



Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – AUDIT

Hôpital de Tenon – Bâtiment GABRIEL

EMETTEURS

Zoé Pluyaud

Energy Manager – Advizeo

Bastien Ringès

Expert STD – Advizeo

Clarisse Manteau

Directrice 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
Bastien Ringès	Energy Manager	Rédaction
Zoé Pluyaud	Energy Manager	Rédaction
Clarisse Manteau	Directrice de projet	Validation

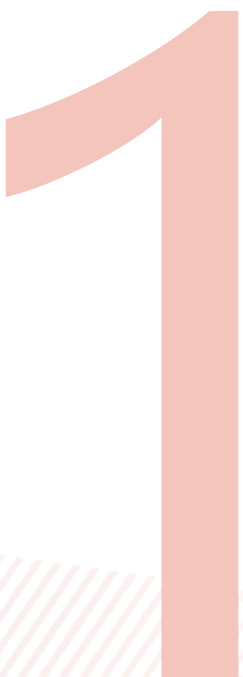
Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_TENON_Audit_énergétique_GABRIEL_V1	25/07/2025	-

Sommaire

1. Objet du document.....	5
2. Rappel de la situation actuelle	5
2.1. Consommations annuelles du bâtiment	5
2.1.1. Notes méthodologiques	5
2.2. Synthèse des résultats de la modélisation.....	6
2.2.1. Détails des consommations issues de la STD	6
3. Actions Préconisées	7
3.1. Synthèse des Préconisations	8
4. Scénarisation	10
4.1. Synthèse énergétique et économique des scénarios	11
4.2. Impact sur la performance	12
4.3. Conclusion	13
5. Etude du coût global	14
6. Décret tertiaire	20
7. Hypothèses de calcul	22
7.1. Données économiques	22
7.2. Facteurs de conversions	22
7.3. Données météorologiques	22
8. ANNEXES	23
8.1. Fiches actions	23
8.2. Subventions et aides.....	44

Objet du document



1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent document complète l'étude initiale présentée dans le rapport APHP_Etat des lieux_TENON_GABRIEL_V1. Il a permis d'établir une description de l'état initial du bâtiment d'un point de vue des systèmes et du bâtiment.

Le rapport d'audit énergétique a pour objectifs d'identifier et de détailler les actions de sobriété et d'efficacité énergétique pertinentes sur le site, en fournissant une évaluation technico-économique incluant les coûts d'investissement, les gains (énergétiques et environnementaux) attendus et les temps de retour associés.

Il propose également plusieurs scénarios d'intervention, construits en fonction des délais et enveloppes budgétaires mobilisables et de différentes hypothèses d'inflation. L'ensemble vise à projeter les économies réalisables à long terme, afin de fournir des éléments d'aide à la décision.

2. RAPPEL DE LA SITUATION ACTUELLE

2.1. CONSOMMATIONS ANNUELLES DU BATIMENT

2.1.1. Notes méthodologiques

En l'absence de données de consommation à l'échelle du bâtiment uniquement, un calcul de consommation au m² des consommations 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, sur l'année 2023 :

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 Lavoisier, cette estimation de consommation obligerait à fausser les paramètres de simulation pour correspondre à l'état existant.

Lors de la visite de site, de nombreux relevés (hauteurs sous plafond, dimension des menuiseries, relevés de composition non destructifs des parois) et mesures (température, luminosité, débits de ventilation) furent effectués. De plus, un inventaire méticuleux des équipements énergétiques et des paramètres de régulation de ces équipements fut effectué. C'est à partir de ces informations récoltées que nous avons pu réaliser une STD (Simulation Thermique Dynamique) et une SED (Simulation Énergétique Dynamique) afin d'obtenir une vue d'ensemble sur la part que représentait chaque usage au sein de la facture énergétique.

La saisie de ces données combinée aux données apportées par les autres sources d'informations (étude Smart Impulse, relevés de consommation du site, audits énergétiques de sites correspondants) nous a permis d'obtenir une estimation fiable à +/- 5% de la consommation d'énergie électrique du bâtiment. Les informations fournies concernant la consommation d'énergie thermique issue du réseau de chauffage urbain ne nous permettent malheureusement pas de statuer sur le degré de précision atteint.

L'addition de ces méthodes de calculs a permis de réaliser la répartition des consommations qui figure à la section suivante.

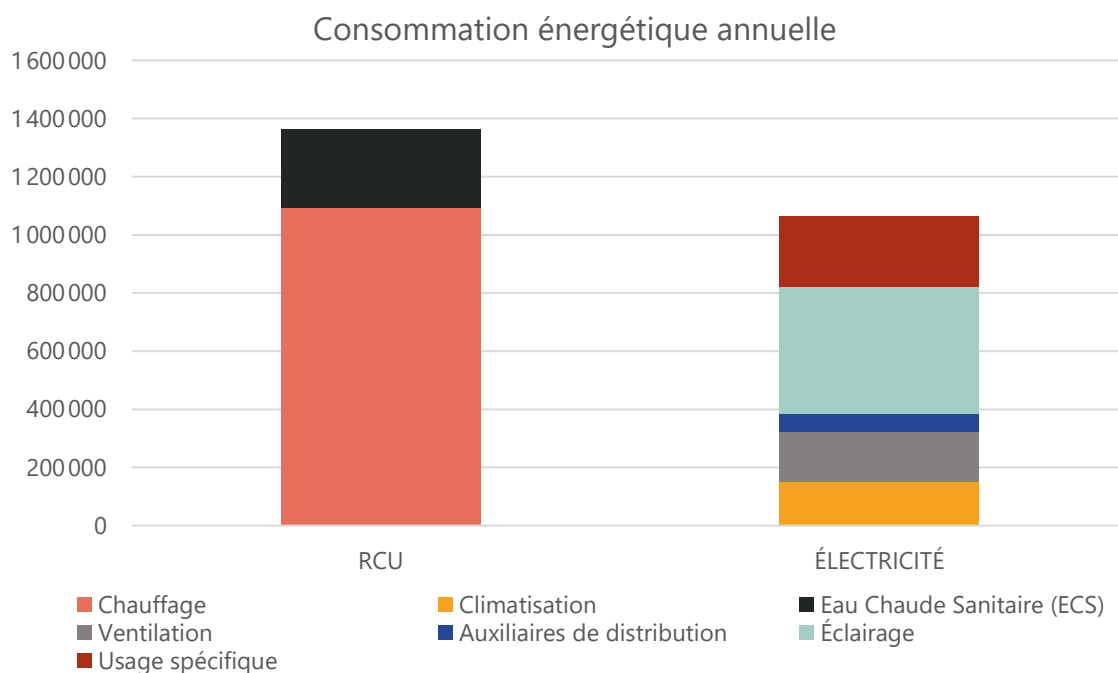
2.2. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE LA MODELISATION

Comme présenté dans le rapport *État des lieux*, la Simulation Thermique Dynamique (STD) ainsi que la Simulation Énergétique Dynamique (SED) ont permis d'estimer les consommations énergétiques du bâtiment sur la base d'un modèle physique représentatif de son fonctionnement réel.

Ces simulations ont été utilisées à la fois pour établir une situation de référence et pour évaluer l'impact énergétique des différentes actions envisagées sur le site. Les scénarios d'intervention ont été modélisés afin de quantifier les réductions de consommation atteignables en fonction des caractéristiques thermiques du bâtiment et de ses usages.

2.2.1. Détails des consommations issues de la STD

	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m ² .SDP	%
Chauffage	1 092 387	80%	-	0%	90	45%
Climatisation	-	0%	148 566	14%	12	6%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	269 250	20%	-	0%	22	11%
Ventilation	-	0%	175 210	16%	14	7%
Auxiliaires de distribution	-	0%	61 246	6%	5	3%
Éclairage	-	0%	437 048	41%	36	18%
Usage spécifique	-	0%	241 427	23%	20	10%
Production d'énergie renouvelable	-	0%	-	0%	0	0%
TOTAL	1 361 637		1 063 497		199	



3. ACTIONS PRÉCONISÉES

À l'issue de l'étude énergétique du bâtiment, plusieurs leviers d'amélioration ont été identifiés.

