



Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – AUDIT

Hôpital de Tenon – Bâtiment Lavoisier

EMETTEURS

Zoé PLUYAUD

Energy Manager – Advizeo

Léo SIMPLET

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
Zoé PLUYAUD	Energy Manager	Rédaction
Léo SIMPLET	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_ LAVOISIER FRIMOUSSE_V1	18/07/2025	-

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
2.2.2. Déperditions thermiques	7
2.2.3. Besoin des locaux.....	8
2.3. Données météorologiques	8
3. Actions préconisées	9
3.1. Synthèse des Préconisations	10
4. Scénarisation	12
4.1. Synthèse énergétique et économique des scénarios	13
4.2. Impact sur la performance.....	14
4.3. Conclusion	15
5. Étude du coût global	16
6. Décret tertiaire	22
7. Conclusion générale	23
8. Hypothèses de calcul	24
8.1. Données économiques	24
8.2. Facteurs de conversions	24
8.3. Données météorologiques	24
9. Annexes.....	25
9.1. Fiches actions	25
9.2. Subventions et aides.....	48

Objet du document

1



1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent document complète l'étude initiale présentée dans le rapport APHP_TENON_Etat des lieux_LAVOISIER FRIMOUSSE_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 mètre 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 Energétique 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.

2.2. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE LA MODELISATION

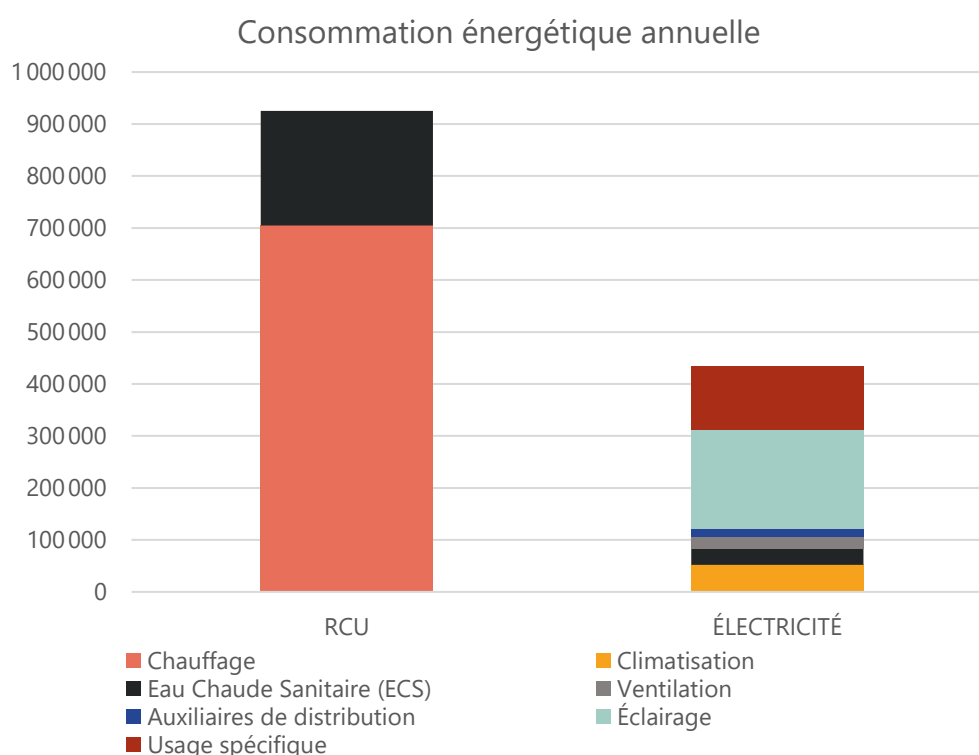
Comme présenté dans le rapport *État des lieux*, la Simulation Thermique Dynamique (STD) ainsi que la Simulation Énergétique Dynamique (SED) ont permis d'estimer les consommations énergétiques du bâtiment sur la base d'un modèle physique représentatif de son fonctionnement réel.

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	704 531	76%	-	-	115	52%
Climatisation	-	-	52 090	12%	9	4%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	220 835	24%	31 194	7%	41	18%
Ventilation	-	-	22 040	5%	4	2%
Auxiliaires de distribution	-	-	16 092	4%	3	1%
Éclairage	-	-	190 617	44%	31	14%
Usage spécifique	-	-	122 583	28%	20	9%
Production d'énergie renouvelable	-	-	-	-	-	-
TOTAL	925 366		434 616	100%	223	

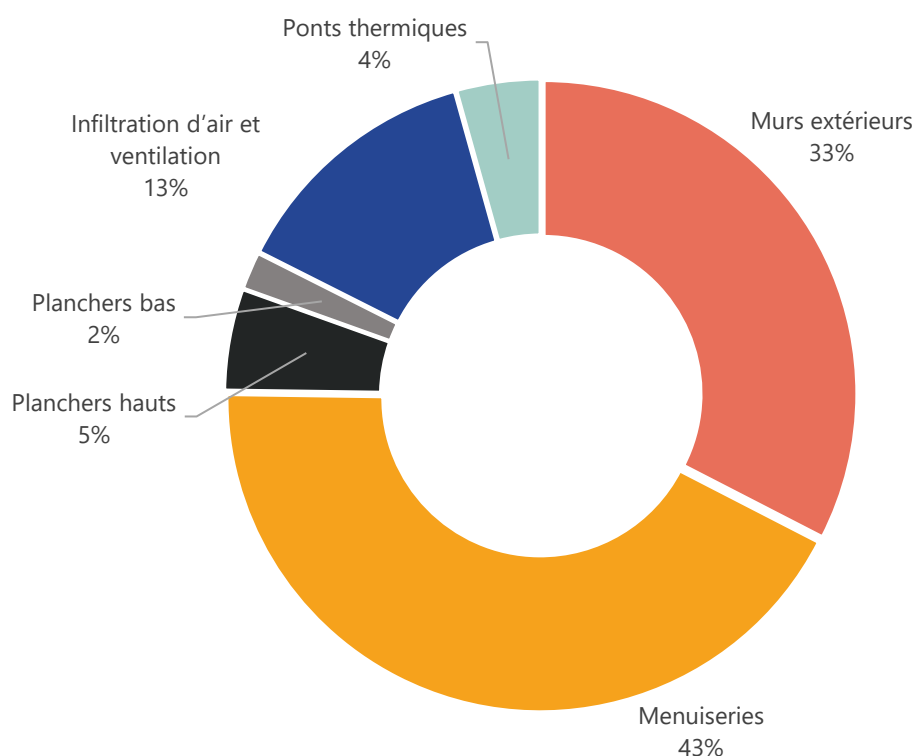
La part de RCU est d'environ 68% contre 32% pour l'électricité. Le poste chauffage est ainsi un des premiers gisements d'économies d'énergie.



2.2.2. Déperditions thermiques

RÉPARTITIONS DES DÉPERDITIONS – bâtiments Lavoisier et Frimousse					
Murs extérieurs	Menuiseries	Planchers hauts	Planchers bas	Infiltration d'air et ventilation	Ponts thermiques
88,03 kW	115,3 kW	14,2 kW	5,29 kW	35,78 kW	11,71 kW
TOTAL DES DÉPERDITIONS				270,31 kW	
COEFFICIENT $U_{bât}$				1,64 W/m².K	

Détail des déperditions thermiques du site



Les déperditions thermiques du bâtiment se répartissent selon les postes suivants :

1 - Déperditions par les menuiseries (43 % des pertes totales)

Principal poste de déperdition, les menuiseries représentent 43 % des pertes thermiques du bâtiment. Cette part importante s'explique par la surface élevée des ouvertures, et par leur composition majoritairement en simple vitrage et cadre aluminium non rupté (Lavoisier). L'absence de ces rupteurs de pont thermique accroît les ressentis de parois froides.

2 - Déperditions par les murs extérieurs (33 % des pertes totales)

À l'image des menuiseries, les murs extérieurs (notamment de Lavoisier) constituent une surface importante et très peu performante thermiquement, car en béton peu épais sans isolation. L'ensemble des murs extérieurs et des menuiseries représente plus de 75% des déperditions totales de ces bâtiments.

3 - Déperditions par le renouvellement d'air et les infiltrations (13% des pertes totales)

Le renouvellement d'air et les infiltrations constituent le troisième poste de déperdition. La faible performance des menuiseries engendre d'importantes infiltrations d'air (ressenties par les occupants, notamment en hiver).

