

Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – AUDIT

Hôpital de Tenon – Bâtiment Salmon et Chapelle

EMETTEURS

Zoé PLUYAUD
Energy Manager – Advizeo

Filip SOUILLAC
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
Zoé PLUYAUD	Energy Manager	Rédaction
Filip SOUILLAC	Energy Manager	Rédaction
Bastien RINGES	Expert STD	Support
Clarisse MANTEAU	Directrice de projet	Validation

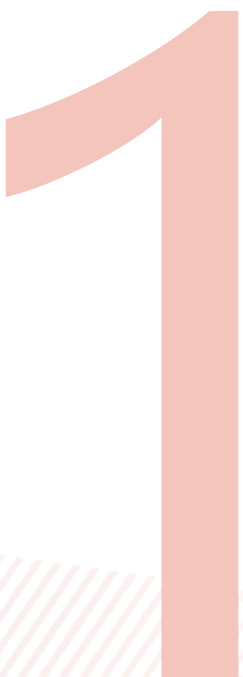
Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_Audit_TENON_SALMON et CHAPELLE_V1	31/07/2025	-

Sommaire

1.	Objet du document.....	5
2.	Rappel DES RESULTATS DE LA SIMULATION.....	5
2.1.	Consommations annuelles du batiment	5
3.	Actions Préconisées	6
3.1.	Synthèse des Préconisations	7
4.	Scénarisation	8
4.1.	Synthèse énergétique et économique des scénarios	9
4.2.	Impact sur la performance.....	10
5.	Etude du coût global	11
6.	décret tertiaire	16
7.	Conclusion generale	18
8.	Hypothèses de calcul	19
8.1.	Donnees économiques	19
8.2.	Facteurs de conversions	19
8.3.	Données météorologiques	19
9.	ANNEXES	20
9.1.	Fiches actions	20
9.2.	Subventions et aides.....	30
	Contacts	31

Objet du document



1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent document complète l'étude initiale présentée dans le rapport APHP_Etat des lieux_TENON_SALMON et CHAPELLE_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 DES RESULTATS DE LA SIMULATION

2.1. CONSOMMATIONS ANNUELLES DU BATIMENT

Les consommations modélisées sur Salmon sont les suivantes. L'explication de la méthode utilisée se trouve dans le rapport Etat des lieux.

	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	161 635	89%	-	0%	73	54%
Climatisation	-	0%	20 209	18%	9	7%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	19 518	11%	-	0%	9	7%
Ventilation	-	0%	3 133	3%	1	1%
Auxiliaires de distribution	-	0%	10 147	9%	5	4%
Éclairage	-	0%	34 380	30%	16	12%
Usage spécifique	-	0%	46 761	41%	21	16%
Production d'énergie renouvelable	-	0%	-	0%	0	0%
TOTAL	181 153		114 630		134	

La part de RCU est d'environ 60% contre 40% pour l'électricité. Le poste chauffage est ainsi un des premiers gisements d'économies d'énergie.

Les consommations modélisées sur la chapelle sont les suivantes :

	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	92 500	100%	-	0%	197	94%
Éclairage	-	0%	5 800	100%	12	6%
TOTAL	92 500		5 800		209	

La part de RCU est d'environ 90% contre 10% pour l'électricité. Le poste chauffage est ainsi un le premier gisement d'économies d'énergie.

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 :

- L'enveloppe thermique du bâtiment (parois opaques et menuiseries extérieures),
- Les systèmes CVC et leurs régulations associées,
- Les installations d'éclairage.

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 ont été préconisées.

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°	Gains annuels											
	Désignation	Usage	Coût sans CEE (€HT)	Reste à charge (€HT)	Gain énergétique		Gain économique moyen sur le TRI	Gain carbone	ROI Actualisé avec subventions	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1	Réglage chauffage atelier/centre aéré (vapeur)	Chauffage	500 € HT	500 € HT	8 MWh	2%	241 € HT	1,30 Teq.CO2	Immédiat	X	X	X
2	Réglage chauffage laboratoire (eau chaude)	Chauffage	500 € HT	500 € HT	22 MWh	7%	1 422 € HT	3,36 Teq.CO2	Immédiat	X	X	X
3	Isolation des points singuliers en SST Chauffage/ECS	Chauffage	3 500 € HT	3 500 € HT	2 MWh	1%	233 € HT	0,35 Teq.CO2	6 ans		X	X
4	Mettre des variateurs sur les pompes de distributions réseau radiateurs	Chauffage	5 000 € HT	5 000 € HT	4 MWh	1%	528 € HT	0,47 Teq.CO2	9 ans		X	X
5	Réglage climatisation	Climatisation	500 € HT	500 € HT	3 MWh	1%	395 € HT	0,21 Teq.CO2	1 an	X	X	X
6	Relamping LED et détection de présence	Éclairage	15 000 € HT	14 300 € HT	4 MWh	1%	1 691 € HT	-0,59 Teq.CO2	8 ans		X	X
7	Mise en place d'une Régulation de la ventilation	Chauffage	8 000 € HT	8 000 € HT	8 MWh	2%	843 € HT	1,05 Teq.CO2	9 ans		X	X
8	Isolation murs extérieurs	Chauffage	75 000 € HT	54 000 € HT	67 MWh	17%	6 756 € HT	9,61 Teq.CO2	7 ans		X	X
9	Remplacement menuiseries	Chauffage	70 000 € HT	63 000 € HT	17 MWh	4%	1 837 € HT	2,42 Teq.CO2	TRI>25ans			X
10	Séparation du réseau chapelle et arrêt du chauffage	Chauffage	-	-	93 MWh	23%	8 610 € HT	13,51 Teq.CO2	Immédiat	X	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 **scénario 1 « Gains rapides »** : privilégie des actions à faible temps de retour sur investissement ($TRI < 4\text{ans}$).
- Le **scénario 2 « Gains moyen terme »** : reprend l'ensemble des actions du scénario 1 et y ajoute des travaux de rénovation thermique des parois opaques, ainsi que des travaux d'optimisation des systèmes à $TRI > 4\text{ans}$
- 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.

