	554 120	435 888	70,53	55,48	118 232	490 325	62,41	21,2%	34 189	4,35	27,41%	72 657	9
	Isolation de la toiture terrasse	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	153 900	129 629	19,59	16,50	24 271	54 430	6,93	2,4%	3 823	0,49	3,03%	8 040	22
	Remplacemement des menuiseries (fenêtres)	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	876 270	823 992	111,54	104,89	52 278	298 974	38,06	12,9%	19 316	2,46	17,27%	45 770	28
	Modernisation du système de chauffage et du système de régulation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	150 000	143 344	19,09	18,25	6 656	282 550	35,97	12,2%	22 778	2,90	14,68%	38 917	4
	Modification des paramètres de régulation des systèmes de ventilation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	0	0	0,00	0,00	0	103 121	13,13	4,5%	9 015	1,15	5,09%	13 499	0
	Remplacemement des équipements d'éclairage	Eclairage	RCU et électricité	94 272	89 915	12,00	11,45	4 357	21 286	2,71	0,9%	8 605	1,10	-1,39%	-3 675	9
	Equilibrage et débouage du système de chauffage	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	24 650	18 522	3,14	2,36	6 128	63 294	8,06	2,7%	4 891	0,62	3,37%	8 921	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	ECS	RCU et électricité	15 000	13 974	1,91	1,78	1 026	46 221	5,88	2,0%	3 415	0,43	2,51%	6 663	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	35 000	11 925	4,46	1,52	23 075	45 508	5,79	2,0%	3 591	0,46	2,39%	6 337	7
	Remplacemement de moteurs de systèmes de ventilation et équilibrage du réseau aéraulique	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	15 000	15 000	1,91	1,91	0	-73 882	-9,40	-3,2%	-5 836	-0,74	-3,88%	-10 291	Sans objet

3.2. FICHES ACTIONS

Isolation des murs par l'extérieur				Action N°1
Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER				
Investissement	Estimations	Gains		Estimations
Coût	554 120 €	Energétiques		490,3 MWh
Financements (CEE uniquement)	118 232 €			21,2%
Investissement total	435 888 €	GES		72,7 Teq.CO2
				27,4%
Scénario	Année	Economies annuelles		34 189 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé	Elec. 4 %, RCU 1,25%	9 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1	Catégorie de TRI		4
Année mise en œuvre S3 ☒	1			
Descriptif de l'action				
Observations		Contraintes techniques et architecturales		
Actuellement, les murs sur l'extérieur du bâtiment ne sont pas isolés. Les faibles performances thermiques de ces parois induisent des déperditions particulièrement élevées.		L'isolation des murs sur l'extérieur a pour contrainte technique la compatibilité architecturale du bâtiment (forme des façades) et de la réglementation architecturale à laquelle celui-ci est soumis.		
Amélioration proposée				
L'isolation par l'intérieur des murs sur l'extérieur du niveau RDC bas et l'isolation par l'extérieur des murs sur l'extérieur des autres niveaux du bâtiment permet de réduire les déperditions ($R = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) et le débit d'infiltration d'air extérieur, induisant une réduction de consommation d'énergie importante. La spécificité architecturale des façades à isoler peut induire un surcoût ou limiter l'efficacité de l'intervention.				
Critères		Electricité	Réseau de chaleur	
Economies d'énergie finale [kWh/an]		-12000 kWh	502325 kWh	
Gain financier [€ HT/an]		-1 956 €	48 223 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]		-683 kgCO2	73 339 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]				
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]				
Fiche CEE				
BAT-EN-102				

Isolation de la toiture terrasse

Action N°2

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	153 900 €	Energétiques	54,4 MWh
Financements (CEE uniquement)	24 271 €		2,4%
Investissement total	129 629 €	GES	8,0 Teq.CO2
			3,0%
Scénario	Année	Economies annuelles	3 823 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé Elec. 4 %, RCU 1,25%	22 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	4

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le plancher haut (toiture-terrasse) n'est pas isolé (faible épaisseur de faux plafond limitant très faiblement les pertes thermiques), induisant des déperditions élevées.	L'isolation par l'intérieur de la toiture-terrasse peut être réalisée par l'intérieur sous faux-plafond. Cette typologie d'isolation pose une contrainte technique d'utilisation du local pendant une très faible durée.

Amélioration proposée

L'isolation sous faux plafond par l'intérieur du plancher haut (toiture-terrasse) permet de réduire les déperditions ($R=7 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) et le débit d'infiltration d'air extérieur (faiblement), induisant une réduction de consommation d'énergie significative. Un diagnostic amiante (non inclus dans le chiffrage peut être à réaliser)

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	-1050 kWh	55480 kWh
Gain financier [€ HT/an]	-173 €	5 165 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	-60 kgCO2	8100 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-EN-101

Remplacement des menuiseries (fenêtres)

Action N°3

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	876 270 €	Energétiques	299,0 MWh
Financements (CEE uniquement)	52 278 €		12,9%
Investissement total	823 992 €	GES	45,8 Teq.CO2
			17,3%
Scénario	Année	Economies annuelles	19 316 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé Elec. 4 %, RCU 1,25%	28 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	4

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, les menuiseries du bâtiment présentent des performances thermiques faibles, et défauts d'étanchéité à l'air extérieur. Les faibles performances thermiques et les infiltrations de ces parois induisent des déperditions particulièrement élevées.	L'installation de nouvelles menuiseries présente une contrainte majeure d'inoccupation pendant la durée des travaux.

Amélioration proposée

Le remplacement des menuiseries (fenêtres) actuelles par des menuiseries à hautes performances thermiques ($U=1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) permet de réduire grandement les déperditions et le débit d'infiltration d'air extérieur, induisant une réduction de consommation d'énergie importante.
--

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	-23789 kWh	322763 kWh
Gain financier [€ HT/an]	-3 923 €	30 049 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	-1354 kgCO2	47 123 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-EN-104

Modernisation du système de chauffage et du système de régulation

Action N°4

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	150 000 €	Energétiques	282,6 MWh
Financements (CEE uniquement)	6 656 €		12,2%
Investissement total	143 344 €	GES	38,9 Teq.CO2
			14,7%
Scénario	Année	Economies annuelles	22 778 €
Année mise en œuvre S1	1	TRI actualisé	4 an(s)
Année mise en œuvre S2	1		
Année mise en œuvre S3	1	Catégorie de TRI	3

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, l'émission de chaleur du site est majoritairement assurée par des radiateurs non équipés de têtes thermostatiques. De plus, la configuration actuellement du réseau et du système de chauffage ne permettent pas une régulation optimale (planning, zoning)	L'installation de robinets thermostatiques connectés permettant le zonage du chauffage requiert un pilotage du système de chauffage par une GTB compatible, seule contrainte imposée.
Amélioration proposée	
L'installation de robinets thermostatiques connectés permet d'imposer une régulation de la température des locaux chauffés et un planning de fonctionnement alternant occupation et réduit. Cela engendre des économies d'énergie dédiée au chauffage du bâtiment. Une modernisation du système GTB peut être nécessaire.	