4 & 5 - Déperditions par les planchers haut et bas (5 et 2 % des pertes totales)

Légèrement isolé et avec une surface déperditive moins importante que les façades, les planchers hauts de type toiture terrasse ne représentent que 5% des déperditions totales.

Les planchers bas, eux, ne sont responsables que de 2% des déperditions.

6 - Déperditions par les ponts thermiques (dernier poste de perte)

Les parois n'étant pas isolées, les ponts thermiques les plus importants se situent surtout au niveau des dormants des huisseries. Si les façades étaient traitées thermiquement, la part des ponts thermiques augmenteraient et il faudrait alors les traiter lors de l'isolation (une ITE permet d'éviter plus de ponts thermiques qu'une ITI).

2.2.3. Besoin des locaux

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

	PUISSANCE À INSTALLER (NF EN 12831)	PUISSANCE INSTALLÉE (sur site)	ÉCART
CHAUFFAGE	373 kW	960 kW chaud (avec ECS et secours)	+ 61 %
REFROIDISSEMENT	83 kW	152 kW froid	+ 45 %

La puissance de chauffage active installée est de 960 kW. Cette puissance prend en compte la production d'ECS et les échangeurs de secours qui sont aussi utilisés en cascade pour la production d'eau chaude au secondaire.

La puissance de refroidissement installée est de 152 kW. Cette puissance est légèrement surdimensionnée, mais ce constat est courant dans le milieu hospitalier.

2.3. 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 météorologiques 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.

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 :

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

En effet, le bâtiment étant 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.

Lors de la rénovation de l'enveloppe du bâtiment, la ventilation naturelle est réduite. Il est donc nécessaire de renforcer la ventilation mécanique, ce qui constitue une action à gain énergétique négatif, mais imposée d'un point de vue réglementaire.

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					
1	LAVOISIER - Optimisation de la loi d'eau sur le réseau secondaire EC	Chauffage	500 €HT	500 € HT	115 MWh	8 %	10756 € HT	16,8 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
2	LAVOISIER - Mise en place d'une TNC sur les réseaux radiateurs	Chauffage	500 €HT	500 € HT	4 MWh	0 %	403€ HT	0,6 TeqCO2/an	1 an	X	X	X
3	LAVOISIER - Remise en place de l'isolation de l'échangeur à plaques n°1	Chauffage/ECS	500 €HT	500 € HT	12 MWh	1 %	1140 € HT	1,8 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
4	LAVOISIER & FRIMOUSSE - Mise en place d'une programmation horaire sur les extracteurs des zones à occupation intermittente	Ventilation	18000 €HT	18000 € HT	80 MWh	6 %	8065 € HT	11 TeqCO2/an	2 ans	X	X	X
5	LAVOISIER & FRIMOUSSE - S'assurer du bon nettoyage des échangeurs des unités de climatisation réversible	Climatisation	500 €HT	500 € HT	2 MWh	0 %	394 € HT	0,1 TeqCO2/an	1 an	X	X	X
6	LAVOISIER & FRIMOUSSE - Isoler les points singuliers et longueurs droites réseau de chaud	Chauffage	2500 €HT	500 € HT	14 MWh	1 %	1312 € HT	2,1 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
7	FRIMOUSSE - S'assurer de la bonne fermeture des matelas isolants des échangeurs à plaques	Chauffage	100 €HT	100 € HT	1 MWh	0 %	107 € HT	0,2 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
8	FRIMOUSSE - Revoir les températures de consignes, la programmation horaire et la loi d'eau du réseau de chauffage	Chauffage	0 €HT	0 € HT	59 MWh	4 %	5485 € HT	8,5 TeqCO2/an	Immédiat	X	X	X
9	LAVOISIER & FRIMOUSSE - Augmenter les températures de consignes de climatisation	Climatisation	0 €HT	0 € HT	11 MWh	1 %	1808 € HT	0,7 TeqCO2/an	Immédiat	X		
10	LAVOISIER - Relamping des points lumineux fluo	Éclairage	7 500 € HT	6 000 € HT	20,96 MWh	1,5%	4 834 € HT	-0,57	1 an	X	X	X
11	Centraliser le pilotage des consoles des systèmes de climatisation réversibles	Climatisation	12000 €HT	12000 € HT	17 MWh	1 %	2868 € HT	1,1 TeqCO2/an	4 ans		X	X
12	LAVOISIER - Remplacement des menuiseries	Chauffage	542000 €HT	503000 € HT	259 MWh	19 %	26279 € HT	38,2 TeqCO2/an	19 ans		X	X
13	LAVOISIER - ITE des murs	Chauffage	247000 €HT	185000 € HT	201 MWh	15 %	19253 € HT	29,8 TeqCO2/an	9 ans		X	X
14	LAVOISIER - Mise en place ventilation réglementaire après isolation thermique	Chauffage	210 000 € HT	210 000 € HT	-67,35 MWh	- 5,0%	-13 734 € HT	-6,63	TRI>25ans		X	X
15	LAVOISIER & FRIMOUSSE - Désembouage et équilibrage des réseaux de chauffage	Chauffage	22 000 € HT	19 000 € HT	83,69 MWh	6,2%	10 136 € HT	9,27	1 an		X	X

Audit Energétique APHP – TENON – LAVOISIER FRIMOUSSE

16	LAVOISIER & FRIMOUSSE - Récupération de chaleur sur eaux grises	Eau Chaude Sanitaire	25 000 € HT	23 100 € HT	36,98 MWh	2,7%	3 504 € HT	5,45	6 ans		X	X
17	LAVOISIER - Mise en place de têtes thermostatiques dans les zones à l'occupation intermittente	Chauffage	207000 € HT	207000 € HT	60 MWh	4 %	6215 € HT	8,9 TegCO2/an	TRI>25ans			X
18	FRIMOUSSE - Mettre des variateurs sur les pompes de distributions réseau radiateurs	Chauffage	5000 € HT	5000 € HT	36 MWh	3 %	3392 € HT	5,2 TegCO2/an	1 an			X
19	LAVOISIER - ITE de la toiture terrasse	Chauffage	97000 € HT	83000 € HT	5 MWh	0 %	627 € HT	0,8 TegCO2/an	TRI>25ans ans			X
20	LAVOISIER - ITI du plancher bas	Chauffage	46 000 € HT	25 000 € HT	4,35 MWh	0,3%	420 € HT	0,67	TRI>25ans			X
21	FRIMOUSSE - Remplacement des menuiseries	Chauffage	135 000 € HT	125 000 € HT	29,53 MWh	2,2%	3 181 € HT	4,34	TRI>25ans			X
22	FRIMOUSSE - ITE de la toiture terrasse	Chauffage	57 000 € HT	49 000 € HT	16,12 MWh	1,2%	1 874 € HT	2,29	25 ans			X
23	FRIMOUSSE - ITE des murs	Chauffage	75 000 € HT	54 000 € HT	10,99 MWh	0,8%	1 215 € HT	1,60	TRI>25ans			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 ($TRI < 4\text{ans}$). Tel que des optimisations d'exploitation, petits travaux ou travaux en grande partie finançables par les CEE.
- 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 et menuiseries, ainsi que des opérations d'amélioration des systèmes à $TRI < 20\text{ans}$. L'action 21 a un $TRI > 25\text{ans}$ mais est obligatoire dans le cas de l'isolation thermique prévue par ce scénario.
- Le **scénario 3 « Gains long terme »** : combine les actions des scénarios 1 et 2, ainsi que des rénovations thermiques complémentaires.