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)]
Salmon et Chapelle	Scénario 1	Multipostes	1 500	1 500	0	128 529	33%	40%	18 538	12 147	12 147	12 147	Immédiat	Immédiat	Immédiat
	Scénario 2	Multipostes	108 000	84 400	23 600	209 636	53%	61%	28 684	21 045	21 594	21 594	5 an(s)	4 an(s)	4 an(s)
	Scénario 3	Multipostes	178 000	147 400	30 600	216 311	55%	63%	29 665	21 661	22 808	22 808	8 an(s)	7 an(s)	7 an(s)

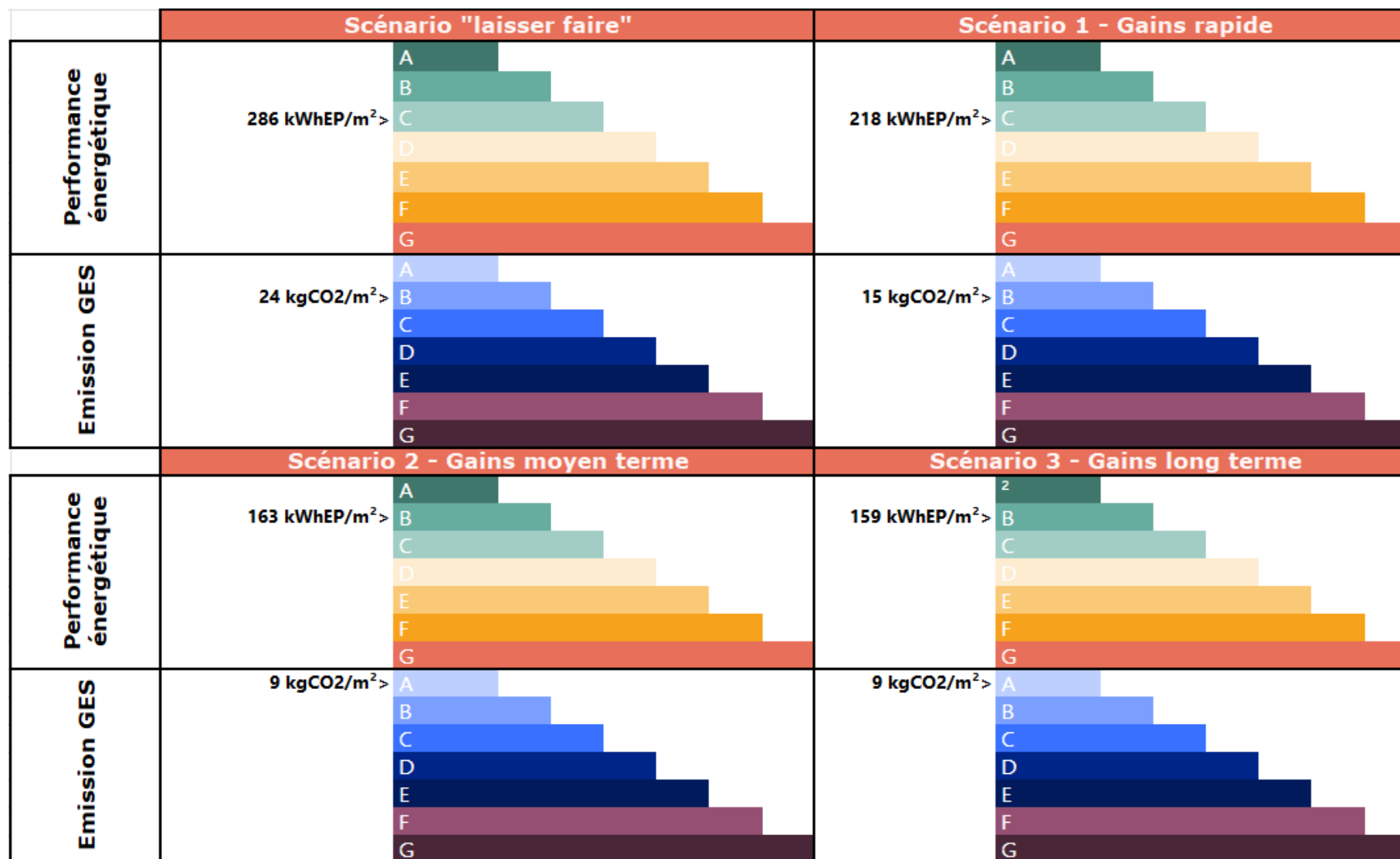
Les trois scénarios présentent des niveaux d'investissement croissants, associés à des gains énergétiques et environnementaux de plus en plus importants.

Le scénario 1, peu coûteux, permet des économies d'énergie de 32 % et une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 39 %, avec un ROI immédiat (inférieur à un an).