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	26205 kWh	256345 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 321 €	23 866 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1491 kgCO2	37 426 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE
BAT-TH-104

Modification des paramètres de régulation des systèmes de ventilation

Action N°5

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	0 €	Energétiques	103,1 MWh
Financements (CEE uniquement)	0 €		4,5%
Investissement total	0 €	GES	13,5 Teq.CO2
			5,1%
Scénario	Année	Economies annuelles	9 015 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé Elec. 4 %, RCU 1,25%	0 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	1

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, les systèmes de ventilation fonctionnent selon des programmes horaires non optimisés en fonction de l'utilisation des locaux ventilés, induisant une consommation d'énergie électrique (auxiliaires de ventilation) et une consommation d'énergie thermique (déperditions liées au renouvellement d'air) importantes	Le site étant dédié à une activité sanitaire, des contraintes de débits de ventilation à satisfaire limitent les possibilités de régulation

Amélioration proposée

L'ajustement des programmes horaires de fonctionnement (variation de débit en fonction du planning d'occupation avec possibilité de forçage) permet de limiter les consommations électriques et thermiques induites par cet usage, en conservant les débits réglementaires liés aux activités des locaux concernés
--

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	17476 kWh	85645 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 849 €	8 222 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	994 kgCO2	12504 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

Sans objet

Remplacement des équipements d'éclairage

Action N°6

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	94 272 €	Energétiques	21,3 MWh
Financements (CEE uniquement)	4 357 €		0,9%
Investissement total	89 915 €	GES	-3,7 Teq.CO2
			-1,4%
Scénario	Année	Economies annuelles	8 605 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé lec. 4 %, RCU 1,25%	9 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	4

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le bâtiment est équipé de différents systèmes d'éclairage. La part de LED est de 30%, le reste est en fluocompacte. L'utilisation importante de fluocompacte peu performant induit une consommation électrique élevée.	Le remplacement des systèmes d'éclairage actuels ne pose aucune contrainte d'exploitation du site

Amélioration proposée

Le remplacement des systèmes d'éclairage de type fluocompacte par des systèmes d'éclairage de type LED hautement performants, pilotés par des détecteurs de présence dans les circulations (1/3 pilotage manuel, 2/3 pilotage détection) si l'utilisation du local éclairé le justifie, permet de réduire la consommation d'énergie électrique.

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	76124 kWh	-54838 kWh
Gain financier [€ HT/an]	12 553 €	-5 105 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	4331 kgCO2	-8 006 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-EQ-127

Equilibrage et désembouage du système de chauffage

Action N°7

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	24 650 €	Energétiques	63,3 MWh
Financements (CEE uniquement)	6 128 €		2,7%
Investissement total	18 522 €	GES	8,9 Teq.CO2
			3,4%
Scénario	Année	Economies annuelles	4 891 €
Année mise en œuvre S1	✓ 1	TRI actualisé	3 an(s)
Année mise en œuvre S2	✓ 1		
Année mise en œuvre S3	✓ 1	Catégorie de TRI	2

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le réseau de chauffage présente des disparités de température entre début et fin de réseaux, et un embouage global. Cet état de réseau induit une consommation d'énergie thermique et électrique (circulateurs)	L'équilibrage et le désembouage du système de chauffage peut nécessiter une campagne de tests impactant l'exploitation des locaux

Amélioration proposée

D'après les constats réalisés lors des visites et des échanges avec le mainteneur technique du site, l'équilibrage et le désembouage du réseau permettraient de réaliser une économie d'énergie thermique et d'électricité (dédiée à la circulation du réseau) de 5%. En effet, un premier désembouage a été réalisé, mais il reste encore des réseaux emboués.

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	3590 kWh	59704 kWh
Gain financier [€ HT/an]	592 €	5 558 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	204 kgCO2	8717 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-SE-103

Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises

Action N°8

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	15 000 €	Energétiques	46,2 MWh
Financements (CEE uniquement)	1 026 €		2,0%
Investissement total	13 974 €	GES	6,7 Teq.CO2
			2,5%
Scénario	Année	Economies annuelles	3 415 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé	3 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	2

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le site n'est pas équipé de système de récupération de chaleur sur la production centralisée de froid, malgré une utilisation importante de celle-ci et une consommation d'ECS élevée.	Cette action présente la contrainte technique d'engendrer des travaux sur le réseau de distribution d'eau chaude sanitaire du site.

Amélioration proposée

L'installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises (rendement simulé de 60%) permettrait de réduire la consommation d'énergie thermique dédiée à cet usage, et la consommation d'électricité des auxiliaires de circulation.
--

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	956 kWh	45265 kWh
Gain financier [€ HT/an]	158 €	4 345 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	54 kgCO2	6609 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-TH-154

Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid

Action N°9

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	35 000 €	Energétiques	45,5 MWh
Financements (CEE uniquement)	23 075 €		2,0%
Investissement total	11 925 €	GES	6,3 Teq.CO2
			2,4%
Scénario	Année	Economies annuelles	3 591 €
Année mise en œuvre S1 ☒	1	TRI actualisé Elec. 4 %, RCU 1,25%	7 an(s)
Année mise en œuvre S2 ☒	1		
Année mise en œuvre S3 ☒	1	Catégorie de TRI	4

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le site n'est pas équipé de système de récupération de chaleur sur la production centralisée de froid, malgré une utilisation importante de celle-ci et une consommation d'ECS élevée.	L'installation d'un système de récupération sur groupe froid ne pose aucune contrainte technique ou architecturale

Amélioration proposée

L'installation d'un système de récupération sur le groupe froid permettrait de récupérer (rendement estimé à 0,5) une partie de la chaleur dégagée par le groupe froid. L'énergie récupérée est déduite de l'énergie thermique consommée pour la production d'ECS

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	3452 kWh	42056 kWh
Gain financier [€ HT/an]	569 €	4 037 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	196 kgCO2	6140 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

