



Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – AUDIT

TNN009 – Hôpital de Tenon – Bâtiment RABELAIS

EMETTEURS

Florian WILLERVAL

Energy Manager – Advizeo

Bastien RINGES

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
Florian WILLERVAL	Energy Manager	Rédaction
Bastien RINGES	Expert STD	Rédaction
Clarisse MANTEAU	Directrice de projet	Validation

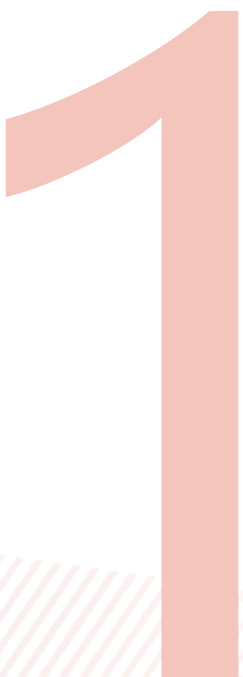
Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_TENON_Audit_énergétique_RABELAIS_V1	31/07/2025	-

Sommaire

1.	Objet du document.....	5
2.	Rappel des résultats de la simulation	5
2.1.	Consommations annuelles du bâtiment	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	12
6.	Décret tertiaire	17
7.	Conclusion generale	19
8.	Hypothèses de calcul	20
8.1.	Donnees économiques	20
8.2.	Facteurs de conversions	20
9.	ANNEXES	21
9.1.	Fiches actions	21
9.2.	Subventions et aides.....	32
	Contacts	33

Objet du document



1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent document complète l'étude initiale présentée dans le rapport APHP_TENON_Etat des lieux_RABELAIS. 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 le bâtiment Rabelais sont les suivantes. L'explication de la méthode utilisée se trouve dans le rapport Etat des lieux.

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS						
Usages	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m ² .SDP	%
Chauffage	359 550	64%	-	-	100	31%
Climatisation	-	-	45 234	8%	13	4%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	204 515	36%	30 196	5%	65	20%
Ventilation	-	-	37 516	6%	10	3%
Auxiliaires de distribution	-	-	19 570	3%	5	2%
Éclairage	-	-	86 687	15%	24	8%
Usage spécifique	-	-	363 799	62%	101	32%
Production d'énergie renouvelable	-	-	-	-	-	-
TOTAL	564 065	100%	583 002	100%	318	100%

Energie primaire (kWhEP)	564065	1340904	531
Emission CO2 annuelle (TegCO2/an)	82	33	32

Ces consommations ont par la suite été utilisées dans le calcul de gains du plan d'actions préconisé.

3. ACTIONS PRECONISEES

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.

Le bâtiment présente une architecture historique, bien qu'il ne soit pas classé. L'isolation par l'intérieur, ainsi que le choix du bois comme cadre dans la préconisation de remplacement de certaines menuiseries vétustes ont été privilégiées, afin de conserver l'esthétique du bâtiment.

Lors de nos visites, nous avons constaté que plusieurs équipements de ventilation étaient hors service. Ne sachant pas si ces pannes remontent à 2023 (correspondant à l'année de référence pour la modélisation), ces équipements ont été modélisés en fonctionnement. L'action de remise en état de ceux-ci n'apparaît donc pas dans le chiffrage des préconisations, néanmoins il est nécessaire de résoudre rapidement ces problématiques afin d'assurer un renouvellement d'air conforme à l'occupation importante du bâtiment Rabelais.

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 PRECONISATIONS

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	Remplacer les têtes thermostatiques par des modèles récents	Chauffage	8 800 € HT	8 800 € HT	15 MWh	1%	1 543 € HT	2,14 TeqCO2/an	5 ans		X	X
2	Relamping LED	Éclairage	11 700 € HT	10 608 € HT	6 MWh	1%	2 066 € HT	-0,68 TeqCO2/an	5 ans		X	X
3	Mise en place de lois d'eau sur les départs eau chaude alimentant les radiateurs et les CTA	Chauffage	0 € HT	0 € HT	47 MWh	4%	4 424 € HT	6,82 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
4	Mettre en place un réduit de température en inoccupation sur les circuits de chauffage radiateurs et sur les CTA	Chauffage	12 000 € HT	12 000 € HT	41 MWh	4%	3 310 € HT	6,54 TeqCO2/an	3 ans	X	X	X
5	Mettre en place un réduit sur les débits de ventilation la nuit	Chauffage	20 000 € HT	20 000 € HT	31 MWh	3%	4 039 € HT	3,25 TeqCO2/an	4 ans		X	X
6	Isolation thermique par l'intérieur	Chauffage	280 000 € HT	280 000 € HT	193 MWh	17%	19 017 € HT	28,53 TeqCO2/an	14 ans			X
7	Remplacement des menuiseries	Chauffage	12 000 € HT	12 000 € HT	4 MWh	0,4%	449 € HT	0,59 TeqCO2/an	26 ans			X