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)]
Lavoisier et Frimousse	Scénario 1	Multipostes	30 600	27 100	3 500	314 783	23%	25%	40 453	33 681	33 681	33 681	Immédiat	Immédiat	Immédiat
	Scénario 2	Multipostes	1 088 100	978 700	109 400	587 343	43%	53%	85 218	55 106	61 259	68 315	19 ans	17 ans	15 ans
	Scénario 3	Multipostes	1 713 700	1 530 300	183 400	637 163	47%	58%	92 946	59 383	68 825	78 487	TRI>25ans	24 ans	21 ans

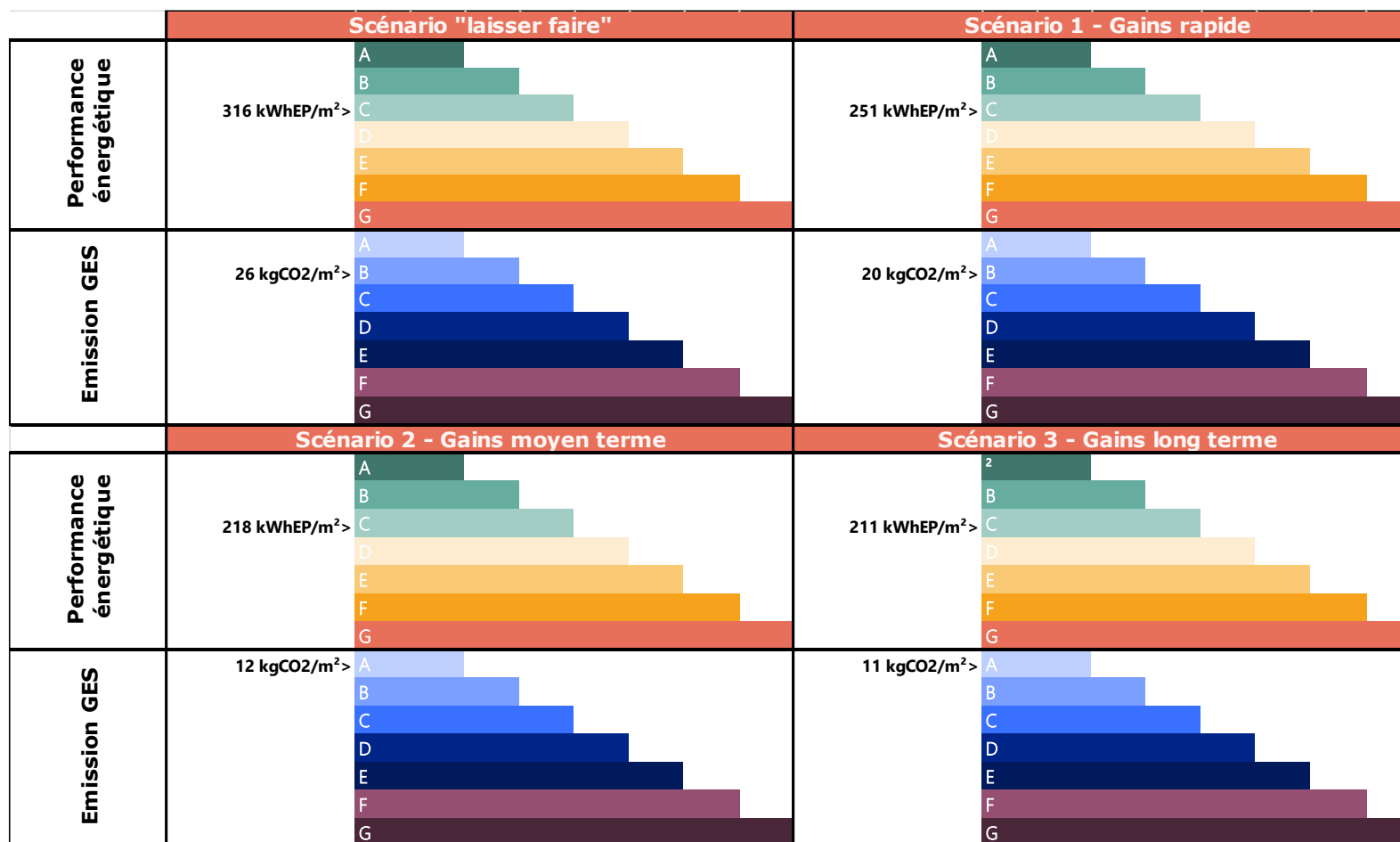
Les trois scénarios proposés présentent des niveaux d'investissement croissants, avec des gains énergétiques et environnementaux de plus en plus marqués.

Le Scénario 1, très peu coûteux (3 500 € de reste à charge après CEE), permet des gains modestes (23 % d'économies d'énergie, 25 % de réduction des GES) avec un ROI immédiat.

Le Scénario 2, plus ambitieux, représente un bon compromis entre performance et coût, avec 43 % d'économies d'énergie, 53 % de baisse des GES pour un reste à charge de 109 400 € et un ROI situé entre 16 et 20 ans.

Le Scénario 3 offre les meilleurs résultats en termes de gains (47 % énergie, 58 % GES), mais nécessite l'investissement le plus élevé (183 400 € de reste à charge), avec un ROI plus long (jusqu'à 25 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 316 kWhEP/m² et 26 kgCO₂/m², traduisant une performance énergétique médiocre.

À l'inverse, les scénarios d'amélioration offrent des gains notables, bien qu'aucun ne permette d'atteindre la classe supérieure (B) en consommation énergétique (seuil de 210 kWhEP/m²/an).

Les scénarios 2 et 3 permettent une avancée en matière de GES, en passant de la classe B à la classe A.

4.3. CONCLUSION

Le scénario « Gains rapides » permet d'atteindre 23 % d'économie d'énergie et 25 % de réduction d'émissions de GES avec un budget de 26600 € (3500 € de subventions déduites)

Le scénario « Gains moyen terme » permet d'atteindre 43 % d'économie d'énergie et 53 % de réduction d'émissions de GES avec un budget de 978700 € (109400 € de subventions déduites)

Le scénario « Gains long terme » permet d'atteindre 47 % d'économie d'énergie et 58 % de réduction d'émissions de GES avec un budget de 1526700 € (183400 € de subventions déduites)

En conclusion, le **scénario 2** apparaît comme le plus équilibré en matière de performance et de retour sur investissement, tandis que le **scénario 3** s'inscrit dans une logique de long terme avec des bénéfices environnementaux maximisés.

Scénario	Gain		Coût			ROI actualisé		
	% d'économies d'énergie	% d'évolution des GES	Investissement total (HT)	CEE mobilisables	Reste à charge	C1	C2	C3
1	23%	25%	30 600 €	3 500 €	27 100 €	Immédiat	Immédiat	Immédiat
2	43%	53%	1 088 100 €	109 400 €	978 700 €	19 ans	17 ans	15 ans
3	47%	58%	1 713 700 €	183 400 €	1 530 300 €	TRI>25ans	24 ans	21 ans

5. ÉTUDE 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	-	7 500	254 500	529 500
Investissement Remplacement / amélioration des menuiseries	€HT	-	-	542 000	677 000
Investissement Remplacement / amélioration système chauffage	€HT	-	2 500	2 500	214 500
Investissement Remplacement / amélioration système ventilation	€HT	-	18 000	228 000	228 000
Investissement Remplacement / amélioration systèmes divers	€HT	-	-	12 000	12 000
Investissement Énergie renouvelable	€HT	-	-	-	-
Investissement Optimisation exploitation	€HT	-	-	-	-
Investissement Maintenance préventive / corrective	€HT	-	-	22 000	22 000
Maîtrise d'œuvre	%	-	15%	15%	15%
	€HT	-	4 440	156 090	249 390
Aléas	%	-	5%	5%	5%
	€HT	-	1 480	52 030	83 130
Investissement total hors aides	€HT	-	35 520	1 248 720	1 995 120
Montant CEE	€HT	-	3 500	109 400	183 400
Investissement total aides déduites	€HT	-	32 020	1 139 320	1 811 720

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
Scénario "laisser faire"					
Scénario 1	C1	160 838 €	0 €	0 €	0 €
	C2	213 230 €	0 €	0 €	0 €
	C3	248 035 €	0 €	0 €	0 €
Scénario 2					
Scénario 2	C1	128 692 €	0 €	615 €	1 891 €
	C2	172 557 €	0 €	615 €	1 891 €
	C3	191 480 €	0 €	615 €	1 891 €
Scénario 3					
Scénario 3	C1	107 267 €	0 €	7 935 €	71 457 €
	C2	151 799 €	0 €	7 935 €	71 457 €
	C3	176 161 €	0 €	7 935 €	71 457 €
	C1	102 990 €	0 €	14 295 €	113 701 €
	C2	147 253 €	0 €	14 295 €	113 701 €
	C3	170 824 €	0 €	14 295 €	113 701 €

Analyse des Coûts Moyens Annuels

Scénario "laisser faire"

Ce scénario affiche le coût annuel moyen le plus élevé, variant de 160 838 € (C1) à 248 035 € (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).