BAT-TH-139

Remplacement de moteurs de systèmes de ventilation et équilibrage du réseau aéraulique

Action N°10

Bâtiment : APHP - TENON - LE LORIER

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	15 000 €	Energétiques	-73,9 MWh
Financements (CEE uniquement)	0 €		-3,2%
Investissement total	15 000 €	GES	-10,3 Teq.CO2
			-3,9%
		Economies annuelles	-5 836 €
		TRI actualisé	Sans objet
			Elec. 4 %, RCU 1,25%
		Catégorie de TRI	Sans objet

Scénario	Année
Année mise en œuvre S1	1
Année mise en œuvre S2	1
Année mise en œuvre S3	1

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, des problèmes de moisissures sur les zones froides des locaux d'occupation ont été observés. En effet, une certaine proportion des bouches de ventilation des locaux d'occupation (chambres, locaux de consultation et bureaux) ne souffle ou ne reprend aucun débit d'air.	Le remplacement des moteurs défaillants des systèmes de ventilation et l'équilibrage du réseau aéraulique ne pose aucune contrainte architecturale

Amélioration proposée

Le remplacement des moteurs des systèmes de ventilation et l'équilibrage du réseau aéraulique devrait permettre de satisfaire le besoin de renouvellement d'air en état de post-travaux sur l'enveloppe, induisant une réduction des infiltrations d'air. L'augmentation des débits de ventilation de ces zones induit une augmentation de consommation de chaleur et d'électricité.

Critères	Electricité	Réseau de chaleur
Economies d'énergie finale [kWh/an]	-5562 kWh	-68320 kWh
Gain financier [€ HT/an]	-917 €	-6 361 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	-316 kgCO2	-9 975 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]		

Fiche CEE

Sans objet

4. SCENARISATION

4.1. SYNTHÈSE

Trois scénarios sont proposés pour ce bâtiment :

- Le **scénario 1 « Gains rapides »** : les préconisations visent dans un premier temps à la mise en conformité de la ventilation au sein du bâtiment afin de traiter le problème de celui-ci, et dans un second temps à réaliser des économies d'énergie avec des ROI faibles (inférieur à 4 ans)
- Le **scénario 2 « Gains moyen terme »** : intègre les actions du scénario 1 en ajoutant une rénovation des parois opaques
- Le **scénario 3 « Gains long terme »** : combine les actions des scénarios 1 et 2, ainsi que le remplacement des menuiseries

Le **scénario "laisser faire"** correspond à un scénario témoin qui représente le site sans actions mises en place.

Les 3 scénarios de travaux sont déclinés suivant 3 hypothèses de coûts énergétiques (C1, C2 et C3) suivant les consignes transmises suivantes :

- Scénario d'augmentation du coût de l'énergie C1 :
 - o Coût énergétique (électricité) : 0.164 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (électricité) : 0 %/an
 - o Coût énergétique (réseau de chaleur) : 0.093 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (réseau de chaleur) : 0 %/an
- Scénario d'augmentation du coût de l'énergie C2 :
 - o Coût énergétique (électricité) : 0.164 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (électricité) : 4 %/an
 - o Coût énergétique (réseau de chaleur) : 0.093 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (réseau de chaleur) : 1.25 %/an
- Scénario d'augmentation du coût de l'énergie C3 :
 - o Coût énergétique (électricité) : 0.164 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (électricité) : 4 %/an et 25 % en 2030
 - o Coût énergétique (réseau de chaleur) : 0.093 €/kWh (année initiale)
 - o Augmentation du coût énergétique (réseau de chaleur) : 1.25 %/an et 25 % en 2030

Scénario	Gain		Coût			ROI actualisé		
	% d'économies d'énergie	% d'évolution des GES	Investissement total (TTC)	CEE mobilisables	Reste à charge	C1	C2	C3
1	-24 %	31 %	239 650 €	36 885 €	202 765 €	5	4	4
2	-45 %	53 %	1 041 942 €	183 745 €	858 197 €	11	10	9
3	-52 %	64 %	1 918 212 €	236 023 €	1 682 189 €	18	16	13

Le scénario 1 permet de réaliser 24% d'économie d'énergie par rapport au scénario « laisser faire », 45% pour le scénario 2 et 52% pour le scénario 3.

Les différents vecteurs énergétiques ayant chacun un impact écologique propre, les écarts relatifs de consommation énergétique obtenus entre chaque scénario et l'état initial diffèrent des écarts relatifs d'émission de gaz à effet de serre obtenus.

Les ROI référencés dans le détail des actions composant chaque scénario sont basés sur le scénario d'inflation C2.

4.2. LISTE DES SCENARIOS

Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Coût					Gain théorique					Gains annuels moyens sur ROI			ROI		
				Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	GES (%)	[kg CO2/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [€/an moyen]	C2 (Actualisé avec CEE) [€/an moyen]	C3 (Actualisé avec CEE) [€/an moyen]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]
Le Lorier	Scénario "Gains rapides"	Multipostes	RCU et électricité	239 650	202 765	30,51	25,81	36 885	567 060	72,18	24,5%	30,69%	108 710	43447	46828	50691	5	4	4
	Scénario "Gains moyen termes"	Multipostes	RCU et Electricité	1 041 942	858 197	132,63	109,24	183 745	974 840	124,09	42,2%	52,75%	185 410	78018	85820	95355	11	10	9
	Scénario "Gains longs terme"	Multipostes	RCU et électricité	1 918 212	1 682 189	244,17	214,13	236 023	1 190 500	151,54	51,5%	64,42%	230 740	93545	105137	129400	18	16	13

Un scénario d'amélioration est une projection d'un état amélioré de l'état initial sur lequel un groupement d'interventions a été réalisé. La quantification des gains énergétiques et écologiques résultant ne peuvent être obtenus en sommant les gains individuels de chaque action en raison des multiples interactions entre celles-ci. Les valeurs des gains sont donc obtenues en effectuant une simulation thermique et énergétique dédiée.