4. SCENARISATION

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 ($TRI < 4$ ans), dans le but d'améliorer la régulation des équipements de chauffage.
- Le **scénario 2 « Gains moyen terme »** : reprend l'ensemble des actions du scénario 1 et y ajoute d'autres optimisations de régulation nécessitant des investissements court terme ainsi que des travaux de relamping LED
- Le **scénario 3 « Gains long terme »** : combine les actions des scénarios 1 et 2, ainsi que le remplacement de quelques menuiseries et l'isolation des murs par l'intérieur.

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

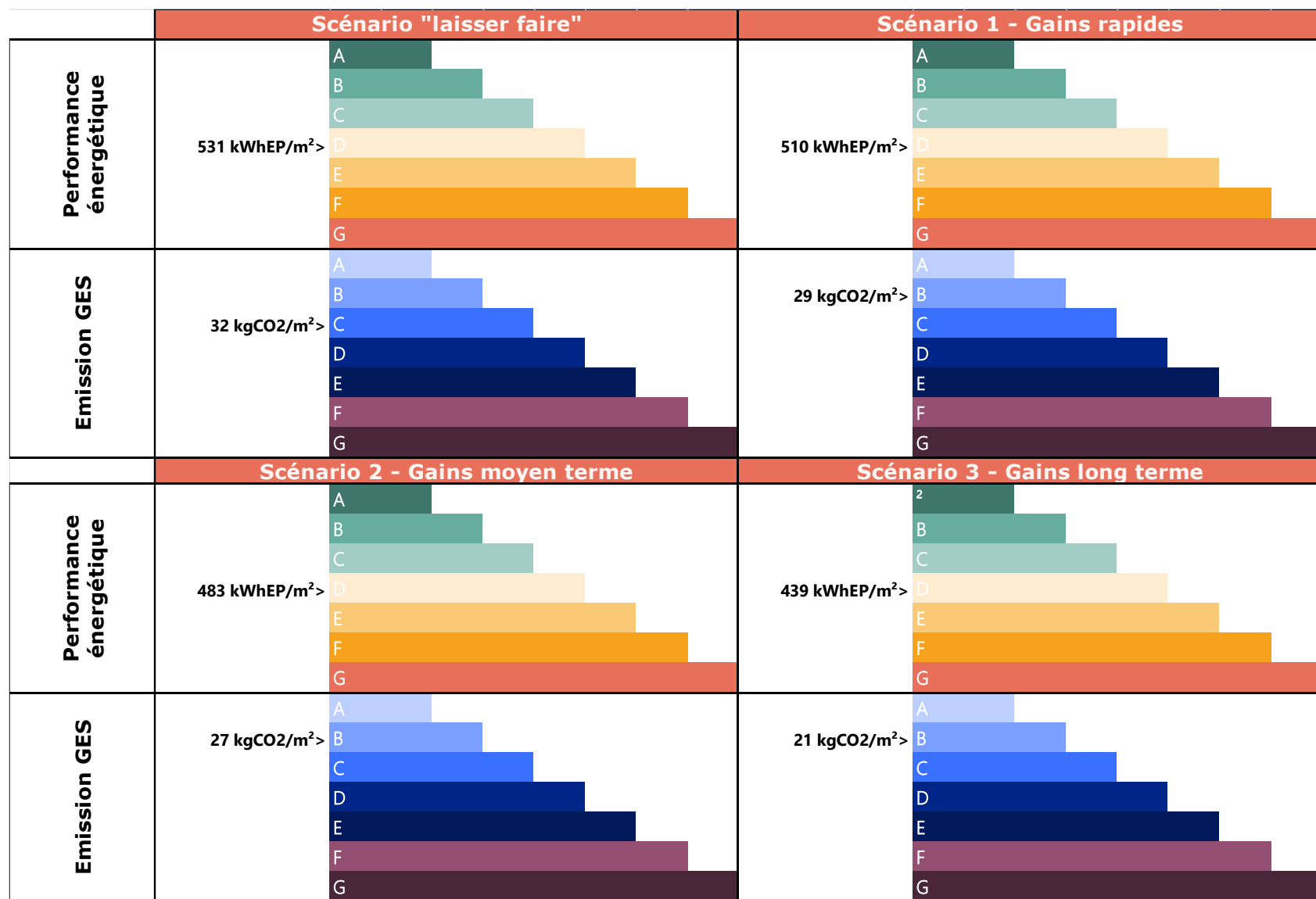
L'impact des scénarios préconisé peut sembler modéré, néanmoins, la part de process lié à la réalisation des repas etc, correspond à 41% de la consommation totale du bâtiment, ce sur quoi il est difficile de préconiser des actions d'amélioration.