Scénario 1 (Gains rapides)

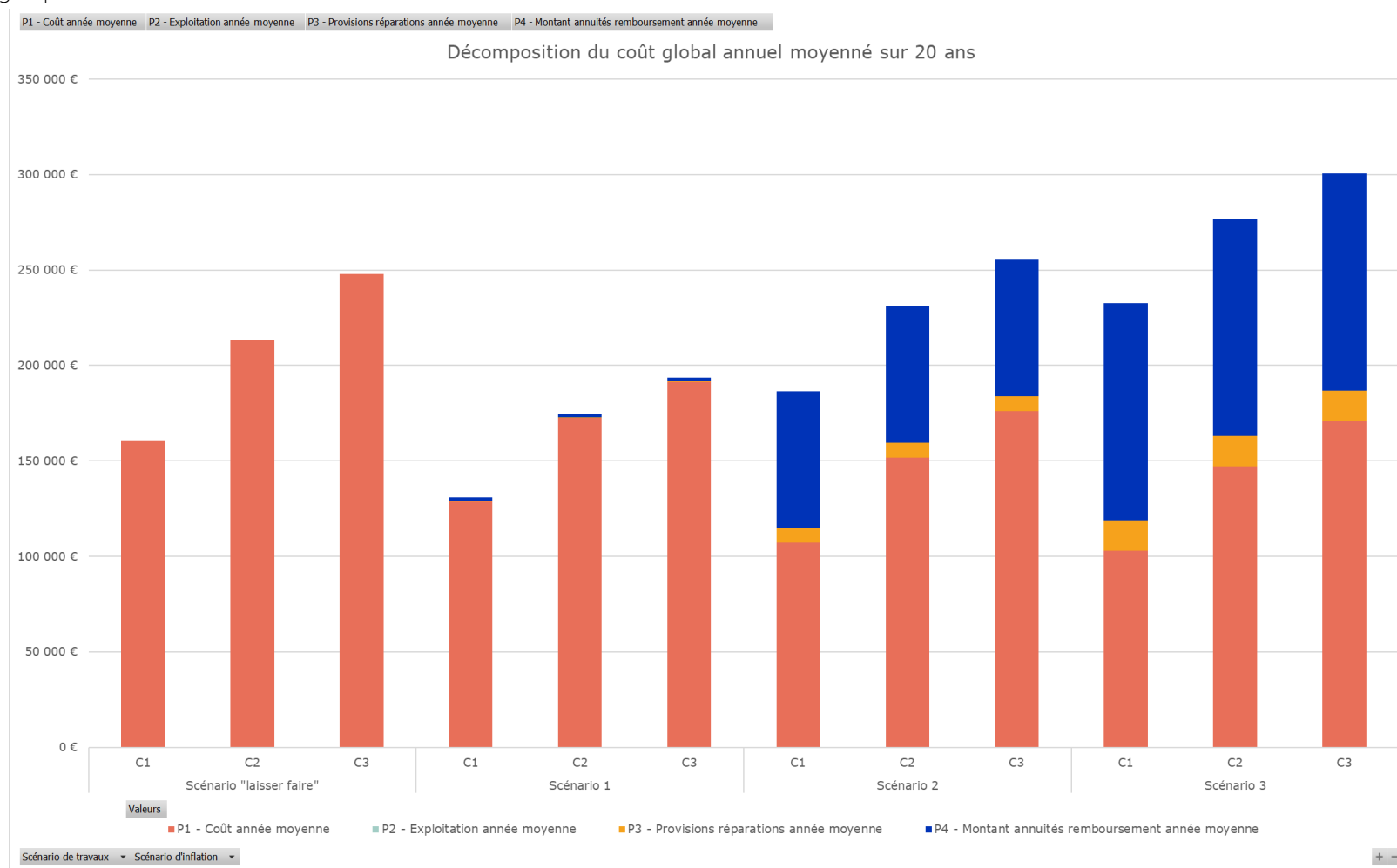
Ce scénario permet une réduction des coûts annuels par rapport au scénario témoin (-20% à -23% selon l'inflation). L'impact de l'inflation reste marqué, mais légèrement atténué par des provisions pour réparations et des remboursements d'annuités.

Scénario 2 (Gains moyen terme)

Ce scénario permet une réduction plus nette des coûts globaux (-29% à -33% par rapport au scénario témoin). L'investissement initial est plus important (71 500 € d'annuités de remboursement), néanmoins, il génère une économie d'énergie importante (43%). 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 (113 701 € d'annuités de remboursement). Cependant, il génère le coût annuel moyen le plus bas sur 20 ans (-31% à -36% par rapport au scénario témoin). La part des coûts directs (P1) est la plus faible (44% en C1, 57% en C3), ce qui permet de diminuer la résilience à l'inflation. La majorité des coûts annuels est liée aux investissements, néanmoins, ceux-ci permettront une amélioration du patrimoine et une meilleure maîtrise des coûts d'exploitation futurs.

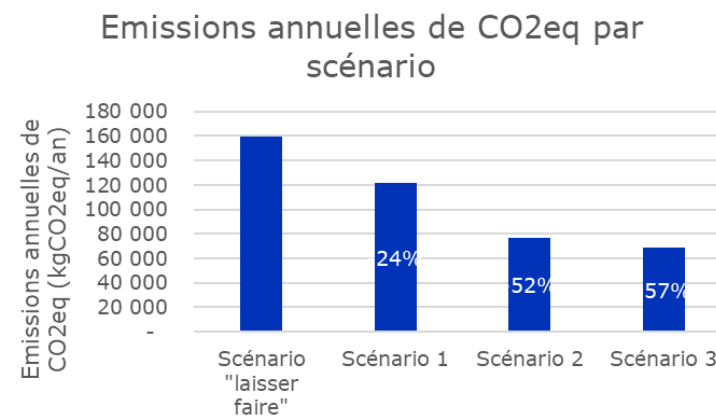
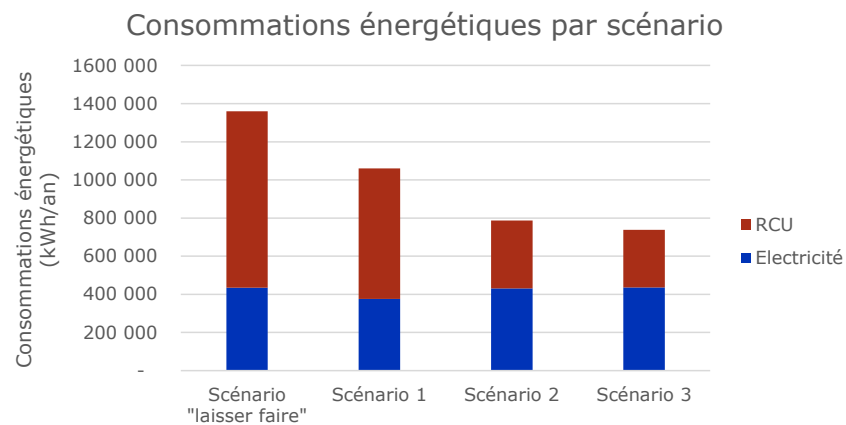


Impact de l'Inflation sur les Scénarios

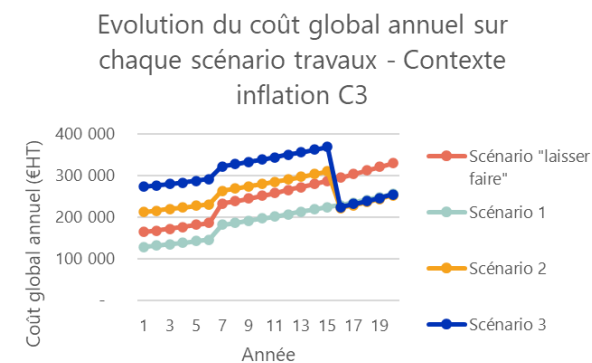
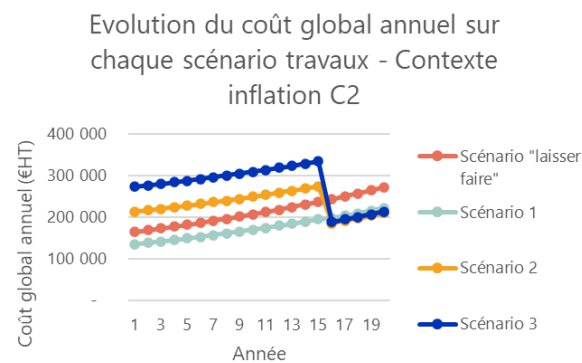
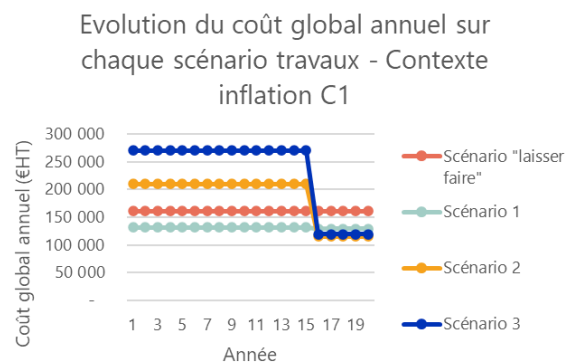
Le scénario "laisser faire" est le plus sensible à l'inflation, avec une augmentation de +54% entre C1 et C3.