Ces pistes concernent principalement trois postes de consommation :

- les installations d'éclairage.
- l'enveloppe thermique du bâtiment : menuiseries extérieures
- les systèmes CVC et leurs régulations associées,

En effet, le bâtiment n'étant pas particulièrement vétuste, la mise en place d'ITE ou ITI n'est pas comprise dans les actions. Il s'agit principalement d'agir sur le pilotage et l'amélioration des systèmes ainsi que des menuiseries.

L'ensemble des actions retenues fait l'objet d'un chiffrage détaillé, intégrant le cas échéant les aides financières mobilisables, notamment les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE).

Les actions sont décrites en détail sous forme de fiches individuelles, présentes en annexe, à la section [Fiches actions](#). Ces fiches contiennent notamment le descriptif des travaux et contraintes potentielles, les gains associés estimés, les coûts d'investissement et les temps de retour (TRI).

Les économies d'énergie indiquées dans les fiches actions, ainsi que dans le tableau récapitulatif ci-dessous, sont calculées indépendamment pour chaque action. Les interactions possibles, autrement dit, les effets de synergie ou de recouvrement, ne sont pas intégrés à ce niveau. Il est donc important de souligner que la somme des gains individuels ne reflète pas nécessairement le gain global en cas de mise en œuvre simultanée de plusieurs actions. De plus, les TRI indiqués pour chacune des actions sont calculés sur la base de l'hypothèse de coût de l'énergie correspondant au scénario d'inflation C2.

À l'inverse, les scénarios de travaux présentés en section [Scénarisation](#) et utilisés pour l'[Etude du coût global](#) reposent sur des bouquets d'actions. Ainsi, ces scénarios tiennent compte des interactions entre les actions mises en œuvre, afin de fournir une évaluation plus réaliste des gains énergétiques cumulés, intégrant ainsi l'ensemble des effets combinés, positifs ou négatifs.

3.1.SYNTHESE DES PRÉCONISATIONS

N°	Désignation	Usage	Coût sans CEE (€HT)	Reste à charge (€HT)	Gains annuels					ROI Actualisé avec subventions	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
					Gain énergétique		Gain économique moyen sur le TRI		Gain carbone				
1	Mettre en place un réduit de nuit sur les circuits de chauffage des zones intermittentes	Chauffage	500 € HT	500 € HT	184,16 MWh	7,6%	22 273 € HT	20,43 Teq.CO2	7,9%	Immédiat	X	X	X
2	Centraliser le pilotage des consoles des systèmes de climatisation réversibles	Climatisation	12 000 € HT	12 000 € HT	62,39 MWh	2,6%	10 484 € HT	3,23 Teq.CO2	1,2%	1 an	X	X	X
3	Mettre en place un réduit sur les débits de ventilation la nuit	Chauffage	500 € HT	500 € HT	310,00 MWh	12,8%	35 029 € HT	37,50 Teq.CO2	14,5%	Immédiat	X	X	X
4	Remplacer les têtes thermostatiques par des modèles récents	Climatisation	26 000 € HT	26 000 € HT	91,78 MWh	3,8%	13 041 € HT	7,74 Teq.CO2	3,0%	1 an		X	X
5	Mise en place de batteries de récupération de calories sur les CTA	Chauffage	66 000 € HT	66 000 € HT	121,77 MWh	5,0%	14 018 € HT	15,00 Teq.CO2	5,8%	4 ans		X	X
6	Relamping LED	Éclairage	117 000 € HT	108 100 € HT	122,20 MWh	5%	34 159 € HT	-8,6 Teq.CO2	- 3,3%	3 ans		X	X
7	Gradation pour éclairage de la coursive vitrée R+1/2	Éclairage	800 € HT	800 € HT	61,77 MWh	2,5%	10 237 € HT	3,37 Teq.CO2	1,3%	Immédiat	X	X	X
8	Mise en place de circuits 2/3 - 1/3 sur l'éclairage des circulations	Éclairage	15 500 € HT	15 500 € HT	67,90 MWh	2,8%	12 423 € HT	2,23 Teq.CO2	0,9%	1 an		X	X
9	Remplacement des menuiseries	Chauffage	730 000 € HT	681 000 € HT	210,67 MWh	8,7%	30 221 € HT	26,08 Teq.CO2	10,1%	22 ans			X
10	Optimiser la loi d'eau réseau EC radiateurs	Chauffage	500 € HT	500 € HT	135,23 MWh	5,6%	12 883 € HT	19,37 Teq.CO2	7,5%	Immédiat	X	X	X

Audit Energétique APHP – TENON – GABRIEL

11	Diminuer la TNC	Chauffage	500 € HT	500 € HT	6,55 MWh	0,3%	610 € HT	0,96 Teq.CO2	0,4%	Immédiat	X	X	X
12	Isoler le réseau EC au niveau des arrivées BC CTA	Chauffage	11 000 € HT	6 000 € HT	32,77 MWh	1,4%	3 051 € HT	4,78 Teq.CO2	1,8%	1 an	X	X	X
13	Isoler les points singuliers restant en SST Chauffage/ECS	Chauffage	6 000 € HT	4 700 € HT	24,46 MWh	1,0%	2 292 € HT	3,57 Teq.CO2	1,4%	2 ans	X	X	X
14	Désembouage et équilibrage des réseaux de chauffage	Chauffage	45 000 € HT	38 500 € HT	57,91 MWh	2,4%	6 188 € HT	7,80 Teq.CO2	3,0%	6 ans		X	X
15	Nettoyer condenseur GF	Climatisation	500 € HT	500 € HT	11,39 MWh	0,5%	1 866 € HT	0,65 Teq.CO2	0,2%	Immédiat	X	X	X
16	S'assurer du bon nettoyage des échangeurs des VRV	Climatisation	500 € HT	500 € HT	1,14 MWh	0,0%	191 € HT	0,07 Teq.CO2	0,0%	2 ans	X	X	X
17	Mettre une HP flottante sur les GF	Climatisation	10 000 € HT	0 € HT	27,14 MWh	1,1%	4 449 € HT	1,54 Teq.CO2	0,6%	1 an	X	X	X
18	Mettre une BP flottante sur les GF	Climatisation	5 000 € HT	0 € HT	2,71 MWh	0,1%	445 € HT	0,15 Teq.CO2	0,1%	3 ans	X	X	X
19	Mettre en place un freecooling sur les GF	Climatisation	30 000 € HT	30 000 € HT	19,28 MWh	0,8%	3 639 € HT	1,10 Teq.CO2	0,4%	8 ans		X	X
20	Ajouter un variateur de fréquence et/ou changer les pompes de circulation réseau de froid	Auxiliaires de distribution	11 000 € HT	9 700 € HT	24,69 MWh	1,0%	4 128 € HT	1,40 Teq.CO2	0,5%	2 ans	X	X	X
21	Récupération de chaleur sur eaux grises	Eau Chaude Sanitaire	25 000 € HT	22 000 € HT	45,09 MWh	1,9%	4 247 € HT	6,64 Teq.CO2	2,6%	5 ans		X	X

4. SCÉNARISATION

Afin de guider la prise de décision en fonction des contraintes budgétaires, des objectifs de performance énergétique et des stratégies d'investissement, trois scénarios d'actions sont proposés pour le présent bâtiment. Ces scénarios permettent d'apprécier l'impact énergétique et économique de différentes combinaisons de travaux. Ils sont issus de **simulations thermiques et énergétiques dédiées** intégrant l'ensemble des effets combinés.

Les trois scénarios proposés pour ce bâtiment sont :

- Le **scenario 1 « Gains rapides »** : privilégie des actions à faible temps de retour sur investissement ($TRI < 4\text{ans}$).
- Le **scenario 2 « Gains moyen terme »** : reprend l'ensemble des actions du scénario 1 et y ajoute des travaux d'amélioration des systèmes d'éclairage, de chauffage, de production de froid et de récupération de chaleur.
- Le **scénario 3 « Gains long terme »** : combine les actions des scénarios 1 et 2, ainsi que le remplacement des menuiseries.