4.3. SCÉNARIO GAINS RAPIDES

				Coût					Gain théorique							ROI
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	[€ HT/an]	[€ HT/an .m2SDP]	GES (%)	[kg CO2/an]	Actualisé avec CEE [an]
Le Lorier	Modernisation du système de chauffage et du système de régulation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	150 000	143 344	19,09	18,25	6 656	282 550	35,97	12,2%	22 778	2,90	14,68%	38 917	4
	Modification des paramètres de régulation des systèmes de ventilation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	0	0	0,00	0,00	0	103 121	13,13	4,5%	9 015	1,15	5,09%	13 499	0
	Equilibrage et débouage du système de chauffage	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	24 650	18 522	3,14	2,36	6 128	63 294	8,06	2,7%	4 891	0,62	3,37%	8 921	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	ECS	RCU et électricité	15 000	13 974	1,91	1,78	1 026	46 221	5,88	2,0%	3 415	0,43	2,51%	6 663	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	35 000	11 925	4,46	1,52	23 075	45 508	5,79	2,0%	3 591	0,46	2,39%	6 337	7
	Remplacement de moteurs de systèmes de ventilation et équilibrage du réseau aéraulique	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	15 000	15 000	1,91	1,91	0	-73 882	-9,40	-3,2%	-5 836	-0,74	-3,88%	-10 291	Sans objet

				Coût					Gain théorique					Gains annuels moyens sur ROI			ROI		
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	GES (%)	[kg CO2/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]
Le Lorier	Scénario "Gains rapides"	Multipostes	RCU et électricité	239 650	202 765	30,51	25,81	36 885	567 060	72,18	24,5%	30,69%	108 710	43447	46828	50691	5	4	4

Le scénario « Gains rapides » permet d'atteindre 31 % d'économie d'énergie, avec un budget de 239 650 € et 36 885 € de subventions.

Ce scénario est composé d'interventions à faibles temps de retour sur investissement ciblant les différents systèmes existants et à installer.

4.4. SCÉNARIO GAINS MOYEN TERME

				Coût					Gain théorique							ROI
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	[€ HT/an]	[€ HT/an .m2SDP]	GES (%)	[kg CO2/an]	Actualisé avec CEE [an]
Le Lorier	Isolation des murs par l'extérieur	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	554 120	435 888	70,53	55,48	118 232	490 325	62,41	21,2%	34 189	4,35	27,41%	72 657	9
	Isolation de la toiture terrasse	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	153 900	129 629	19,59	16,50	24 271	54 430	6,93	2,4%	3 823	0,49	3,03%	8 040	22
	Modernisation du système de chauffage et du système de régulation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	150 000	143 344	19,09	18,25	6 656	282 550	35,97	12,2%	22 778	2,90	14,68%	38 917	4
	Modification des paramètres de régulation des systèmes de ventilation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	0	0	0,00	0,00	0	103 121	13,13	4,5%	9 015	1,15	5,09%	13 499	0
	Remplacement des équipements d'éclairage	Eclairage	RCU et électricité	94 272	89 915	12,00	11,45	4 357	21 286	2,71	0,9%	8 605	1,10	-1,39%	-3 675	9
	Équilibrage et débouage du système de chauffage	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	24 650	18 522	3,14	2,36	6 128	63 294	8,06	2,7%	4 891	0,62	3,37%	8 921	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	ECS	RCU et électricité	15 000	13 974	1,91	1,78	1 026	46 221	5,88	2,0%	3 415	0,43	2,51%	6 663	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	35 000	11 925	4,46	1,52	23 075	45 508	5,79	2,0%	3 591	0,46	2,39%	6 337	7
	Remplacement de moteurs de ventilation et équilibrage du réseau aéraulique	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	15 000	15 000	1,91	1,91	0	-73 882	-9,40	-3,2%	-5 836	-0,74	-3,88%	-10 291	Sans objet

				Coût					Gain théorique					Gains annuels moyens sur ROI			ROI		
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	GES (%)	[kg CO2/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]
Le Lorier	Scénario "Gains moyen terme"	Multipostes	RCU et Electricité	1 041 942	858 197	132,63	109,24	183 745	974 840	124,09	42,2%	52,75%	185 410	78018	85820	95355	11	10	9

Le scénario « Gains moyen terme » permet d'atteindre 42.2 % d'économie d'énergie, avec un budget de 1 041 942 € et 187 745 € de subventions.

Ce scénario est composé des interventions du scénario « Gains rapides » et plus d'interventions sur l'enveloppe thermique du bâtiment et les systèmes d'éclairage.

4.5. SCÉNARIO GAINS LONG TERME

				Coût					Gain théorique							ROI
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	[€ HT/an]	[€ HT/an .m2SDP]	GES (%)	[kg CO2/an]	Actualisé avec CEE [an]
Le Lorier	Isolation des murs par l'extérieur	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	554 120	435 888	70,53	55,48	118 232	490 325	62,41	21,2%	34 189	4,35	27,41%	72 657	9
	Isolation de la toiture terrasse	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	153 900	129 629	19,59	16,50	24 271	54 430	6,93	2,4%	3 823	0,49	3,03%	8 040	22
	Remplacemement des menuiseries (fenêtres)	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	876 270	823 992	111,54	104,89	52 278	298 974	38,06	12,9%	19 316	2,46	17,27%	45 770	28
	Modernisation du système de chauffage et du système de régulation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	150 000	143 344	19,09	18,25	6 656	282 550	35,97	12,2%	22 778	2,90	14,68%	38 917	4
	Modification des paramètres de régulation des systèmes de ventilation	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	0	0	0,00	0,00	0	103 121	13,13	4,5%	9 015	1,15	5,09%	13 499	0
	Remplacemement des équipements d'éclairage	Eclairage	RCU et électricité	94 272	89 915	12,00	11,45	4 357	21 286	2,71	0,9%	8 605	1,10	-1,39%	-3 675	9
	Equilibrage et débouçage du système de chauffage	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	24 650	18 522	3,14	2,36	6 128	63 294	8,06	2,7%	4 891	0,62	3,37%	8 921	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	ECS	RCU et électricité	15 000	13 974	1,91	1,78	1 026	46 221	5,88	2,0%	3 415	0,43	2,51%	6 663	3
	Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	35 000	11 925	4,46	1,52	23 075	45 508	5,79	2,0%	3 591	0,46	2,39%	6 337	7
	Remplacemement de moteurs de systèmes de ventilation et équilibrage du réseau aéraulique	Chauffage et climatisation	RCU et électricité	15 000	15 000	1,91	1,91	0	-73 882	-9,40	-3,2%	-5 836	-0,74	-3,88%	-10 291	Sans objet

				Coût					Gain théorique					Gains annuels moyens sur ROI			ROI		
Bâtiment	Désignation	Usage	Energie considérée	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	Hors CEE [€ HT/ m2SDP]	Avec CEE [€ HT/ m2SDP]	CEE [€]	[kWhEF/ an]	[kWhEF/ an.m2SDP]	[%]	GES (%)	[kg CO2/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an]	C2 (Actualisé avec CEE) [an]	C3 (Actualisé avec CEE) [an]
Le Lorier	Scénario "Gains longs termes"	Multi-postes	RCU et électricité	1 918 212	1 682 189	244,17	214,13	236 023	1 190 500	151,54	51,5%	64,42%	230 740	93545	105137	129400	18	16	13

Le scénario « Gains long terme » permet d'atteindre 52 % d'économie d'énergie, avec un budget de 1 918 212 € et 236 023 € de subventions.