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

Le scénario 3 est le plus résilient : bien que le coût total augmente, la part des coûts directs reste faible, ce qui limite l'impact de l'inflation sur les dépenses courantes.



La mise en œuvre des scénarios permettrait d'améliorer le bilan énergétique et environnemental du site. En effet, les émissions annuelles liées à la consommation énergétique du site seraient diminuées de 24% pour le scénario 1, de 52% pour le scénario 2 et de 57% 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.

Synthèse

Le scénario "laisser faire" est le moins optimal, générant les coûts les plus élevés à long terme et étant fortement exposé à l'inflation.

Le scénario 1 permet une réduction limitée des coûts, mais reste exposé à l'inflation.

Les scénarios 2 et 3 aboutissent à des coûts globaux similaires sur 20 ans, mais le scénario 3 présente une meilleure résilience face aux fluctuations du marché de l'énergie.

6. DECRET TERTIAIRE

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

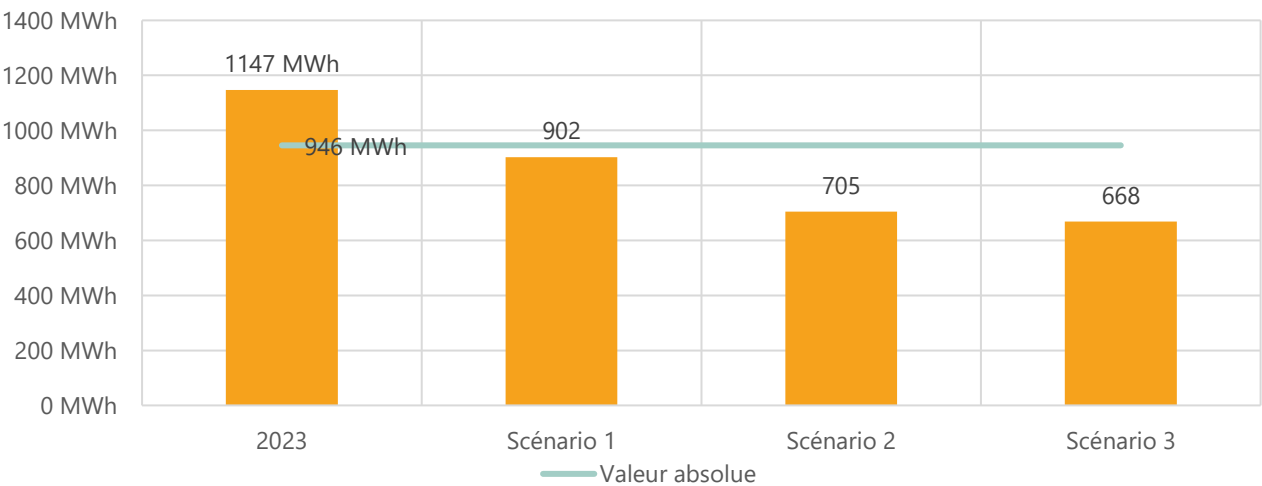
Valeur absolue	Estimée 2023
155 kWhDT/m ² /an	188 kWhDT/m ² /an
945 MWh	1147 MWh

En comparant la consommation de 2023 avec l'objectif calculé, il reste 21% 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	Ecart si non atteint
Scénario 1	902	OUI	-
Scénario 2	705	OUI	-
Scénario 3	668	OUI	-

Projection des consommations ajustées selon la méthode du DEET



Le scénario 1 permet d'atteindre l'objectif absolu, mais avec une marge de seulement 5 %. Compte tenu des aléas possibles (conditions réelles, efficacité des actions d'exploitation), cet objectif reste incertain. Il est donc préférable de viser à minima le scénario 2, offrant une performance plus sécurisée.

7. CONCLUSION GENERALE

L'analyse en coût global sur 20 ans met en évidence le **scénario 2** comme le **meilleur compromis technico-économique**, quelle que soit l'hypothèse d'inflation retenue.

Il s'impose comme **le scénario le plus rentable**, tout en offrant une **trajectoire sécurisée** pour atteindre l'objectif absolu de **performance énergétique DEET** à l'échelle du bâtiment.

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 (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.

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

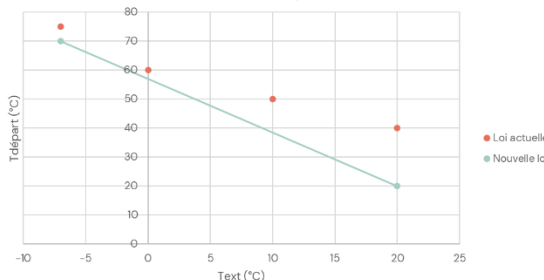
LAVOISIER - Optimisation de la loi d'eau sur le réseau secondaire EC

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	115,22 MWh
	8%
GES	16,79 Teq.CO2
	11 %
Economies annuelles moyennes sur ROI	10 756 €
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															
La régulation actuelle de la température de départ chauffage sur le réseau secondaire (EC) repose sur la loi d'eau suivante : Loi d'eau actuelle et préconisée – EC Lavoisier  L'émission se fait radiateurs Haute Température en fonte pour le bâtiment Lavoisier et des radiateurs acier Moyenne Température pour Frimousse.	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. Nous constatons que les lois d'eau préconisées peuvent s'avérer insuffisantes au regard de l'isolation thermique du bâtiment, qui nécessite d'être revue. Ce point fait l'objet des actions supplémentaires.															
Amélioration proposée																
Nous préconisons de recalibrer la loi d'eau pour adapter la température de départ chauffage aux besoins réels, suivant les paramètres suivants <table><tr><th>Text [°C]</th><th>Tdépart préconisé [°C]</th><th>Tdépart actuel [°C]</th></tr><tr><td>-7</td><td>70</td><td>75</td></tr><tr><td>0</td><td>57</td><td>60</td></tr><tr><td>10</td><td>39</td><td>50</td></tr><tr><td>20</td><td>20</td><td>40</td></tr></table> : 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.		Text [°C]	Tdépart préconisé [°C]	Tdépart actuel [°C]	-7	70	75	0	57	60	10	39	50	20	20	40
Text [°C]	Tdépart préconisé [°C]	Tdépart actuel [°C]														
-7	70	75														
0	57	60														
10	39	50														
20	20	40														

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	114825 kWh	398 kWh
Gain financier [€ HT/an]	10 690 €	65 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	16765 kgCO2	23 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

LAVOISIER - Mise en place d'une TNC sur les réseaux radiateurs

Action N°2

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	4,28 MWh
	0,3%
GES	0,62 Teq.CO2
	0,4%
Economies annuelles moyennes sur ROI	403 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action

Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le réseau secondaire chauffage du bâtiment Lavoisier est régulé par une vanne 3 voies (V3V), qui pilote l'alimentation des radiateurs dans le bâtiment. Ce système est géré via une régulation Trend avec remontée des données sur la GTB Iconics. Actuellement, la régulation Trend ne prévoit pas de seuil de température extérieure au-dessus de laquelle la production de chaleur est interrompue ("Température de Non-Chauffe, ou TNC).	Aucune modification physique du réseau n'est nécessaire.
Amélioration proposée	
La mise en place d'une TNC de 18°C est recommandée.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	4228 kWh	54 kWh
Gain financier [€ HT/an]	394 €	9 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	617 kgCO2	3 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

LAVOISIER - Remise en place de l'isolation de l'échangeur à plaques n°1

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	12,25 MWh
	1%
GES	1,79 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 140 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Optimisation exploitation
Usage concerné	Chauffage/ECS