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)]
009 - RABELAIS	Scénario 1	Multipostes	12 000	12 000	-	85 180	7%	11%	12 971	7 505	7 505	7 505	1 an	1 an	1 an
	Scénario 2	Multipostes	52 500	51 408	1 092	139 421	12%	16%	17 909	14 924	15 237	15 237	3 ans	3 ans	3 ans
	Scénario 3	Multipostes	344 500	343 408	1 092	296 150	26%	35%	40 947	29 392	31 701	34 008	11 ans	10 ans	10 ans

4.2. IMPACT SUR LA PERFORMANCE



Le scénario « Laisser faire » est celui présentant la plus mauvaise performance énergétique et émission de CO₂, avec une étiquette D et C.

Les scénarios de travaux permettent d'améliorer l'étiquette GES, en passant du C au B au scénario 3, néanmoins, ils ne permettent pas d'améliorer l'étiquette de performance énergétique (D), le seuil de l'étiquette C étant à 370kWh/m²/an.

5. ETUDE DU COUT 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	-	-	-	280 000
Investissement Remplacement / amélioration des menuiseries	€HT	-	-	-	12 000
Investissement Remplacement / amélioration système chauffage	€HT	-	-	8 800	8 800
Investissement Remplacement / amélioration système ventilation	€HT	-	-	20 000	20 000
Investissement Remplacement / amélioration systèmes divers	€HT	-	-	11 700	11 700
Investissement Énergie renouvelable	€HT	-	-	-	-
Investissement Optimisation exploitation	€HT	-	12 000	12 000	12 000
Maîtrise d'œuvre	%	-	15%	15%	15%
	€HT	-	1 800	7 875	51 675
Aléas	%	-	5%	5%	5%
	€HT	-	600	2 625	17 225
Investissement total hors aides	€HT	-	14 400	63 000	413 400
Montant CEE	€HT	-	-	1 092	1 092
Investissement total aides déduites	€HT	-	14 400	61 908	412 308

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	151 411 €	0 €	0 €	0 €	151 411 €
C2	212 322 €	0 €	0 €	0 €	212 322 €
C3	246 475 €	0 €	0 €	0 €	246 475 €
Scénario 1					
C1	143 906 €	0 €	360 €	905 €	145 171 €
C2	204 150 €	0 €	360 €	905 €	205 414 €
C3	228 024 €	0 €	360 €	905 €	229 289 €
Scénario 2					
C1	136 487 €	0 €	1 575 €	3 889 €	141 951 €
C2	193 447 €	0 €	1 575 €	3 889 €	198 911 €
C3	224 479 €	0 €	1 575 €	3 889 €	229 943 €
Scénario 3					
C1	122 019 €	0 €	1 575 €	25 903 €	149 498 €
C2	177 038 €	0 €	1 575 €	25 903 €	204 516 €
C3	205 271 €	0 €	1 575 €	25 903 €	232 749 €

Analyse des Coûts Moyens Annuels

Scénario "laisser faire"

Ce scénario affiche les coûts annuels moyens les plus élevés, de 151 411 € (C1) à 246 475 € (C3). Il repose entièrement sur les coûts directs d'exploitation énergétique (P1). L'impact de l'inflation est donc très marqué, avec une augmentation de +61 % entre C1 et C3. Ce scénario reste le plus vulnérable aux hausses de prix de l'énergie et le moins durable financièrement.

Scénario 1 (Gains rapides)

Ce scénario permet une réduction des coûts annuels par rapport au scénario témoin (-4% à -7% selon l'inflation). L'impact de l'inflation reste marqué, mais légèrement atténué par les coûts fixes des provisions pour réparations et remboursements d'annuités (63% d'augmentation entre C1 et C3).