Le scénario 2 permet d'aller chercher des économies supplémentaires, avec 50 % d'économies d'énergie et 42 % de baisse des émissions, mais demande un investissement important de 84 400 euros, ce qui augmente le ROI (5 ans).

Enfin, le scénario 3 offre les meilleurs résultats (52 % d'économies d'énergie et 60 % de réduction des émissions), mais requiert un investissement bien plus important de 147 400 euros, avec un retour sur investissement pouvant aller 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 286 kWhEP/m² et 24 kgCO₂/m², traduisant une mauvaise performance énergétique.

Les scénarios permettent d'améliorer l'étiquette de performance énergétique et l'étiquette GES à partir du scénario 2 en passant respectivement de C à B et de B à A.

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 Isolation des parois opaques	€HT	-	-	75 000	75 000
Investissement Remplacement / amélioration des menuiseries	€HT	-	-	-	70 000
Investissement Remplacement / amélioration système chauffage	€HT	-	-	8 500	8 500
Investissement Remplacement / amélioration système ventilation	€HT	-	-	8 000	8 000
Investissement Remplacement / amélioration systèmes divers	€HT	-	-	15 000	15 000
Investissement Énergie renouvelable	€HT	-	-	-	-
Investissement Optimisation exploitation	€HT	-	1 500	1 500	1 500
Investissement Maintenance préventive / corrective	€HT	-	-	-	-
		-			
Maîtrise d'œuvre	%	-	15%	15%	15%
	€HT	-	225	16 200	26 700
Aléas	%	-	5%	5%	5%
	€HT	-	75	5 400	8 900
Investissement total hors aides	€HT	-	1 800	129 600	213 600
Montant CEE	€HT	-	-	23 600	30 600
Investissement total aides déduites	€HT	-	1 800	106 000	183 000

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	45 215 €	0 €	0 €	0 €	45 215 €
C2	59 665 €	0 €	0 €	0 €	59 665 €
C3	69 416 €	0 €	0 €	0 €	69 416 €
Scénario 1					
C1	33 069 €	0 €	45 €	113 €	33 227 €
C2	45 621 €	0 €	45 €	113 €	45 779 €
C3	52 990 €	0 €	45 €	113 €	53 148 €
Scénario 2					
C1	24 171 €	0 €	990 €	6 659 €	31 820 €
C2	34 190 €	0 €	990 €	6 659 €	41 840 €
C3	39 677 €	0 €	990 €	6 659 €	47 326 €
Scénario 3					
C1	23 554 €	0 €	990 €	11 497 €	36 041 €
C2	33 491 €	0 €	990 €	11 497 €	45 978 €
C3	38 859 €	0 €	990 €	11 497 €	51 346 €

Analyse des Coûts Moyens Annuels

Scénario "laisser faire"

- Ce scénario affiche le coût annuel moyen le plus élevé, variant de 45 215 € (C1) à 69 416 € (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 (+54 % entre C1 et C3).
- Ce scénario est très vulnérable aux hausses de prix de l'énergie et le moins durable financièrement.

Scénario 1 (Gains rapides)

- Permet une réduction des coûts annuels par rapport au scénario témoin (entre -26 % et -23 % selon le scénario d'inflation).
- L'impact de l'inflation en encore plus fort en valeur relative dans ce scénario que dans le précédent (+59 % entre C1 et C3).
- Ce scénario, bien que considérablement moins cher au niveau du coût global que le scénario « laisser faire » présente une faible résilience face à l'inflation.

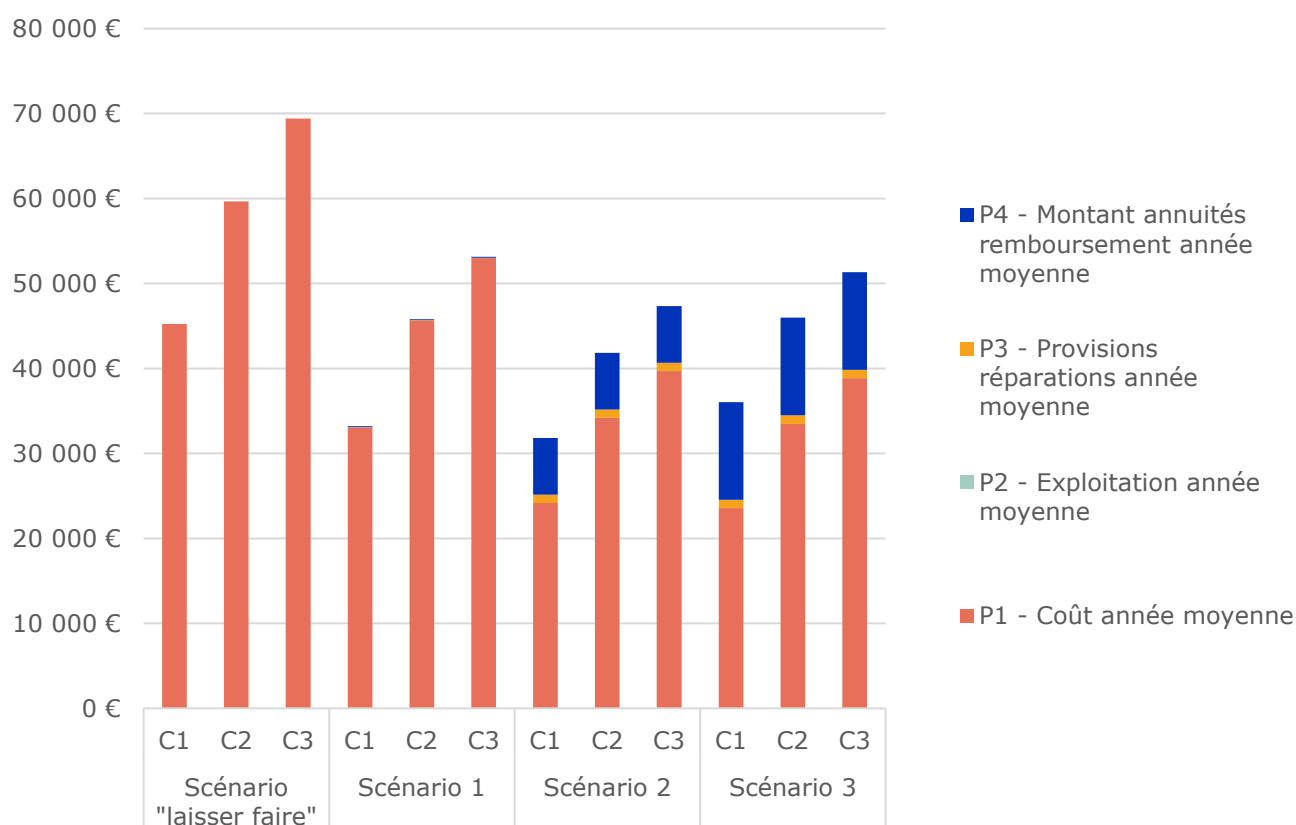
Scénario 2 (Gains moyen terme)