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

Chacun des trois scénarios de travaux (1 à 3) a été décliné selon trois hypothèses de coût de l'énergie (C1, C2, C3), conformément aux consignes définies dans la section [Hypothèses de calcul](#). Cette approche permet de tester la robustesse économique des investissements face à différentes évolutions potentielles des prix de l'énergie.

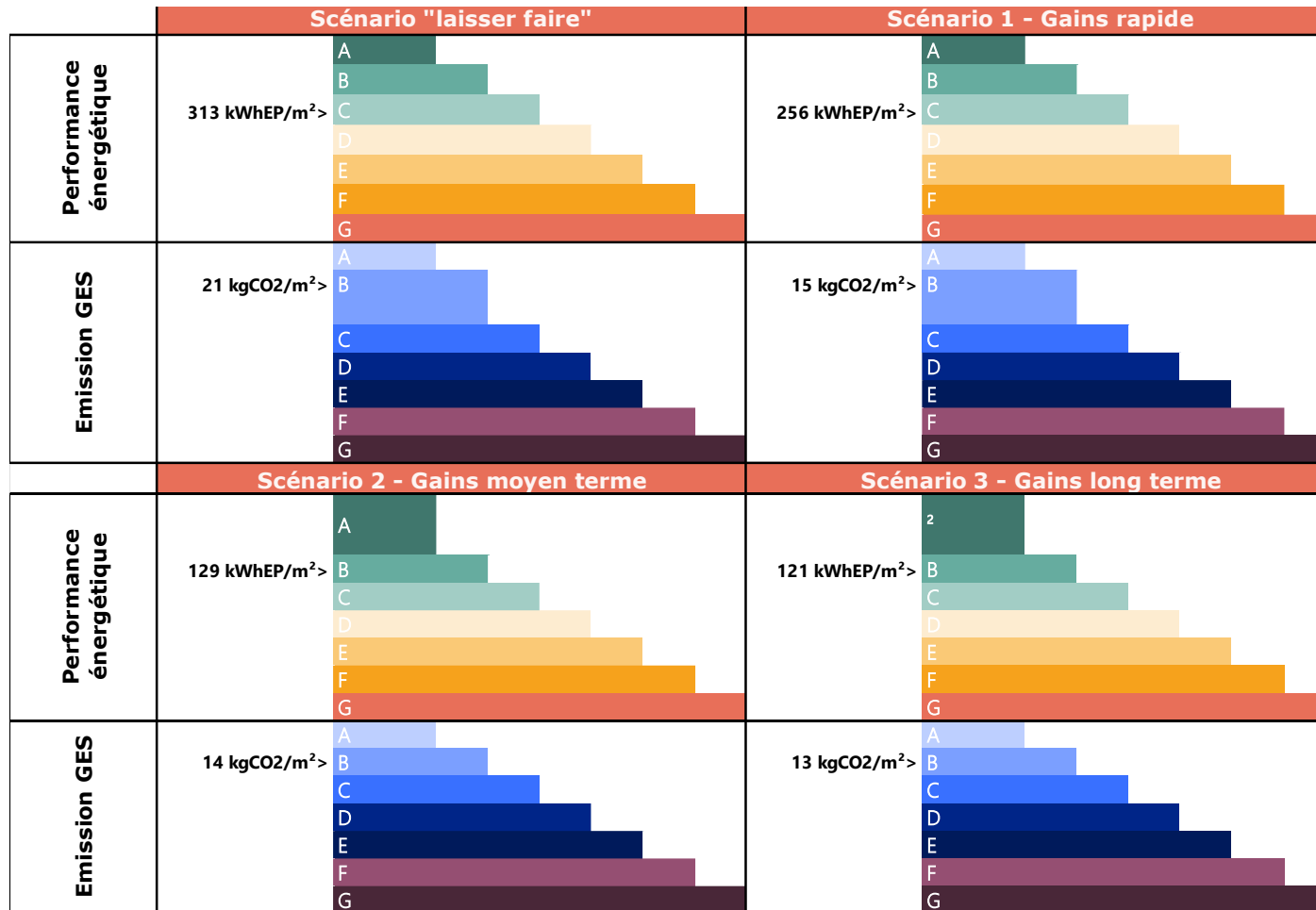
4.1.SYNTHESE ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DES SCENARIOS

			Coût			Gain théorique				Gains annuels moyens sur ROI			ROI		
Bâtiment	Désignation	Usage	Hors CEE [€ HT]	Avec CEE [€ HT]	CEE [€ HT]	[kWhEF/an]	[%]	GES [%]	[kg CO2/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [€/an]	C2 (Actualisé avec CEE) [€/an]	C3 (Actualisé avec CEE) [€/an]	C1 (Actualisé avec CEE) [an(s)]	C2 (Actualisé avec CEE) [an(s)]	C3 (Actualisé avec CEE) [an(s)]
GABRIEL	Scénario 1	Multipostes	58 800	15 400	43 400	576 369	24%	29%	75 716	60 361	60 361	60 361	Immédiat	Immédiat	Immédiat
	Scénario 2	Multipostes	383 300	321 500	61 800	856 308	35%	36%	94 295	104 137	107 026	107 026	3 ans	3 ans	3 ans
	Scénario 3	Multipostes	1 113 300	1 002 500	110 800	946 144	39%	41%	105 928	113 680	125 114	128 823	9 ans	8 ans	8 ans

Les trois scénarios proposés présentent des niveaux d'investissement croissants, avec des gains énergétiques et environnementaux de plus en plus marqués.

- Le Scénario 1, assez peu coûteux (15 000 € de reste à charge après CEE), permet des gains modestes (24 % d'économies d'énergie, 29 % de réduction des GES) avec un ROI immédiat.
- Le Scénario 2, plus ambitieux, représente un bon compromis entre performance et coût, avec 35 % d'économies d'énergie, 36 % de baisse des GES pour un reste à charge de 321 500 € et un ROI situé autour des 3 ans.
- Le Scénario 3 offre les meilleurs résultats en termes de gains (39 % énergie, 41 % GES), mais nécessite l'investissement le plus élevé (1 M€ de reste à charge), mais avec un ROI raisonnable (jusqu'à 8 ans).

4.2. IMPACT SUR LA PERFORMANCE



Le scénario «laisser faire», correspondant à l'absence d'intervention, présente les plus fortes consommations et émissions, avec 313 kWhEP/m² et 21 kgCO₂/m², traduisant une performance énergétique médiocre.

Le scénario 1 ne permet pas de changer d'étiquette, cependant à partir du scénario 2, la performance énergétique passe à B et pour le scénario 3, l'émissions GES passe en plus en A.

4.3. CONCLUSION

Le scénario « Gains rapides » permet d'atteindre **24 %** d'économie d'énergie et 29% de réduction d'émissions de GES avec un budget de 15 k€ (43 k€ de subventions déduites)

Le scénario « Gains moyen terme » permet d'atteindre **35%** d'économie d'énergie et 36% de réduction d'émissions de GES avec un budget de 321 k€ (62 k€ de subventions déduites)

Le scénario « Gains long terme » permet d'atteindre **39 %** d'économie d'énergie et de 41% réduction d'émissions de GES avec un budget de 1 M€ (120 k€ de subventions déduites)

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%	29%	€58 800	€15 400	€43 400	Immédiat	Immédiat	Immédiat
2	35%	36%	€383 300	€321 500	€61 800	3 ans	3 ans	3 ans
3	39%	41%	€1 113 300	€1 002 500	€110 800	9 ans	8 ans	8 ans

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 les 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.