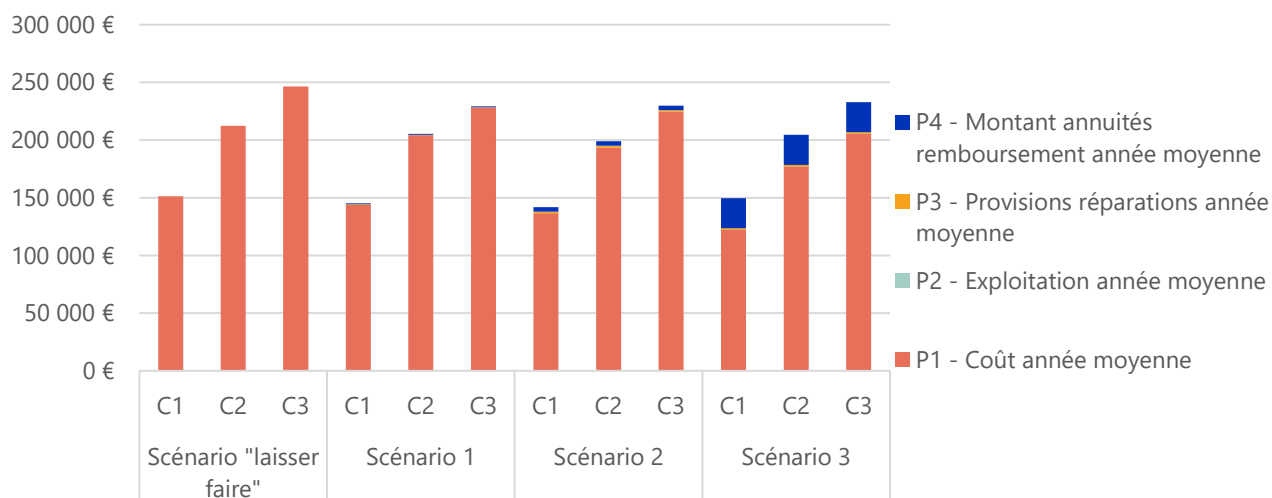
Scénario 2 (Gains moyen terme)

La mise en place de ce scénario de travaux permet une réduction des coûts globaux de -6% à -7% par rapport au scénario témoin, tout en intégrant des annuités modérées et un budget pour réparation correspondant à 3% des investissements réalisés. La part du P1 dans le coût global reste néanmoins très élevée (96 à 98% selon le scénario d'inflation).

Scénario 3 (Gains long terme)

Ce scénario est le plus coûteux en termes d'investissement (25 903 € d'annuités de remboursement). Cependant, il diminue la part du P1 sur le coût annuel à 82% en C1 et 88% en C3.

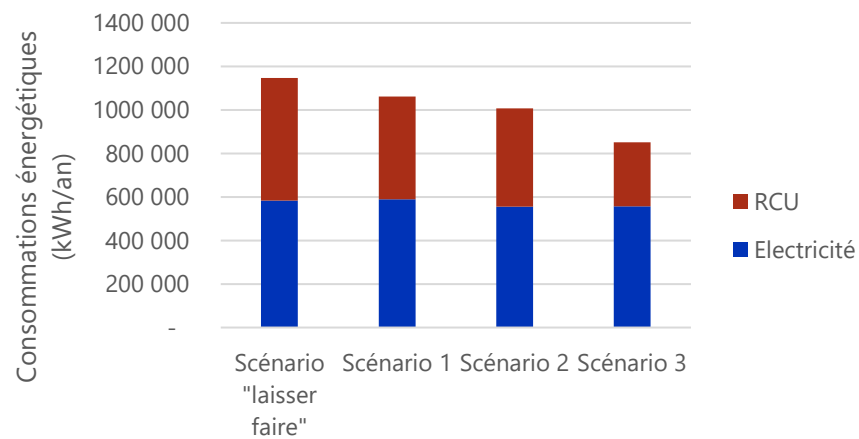
Décomposition du coût global annuel moyen sur 20 ans selon les scénarios de travaux et d'inflation