Ce scénario est composé des interventions du scénario « Gains moyen terme » et plus de l'intervention de remplacement des menuiseries.

5. ETUDE DU COÛT GLOBAL

L'analyse en coût global permet de prendre en compte l'ensemble des coûts d'un projet de rénovation sur une période donnée (ici 20 ans). C'est un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage.

Le coût global prend en compte l'évolution des prix des énergies ainsi que les coûts de maintenance du site.

Par défaut, un crédit sur 15 ans avec un taux d'intérêt de 3% a été appliqué pour couvrir les investissements proposés.

Les gains énergétiques sont calculés par la simulation thermique et énergétique à partir de l'état initial, représentatif de l'état des consommations actuelles. Les gains économiques sont calculés à partir des prix des énergies communiqués, en considérant 3 scénarios d'inflation C1, C2 et C3 sur les 20 prochaines années.

Le coût annuel du P2 n'ayant pas été transmis, celui-ci est maintenu à 0€ dans l'exercice suivant.

Les prix des énergies considérés pour l'étude figurent ci-dessous, accompagnés des facteurs de conversions en émissions de Gaz à Effet de serre pour chaque vecteur énergétique sont renseignés par le DEET.

Vecteur énergétique	Coût du MWh (€HT)	Facteur d'émissions GES (kgCO ₂ /kWhEF)	Inflation annuelle C1	Inflation annuelle C2	Inflation annuelle C3
Electricité	164.9 € HTVA / MWh	0,0569 kgCO ₂ /kWhEF	0%	4%	4% par an et 25% en 2030
RCU	93.9 € HTVA / MWh	0,146 kgCO ₂ /kWhEF	0%	1,25%	1,25% par an et 25% en 2030

Coûts prévisionnels par poste		Scénario « laisser faire »	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissement hors aides systèmes de chauffage	€HT		209 650	174 650	174 650
Investissement isolation murs	€HT	-		554 120	554 120
Investissement isolation toitures	€HT	-		153 900	153 900
Investissement isolation plancher bas	€HT				
Investissement isolation menuiseries	€HT	-			876 270
Investissement ventilation	€HT		15 000	15 000	15 000
Investissement autres (éclairage, photovoltaïque)	€HT	-	15 000	144 272	144 272
Maîtrise d'œuvre	%	0%	15%	15%	15%
	€HT	-	35 948	156 291	287 732
Aléas	%	0%	5%	5%	5%
	€HT	-	11 983	52 097	95 911
Investissement total hors aides	€HT	-	287 580	1 250 330	2 301 854
Montant CEE	€HT	-	36 885	183 745	236 023
Investissement total aides déduites	€HT	-	250 695	1 066 585	2 065 831

Remarques concernant les aides financières

Les aides financières prises en compte dans l'étude sont celles valables **au moment de la rédaction de l'audit**. Ces aides sont **évolutives** et leur existence ou les montants d'aides renseignés ci-dessus ne sont pas garantis dans le temps.

Coût annuel moyen sur 20 ans	P1 - Coût année moyenne	P2 - Exploitation année moyenne	P3 - Provisions réparations année moyenne	P4 - Montant annuités remboursement année moyenne	Part coût P1 / coût total année moyenne
Scénario "laisser faire"					
C1	280 310 €	0 €	0 €	0 €	100%
C2	374 007 €	0 €	0 €	0 €	100%
C3	434 945 €	0 €	0 €	0 €	100%
Scénario 1					
C1	229 767 €	0 €	6 290 €	15 750 €	91%
C2	308 729 €	0 €	6 290 €	15 750 €	93%
C3	358 937 €	0 €	6 290 €	15 750 €	94%
Scénario 2					
C1	168 321 €	0 €	5 240 €	67 008 €	70%
C2	234 279 €	0 €	5 240 €	67 008 €	76%
C3	272 031 €	0 €	5 240 €	67 008 €	79%
Scénario 3					
C1	142 171 €	0 €	5 240 €	129 786 €	51%
C2	205 993 €	0 €	5 240 €	129 786 €	60%
C3	238 850 €	0 €	5 240 €	129 786 €	64%

Analyse des Coûts Moyens Annuels

Scénario "laisser faire"

Ce scénario affiche le coût annuel moyen le plus élevé, variant de 280 310 € (C1) à 434 945 € (C3). Il repose entièrement sur des coûts directs (P1), sans provision pour réparations ou remboursement d'annuités. La hausse de l'inflation a un impact significatif (+55% entre C1 et C3).

Scénario 1 (Gains rapides)