Coûts prévisionnels par poste		Scénario « laisser faire »	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissement hors aides systèmes de chauffage	€HT	-	0	0	0
Investissement isolation murs	€HT	-	0	0	730 000
Investissement isolation toitures	€HT	-	17 000	43 000	43 000
Investissement isolation plancher bas	€HT	-	1 000	67 000	67 000
Investissement isolation menuiseries	€HT	-	26 800	189 300	189 300
Investissement ventilation	€HT	-	0	0	0
Investissement autres (éclairage, photovoltaïque)	€HT	-	13 500	13 500	13 500
Maîtrise d'œuvre	%	0%	15%	15%	15%
	€HT	0	8 745	46 920	156 420
Aléas	%	0%	5%	5%	5%
	€HT	0	2 915	15 640	52 140
Investissement total hors aides	€HT	0	69 960	375 360	1 251 360
Montant CEE	€HT	-	43 400	61 800	110 800
Investissement total aides déduites	€HT	-	26 560	313 560	1 140 560

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	TOTAL
Scénario "laisser faire"					
C1	301 076 €	0 €	0 €	0 €	301 076 €
C2	414 709 €	0 €	0 €	0 €	414 709 €
C3	481 716 €	0 €	0 €	0 €	481 716 €
Scénario 1					
C1	240 586 €	0 €	1 764 €	1 669 €	244 018 €
C2	339 260 €	0 €	1 764 €	1 669 €	342 693 €
C3	393 747 €	0 €	1 764 €	1 669 €	397 179 €
Scénario 2					
C1	181 898 €	0 €	10 749 €	19 699 €	212 346 €
C2	249 510 €	0 €	10 749 €	19 699 €	279 958 €
C3	289 868 €	0 €	10 749 €	19 699 €	320 317 €
Scénario 3					
C1	172 356 €	0 €	10 749 €	71 656 €	254 760 €
C2	237 502 €	0 €	10 749 €	71 656 €	319 906 €
C3	275 872 €	0 €	10 749 €	71 656 €	358 277 €

Analyse des Coûts Moyens Annuels

Scénario "laisser faire"

Ce scénario affiche le coût annuel moyen le plus élevé, variant de 301 076 253 € (C1) à 481 716 € (C3). Il repose entièrement sur des coûts directs (P1), sans provision pour réparations ou remboursement d'annuités. La hausse de l'inflation a donc un impact significatif.

Scénario 1 (Gains rapides)

Ce scénario permet une réduction des coûts annuels par rapport au scénario témoin (-21% à -24% 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 scénario permet une réduction plus nette des coûts globaux (-30% à -34% par rapport au scénario témoin). L'investissement initial est plus important (19 700 € 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 (71 700€ d'annuités de remboursement). Cependant, il génère le coût annuel moyen le plus bas sur 20 ans (-32% à -37% par rapport au scénario témoin). La part des coûts directs (P1) est la plus faible (68% en C1, 77% en C3), illustrant une dépendance aux investissements mais une meilleure maîtrise des coûts d'exploitation futurs.

Impact de l'Inflation sur les Scénarios

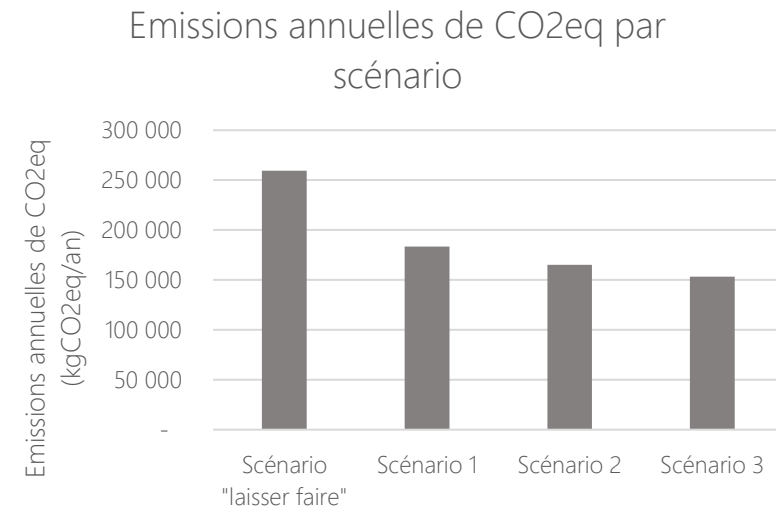
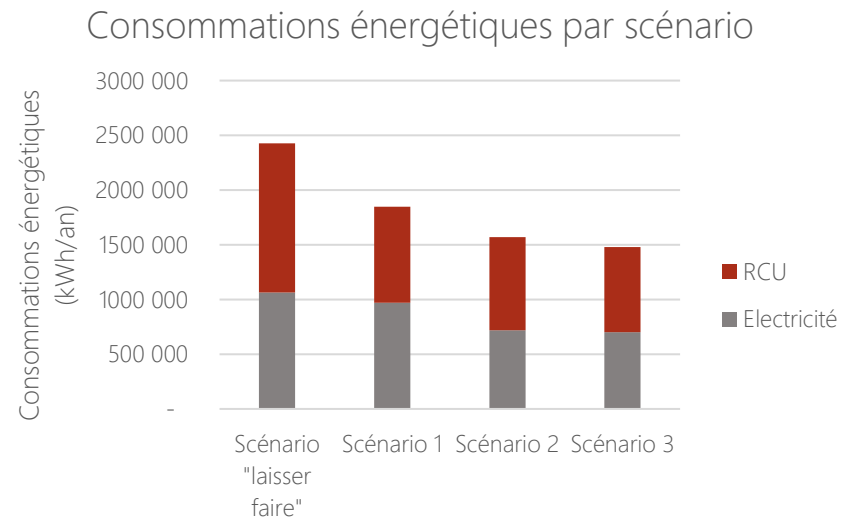
Le scénario "laisser faire" est le plus sensible à l'inflation, avec une augmentation de +55% entre C1 et C3.

Les scénarios avec travaux amortissent mieux l'inflation, grâce aux annuités fixes de remboursement.

Le scénario 2 est le plus rentable et le scénario 3 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.

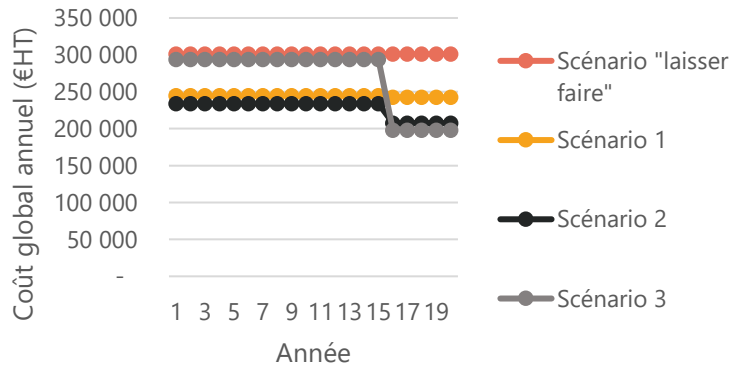
Décomposition du coût globale annuel moyenné sur 20 ans



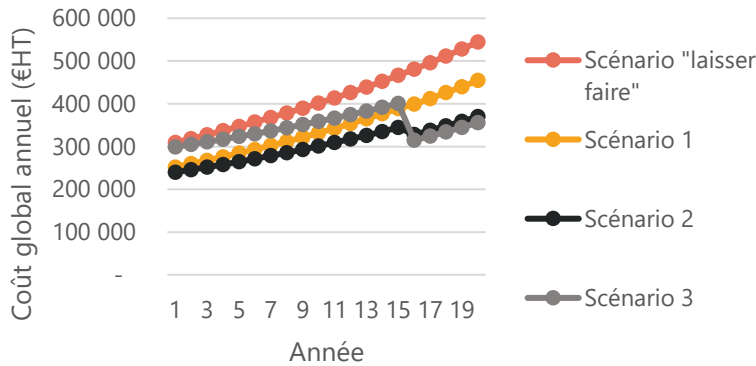


La mise en œuvre des scénarios permettrait **d'améliorer le bilan énergétique et environnemental du site**. En effet, les **émissions annuelles liées** à la consommation énergétique du site seraient diminuées de 29% pour le scénario 1, de 35% pour le scénario 2 et de 4% pour le scénario 3.