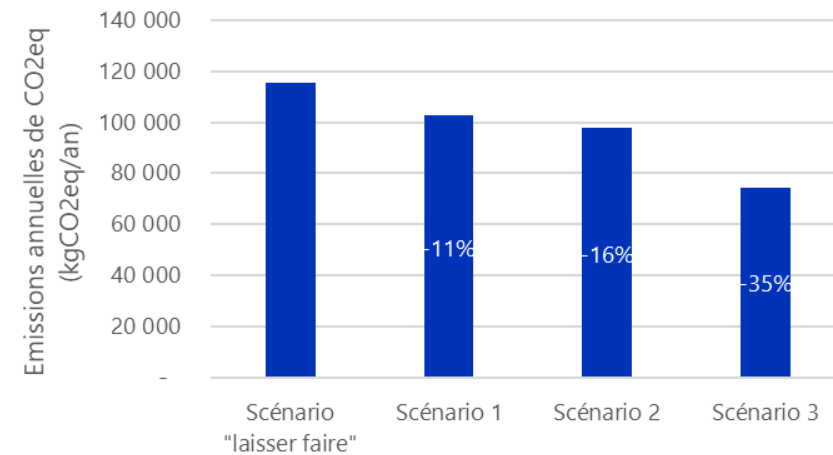
Impact de l'inflation sur les Scénarios

De manière générale, l'ensemble des scénarios d'optimisation reste très fortement impacté par l'inflation. Les préconisations d'amélioration sur les usages, autres que le process, restent limitées, ce qui fait peu baisser la part du P1 dans le coût global annuel, seul coût dépendant de l'inflation.

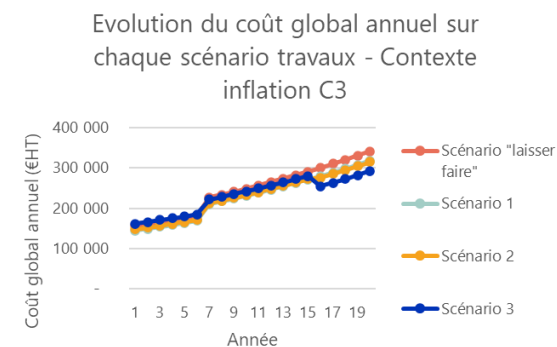
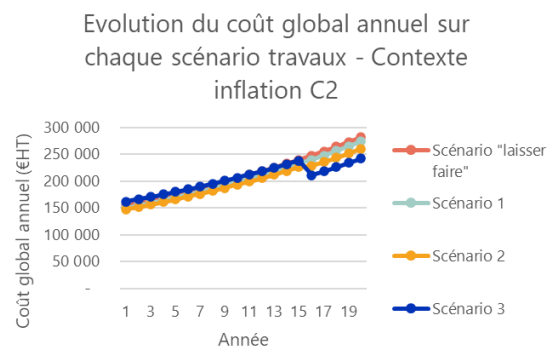
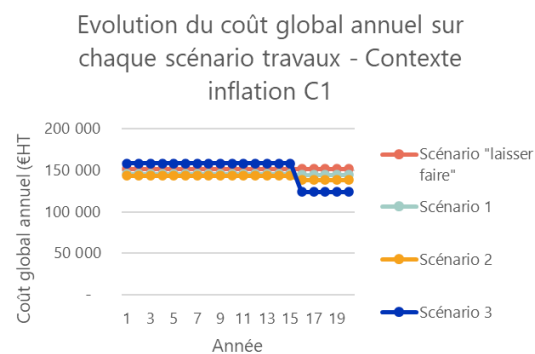
Consommations énergétiques par scénario



Emissions annuelles de CO₂eq par scénario



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 11% pour le scénario 1, de 16% pour le scénario 2 et de 35% 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.

Après ces 15 années de remboursement, le coût global annuel des scénarios 2 et 3 est plus faible, néanmoins l'écart avec le scénario « Laisser faire » reste modéré.

6. DECRET TERTIAIRE

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

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

Paramètres considérés pour le calcul de la consommation ajustée :

Paramétrage valeur absolue	
Altitude du site	Altitude < 400 m, Référence 100 m
Surface totale (m ²)	3 587 m ²
Surface chauffée (m ²)	2674 m ²
Surface refroidie (m ²)	1149 m ²
Surface hors périmètre DEET* (m ²)	591 m ²
Consommation modélisée hors périmètre DEET* (MWh)	Elec : 13,8MWhDT RCU : 77,3MWhDT
Station météo	Paris Montsouris
Zone climatique	H1a