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
L'échangeur à plaques n°1 (modèle BARRIQUAND BAS65700CP*55) de 433 kW situé dans la sous-station est actuellement non isolé. L'isolant d'origine a été retiré lors d'une opération de maintenance et la remise en place n'a pas été effectuée, bien que l'isolant soit toujours stocké à proximité dans le local technique.	Aucune contrainte technique majeure. Il a été rapporté que l'isolant avait été retiré lors de recherches de fuites, certains opérateurs estimant qu'il gêne l'identification visuelle des suintements. Toutefois, l'isolant étant spécifiquement conçu pour être retiré et remis facilement, équipé de bandes velcro, cette situation ne justifie pas son absence prolongée.
Amélioration proposée	
Reposer l'isolant d'origine sur l'échangeur afin de réduire les déperditions thermiques et limiter les surconsommations de chauffage associées.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	12248 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 140 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1788 kgCO2	0 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-

LAVOISIER & FRIMOUSSE - Mise en place d'une programmation horaire sur les extracteurs des zones à occupation intermittente

Action N°4

Investissement	Estimations
Coût	18 000 €
Financements (CEE uniquement)	
Investissement total	18 000 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	80,16 MWh
	6%
GES	11,03 Teq.CO2
	7%
Economies annuelles moyennes sur ROI	8 065 €
TRI	2 an(s)
Catégorie de TRI	2
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Ventilation

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. Nous préconisons : - Frimousse, marche de 6h-21h du lundi au vendredi - Hospitalisation, marche de 6h-21h du lundi au dimanche (extraction sanitaire uniquement pour le moment). L'hypothèse de 10 caissons d'extraction et le raccordement des 2 CTA simple flux (Lavoisier et Frimousse) est utilisée. 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]	72605 kWh	7554 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	6 760 €	1 238 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	10600 kgCO2	430 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

LAVOISIER & FRIMOUSSE - S'assurer du bon nettoyage des échangeurs des unités de climatisation réversible

Action N°5

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	2,41 MWh
	0,2%
GES	0,14 Teq.CO2
	0,1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	394 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
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 direct 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. Un échangeur encrassé réduit la capacité d'échange thermique, prolonge le temps de fonctionnement des compresseurs, et peut entraîner des dysfonctionnements ou une surconsommation électrique, notamment en été	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]	2405 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	394 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	137 kgCO2	0 kgCO2

LAVOISIER & FRIMOUSSE - Isoler les points singuliers et longueurs droites réseau de chaud

Action N°6

Investissement	Estimations
Coût	2 500 €
Financements (CEE uniquement)	2 000 €
Investissement total	500 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	14,09 MWh
	1%
GES	2,06 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 312 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Dans les sous-stations des bâtiments Lavoisier et Frimousse, 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 de la sous-station de Lavoisier, on comptabilise 9 points singuliers non-isolés, dont 1 matelas à remettre en place. Sur la sous-station Frimousse, 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. Cette action prétend aux CEE (BAT-TH-161 et BAT-TH-146).	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	14091 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 312 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	2057 kgCO2	0 kgCO2

FRIMOUSSE - S'assurer de la bonne fermeture des matelas isolants des échangeurs à plaques

Action N°7

Investissement	Estimations
Coût	100 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	100 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	1,15 MWh
	0,1%
GES	0,17 Teq.CO2
	0,1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	107 €
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
Le matelas isolant d'un des échangeurs à plaques (modèle BARRIQUAND BAS*32*656*C*P) de 47 kW et situé dans la sous-station, n'est pas correctement fermé.	Aucune contrainte technique majeure.
Amélioration proposée	
Refermer complètement l'isolant afin de réduire les déperditions thermiques et limiter les surconsommations associées.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	1149 kWh	0 kWh
Gain financier [€ HT/an]	107 €	0 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	168 kgCO2	0 kgCO2

FRIMOUSSE - Revoir les températures de consignes, la programmation horaire et la loi d'eau du réseau de chauffage

Action N°8

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	58,59 MWh
	4%
GES	8,51 Teq.CO2
	5%
Economies annuelles moyennes sur ROI	5 485 €
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
Le réseau de chauffage est actuellement régulé par un Siemens RVL480, avec les réglages suivants : Température de confort réglée à 24°C (trop élevée) Aucune température en mode réduit, rendant le programme horaire inopérant malgré une plage déclarée de 6h – 22h Loi d'eau configurée à -5°C / 43°C et 15°C / 31°C, entraînant une température de départ trop haute Date et heure incorrectes sur le régulateur, ce qui compromet la cohérence des séquences horaires.	Pas de contraintes spécifiques.
Amélioration proposée	
Un ajustement complet des paramètres du RVL480 est à réaliser afin d'aligner la régulation avec les recommandations d'efficacité énergétique : Consigne confort : 21°C Consigne réduit : 17°C Plages horaires confort : 6h–22h du lundi au vendredi. Loi d'eau à mettre à jour : TAB/GRPAH De plus la vérification du fonctionnement de la sonde extérieure et des actionneurs de vannes (3 voies) est préconisée. Si le régulateur RVL480 ne permet pas une gestion fine des paramètres requis ou montre des signes de vieillissement/limitations fonctionnelles, son remplacement par un modèle plus récent et notamment compatible avec une remontée sur la GTB est recommandé.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	58148 kWh	438 kWh
Gain financier [€ HT/an]	5 414 €	72 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	8490 kgCO2	25 kgCO2

LAVOISIER & FRIMOUSSE – Augmenter les températures de consignes de climatisation

Action N°9

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

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	11,23 MWh
	0,8%
GES	0,68 Teq.CO2
	0,4%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 808 €
TRI	0 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Sensibilisation
Usage concerné	Climatisation

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Les unités de climatisation réversible sont actuellement pilotées localement par les occupants via des consoles murales. Ce fonctionnement libre ne permet pas une gestion énergétique cohérente, ni le respect des bonnes pratiques de confort d'été. Des consignes de climatisation trop basses (20°C observés) peuvent générer des surconsommations importantes, notamment en période estivale, et créer des conflits thermiques avec le chauffage intersaison ou entre zones.	Pas de contraintes spécifiques.
Amélioration proposée	
Nous préconisons de sensibiliser les usagers ainsi que de brider les télécommandes. Les gains ont été estimés sur la base d'un passage de 20°C à 24°C dans les locaux climatisés concernés. Des gains sont également observables sur le chauffage, dû aux interaction thermiques par les parois entre les pièces.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	10772 kWh	459 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 766 €	43 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	613 kgCO2	67 kgCO2

LAVOISIER - Relamping des points lumineux fluo

Action N°10

Investissement	Estimations
Coût	7 500 €
Financements (CEE uniquement)	1 500 €
Investissement total	6 000 €

Scénario	
Scénario 1	OUI
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	20,96 MWh
	2%
GES	-0,57 Teq.CO2
	0%
Economies annuelles moyennes sur ROI	4 834 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Éclairage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Plusieurs zones du site (archives, locaux techniques, vestiaires et circulations) sont encore équipées de luminaires à tubes fluorescents.	Aucune contrainte majeure n'a été identifiée. Les dalles 60×60 peuvent être directement intégrées dans les faux-plafonds existants. Le remplacement des tubes fluorescents par des tubes LED compatibles est une opération simple et peu intrusive. Le câblage existant pourra souvent être réutilisé, sous réserve d'une vérification de compatibilité avec les ballasts électroniques ou leur suppression.
Amélioration proposée	
Il est recommandé de procéder au remplacement des luminaires fluorescents par : des dalles LED 60×60 dans les zones de circulations, des tubes LED dans les archives, locaux techniques et vestiaires. Cette opération est éligible aux Certificats d'Économies d'Énergie (CEE) sous la fiche BAT-EQ-127. La surface concernée est estimée à 572 m². Le remplacement des tubes fluorescents par des LED va entraîner une légère augmentation des besoins en chauffage, notamment en hiver, ce derniers dégageant plus de chaleur que les LED.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	40723 kWh	-19764 kWh
Gain financier [€ HT/an]	6 675 €	-1 840 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	2317 kgCO2	-2886 kgCO2

Centraliser le pilotage des consoles des systèmes de climatisation réversibles

Action N°11

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

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	17,28 MWh
	1%
GES	1,14 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	2 868 €
TRI	4 an(s)
Catégorie de TRI	3
Type d'action	Remplacement / amélioration systèmes divers
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 dû 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. 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 Les gains ont été estimés sur la base d'un passage de 20°C à 24°C et l'application de programmes horaires dans les locaux climatisés concernés. Des gains sont également observables sur le chauffage, dû aux interactions thermiques par les parois entre les pièces.	