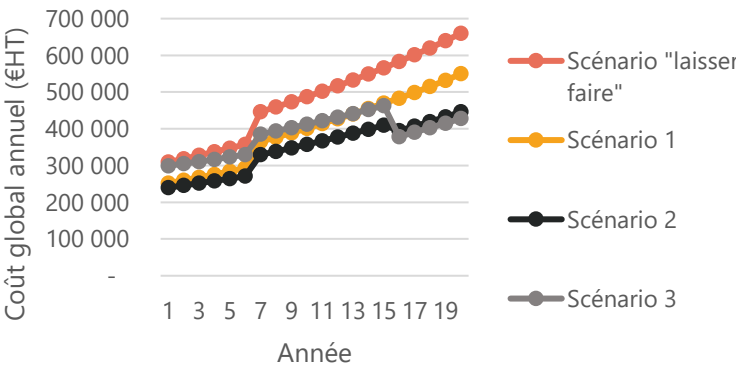
Evolution du coût global annuel sur
chaque scénario travaux - Contexte
inflation C1



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.

Conclusion

- 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.
- Les scénarios 2 et 3 restent proches en termes de rentabilité, en effet, seul le remplacement des menuiseries est compris en plus dans le scénario 3.

6. DÉCRET TERTIAIRE

Une valeur de référence ainsi qu'un objectif relatif ont été déclaré 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.

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)	12 148 m ²
Surface chauffée (m ²)	9 034 m ²
Surface refroidie (m ²)	4 220 m ²
Station météo	Paris Montsouris
Zone	H1a

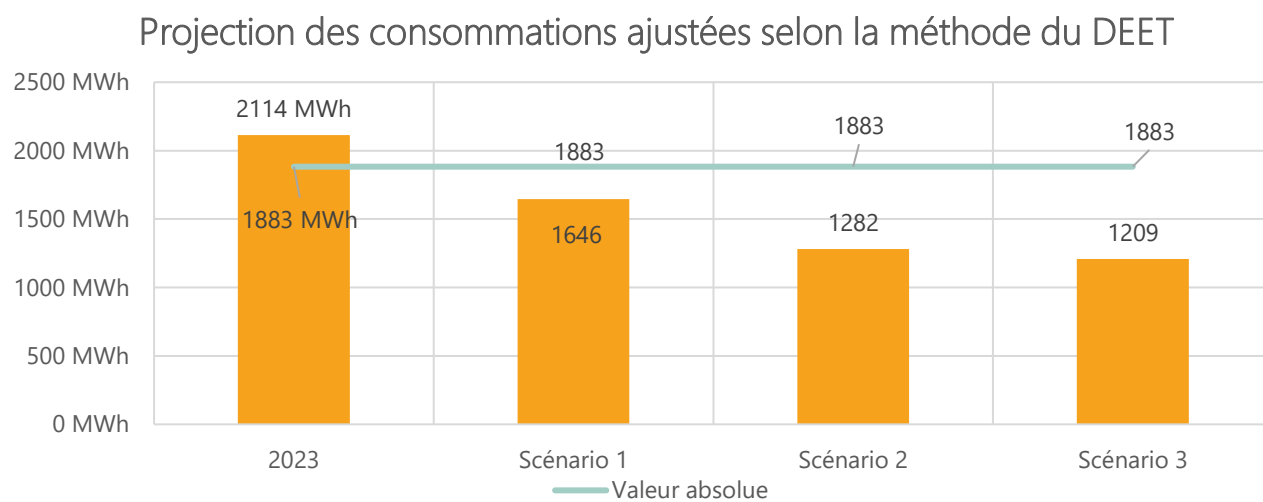
Pour rappel, l'objectif absolu calculé à titre indicatif dans le rapport état des lieux est le suivant :

Valeur absolue	Estimée 2023
155 kWhDT/m ² /an	174 kWhDT/m ² /an
1883 MWh	2114 MWh

En comparant la consommation de 2023 avec l'objectif calculé, il reste 11% d'effort à fournir à l'échelle du bâtiment d'ici 2030 pour atteindre la valeur absolue estimée.

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

Scénarios	Consommation projetée (MWhDT/an)	Objectif 2030 atteint
Scénario 1	1646	OUI
Scénario 2	1282	OUI
Scénario 3	1209	OUI



Le scénario 1 permet d'atteindre l'objectif absolu.

7. HYPOTHÈSES DE CALCUL

7.1. DONNEES ECONOMIQUES

Les **prix de l'énergie** retenus pour cette étude sont présentés ci-dessous. Trois hypothèses tarifaires, nommées C1, C2 et C3, ont été définies afin d'anticiper différents niveaux d'inflation et d'évaluer la sensibilité économique des scénarios de travaux face à ces évolutions.

Vecteur énergétique	Coût du MWh (€HT)	Inflation annuelle C1	Inflation annuelle C2	Inflation annuelle C3
Electricité	164.9 € HTVA / MWh	0%	4%	4% par an et 25% en 2030
RCU	93.9 € HTVA / MWh	0%	1,25%	1,25% par an et 25% en 2030

Le **prix des CEE** pris en compte est de **6€/MWh_{cumac}**, aucune inflation n'est appliquée à ce dernier.

7.2. FACTEURS DE CONVERSIONS

Les facteurs de conversions suivants sont appliqués :

Vecteur énergétique	Facteur d'émissions GES (kgCO ₂ /kWh _{EF})	Coefficient conversion Energie Primaire / Energie Finale*
Electricité	0,0569 kgCO ₂ /kWh _{EF}	2,3
RCU	0,146 kgCO ₂ /kWh _{EF}	1

*valeurs appliquées dans le cadre du DEET.

7.3. 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. ANNEXES

8.1. FICHES ACTIONS

Mettre en place un réducteur de nuit sur les circuits de chauffage des zones intermittentes

Action N°1

Investissement	Estimations
Coût	500 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	184,16 MWh
	8%
GES	20,43 Tq.CO2
	7,88%
Economies annuelles moyennes sur ROI	22 273 €
TRI	Immédiat
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le système de chauffage actuel ne prévoit pas de réduction nocturne : la température de consigne reste constante 24h/24 sur tous les départs. Les programmes horaires sont bien configurés sur l'ensemble des départs (intermittents et permanents), cependant aucune réduction de température n'est active : les écarts entre température de confort et réduite sont tous à 0,00°C.	Aucune contrainte technique majeure. Le réseau de chauffage est piloté via des vannes 3 voies (V3V) et géré par la GTB (Iconics via interface Trend). Le découpage hydraulique en circuits intermittents et permanents permet une modulation horaire efficace.

Amélioration proposée
Mettre en place une réduction nocturne de 2°C sur les circuits de chauffage intermittents (Nord-Ouest et Sud-Est) via modification des paramètres de la GTB : • Température de confort : 20°C • Réduit : 2°C • Plages horaires : 6h – 22h, lundi à dimanche

Les départs permanents ne devraient pas être concernés, sauf requalification possible de l'usage des zones.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	111723 kWh	72435 kWh
Gain financier [€ HT/an]	10 401 €	11 872 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	16312 kgCO2	4122 kgCO2

Centraliser le pilotage des consoles des systèmes de climatisation réversibles

Action N°2

Investissement	Estimations
Coût	12 000 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	12 000 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	62,39 MWh
	3%
GES	3,23 Teq.CO2
	1,24%
Economies annuelles moyennes sur ROI	10 484 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, chaque unité de climatisation réversible est pilotée localement par les utilisateurs via des consoles individuelles. Cette absence de gestion centralisée ne permet ni de garantir une cohérence énergétique, ni de respecter les exigences du décret BACS. Ce fonctionnement favorise également des surconsommations dues à des températures et horaires de fonctionnement non optimisés, ainsi que de potentiels débats l'hiver avec le système de chauffage par radiateurs.	Les équipements de climatisation sont de marques et de générations différentes, ce qui nécessite l'installation de passerelles de communication spécifiques pour assurer leur intégration dans un système de supervision. Aucune contrainte majeure d'espace ou d'accessibilité n'est à noter.