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

Valeur absolue	2023
326 kWhDT/m ² /an	317 kWhDT/m ² /an
971 MWh	944 MWh

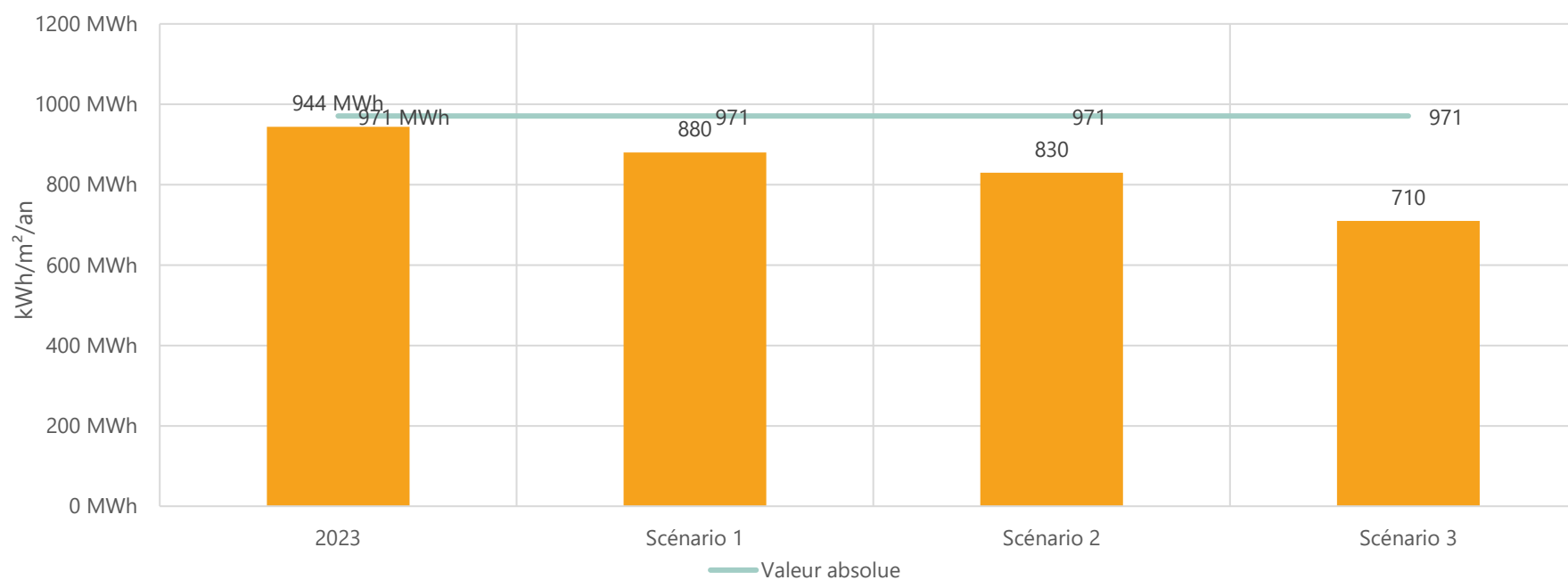
En comparant la consommation de 2023 avec l'objectif calculé, on peut voir que l'objectif de 2030 est déjà atteint à l'échelle du bâtiment.

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

Scénarios	Consommation projetée (MWhDT/an)
Scénario 1	880
Scénario 2	830
Scénario 3	710

La mise en place des scénarios 1, 2 et 3 permettent d'améliorer la performance énergétique du bâtiment sur le long terme, afin d'anticiper les prochaines échéances (2040 et 2050).

Projection des consommations ajustées selon la méthode du DEET



7. CONCLUSION GENERALE

L'activité « Process » du bâtiment Rabelais représente une part non négligeable des consommations énergétiques de celui-ci (41%). Les préconisations d'actions ont été réalisées sur les autres usages, leur impact est donc modéré. Néanmoins, la part de process étant élevée, l'objectif absolu estimé est donc corrélé à celui-ci.

L'objectif absolu 2030 est déjà atteint. Les scénarios 1 et 2 permettent d'anticiper les prochaines échéances du DEET, tandis que le scénario 3 entre plutôt dans une stratégie d'homogénéité de la performance des bâtiments (hors part process) à l'échelle de l'hôpital de Tenon.

8. HYPOTHESES 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.

9. ANNEXES

9.1. FICHES ACTIONS

advizeo	Remplacer les têtes thermostatiques par des modèles récents	Action N°1
----------------	--	-------------------

Investissement	Estimations
Coût	8 800 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	8 800 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	15,27 MWh
	1%
GES	2,14 Teq.CO2
	2%
Économies annuelles moyennes sur R	1 543 €
TRI	5 an(s)
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

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, voire de robinets simples.	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	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	14226 kWh	1042 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	1 324 €	171 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	2077 kgCO2	59 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