- Réduction légèrement plus élevée des coûts globaux (-30% à -32% par rapport au scénario témoin).
- L'investissement initial est plus important (6 659 € d'annuités de remboursement).
- L'impact de l'inflation est beaucoup plus faible pour ce scénario que pour les deux précédents (+32 % entre C1 et C3).
- Les gains sur le coût total de ce scénario sont légèrement plus élevés que pour le scénario précédent mais la réduction de l'impact de l'inflation est significative.

Scénario 3 (Gains long terme)

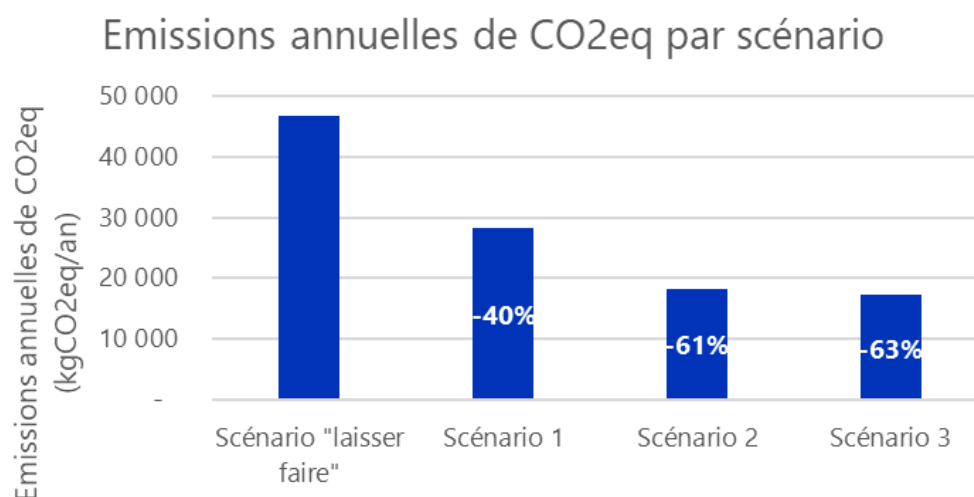
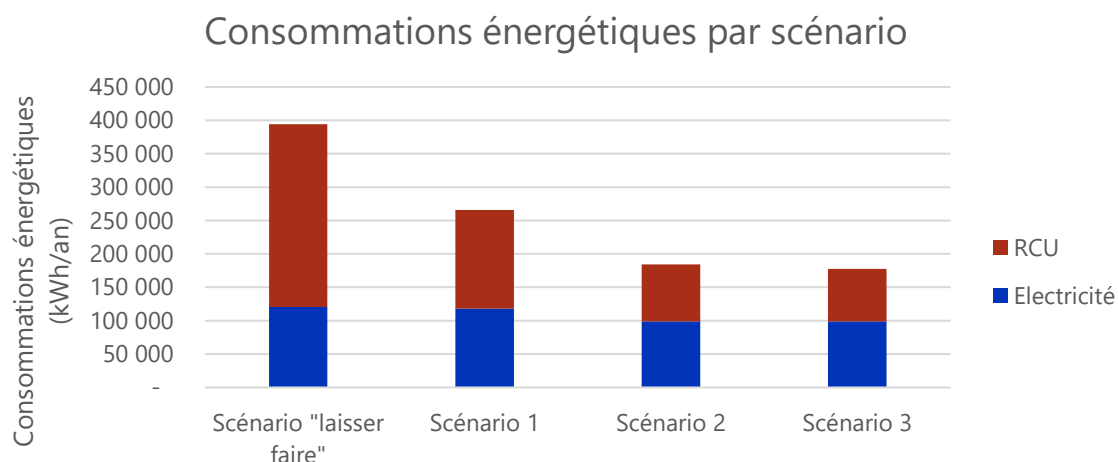
- Ce scénario est le scénario de travaux affichant le coût total le plus élevé (-20 % à -26 % de coût total par rapport au scénario « laisser faire » selon le scénario d'inflation).
- Ce scénario est le plus coûteux en termes d'investissement (11 497 € d'annuités de remboursement).
- Cependant, il est le scénario le moins sensible à l'inflation (+29 % entre C1 et C3), même si l'écart n'est pas très important avec le scénario 2.