Amélioration proposée

Nous préconisons la mise en place d'un système de gestion centralisée des unités réversibles via GTB. Des consignes de température seront programmées selon des plages horaires adaptées aux usages des différentes zones, avec un bridage des températures disponibles localement et des réduits de nuit d'au moins 2°C.

Chaque équipement sera relié à la supervision via l'installation de passerelles adaptées à chaque marque, et les consoles utilisateurs seront remplacées par des modèles compatibles permettant une limitation des consignes.

Nous considérons un scénario avec :

- 23 consoles
- 6 passerelles installées.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	66040 kWh	-3648 kWh
Gain financier [€ HT/an]	10 824 €	-340 €
Economies de GES [keq.CO2/an]	3758 kgCO2	-533 kgCO2

Mettre en place un réducteur sur les débits de ventilation la nuit

Action N°3

Investissement	Estimations
Coût	500 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	310,00 MWh
	13%
GES	37,50 Teq.CO2
	14,46%
Economies annuelles moyennes sur ROI	35 029 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales

En dehors des CTA des blocs, qui présentent un ralenti de nuit, les autres CTA (bureaux, consultations) fonctionnent à plein régime 24h/24.

Aucune contrainte technique majeure, hormis l'accès aux réglages de l'automate SAIA.

Amélioration proposée
Programmer les CTA pour passage à 50% du débit de 22h à 6h. L'hypothèse de chiffrage prise en compte ici est que les CTA sont programmables via leur automate, qui était verrouillé par mot de passe le jour de la visite.

Cette action permet de réduire significativement les consommations électriques tout en maintenant une qualité d'air suffisante pendant les périodes d'occupation. De plus, en addition des économies électriques directes, cette action permet de réduire les besoins en chauffage en hiver et en climatisation en été, car moins d'air traité sera extrait inutilement.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	222889 kWh	87114 kWh
Gain financier [€ HT/an]	20 751 €	14 278 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	32542 kgCO2	4957 kgCO2

Remplacer les têtes thermostatiques par des modèles récents

Action N°4

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	26 000 €	Energétiques	91,78 MWh
Financements (CEE uniquement)			4%
Investissement total	26 000 €	GES	7,74 Teq.CO2
			2,99%
		Economies annuelles moyennes sur ROI	13 041 €
		TRI	1 an
		Catégorie de TRI	1
		Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
		Usage concerné	Climatisation

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales

Les radiateurs sont actuellement équipés de têtes thermostatiques vétustes, dont certaines sont endommagées ou non fonctionnelles.

Intervention à réaliser en milieu occupé.

Amélioration proposée

Remplacement des anciennes têtes thermostatiques par des modèles récents, plus précis et plus fiables, afin d'améliorer la régulation locale du chauffage.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	63500 kWh	28285 kWh
Gain financier [€ HT/an]	10 408 €	2 633 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	3613 kgCO2	4130 kgCO2

Mise en place de batteries de récupération de calories sur les CTA

Action N°5

Investissement	Estimations
Coût	66 000 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	66 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	121,77 MWh
	5%
GES	15,00 Teq.CO2
	5,79%
Economies annuelles moyennes sur ROI	14 018 €
TRI	4 ans
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Sur le bâtiment, 7 CTA avec extraction et soufflage, de marque Wolf Climatechnik, fonctionnent actuellement sans système de récupération de chaleur sur l'air extrait, entraînant une perte énergétique importante, notamment en période de chauffe. L'air extrait, encore chaud, est rejeté à l'extérieur sans valorisation.	Aucune contrainte majeure identifiée. Les locaux techniques sont suffisamment dimensionnés pour permettre l'ajout des équipements nécessaires (batteries + circuit hydraulique).

Amélioration proposée

Installer des systèmes de récupération de chaleur par batteries hydrauliques sur les CTA non équipées. Le système comprendra une batterie sur le flux d'air extrait qui capte les calories, une batterie sur l'air soufflé qui les restitue. Les deux batteries sont reliées par un circuit fermé avec circulation de fluide caloporteur par pompes de circulation sur variateur.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	90610 kWh	31165 kWh
Gain financier [€ HT/an]	8 436 €	5 108 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	13229 kgCO2	1773 kgCO2

Relamping LED

Action N°6

Investissement	Estimations
Coût	117 000 €
Financements (CEE uniquement)	8 900 €
Investissement total	108 100 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	122,20 MWh 5%
GES	-8,60 Teq.CO2 -3,32%
Economies annuelles moyennes sur	34 159 €
TRI	3 an(s)
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Éclairage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Plusieurs zones sont encore équipés de luminaires de type fluorescents.	Intervention en milieu occupé.
Amélioration proposée Il est recommandé de procéder au remplacement des luminaires fluorescents par des LED, principalement des dalles LED 60x60 dans les zones suivantes : têtes de lit chambres, circulations, certains bureaux . La surface concernée est estimée à 6500 m². Le remplacement des tubes fluorescents par des LED va entraîner une légère augmentation des besoins en chauffage, notamment en hiver, ce dernier dégageant plus de chaleur que les LED.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	296807 kWh	-174603 kWh
Gain financier [€ HT/an]	48 647 €	-16 256 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	16888 kgCO2	-25492 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

Gradation pour éclairage de la coursive vitrée R+1/2

Action N°7

Investissement	Estimations
Coût	800 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	800 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	61,77 MWh
	3%
GES	3,37 Tqeq.CO2
	1,30%
Economies annuelles moyennes sur	10 237 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
La coursive vitrée côté Nord (mur rideau prenant sur le R+1 et le R+2) est éclairée en permanence, alors que la luminosité de la zone est bonne.	Intervention en milieu occupé, équipements en hauteur avec nécessité d'intervention par nacelle.
Amélioration proposée	
Passer ce circuit d'éclairage en gradation en fonction de la lumière du jour si les luminaires en place sont gradables. S'ils ne le sont pas un allumage en fonction d'un certain seuil de luminosité sera à installer (coût équivalent).	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	63357 kWh	-1585 kWh
Gain financier [€ HT/an]	10 384 €	-148 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	3605 kgCO2	-231 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

Mise en place de circuits 2/3 - 1/3 sur l'éclairage des circulations

Action N°8

Investissement	Estimations
Coût	15 500 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	15 500 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	67,90 MWh
	3%
GES	2,23 Tq.CO2
	0,86%
Economies annuelles moyennes sur	12 423 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les circulations sont allumées en permanence sur la plupart des niveaux.	Intervention en milieu occupé.
Amélioration proposée	
Scinder les circuits d'éclairage dans les circulations en deux : 1 circuit allumé en permanence avec 1/3 des luminaires, l'autre sur détection de présence et les 2/3 des équipements.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	86186 kWh	-18290 kWh
Gain financier [€ HT/an]	14 126 €	-1 703 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	4904 kgCO2	-2670 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

Remplacement des menuiseries

Action N°9

Investissement	Estimations
Coût	730 000 €
Financements (CEE uniquement)	49 000 €
Investissement total	681 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Énergétiques	210,67 MWh
	9%
GES	26,08 T _{eq} .CO ₂
	10,06%
Economies annuelles moyennes sur ROI	30 221 €
TRI	22 ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Remplacement / amélioration des menuiseries
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales

Les menuiseries sont de type double-vitrage cadre aluminium, mais non ruptées contre les ponts thermiques, et de performance assez basse par rapport aux standards actuels (estimation $U_w = 3,5 \text{ W/m.K}$).

Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. Cependant il s'agit de travaux lourds et impactant fortement l'activité du bâtiment. De plus, le remplacement des menuiseries devra prendre en compte la possible isolation par l'extérieur des murs du bâtiment (pour éviter les ponts thermiques).

Amélioration proposée

Afin de diminuer les déperditions thermiques particulièrement élevées liées aux fenêtres et portes-fenêtres du bâtiment, il est préconisé de remplacer celles-ci, induisant des gains énergétiques très importants. Le coefficient de performance thermique des fenêtres et des portes-fenêtres à installer est défini à une valeur légèrement inférieure à $1,5 \text{ W/K.m}^2$, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104).