Critères	ELECTRICITÉ	RCU
Economies d'énergie finale [kWh/an]	15525 kWh	1754 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 544 €	163 €
Economies de GES [keq.CO2/an]	883 kgCO2	256 kgCO2
Consommations supplémentaires [kWh/an]		
Emissions supplémentaires [keq.CO2/an]	-	-

LAVOISIER - Remplacement des menuiseries

Action N°12

Investissement	Estimations
Coût	542 000 €
Financements (CEE uniquement)	39 000 €
Investissement total	503 000 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	258,59 MWh
	19%
GES	38,22 Teq.CO2
	24%
Economies annuelles moyennes sur ROI	26 279 €
TRI	19 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
Actuellement, les fenêtres et portes-fenêtres du bâtiment sont très faiblement performantes, induisant des déperditions thermiques particulièrement élevées (43% des déperditions totales pour Lavoisier + Frimousse).	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. Le remplacement des menuiseries devra prendre en compte la possible isolation par l'extérieur des murs du bâtiments (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 1,5 W/K.m², permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104). Le coût de cette préconisation inclut la dépose des menuiseries existantes, la pose des menuiseries de remplacement, ainsi que la pose de volets roulants extérieurs.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	263838 kWh	-5251 kWh
Gain financier [€ HT/an]	24 563 €	-861 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	38520 kgCO2	-299 kgCO2

LAVOISIER - ITE des murs

Action N°13

Investissement	Estimations
Coût	247 000 €
Financements (CEE uniquement)	62 000 €
Investissement total	185 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	201,27 MWh
	15%
GES	29,81 Teq.CO2
	19%
Economies annuelles moyennes sur ROI	19 253 €
TRI	9 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
Actuellement, les murs sur extérieur du bâtiment ne présentent pas d'épaisseur d'isolant, induisant des déperditions thermiques particulièrement élevées (33% des déperditions totales pour Lavoisier + Frimousse).	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. L'isolation extérieure des murs devra prendre en compte l'éventuel remplacement des menuiseries pour limiter les ponts thermiques.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques particulièrement élevées liées aux murs sur extérieur du bâtiment, il est préconisé de réaliser une isolation par l'extérieur de ceux-ci, induisant des gains énergétiques très importants. La résistance thermique supplémentaire induite par la pose d'une épaisseur d'isolant est définie à une valeur légèrement supérieure 3,7 K.m²/W, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-102). Le coût de cette préconisation inclut l'installation d'une épaisseur d'isolation et l'installation d'un bardage ou d'une couche de revêtement. Surface isolée : 1665m²	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	206008 kWh	-4742 kWh
Gain financier [€ HT/an]	19 179 €	-777 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	30077 kgCO2	-270 kgCO2

LAVOISIER - Mise en place ventilation réglementaire après isolation thermique

Action N°14

Investissement	Estimations
Coût	210 000 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	210 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	-67,35 MWh
	-5%
GES	-6,63 Teq.CO2
	-4%
Economies annuelles moyennes sur ROI	-13 734 €
TRI	TRI > 25ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Remplacement / amélioration système ventilation
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
La plupart des zones du bâtiment ne sont pas ventilées en l'état initial du bâtiment. Des infiltrations d'air ont lieu au niveau des menuiseries et des parois, permettant un renouvellement d'air induit non contrôlé.	L'installation d'une ventilation réglementaire dans le cas d'un bâtiment faiblement ventilé mécaniquement implique le passage de gaines de ventilation dans la structure du bâtiment. Ces gaines peuvent être volumineuses et doivent partager le volume des plénums avec les autres réseaux déjà présents sur le bâtiment. Les bouches de rejet et de reprise d'air neuf peuvent aussi être dissimulées en toiture ou RDC en fonction de la configuration du réseau aéraulique.
Amélioration proposée	
Les actions de rénovation thermique (remplacement des menuiseries / isolation des parois verticales...) permettent de limiter fortement les infiltrations d'air naturelles dans le bâtiment et de facto ses déperditions thermiques. Toutefois, la présence d'un renouvellement d'air est obligatoire (ERP, code du travail...) pour limiter les concentrations de CO2 et de COV dans l'air ambiant. La mise en place d'équipements de ventilation double-flux avec récupération d'énergie est donc fortement recommandée.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	-31360 kWh	-35990 kWh
Gain financier [€ HT/an]	-2 920 €	-5 899 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	-4579 kgCO2	-2048 kgCO2

LAVOISIER & FRIMOUSSE - Désembouage et équilibrage des réseaux de chauffage

Action N°15

Investissement	Estimations
Coût	22 000 €
Financements (CEE uniquement)	3 000 €
Investissement total	19 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	83,69 MWh
	6%
GES	9,27 Teq.CO2
	6%
Economies annuelles moyennes sur ROI	10 136 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Maintenance préventive / corrective
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, les réseaux de chauffage et de climatisation sont fortement obstrués et déséquilibrés, induisant des besoins de puissance hydraulique, de chauffage et de climatisation 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 du 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 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	33125 kWh
Gain financier [€ HT/an]	4 707 €	5 429 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	7382 kgCO2	1885 kgCO2

LAVOISIER & FRIMOUSSE - Récupération de chaleur sur eaux grises

Action N°16

Investissement	Estimations
Coût	25 000 €
Financements (CEE uniquement)	1 900 €
Investissement total	23 100 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	OUI
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	36,98 MWh
	3%
GES	5,45 Teq.CO2
	3%
Economies annuelles moyennes sur ROI	3 504 €
TRI	6 an(s)
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Système de production d'ECS
Usage concerné	Eau Chaude Sanitaire

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]	37542 kWh	-563 kWh
Gain financier [€ HT/an]	3 495 €	-92 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	5481 kgCO2	-32 kgCO2

LAVOISIER - Mise en place de têtes thermostatiques dans les zones à l'occupation intermittente

Action N°17

Investissement	Estimations
Coût	210 600 €
Financements (CEE uniquement)	0 €
Investissement total	210 600 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	59,70 MWh
	4%
GES	8,89 Teq.CO2
	6%
Economies annuelles moyennes sur ROI	6 215 €
TRI	TRI > 25ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le réseau de chauffage actuel alimente l'ensemble des radiateurs du bâtiment via une seule boucle commune, sans distinction entre les zones à occupation intermittente et les zones à besoins permanents. La régulation actuelle impose donc de chauffer l'ensemble du bâtiment en continu, y compris des espaces inoccupés à certains moments de la journée ou de la semaine.	Le local technique principal étant déjà saturé, ce qui limite les possibilités d'ajout d'équipements hydrauliques. C'est pourquoi d'un point de vue technico-économique, la solution des têtes connectées a été retenue, en addition de ses avantages.
Amélioration proposée	
Nous préconisons d'installer des têtes thermostatiques intelligentes sur les radiateurs des zones à occupation intermittente (ex. : chambres d'hôpital, bureaux, salles d'attente, locaux de consultation non continus). Nous recommandons une solution de Têtes filaires via bus de communication (ex. : BUSE, KNX), plus robustes qu'une solution sans-fil, sans dépendance aux ondes radios. Ces systèmes sont compatibles avec des régulations GTB, permettant une gestion fine à distance, sécurisée et centralisée. Fonctionnalités supplémentaires possibles : - Détection automatique d'absence pour abaissement en temps réel de la température (intéressant pour les chambres de patients). - Reprise de la température de confort à l'arrivée d'un occupant. - Historique de température pièce par pièce.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ	
Economies d'énergie finale [kWh/an]	61676 kWh	-1977 kWh	
Gain financier [€ HT/an]	5 742 €	-324 €	
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	9005 kgCO2	-112 kgCO2	
Consommations supplémentaires [kWh/an]			
Emissions supplémentaires [kgeq.CO2/an]	-	-	

FRIMOUSSE - Mettre des variateurs sur les pompes de distributions réseau radiateurs