Décomposition du coût global annuel moyenné sur 20ans



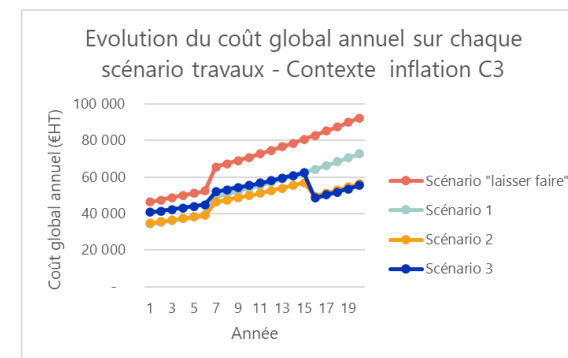
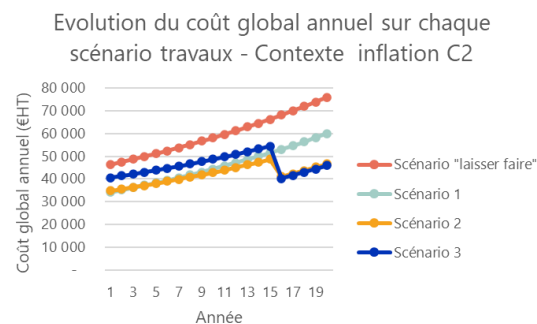
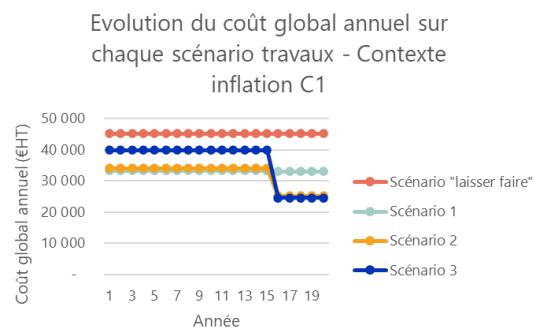
Impact de l'inflation sur les Scénarios

Le scénario "laissez faire" est le plus sensible à l'inflation, avec une augmentation de +54 % entre C1 et C3. Le scénario 1 présente un coût global beaucoup plus faible, mais reste très sensible à l'inflation. Les scénarios 2 et 3 amortissent mieux l'inflation, grâce aux annuités fixes de remboursement. Le scénario 3 est le plus résilient, bien que son coût total soit très élevé. Le meilleur compromis est le scénario 2 : il offre le coût global le plus faible et une résistance à l'inflation très proche du scénario 3.



La mise en œuvre des scénarios permettrait d'améliorer le bilan énergétique et environnemental du site en engendrant des réductions des consommations énergétiques et des réductions d'émissions de GES. Les scénarios 1 et 2 permettent chacun de passer des paliers de réduction de consommation importants (-33 % et -53 %). Le scénario 3 permet d'atteindre des réductions de consommations proches du scénario 2 (-55 %), malgré un coût supplémentaire important.

Ces réductions d'émissions de GES sont sensiblement proportionnelles aux économies d'énergie réalisées (-40 % pour le scénario 1, -61 % pour le scénario 2 et -63 % pour le scénario 3).



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.

Pour chaque scénario d'inflation, le scénario « laisser faire présente à tout instant le coût global annuel le plus élevé du fait des actions à ROI immédiat mises en place dans chaque scénario, et ce, même avec le remboursement des travaux sur les 15 premières années.

Après 15 années de remboursement, le coût global annuel des scénarios 2 et 3 est plus faible, avec un coût global annuel légèrement plus faible pour le scénario 3.

Conclusion

Le scénario "laisser faire" génère les coûts les plus élevés et reste très sensible à l'inflation. Le scénario 1 réduit les dépenses et permet de mettre en place des actions en ayant un ROI immédiat, mais reste vulnérable à l'inflation. Le scénario 3 est le plus coûteux sur 20 ans mais présente la meilleure résistance à l'inflation. Le scénario 2 est le plus rentable sur 20 ans en plus de présenter une résistance à l'inflation proche du scénario 3. Le scénario 2 est donc recommandé.

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 relative	
Altitude du site	92
Surface totale (m ²)	1 923 m ²
Surface chauffée (m ²)	960 m ²
Surface refroidie (m ²)	164 m ²
Surface hors DEET (m ²)	470 m ²
Consommations hors DEET (MWhDT)*	RCU : 71 MWhDT Elec : 6 MWhDT
Station météo	Paris Montsouris
Zone	H1a