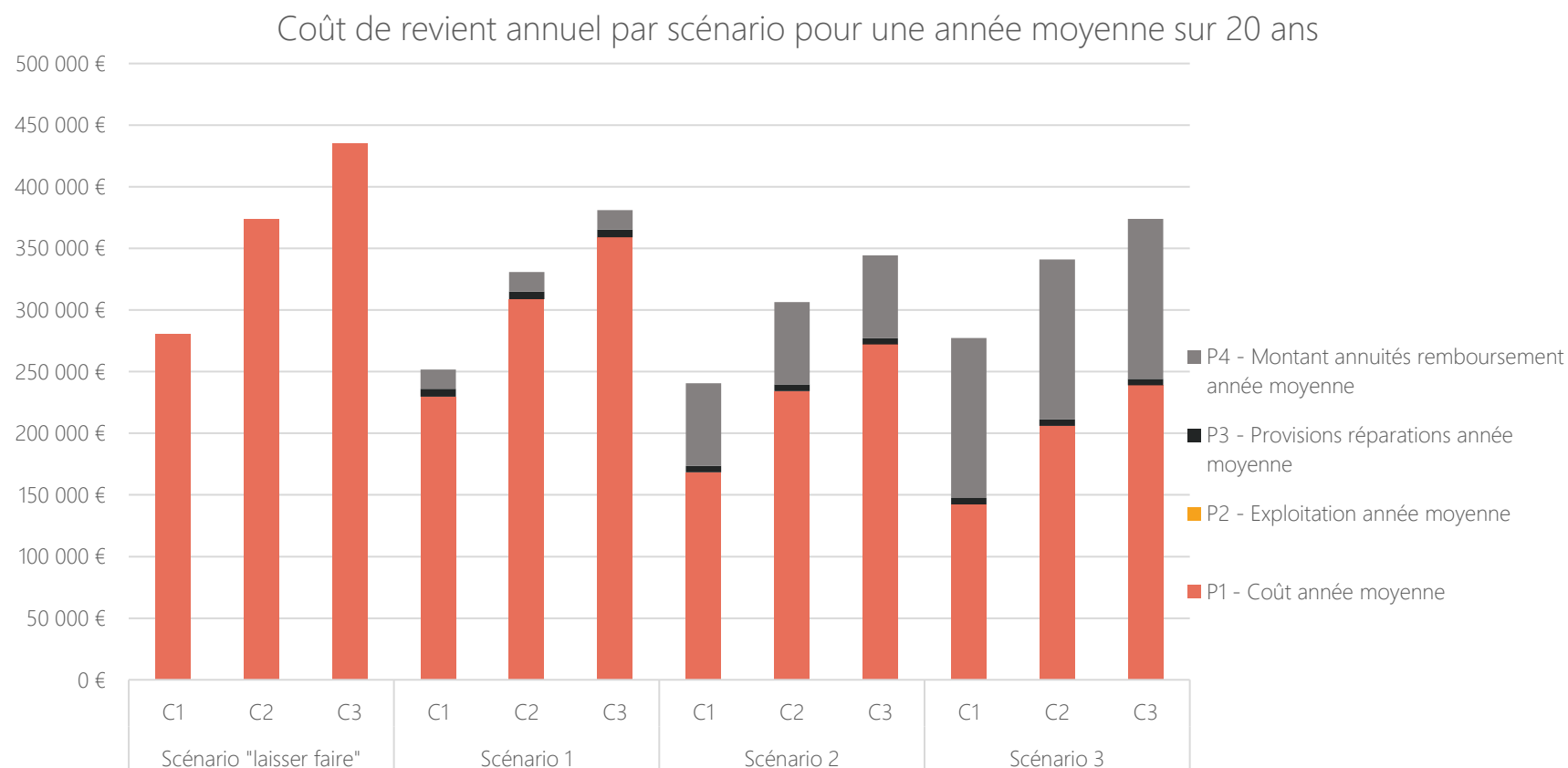
Ce scénario permet une réduction des coûts annuels par rapport au scénario témoin (-18% à -21% selon l'inflation). L'impact de l'inflation reste marqué, mais légèrement atténué par des provisions pour réparations et des remboursements d'annuités.

Scénario 2 (Gains moyen terme)

Ce plan d'action permet une réduction plus nette des coûts globaux (-40% à -47% par rapport au scénario témoin). L'investissement initial est plus important (67 008 € d'annuités de remboursement), mais les économies à long terme justifient cet effort. L'inflation a un impact modéré, mais moins marqué que dans les scénarios précédents.

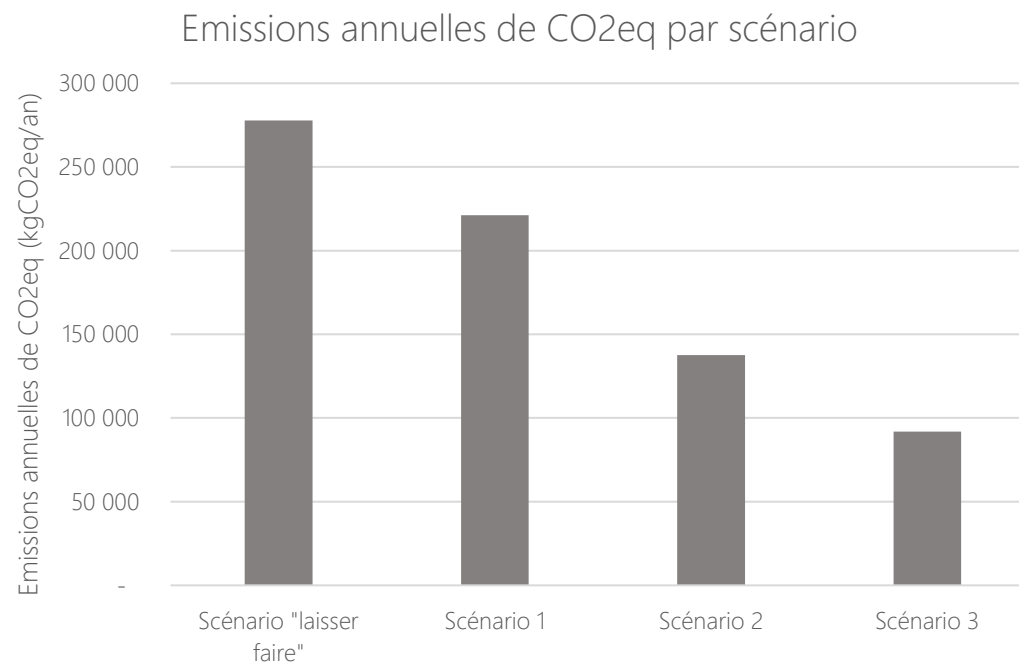
Scénario 3 (Gains long terme)

Ce scénario est le plus coûteux en termes d'investissement (129 786 € d'annuités de remboursement). Cependant, il génère le coût annuel moyen le plus bas sur 20 ans (-49% à -65% par rapport au scénario témoin). La part des coûts directs (P1) est la plus faible (51% en C1, 64% en C3), illustrant une dépendance aux investissements mais une meilleure maîtrise des coûts d'exploitation futurs.