Investissement	Estimations
Coût	11 700 €
Financements (CEE uniquement)	1 092 €
Investissement total	10 608 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	6,27 MWh
	1%
GES	-0,68 Teq.CO2
	-1%
Économies annuelles moyennes sur R	2 066 €
TRI	5 an(s)
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
Usage concerné	Éclairage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Plusieurs zones sont encore équipées 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 60×60 et des éclairages tubulaires dans les zones suivantes : circulations, restaurant, cuisine, vestiaire La surface concernée est estimée à 650 m². Le remplacement des tubes fluorescents par des LED va entraîner une légère augmentation des besoins en chauffage, notamment en hiver, ces derniers dégageant plus de chaleur que les LED. Cette opération est éligible aux Certificats d'Économies d'Énergie (CEE) sous la fiche BAT-EQ-127.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	17873 kWh	-11603 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	2 929 €	-1 080 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1017 kgCO2	-1694 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	47,07 MWh
	4%
GES	6,82 Teq.CO2
	6%
Economies annuelles moyennes sur R	4 424 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les départs d'eau chaude radiateurs, Internat et Serre sont à température constante bien qu'ils soient équipés de V3V remontées sur l'interface locale	Aucune, l'action se fait directement depuis l'interface locale
Amélioration proposée	
Réseaux de chauffage Radiateurs, Serre et Internat : mise en place d'une loi d'eau du type : - Text : -10°C, départ à 60°C - Text : 15°C, départ à 20°C	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	46475 kWh	593 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	4 327 €	97 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	6785 kgCO2	34 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

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	40,63 MWh 4%
GES	6,54 Teq.CO2 6%
Economies annuelles moyennes sur R	3 310 €
TRI	3 an(s)
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement le bâtiment ne présente aucune variation des températures de consignes de température en inoccupation, ni les zones chauffées au moyen de radiateurs ni celles traitées sur vecteur air via les CTA	Cette action porte à la fois sur la programmation existante des CTA (équipées ou non de régulations fonctionnelles) et celle des réseaux d'eau chaude (non équipées de vannes trois voies. Il est nécessaire de coupler cette action à l'action n°3 pour en mesurer
Amélioration proposée	
Mettre en place un ralenti de nuit de 2°C, en chauffage comme en rafraîchissement, sur l'ensemble du bâtiment en dehors des horaires et jours d'occupation. Cette action nécessite les travaux suivants : - CTA 1, 2, 3, 4, 5 et 7 : Mise en place de nouveaux automates, assurant une régulation via la GTB, avec une loi d'air associée > pris en compte dans cette action - CTA 6 et réseaux de chauffage émetteurs statiques : RAS (possibilité de programmer l'automate existant)	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	47439 kWh	-6814 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	4 417 €	-1 117 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	6926 kgCO2	-388 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

Investissement	Estimations
Coût	20 000 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	20 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	30,84 MWh
	3%
GES	3,25 T _{eq} .CO ₂
	3%
Economies annuelles moyennes sur R	4 039 €
TRI	4 an(s)
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les CTA et caissons d'extraction fonctionnent à plein régime 24h/24.	Aucune contrainte technique majeure
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 (cela nécessite l'action n°4 où sont prises en compte les installations d'automates fonctionnels sur les CTA qui n'en sont pas pourvues, et la pose de variateurs de vitesses sur les caissons d'extraction) - installer des variateurs de vitesses sur les caissons d'extractions et les raccorder à la GTB	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	16772 kWh	14068 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	1 562 €	2 306 €	
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	2449 kgCO ₂	800 kgCO ₂	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO ₂ /an]	-	-	

Investissement	Estimations
Coût	280 000 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	280 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	192,87 MWh
	17%
GES	28,53 Teq.CO2
	25%
Economies annuelles moyennes sur F	19 017 €
TRI	14 an(s)
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le bâtiment ne présente actuellement aucune isolation des murs extérieurs, ce qui occasionne des déperditions thermiques importantes	Bâtiment possiblement classé ; intervention lourde en milieu occupé
Amélioration proposée	
Mise en place d'une ITI (isolation thermique par l'intérieur) sur les murs extérieurs des niveaux R-1 et R-2, présentant une résistance thermique R supérieure ou égale à 3,7 m2.K/W permettant de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-102)	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	197055 kWh	-4187 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	18 346 €	-686 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	28770 kgCO2	-238 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