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

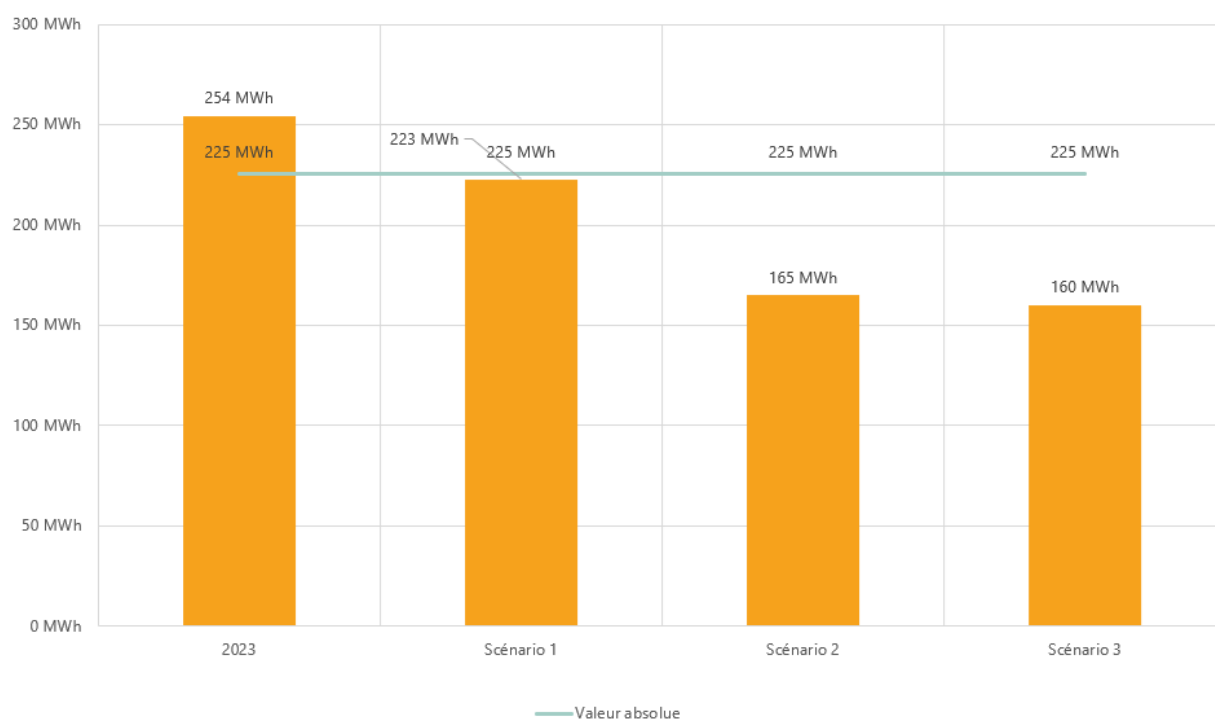
Valeur absolue	2023
155 kWhDT/m ² /an	175 kWhDT/m ² /an
225 MWh	254 MWh

En comparant la consommation de 2023 avec l'objectif calculé, l'objectif absolu n'est pas atteint à l'échelle du bâtiment Salmon.

En projetant les trois scénarios proposés précédemment sur le bâtiment Salmon uniquement, nous obtenons les résultats suivants :

Scénarios	Consommation projetée (MWhDT/an)	Objectif 2030 atteint	Ecart si non atteint
Scénario 1	223	OUI	-
Scénario 2	165	OUI	-
Scénario 3	160	OUI	-

Projection des consommations ajustées selon la méthode du DEET



7. CONCLUSION GENERALE

Les bâtiments Salmon et Chapelle présentent des performances moyennes à faibles sur leur bâti ainsi que sur les équipements énergétiques. Le scénario 1 permet tout d'abord d'optimiser les régulations des équipements afin d'augmenter la performance de ceux-ci. Sans investissement lourd, il permet d'atteindre l'objectif du DEET de 2030. Le scénario 2 permet d'anticiper les prochaines échéances du DEET, et le scénario 3, nécessitant des investissements plus importants, permet de s'inscrire dans une stratégie d'homogénéité des performances à l'échelle du site de Tenon.

8. HYPOTHÈSES DE CALCUL

8.1. 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.

8.2. FACTEURS DE CONVERSIONS

Les facteurs de conversions suivants sont appliqués :

Vecteur énergétique	Facteur d'émissions GES (kgCO2/kWhEF)	Coefficient conversion Energie Primaire / Energie Finale*
Electricité	0,0569 kgCO2/kWhEF	2,3
RCU	0,146 kgCO2/kWhEF	1

*valeurs appliquées dans le cadre du DEET.

8.3. DONNEES METEOROLOGIQUES

Le fichier météo permettant de simuler les données de températures, hygrométrie, rayonnements solaires, etc est celui de la ville de la station météorologique de Paris-Montsouris (station la plus proche) pour l'année 2023, au pas de temps horaire. Ce fichier fournit les données météorologies suivantes (pour l'altitude de l'hôpital, fixée à 92m) :

- Nombre de DJU18 = 1958
- Nombre de DJF 15 = 897

Aucune correction climatique n'est réalisée, les données énergétiques et météorologiques à disposition étant celles de 2023.

9. ANNEXES

9.1. FICHES ACTIONS

Réglage chauffage atelier/centre aéré (vapeur)

Action N°1

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	500 €	Energétiques	8,48 MWh
Financements (CEE uniquement)			2 %
Investissement total	500 €	GES	1,30 Teq.CO2
			3 %
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	241 €
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
Les réglages du chauffage constatés sont les suivants sur l'aile Nord du bâtiment Salmon abritant l'EFS et les bureaux : - consigne de température estimée de 21°C de 6h30 à 21h et 5°C en réduit - courbe de chauffe -7°C;75°C, 20°C;40°C sur vapeur - pas de TNC	Cette action ne présente aucune contrainte majeure.