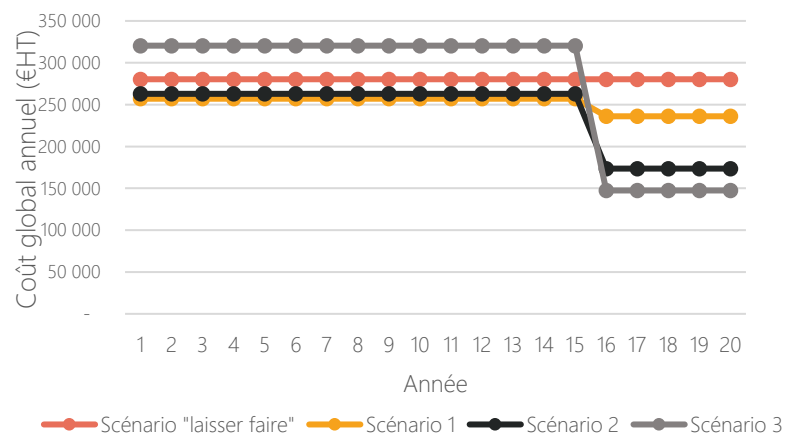
Impact de l'Inflation sur les Scénarios

- Le scénario "laisser faire" est le plus sensible à l'inflation, avec une augmentation de **+55% entre C1 et C3**.
- Les scénarios avec travaux amortissent mieux l'inflation, grâce aux annuités fixes de remboursement.
- Le scénario 3 est le plus résilient : bien que le coût total augmente, la part des coûts directs reste faible, ce qui limite l'impact de l'inflation sur les dépenses courantes.

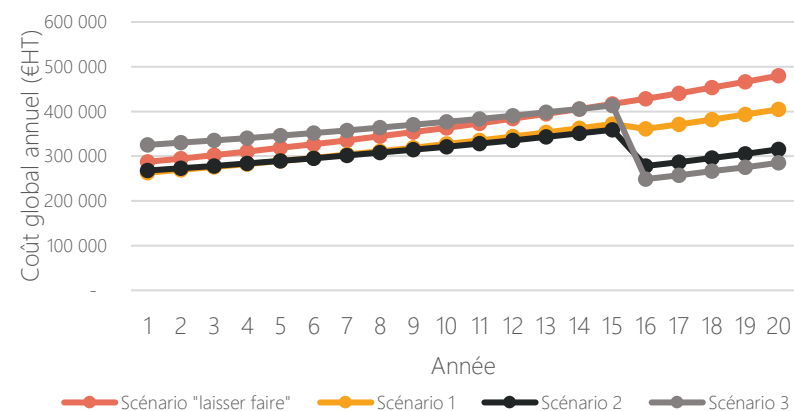


La mise en œuvre des scénarios permettrait **d'améliorer le bilan environnemental du site**. En effet, les **émissions annuelles liées** à la consommation énergétique du site seraient diminuées de -20 % pour le scénario 1, de 50% pour le scénario 2 et de 67% pour le scénario 3.

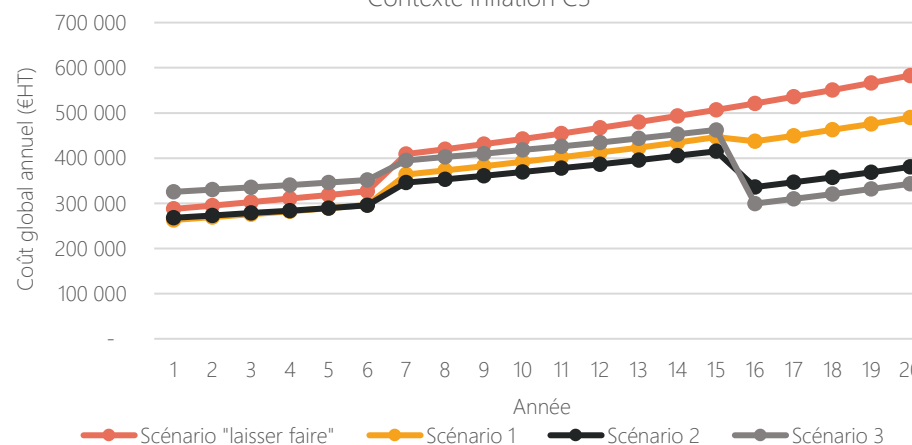
Evolution du coût global annuel sur chaque scénario travaux - Contexte inflation C1



Evolution du coût global annuel sur chaque scénario travaux - Contexte inflation C2



Evolution du coût global annuel sur chaque scénario travaux - Contexte inflation C3



La diminution importante de l'évolution du coût global entre la 15ème et 16ème année correspond à la fin du remboursement de l'emprunt pour financer les travaux.

Après ces 15 années de remboursement, le coût global annuel des scénarios 2 et 3 est plus faible. On peut constater que selon le scénario d'inflation, les

Synthèse

- Le scénario "laisser faire" est le moins optimal, générant les coûts les plus élevés à long terme et étant fortement exposé à l'inflation.
- Le scénario 1 permet une réduction limitée des coûts, mais reste exposé à l'inflation.
- Le scénario 2 est un bon compromis, avec une baisse significative des coûts et une meilleure résilience.
- Le scénario 3 est l'option la plus rentable sur 20 ans, malgré un investissement initial élevé.

6. DÉCRET TERTIAIRE

Une valeur de référence ainsi qu'un objectif relatif ont été déclarés sur OPERAT à l'échelle du site. Afin d'estimer un état des lieux à l'échelle du bâtiment, un objectif absolu a été calculé à titre indicatif.

N'ayant pas d'historique de consommations à l'échelle du bâtiment (relevés sous-comptage non exploitables), aucun objectif relatif n'a pu être déterminé. La situation sera donc exclusivement comparée à la valeur absolue estimée à l'échelle du bâtiment.

Paramètres considérés pour le calcul de la consommation ajustée :

Paramétrage valeur absolue	
Altitude du site	Altitude < 400 m, Référence 100 m
Surface totale (m ²)	7 348 m ²
Surface chauffée (m ²)	~6 790 m ²
Surface refroidie (m ²)	3 896 m ²
Surface hors DEET (m ²)*	153 m ²
Station météo	Paris Montsouris
Zone	H1a

Pour rappel, l'objectif absolu calculé à titre indicatif dans le rapport état des lieux est le suivant :