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	158190 kWh	52476 kWh
Gain financier [€ HT/an]	14 728 €	8 601 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	23096 kgCO ₂	2986 kgCO ₂

Optimiser la loi d'eau réseau EC radiateurs

Action N°10

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	500 €	Energétiques	135,23 MWh
Financements (CEE uniquement)			6%
Investissement total	500 €	GES	19,37 Teq.CO2
			7,47%
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	12 883 €
Scénario 1	OUI	TRI	Immédiat
Scénario 2	OUI	Catégorie de TRI	1
Scénario 3	OUI	Type d'action	Optimisation exploitation
		Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
La régulation actuelle de la température de départ chauffage sur les réseaux secondaires (EC), hors réseau constant CTA, ne semble pas optimale.	La régulation est assurée par un automate existant (Trend), relié à la GTB Iconics. L'automate permet une reprogrammation de la loi d'eau sans modification matérielle. Il n'y a pas de contrainte technique majeure à l'optimisation de la courbe : seule une phase d'analyse et de tests est nécessaire pour ajuster la pente, la base et les points de rupture en fonction du confort et des consommations observées. Aucun arrêt de chauffage requis.

Amélioration proposée

Nous préconisons de recalibrer la loi d'eau pour adapter la température de départ chauffage aux besoins réels, suivant les paramètres suivants :
--

Text [°C]	Tdépart [°C]	Tdépart préconisée [°C]
-7	75	70,0
0	55	57,0
10	45	38,5
20	25	20,0

Ce réglage permettra d'améliorer le confort thermique tout en réduisant les consommations d'énergie liées à la surproduction de chaleur et aux pertes thermiques.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	131086 kWh	4140 kWh
Gain financier [€ HT/an]	12 204 €	679 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	19139 kgCO2	236 kgCO2

Diminuer la TNC

Action N°11

Investissement	Estimations
Coût	500 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	6,55 MWh
	0%
GES	0,96 Teq.CO2
	0,37%
Economies annuelles moyennes sur ROI	610 €
TRI	Immédiat
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les réseaux secondaires de chauffage du bâtiment sont régulés par des vannes 3 voies (V3V), qui pilotent l'alimentation des radiateurs dans le bâtiment. Ce système est géré via une régulation Trend avec remontée des données sur la GTB Iconics. Actuellement, le seuil de température extérieure au-dessus de laquelle la production de chaleur est interrompue ("Température de Non-Chauffe, ou TNC) est programmé à 20°C sur ces départs.	Aucune contrainte technique majeure.

Amélioration proposée

Mise en place d'une TNC de 18°C est recommandée.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	6554 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	610 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	957 kgCO2	0 kgCO2

Isoler le réseau EC au niveau des arrivées BC CTA

Action N°12

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	11 000 €	Energétiques	32,77 MWh
Financements (CEE uniquement)	5 000 €		1%
Investissement total	6 000 €	GES	4,78 Teq.CO2
			1,85%
		Economies annuelles moyennes sur ROI	3 051 €
		TRI	1 an
		Catégorie de TRI	1
		Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
		Usage concerné	Chauffage

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales

Des manquements importants en isolation ont été constatés au niveau des 14 batteries chaudes des CTA ainsi que sur 9 circuits de récupération de chaleur.

Aucune contrainte technique majeure.

Amélioration proposée

Mettre en place une isolation thermique performante sur les canalisations d'eau chaude (EC) alimentant les batteries chaudes (BC) des centrales de traitement d'air (CTA), ainsi que sur les circuits de récupération associés.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	32772 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	3 051 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	4785 kgCO2	0 kgCO2

Isoler les points singuliers restant en SST Chauffage/ECS

Action N°13

Investissement	Estimations
Coût	6 000 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	6 000 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	24,46 MWh
	1%
GES	3,57 Teq.CO2
	1,38%
Economies annuelles moyennes sur ROI	2 292 €
TRI	2 ans
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Dans la sous-station, plusieurs sections de tuyauteries de chauffage présentent une absence d'isolation thermique. Il s'agit principalement de points singuliers (vannes, brides, circulateurs) ainsi que de certaines portions droites accessibles de canalisations. Ces zones non isolées génèrent des pertes de chaleur directes vers le local, réduisant le rendement du système et augmentant les consommations énergétiques. Au niveau du réseau ECS on comptabilise 9 points singuliers non-isolés, dont 1 matelas à remettre en place. Sur la sous-station chauffage, on comptabilise environ 12 points singuliers et environ 1 m de tuyauterie non-isolés, dont 2 matelas présents en sous-station à remettre sur les organes associés.	Cette action ne présente aucune contrainte majeure.

Amélioration proposée	
Nous recommandons d'isoler l'ensemble des points singuliers et tuyauteries. L'isolation des points singuliers devra être démontable (par matelas isolants avec scratchs ou fermetures adaptées) pour permettre la maintenance. Les longueurs droites pourront être isolées par coquilles ou gaines standards.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	24463 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 278 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	3572 kgCO2	0 kgCO2

Désembouage et équilibrage des réseaux de chauffage

Action N°14

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	45 000 €	Energétiques	57,91 MWh
Financements (CEE uniquement)	6 500 €		2%
Investissement total	38 500 €	GES	7,80 T _{eq} .CO ₂
			3%
		Economies annuelles moyennes sur ROI	6 188 €
		TRI	6 ans
		Catégorie de TRI	4
		Type d'action	Maintenance préventive / corrective
		Usage concerné	Chauffage

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, les réseaux de chauffage sont fortement obstrués et déséquilibrés, induisant des besoins de puissance hydraulique, de chauffage particulièrement élevés.	L'aspect architectural intérieur du bâtiment n'induit pas de contrainte architecturale. L'usage de certains locaux d'occupation du bâtiment (locaux d'hospitalisation, locaux d'opération) peut induire une contrainte technique due au travail en zone occupée.

Amélioration proposée
Afin de diminuer le besoin de puissance hydraulique et le besoin de chauffage lié à l'utilisation de réseaux de chauffage et de climatisation fortement obstrués et peu équilibrés, il est préconisé d'effectuer un nettoyage et un équilibrage de ceux-ci, induisant des gains énergétiques très importants. La technicité de cette opération nécessite l'intervention d'une entreprise spécialisée, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-SE-103). Le coût de cette préconisation inclut les prestations de désembouage et d'équilibrage des réseaux de chauffage et de refroidissement.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	50560 kWh	7350 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 707 €	1 205 €
Economies de GES [k _{eq} .CO ₂ /an]	7382 kgCO ₂	418 kgCO ₂

Nettoyer condenseur GF

Action N°15

Investissement	Estimations
Coût	500 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	11,39 MWh
	0%
GES	0,65 T _{eq} .CO ₂
	0,25%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 866 €
TRI	Immédiat
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les condenseurs sont très fortement encrassés (accumulation de poussières et débris). Ce niveau d'encrassement provoque une baisse d'échange thermique, ce qui entraîne une surconsommation électrique des compresseurs, une usure prématurée des équipements et un rendement dégradé même à charge partielle.	Pas de contrainte technique majeure. Les groupes sont accessibles facilement.

Amélioration proposée

--

Procéder à un nettoyage complet des condenseurs des groupes froids afin de restaurer l'efficacité énergétique du système.
Mettre en place un nettoyage semestriel structuré par la maintenance.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	11386 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 866 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	648 kgCO ₂	0 kgCO ₂

S'assurer du bon nettoyage des échangeurs des VRV

Action N°16

Investissement	Estimations
Coût	500 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	1,14 MWh
	0,05%
GES	0,07 T _{eq} .CO ₂
	0,03%
Economies annuelles moyennes sur ROI	191 €
TRI	2 ans
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Maintenance préventive / corrective
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les systèmes de climatisation réversible à détente directe ou VRV fonctionnent par détente directe et comportent des unités extérieures avec échangeurs thermiques à ailettes. Ces échangeurs sont particulièrement sensibles à l'encrassement (poussières, pollens, débris organiques, pollution atmosphérique, etc.), ce qui dégrade leur performance énergétique et augmente la consommation électrique des groupes.	L'entretien des échangeurs est en général prévu dans les contrats de maintenance. Cependant, la fréquence et la qualité des nettoyages doivent être vérifiées, surtout en environnement urbain, végétalisé ou en cas d'équipement abrités (la pluie participant au nettoyage naturel des ailettes).