Amélioration proposée
Changement des réglages du chauffage sur le régulateur BAEZ 6200 : - baisse de la consigne de chauffage à 19°C en mode confort et 16°C en mode réduit - optimisation de la loi d'eau : -7°C;-70°C et 20°C;20°C - mise en place d'une TNC à 18°C

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	9172 kWh	-689 kWh
Gain financier [€ HT/an]	854 €	-113 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1339 kgCO2	-39 kgCO2

Réglage chauffage laboratoire (eau chaude)

Action N°2

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

Scénario			
Scénario 1	OUI		
Scénario 2	OUI		
Scénario 3	OUI		

Gains		Estimations	
Energétiques		21,95 MWh	
		6%	
GES		3,36 T _{eq} .CO ₂	
		7%	
Economies annuelles moyennes sur ROI		1 422 €	
TRI		Immédiat	
Catégorie de TRI		1	
Type d'action		Optimisation exploitation	
Usage concerné		Chauffage	

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les réglages du chauffage constatés sont les suivants sur l'aile Nord du bâtiment Salmon abritant l'EFS et les bureaux : - consigne de température estimée de 21°C (consigne de la partie centre aérée, supposée constante car occupation du bâtiment 24h/24) - courbe de chauffe -7°C;75°C, 20°C;30°C - pas de TNC	Laboratoire occupé 24h/24 et 7j/7.

Amélioration proposée

Changement des réglages du chauffage : - baisse de la consigne de chauffage à 19°C - optimisation de la courbe de chauffe : -7°C;-70°C et 20°C;20°C - mise en place d'une TNC à 18°C

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	23666 kWh	-1715 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 203 €	-281 €
Economies de GES [k _{eq} .CO ₂ /an]	3455 kgCO ₂	-98 kgCO ₂

Isolation des points singuliers en SST Chauffage/ECS

Action N°3

Investissement	Estimations
Coût	3 500 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	3 500 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	2.42 MWh
	1%
GES	0,35 T _{eq} .CO ₂
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	233 €
TRI	6 ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

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 scratches 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]	2425 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	226 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	354 kgCO ₂	0 kgCO ₂

Mettre des variateurs sur les pompes de distributions réseau radiateurs

Action N°4

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	5 000 €	Energétiques	4,06 MWh
Financements (CEE uniquement)			3%
Investissement total	5 000 €	GES	0,47 Teq.CO2
			1%
		Economies annuelles moyennes sur ROI	528 €
		TRI	9 ans
		Catégorie de TRI	4
		Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
		Usage concerné	Chauffage

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le réseau de chauffage secondaire du bâtiment Salmon alimente les radiateurs via une boucle régulée par une vanne trois voies en position de mélange. Actuellement, la circulation est assurée par deux pompes GRUNDFOS UPSD 40-60/F, fonctionnant à vitesse constante. 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. Dans le cadre d'un potentiel remplacement des pompes, il convient de mutualiser les réflexions afin d'éviter des surcoûts.

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, ainsi qu'une amélioration de la régulation au niveau de la V3V en mélange, avec un débit mieux ajusté et donc une baisse de la consommation de chaleur totale. Cette action prêtant aux CEE (BAT-TH-112), cependant le montant est faible (30€) et n'a donc pas été intégré.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	2694 kWh	1369 kWh
Gain financier [€ HT/an]	251 €	224 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	393 kgCO2	78 kgCO2

Réglage climatisation

Action N°5

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	2,67 MWh
	1%
GES	0,21 T _{eq} .CO ₂
	0%
Economies annuelles moyennes sur ROI	395 €
TRI	1 an
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les températures de climatisation du laboratoire (dont l'activité principale est de réchauffer les poches de sang et les analyser) et des zones de stockage sec près de la chapelle sont basses (22°C). De plus, la zone présentant des réfrigérateurs à -40°C est climatisée à 18°C pour compenser la chaleur dissipée de ceux-ci.	Raccordement des émetteurs de l'EFS pilotés par thermostat local à la GTB du site. Contraintes de température de conservation dans les zones de stockage froid et la zone de refroidissement des réfrigérateurs.

Amélioration proposée

Mettre en place une température de consigne de 24°C maximum pour la climatisation du laboratoire de l'EFS et des zones de stockage sec. Concernant la zone présentant les réfrigérateurs, nous préconisons une consigne de climatisation à 20°C.
Ces températures seront à valider avec le service concerné et une montée progressive des consignes peut être réalisée afin de valider que celles-ci n'impactent pas l'activité.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	2065 kWh	604 kWh
Gain financier [€ HT/an]	338 €	56 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	118 kgCO ₂	88 kgCO ₂

Relamping LED et détection de présence

Action N°6

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	15 000 €	Energétiques	4,41 MWh
Financements (CEE uniquement)	700 €		1%
Investissement total	14 300 €	GES	-0,59 Teq.CO2
			-1%
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	1 691 €
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	Éclairage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Lors de la visite le laboratoire ainsi que ses zones de stockage froid situées près de la chapelle et les circulations au niveau de l'atelier possédaient un éclairage LED. Le reste du bâtiment est équipé en tubes fluo pilotés par interrupteurs. Le centre de loisirs n'ayant pu être visité, son éclairage est supposé en fluo.	Intervention en milieu occupé.

Amélioration proposée

Relamping des zones équipées de tubes fluos avec pilotage par LED et installation de détections de présence.