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

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	4,07 MWh
	0%
GES	0,59 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur R	449 €
TRI	26 an(s)
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 du pignon Nord sont de type simple-vitrage cadre bois, de performance assez basse par rapport aux standards actuels (estimation $U_w > 5 \text{ W/m.K}$)	Il s'agit de travaux lourds et impactant fortement l'activité du bâtiment.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques particulièrement élevées liées aux fenêtres de cette zone, 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 $1,5 \text{ W/K.m}^2$, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104).	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	4040 kWh	29 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	376 €	5 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	590 kgCO2	2 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	40,63 MWh
	4%
GES	6,54 T _{eq} .CO ₂
	6%
Economies annuelles moyennes sur RO	3 310 I
TRI	3 an(s)
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement le bâtiment ne présente aucune variation des températures de consignes de température en inoccupation, ni les zones chauffées au moyen de radiateurs ni celles traitées sur vecteur air via les CTA	Cette action porte à la fois sur la programmation existante des CTA (équipées ou non de régulations fonctionnelles) et celle des réseaux d'eau chaude (non équipées de vannes trois voies. Il est nécessaire de coupler cette action à l'action n°3 pour en mesurer pleinement les bénéfices
Amélioration proposée	
Mettre en place un ralenti de nuit de 2°C, en chauffage comme en rafraîchissement, sur l'ensemble du bâtiment en dehors des horaires et jours d'occupation. Cette action nécessite les travaux suivants :	
- CTA 1, 2, 3, 4, 5 et 7 : Mise en place de nouveaux automates, assurant une régulation via la GTB, avec une loi d'air associée > pris en compte dans cette action - CTA 6 et réseaux de chauffage émetteurs statiques : RAS (possibilité de programmer l'automate existant)	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	47439 kWh	-6814 kWh	
Gain financier [I HT/an]	4 417 I	-1 117 I	
Economies de GES [k _{eq} .CO ₂ /an]	6926 kgCO ₂	-388 kgCO ₂	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [k _{eq} .CO ₂ /an]	-	-	

Investissement	Estimations
Coût	20 000 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	20 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	30,84 MWh
	3%
GES	3,25 T _{eq} .CO ₂
	3%
Economies annuelles moyennes sur RO	4 039 €
TRI	4 an(s)
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les CTA et caissons d'extraction fonctionnent à plein régime 24h/24.	Aucune contrainte technique majeure
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 (cela nécessite l'action n°4 où sont prises en compte les installations d'automates fonctionnels sur les CTA qui n'en sont pas pourvues, et la pose de variateurs de vitesses sur les caissons d'extraction) - installer des variateurs de vitesses sur les caissons d'extractions et les raccorder à la GTB	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	16772 kWh	14068 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1562 €	2 306 €
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	2449 kgCO ₂	800 kgCO ₂
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO ₂ /an]	-	-

Investissement	Estimations
Coût	280 000 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	280 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	192,87 MWh
	17%
GES	28,53 T _{eq} .CO ₂
	25%
Economies annuelles moyennes sur RO	19 017 €
TRI	14 an(s)
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le bâtiment ne présente actuellement aucune isolation des murs extérieurs, ce qui occasionne des déperditions thermiques importantes	Bâtiment possiblement classé ; intervention lourde en milieu occupé
Amélioration proposée	
Mise en place d'une ITI (isolation thermique par l'intérieur) sur les murs extérieurs des niveaux R-1 et R-2, présentant une résistance thermique R supérieure ou égale à 3,7 m ² .K/W permettant de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-102)	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	197055 kWh	-4187 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	18 346 €	-686 €	
Economies de GES [kgeq.CO ₂ /an]	28770 kqCO ₂	-238 kqCO ₂	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO ₂ /an]	-	-	

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

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	4,07 MWh 0%
GES	0,59 T _{eq} .CO ₂ 1%
Economies annuelles moyennes sur RO	449 I
TRI	26 an(s)
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 du pignon Nord sont de type simple-vitrage cadre bois, de performance assez basse par rapport aux standards actuels (estimation $U_w > 5 \text{ W/m.K}$)	Il s'agit de travaux lourds et impactant fortement l'activité du bâtiment.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques particulièrement élevées liées aux fenêtres de cette zone, 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 $1,5 \text{ W/K.m}^2$, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104).	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	4040 kWh	29 kWh	
Gain financier [I HT/an]	376 I	5 I	
Economies de GES [k _{eq} .CO ₂ /an]	590 kgCO ₂	2 kgCO ₂	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [k _{eq} .CO ₂ /an]	-	-	

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

Florian WILLERVAL

Auditeur énergétique

Tél

Florian.willerval@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Tél

Clarisse.manteau@advizeo.io

Bastien RINGES

Expert STD

Tél

Bastien.ringes@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland

2 Cour de l'Ile Louviers

75004 Paris
www.advizeo.io

advizeo