Valeur absolue	2023
178 kWhDT/m ² /an	282 kWhDT/m ² /an
1281 MWh	2029 MWh

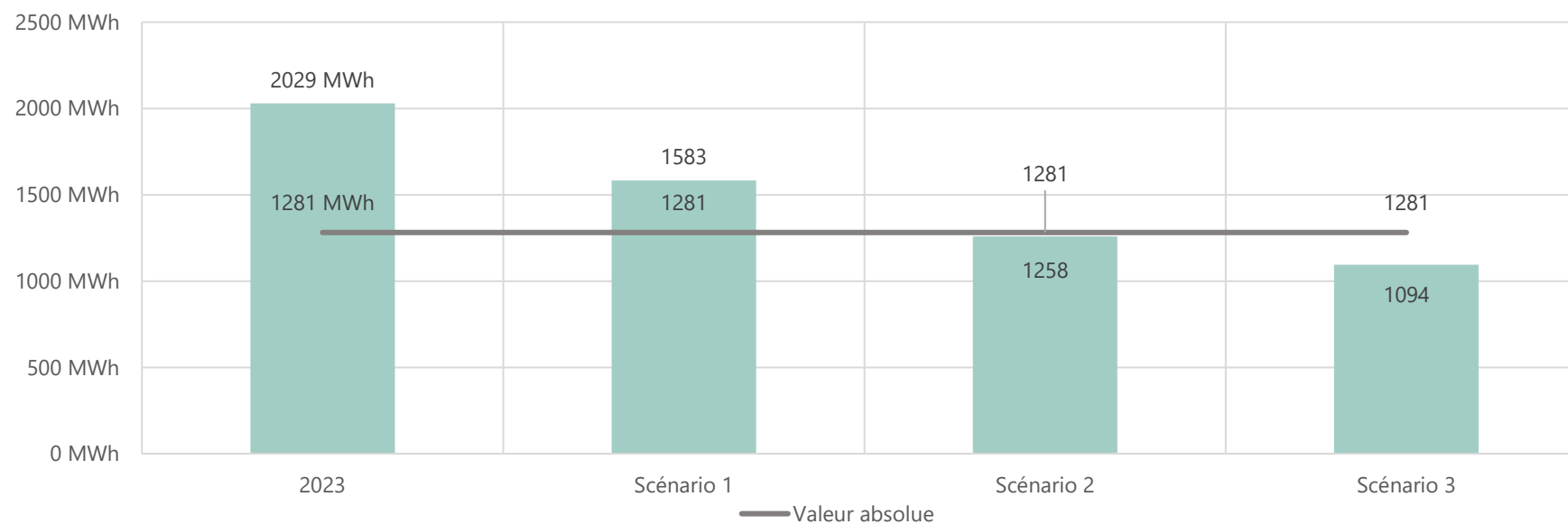
En comparant la consommation de 2023 avec l'objectif calculé, il reste 37% d'effort à fournir à l'échelle du bâtiment d'ici 2030.

En projetant les trois scénarios proposés précédemment, nous obtenons les résultats suivants :

Scénarios	Consommation projetée (MWhDT/an)	Objectif 2030 atteint	Effort restant
Scénario 1	1583	NON	19%
Scénario 2	1258	OUI	-
Scénario 3	1094	OUI	-

Le scénario 2 permet d'atteindre l'objectif de 2030, néanmoins la marge de 23MWh est faible. Il est recommandé de se tourner vers le scénario 3 pour anticiper des potentiels dérives à l'échelle du bâtiment.

Projection des consommations ajustées selon la méthode du DEET



7. CONCLUSION GENERALE

Le scenario 2 correspond au meilleur compromis financier projeté sur 20 ans. Il nécessite un investissement modéré, et permet de solutionner les problèmes de ventilation. Néanmoins, il répond aux enjeux 2030 du DEET avec une marge d'erreur très faible (23MWh), il est donc préconisé de mettre en place le scenario 3 afin d'anticiper les prochaines échéances.

8. HYPOTHÈSES DE CALCUL

8.1. DONNEES METEOROLOGIQUES

Le fichier météo permettant de simuler les données de températures, hygrométrie, rayonnements solaires, etc. est celui de la ville de Paris – Moyen. Ce fichier considère les moyennes des températures mensuelles de 2010 à 2019 de la station météo correspondante. Le fichier météo présente les indicateurs suivants :

- Nombre de DJU18 = 2241
- Nombre de DJF 15 = 304

Les consommations réelles du site considérées sont celles de l'année 2023. La station météorologique de Paris-Montsouris (station la plus proche) fournit les données météorologiques suivantes :

- Nombre de DJU18 = 1910
- Nombre de DJF 15 = 485

Afin de pouvoir effectuer une comparaison indépendante des paramètres météorologiques extérieurs, la consommation réelle de chaleur issue du réseau de chaleur fut corrigée des DJU de la simulation (base DJU18 = 2241)

8.2. SUBVENTIONS ET AIDES

Pour financer les travaux de rénovation énergétique, des subventions existent. Dans le cadre de l'audit énergétique réalisé, nous avons constaté que le site pouvait être éligible à un type d'aide : les CEE.

Les Certificats d'Économie d'Énergie (CEE ou C2E) sont des dispositifs visant à promouvoir les actions d'économies d'énergie. Ils sont lancés en 2006 et sont encadrés par la loi POPE (2005) en réponse à l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto.

Pour une action donnée, les CEE vont permettre aux acteurs éligibles de réduire l'investissement nécessaire à la mise en place de cette action et donc son temps de retour sur investissement. Les industriels, les entreprises du secteur tertiaire, les copropriétaires ainsi que les ménages peuvent tous prétendre aux CEE. Ils ne peuvent en revanche pas obtenir des CEE seuls mais doivent nécessairement passer par un tiers obligé ou éligible. Nous avons pris l'hypothèse d'un cours moyen du CEE à 6 €/MWhcumac.

Action	Fiche CEE	Volume de kWhcumac généré	Valorisation CEE finale (€)
Isolation des murs par l'extérieur	BAT-EN-102	18 189 600	118 232
Isolation de la toiture terrasse	BAT-EN-101	3 734 640	24 271
Remplacement des menuiseries	BAT-TH-155	8 047 520	52 278
Modernisation du système de chauffage et du système de régulation	BAT-TH-104	1 024 000	6 656
Remplacement des équipements d'éclairage	BAT-EQ-127	670 308	4 357
Equilibrage et désembouage du système de chauffage	BAT-SE-103	942 769	6 128
Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	BAT-TH-154	157 846	1 026
Installation d'un système de récupération de chaleur sur groupe froid	BAT-TH-139	3 550 000	23 075

CONTACTS

PIGNON Vincent
Auditeur énergétique
Tél
Vincent.pignon@advizeo.io

Clarisse MANTEAU
Directrice de projet
Tél
Clarisse.manteau@advizeo.io

PLUYAUD Zoé
Auditrice énergétique
Tél
Zoe.pluyaud@advizeo.io

Bastien RINGES
Expert STD
Tél
Bastien.ringes@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland
2 Cour de l'Ile Louviers
75004 Paris

www.advizeo.io

advizeo