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	13790 kWh	-9383 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 260 €	-874 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	785 kgCO2	-1370 kgCO2

Mise en place d'une Régulation de la ventilation

Action N°7

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	8 000 €	Energétiques	7,73 MWh
Financements (CEE uniquement)			2%
Investissement total	8 000 €	GES	1,05 Teq.CO2
			2%
Scénario Scénario 1 NON Scénario 2 OUI Scénario 3 OUI		Economies annuelles moyennes sur ROI	843 €
		TRI	9 ans
		Catégorie de TRI	4
		Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
		Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Plusieurs extracteurs fonctionnent en continu, y compris dans des zones où l'occupation est ponctuelle ou limitée à certaines plages horaires (bureaux, locaux techniques, sanitaires non permanents, etc.). Cette absence de régulation horaire entraîne un fonctionnement inutile et énergivore hors des périodes de présence réelle.	La mise en place de la programmation peut se faire via des horloges ou un raccordement à la GTB existante. Aucune contrainte d'espace ou de technicité majeure n'est identifiée à ce stade. Cependant, un recensement des équipements concernés est nécessaire, principalement les caissons d'extraction.
Amélioration proposée	
Installer une programmation horaire adaptée à chaque extracteur selon les horaires d'occupation réels des locaux desservis. La commande pourra se faire localement via une horloge ou être intégrée à la GTB pour un pilotage plus souple. 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]	6827 kWh	904 kWh
Gain financier [€ HT/an]	636 €	148 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	997 kgCO2	51 kgCO2

Isolation murs extérieurs (Salmon)

Action N°8

Investissement	Estimations
Coût	75 000 €
Financements (CEE uniquement)	21 000 €
Investissement total	54 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	67,46 MWh
	17%
GES	9,61 Teq.CO2
	21%
Economies annuelles moyennes sur ROI	6 756 €
TRI	7 ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, les murs sur l'extérieur du bâtiment Salmon ne présentent pas d'épaisseur d'isolant, induisant des déperditions thermiques particulièrement élevées (40% des déperditions totales pour Salmon)	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment Salmon n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. Néanmoins, il est nécessaire de prendre en compte l'esthétique du bâtiment. L'isolation des murs devra prendre en compte l'éventuel remplacement des menuiseries pour limiter les ponts thermiques.

Amélioration proposée

Isolation par l'intérieur des murs des deux ailes de Salmon donnant sur l'extérieur, sur le couloir et sur la Chapelle.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	64792 kWh	2664 kWh
Gain financier [€ HT/an]	6 032 €	437 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	9460 kgCO2	152 kgCO2

Remplacement menuiseries (Salmon)

Action N°9

Investissement	Estimations
Coût	70 000 €
Financements (CEE uniquement)	7 000 €
Investissement total	63 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	16,61 MWh
	4%
GES	2,42 Teq.CO2
	5%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 837 €
TRI	TRI > 25ans
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 de l'aile Nord du bâtiment Salmon sont peu performantes, elles sont en simple vitrage et leur étanchéité est très mauvaise.	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'intérieur des murs du bâtiment (pour éviter les ponts thermiques).

Amélioration proposée

Remplacement des fenêtres par des fenêtres plus performantes, avec double vitrage 4/16/4, cadre en bois blanc et rupteurs de ponts thermiques. Le coefficient de performance thermique des fenêtres et des portes-fenêtres à installer est défini à une valeur légèrement inférieure à 1,5 W/K.m², permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104).
--

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	16541 kWh	64 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 540 €	10 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	2415 kgCO2	4 kgCO2

Séparation du réseau chapelle et arrêt du chauffage

Action N°10

Investissement	Estimations	Gains	Estimations
Coût	0 €	Energétiques	93 MWh
Financements (CEE uniquement)			23%
Investissement total	0 €	GES	13,51 Teq.CO2
			29%
Scénario		Economies annuelles moyennes sur ROI	8 612 €
		TRI	Immédiat
		Catégorie de TRI	1
		Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
		Usage concerné	Chauffage
Scénario 1	OUI		
Scénario 2	OUI		
Scénario 3	OUI		

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le réseau de chauffage alimente à la fois la chapelle et une partie du bâtiment Salmon. La chapelle présente de très fortes déperditions (toiture non isolée, trous, grande hauteur sous plafond) et ne justifie plus d'être chauffée au vu de son usage. Le maintien du chauffage dans cette zone entraîne une surconsommation importante.	Travaux hydrauliques sous vapeur BP, nécessitant la pose de vannes d'arrêt avec une robinetterie adaptée aux températures/pressions et modification du réseau par dérivation et suppression ou bouchonnage des tronçons avec mise en sécurité. L'installation de radiateurs électriques pour le bureau du prêtre est à prévoir en complément pour maintenir un confort minimal.

Amélioration proposée

L'objectif est de supprimer définitivement l'alimentation en chauffage de la chapelle en séparant hydrauliquement le réseau commun avec le bâtiment Salmon.

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	92 500 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	8 612 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	13 510 kgCO2	0 kgCO2

9.2. 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

Zoé PLUYAUD

Auditeur énergétique
Vincent.pignon@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet
Clarisse.manteau@advizeo.io

Filip SOUILLAC

Auditrice énergétique
Zoe.pluyaud@advizeo.io

Bastien RINGES

Expert STD
Bastien.ringes@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland
2 Cour de l'Ile Louviers
75004 Paris
www.advizeo.io

advizeo