Amélioration proposée

Vérifier systématiquement lors des maintenances préventives que les échangeurs extérieurs des VRV sont correctement nettoyés, au minimum une fois par an avant la saison estivale.
Mettre à jour les fiches d'intervention pour inclure des indicateurs simples de suivi de l'encrassement (ΔT , pression, visuel), et sensibiliser les équipes de maintenance à l'impact énergétique du mauvais entretien.

Cette action permet de restaurer le rendement nominal des machines, de prolonger leur durée de vie et d'optimiser leur consommation électrique.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	1144 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	188 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	65 kgCO ₂	0 kgCO ₂

Mettre une HP flottante sur les GF

Action N°17

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	10 000 €	Energétiques	27,14 MWh
Financements (CEE uniquement)	10 000 €		1%
Investissement total	0 €	GES	1,54 Teq.CO2
			0,60%
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	4 449 €
		TRI	1 an
		Catégorie de TRI	1
		Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
		Usage concerné	Climatisation
Scénario 1	OUI		
Scénario 2	OUI		
Scénario 3	OUI		

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales

Les groupes froids, situés en toiture et alimentant les BF des CTAs, ne sont pas équipés d'haute pression (HP) flottante.

L'installation est relativement simple et ne présente pas de contrainte particulière.
L'automate embarquant les algorithmes de HP flottante récupère les informations de HP sur le fluide frigorigène et la température extérieure puis traite ces informations.

Amélioration proposée

--

Mettre en place une régulation permettant de faire varier le point de consigne de régulation HP des ventilateurs de condenseur en fonction de la température extérieure (HP flottante) en fonction des besoins réels d'un site.

Cette opération est éligible aux CEE (BAT-TH-134).

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	27142 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 449 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1544 kgCO2	0 kgCO2

Mettre une BP flottante sur les GF

Action N°18

Investissement	Estimations
Coût	5 000 €
Financements (CEE uniquement)	5 000 €
Investissement total	0 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	2,71 MWh
	0%
GES	0,15 Teq.CO2
	0,06%
Economies annuelles moyennes sur ROI	445 €
TRI	4 ans
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales

Les groupes froids, situés en toiture et alimentant les BF des CTAs, ne sont pas équipés de basse pression (BP) flottante.

L'installation est relativement simple et ne présente pas de contrainte particulière. Il est préconisé de mutualiser cette action avec la mise en place de la HP flottante.

Amélioration proposée

Mettre en place une régulation permettant de faire varier le point de consigne BP de la centrale frigorifique en fonction des besoins réels d'un site.
Ces opérations sont éligibles aux CEE, BAT-TH-145.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	2714 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	445 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	154 kgCO2	0 kgCO2

Mettre en place un freecooling sur les GF

Action N°19

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	30 000 €	Energétiques	19,28 MWh
Financements (CEE uniquement)	0 €		1%
Investissement total	30 000 €	GES	1,10 Teq.CO2
			0,42%
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	3 639 €
Scénario 1	NON	TRI	8 ans
Scénario 2	OUI	Catégorie de TRI	4
Scénario 3	OUI	Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
		Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales

Les groupes froids fonctionnent en régime 6/12°C, pour alimenter principalement des blocs opératoires. Malgré la faible charge en hiver, l'installation est en fonctionnement. Ce fonctionnement continu, même en période froide, représente un gisement d'optimisation énergétique non exploité.

L'intégration d'un tel système requiert un espace disponible en toiture pour l'échangeur, une étude de charge structurelle (ajout de masse), et une adaptation du réseau hydraulique existant. Une coordination avec la supervision technique du site (GTC) est nécessaire pour garantir une bascule automatique sans rupture de service, surtout dans un environnement critique comme les blocs opératoires.

Amélioration proposée

Ajouter un échangeur air/eau dédié, avec une vanne trois voies et une régulation adaptée, permettrait de basculer tout ou partie du refroidissement sur le free-cooling pendant les périodes froides. Le free-cooling utilise l'air extérieur, lorsqu'il est suffisamment froid, pour refroidir directement l'eau du circuit sans solliciter les compresseurs. En pratique, un échangeur placé sur la toiture assure ce transfert thermique : l'air ambiant refroidit l'eau de retour du circuit (environ 12°C) pour l'abaisser partiellement ou totalement, sans passer par la chaîne frigorifique classique. La surconsommation électrique induite par l'ajout de ce système est déduite du gain global estimé.

Pas éligible au CEE car le régime de température est trop faible.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	19275 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	3 159 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1097 kgCO2	0 kgCO2

Ajouter un variateur de fréquence et/ou changer les pompes de circulation
réseau de froid

Action N°20

Investissement	Estimations
Coût	11 000 €
Financements (CEE uniquement)	1 300 €
Investissement total	9 700 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	24,69 MWh
	1%
GES	1,40 Teq.CO2
	0,54%
Economies annuelles moyennes sur ROI	4 128 €
TRI	2 ans
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Auxiliaires de distribution

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
3 pompes réseau de distribution de froid sans variateurs. Ce fonctionnement ne permet pas d'ajuster le débit au plus juste selon les besoins thermiques réels du réseau, ce qui peut entraîner des surconsommations électriques et des déséquilibres hydrauliques.	Aucune contrainte technique majeure.

Amélioration proposée

Intégrer des variateurs de pression aux pompes actuelles. Leur fonctionnement modulé en fonction de la pression différentielle permettra une réduction de la consommation électrique. Cette action prêtant aux CEE (BAT-TH-112), cependant le montant est dérisoire (30€) et n'a donc pas été intégré.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	24691 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 047 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1405 kgCO2	0 kgCO2

Récupération de chaleur sur eaux grises

Action N°21

Investissement		Estimations	Gains		Estimations
Coût		25 000 €	Energétiques		45,09 MWh
Financements (CEE uniquement)		3 000 €			2%
Investissement total		22 000 €	GES		6,64 Teq.CO2
					3%
			Economies annuelles moyennes sur ROI		4 247 €
			TRI		5 ans
			Catégorie de TRI		3
			Type d'action		Système de production d'ECS
			Usage concerné		Eau Chaude Sanitaire

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales

Actuellement, aucun système de récupération de chaleur sur eaux grises n'est installé, induisant une consommation de chaleur depuis le RCU pour produire l'ECS élevée.

L'accessibilité des réseaux d'eaux grises, la compatibilité avec l'existant et la possibilité d'implantation à proximité sont les principales contraintes techniques et architecturales.

Amélioration proposée
Afin de diminuer le besoin de chaleur issue du RCU lié à la production d'ECS, il est préconisé d'installer un système de récupération de chaleur sur eaux grises, induisant des gains énergétiques importants. Le dispositif envisagé intégrera un système de pompage avec filtration des eaux usées, couplé à un échangeur de chaleur raccordé en boucle sur l'arrivée d'eau de ville, afin de préchauffer l'eau froide entrante.

Compte tenu de la technicité de l'installation, l'intervention d'une entreprise qualifiée est indispensable. Cela permettra également de répondre aux exigences techniques nécessaires à l'obtention des certificats d'économies d'énergie (dispositif CEE – fiche BAT-TH-154).

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	45772 kWh	-687 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 261 €	-113 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	6683 kgCO2	-39 kgCO2

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.

CONTACTS

Bastien Ringès

Auditeur énergétique

bastien.ringes@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Clarisse.manteau@advizeo.io

Zoé Pluyaud

Auditrice énergétique

Zoe.pluyaud@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland

2 Cour de l'Île Louviers

75004 Paris

www.advizeo.io

advizeo