Action N°18

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

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	35,91 MWh
	3%
GES	5,18 Teq.CO2
	3%
Economies annuelles moyennes sur ROI	3 392 €
TRI	1 an(s)
Catégorie de TRI	1
Type d'action	Remplacement / amélioration système chauffage
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Le réseau de chauffage secondaire du bâtiment Frimousse 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 prestant aux CEE (BAT-TH-112), cependant le montant est dérisoire (30€) et n'a donc pas été intégré.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	35227 kWh	684 kWh
Gain financier [€ HT/an]	3 280 €	112 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	5143 kgCO2	39 kgCO2

LAVOISIER - ITE de la toiture terrasse

Action N°19

Investissement	Estimations
Coût	97 000 €
Financements (CEE uniquement)	14 000 €
Investissement total	83 000 €

Scénario	
Scénario 1	NON
Scénario 2	NON
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	5,42 MWh
	0%
GES	0,77 Teq.CO2
	0%
Economies annuelles moyennes sur ROI	627 €
TRI	TRI>25ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le plancher haut sur toiture-terrasse du bâtiment ne présente qu'une légère épaisseur d'isolant, induisant des déperditions thermiques modérées.	L'aspect architectural du plancher haut sur toiture-terrasse du bâtiment n'induit pas de contrainte architecturale.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques élevées liées au plancher haut sur toiture-terrasse du bâtiment, il est préconisé de réaliser une isolation par l'extérieur entre la dalle du plancher haut et la couche d'étanchéité, induisant des gains énergétiques légers. La résistance thermique supplémentaire induite par la pose d'une épaisseur d'isolant est définie à une valeur légèrement supérieure 4,5 K.m²/W, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-107). Le coût de cette préconisation inclut l'installation d'une épaisseur d'isolation sur dalle.	
Surface isolée : 743m²	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	5236 kWh	181 kWh
Gain financier [€ HT/an]	488 €	30 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	765 kgCO2	10 kgCO2

LAVOISIER - ITI du plancher bas

Action N°20

Investissement	Estimations
Coût	46 000 €
Financements (CEE uniquement)	21 000 €
Investissement total	25 000 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	4,35 MWh
	0%
GES	0,67 Teq.CO2
	0%
Economies annuelles moyennes sur ROI	420 €
TRI	TRI>25ans
Catégorie de TRI	4
Type d'action	Isolation des parois opaques
Usage concerné	Chauffage

Descriptif de l'action	
Observations	Contraintes techniques et architecturales
Actuellement, le plancher bas sur terre-plein ne présente pas d'épaisseur d'isolant, induisant des déperditions thermiques légères.	L'isolation par l'intérieur du plancher bas rend temporairement indisponible l'usage des pièces concernées. Le rajout d'une couche d'isolation par l'intérieur diminue la hauteur sous-plafond de l'étage concerné.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques particulièrement élevées liées aux murs sur extérieur du bâtiment, il est préconisé de réaliser une isolation par l'intérieur de ceux-ci, induisant des gains énergétiques légers. La résistance thermique supplémentaire induite par la pose d'une épaisseur d'isolant est définie à une valeur légèrement supérieure 3,0 K.m²/W, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-103). Le coût de cette préconisation inclut l'installation d'une épaisseur d'isolation, l'installation d'un doublage et la prestation de peinture de la paroi rénovée.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	4687 kWh	-333 kWh
Gain financier [€ HT/an]	436 €	-55 €
Economies de GES [keq.CO2/an]	684 kgCO2	-19 kgCO2

FRIMOUSSE - Remplacement des menuiseries

Action N°21

Investissement	Estimations
Coût	135 000 €
Financements (CEE uniquement)	10 000 €
Investissement total	125 000 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	29,53 MWh
	2%
GES	4,34 Teq.CO2
	3%
Economies annuelles moyennes sur ROI	3 181 €
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
Actuellement, les fenêtres et portes-fenêtres du bâtiment sont moyennement performantes, induisant des déperditions thermiques modérées (43% des déperditions totales pour Lavoisier + Frimousse, en majorité via les menuiseries de Lavoisier).	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. Le remplacement des menuiseries devra prendre en compte le possible rajout d'une couche d'isolation par l'extérieur des murs du bâtiments (pour éviter les ponts thermiques).
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques liées aux fenêtres et portes-fenêtres du bâtiment, il est préconisé de remplacer celles-ci, induisant des gains énergétiques modérés. Le coefficient de performance thermique des fenêtres et des portes-fenêtres à installer est défini à une valeur légèrement inférieure 1,5 W/K.m², permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-104). Le coût de cette préconisation inclut la dépose des menuiseries existantes, la pose des menuiseries de remplacement, ainsi que la pose de volets roulants extérieurs.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	29897 kWh	-370 kWh
Gain financier [€ HT/an]	2 783 €	-61 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	4365 kgCO2	-21 kgCO2

FRIMOUSSE - ITE de la toiture terrasse

Action N°22

Investissement	Estimations
Coût	57 000 €
Financements (CEE uniquement)	8 000 €
Investissement total	49 000 €

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	16,12 MWh
	1%
GES	2,29 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 874 €
TRI	25 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
Actuellement, le plancher haut sur toiture-terrasse du bâtiment ne présente qu'une légère épaisseur d'isolant, induisant des déperditions thermiques modérées.	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. Le remplacement des menuiseries devra prendre en compte la possible isolation par l'extérieur des murs du bâtiments (pour éviter les ponts thermiques).
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques élevées liées au plancher haut sur toiture-terrasse du bâtiment, il est préconisé de réaliser une isolation par l'extérieur entre la dalle du plancher haut et la couche d'étanchéité, induisant des gains énergétiques légers. La résistance thermique supplémentaire induite par la pose d'une épaisseur d'isolant est définie à une valeur légèrement supérieure 4,5 K.m²/W, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-107). Le coût de cette préconisation inclut l'installation d'une épaisseur d'isolation sur dalle.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	15359 kWh	759 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 430 €	124 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	2242 kgCO2	43 kgCO2

FRIMOUSSE - ITE des murs

Action N°23

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

Scénario	
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	OUI

Gains	Estimations
Energétiques	10,99 MWh
	1%
GES	1,60 Teq.CO2
	1%
Economies annuelles moyennes sur ROI	1 215 €
TRI	TRI > 25ans
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 extérieur du bâtiment présentent une épaisseur fine d'isolant, induisant des déperditions thermiques légères (33% des déperditions totales pour Lavoisier + Frimousse, en majorité via les parois extérieures de Lavoisier).	Aucune contrainte technique ou architecturale n'a été relevée : le bâtiment n'est pas classé, ni dans un périmètre de bâtiment classé. L'isolation extérieure des murs devra prendre en compte l'éventuel remplacement des menuiseries pour limiter les ponts thermiques.
Amélioration proposée	
Afin de diminuer les déperditions thermiques liées aux murs sur extérieur du bâtiment, il est préconisé de renforcer l'isolation par l'extérieur de ceux-ci, induisant des gains énergétiques légers. La résistance thermique supplémentaire induite par la pose d'une épaisseur d'isolant est définie à une valeur légèrement supérieure 3,7 K.m²/W, permettant ainsi de prétendre aux aides CEE (BAT-EN-102). Le coût de cette préconisation inclut l'installation d'une épaisseur d'isolation et l'installation d'un bardage ou d'une couche de revêtement.	

Critères	RCU	ELECTRICITÉ
Economies d'énergie finale [kWh/an]	10954 kWh	36 kWh
Gain financier [€ HT/an]	1 020 €	6 €
Economies de GES [kgeq.CO2/an]	1599 kgCO2	2 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 €/MWh_{cumac}.

Action	Fiche CEE	Volume de kWh _{cumac} généré	Valorisation CEE finale (€)
Isolation des murs par l'extérieur	BAT-EN-102	13 892 387	83 354
Isolation des toitures terrasses	BAT-EN-101	3 687 110	22 123
Remplacement des menuiseries	BAT-TH-155	8 045 040	48 270
Remplacement des équipements d'éclairage	BAT-EQ-127	243 634	1 462
Equilibrage et désembouage du système de chauffage	BAT-SE-103	532 920	3 198
Installation d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises	BAT-TH-154	320 000	1 920

CONTACTS

Zoé PLUYAUD

Auditrice énergétique

Zoe.pluyaud@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Clarisse.manteau@advizeo.io

Léo SIMPLET

Auditeur énergétique

leo.simplet@advizeo.io

Bastien RINGES

Expert STD

Bastien.ringes@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland

2 Cour de l'Île Louviers

75004 Paris

www.advizeo.io

advizeo