

Maîtrise d'ouvrage :

Mairie de L'Huisserie
2, rue du Maine
53970 L'HUISSERIE

Bureau d'études :

FLU'BAT Concept
22, rue Auguste Beuneux
53000 LAVAL

Mairie de L'Huisserie
2, rue du Maine
53970 L'HUISSERIE

Audit Technique Energétique du Bâtiment



5321018 - FLU - AUDIT

Table des matières

1. PREAMBULE	3
2. OBJECTIFS DE LA MISSION	3
3. RAPPEL DES NORMES & OBLIGATIONS	4
3.1 GÉNIE CLIMATIQUE	4
4. CLASSEMENT DU SITE	6
5. DESCRIPTION DU SITE	6
5.1 PLAN DE SITUATION	6
5.2 UTILISATION DES LOCAUX	7
5.3 DONNÉES DU CALCUL	7
5.4 PLAN DU BÂTIMENT	8
6. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	9
6.1 ENVELOPPE DU BATIMENT	9
6.2 CHAUFFAGE	14
6.3 VENTILATION	16
6.4 EAU CHAUDE SANITAIRE	17
6.5 ECLAIRAGE	17
6.6 SYNTHÈSE	18
7. ETUDE THERMIQUE	19
7.1 DESCRIPTION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT	19
7.2 CALCUL DES DEPERDITIONS	20
8. CONSOMMATIONS	21
8.1 CONSOMMATIONS CALCULÉES	21
8.2 CONSOMMATIONS RÉELLES	22
9. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS	23
10. HYPOTHESES TARIFAIRES	24
10.1 P1 : FOURNITURE D'ENERGIE	24
10.2 P2 : MAINTENANCE PREVENTIVE ET CURATIVE	24
10.3 P3 : APPROVISIONNEMENT	24
10.4 P4 : FINANCEMENT DES INSTALLATIONS	24
10.5 RÉCAPITULATIFS CHARGES FIXES	25
11. SCENARIOS DE TRAVAUX ENVISAGÉS	26
11.1 SCENARIO 1 : MINIMAL	26
11.2 SCENARIO 2 : INTERMEDIAIRE	27
11.3 SCENARIO 3 : AVANCE	28
12. ANALYSE ÉCONOMIQUE	29
12.1 RÉCAPITULATIF DES COÛTS D'INVESTISSEMENT PAR SOLUTION	29
12.2 RÉCAPITULATIF DES COÛTS D'EXPLOITATION	29
12.3 RÉCAPITULATIF DES GAINS ENERGETIQUES	30
13. CONCLUSION	31
14. ANNEXES	31

1. PREAMBULE

La Mairie de l'HUISSERIE a missionné le bureau d'études FLU'BAT CONCEPT pour la réalisation d'un Audit Technique et Energétique du Bâtiment pour l'amélioration énergétique de son bâtiment.

L'Audit énergétique concerne le bâtiment le plus ancien.

La visite sur site a été réalisée le 7 février 2022 en présence de M. DAVENEL.

Outre les données récoltées lors de la visite sur site, nos travaux s'appuient sur les différents documents de facturation et les plans du bâtiment mis à disposition par la Mairie.

2. OBJECTIFS DE LA MISSION

La mission d'étude d'Audit Technique et Energétique du Bâtiment porte sur l'identification des économies d'énergies réalisables dans le cadre d'un projet de rénovation thermique. Cette étude vous permettra ainsi de vous guider dans le choix des solutions à mettre en œuvre dans l'objectif d'améliorer la performance thermique des locaux avec des moyens adaptés aux différents modes de fonctionnement de ce bâtiment.

Au-delà de l'aspect énergétique, les résultats et choix de solutions techniques seront définis de manière à réduire les désordres techniques liés aux installations existantes.

Axes de travail et phases d'interventions :

- Recueil et analyse des données d'exploitation du site,
- Relevés sur site,
- Ressenti des occupants,
- Repérage et analyse du bâti,
- Repérage et analyse des matériels techniques exploités,
- Identification des désordres,
- Analyse des consommations énergétiques,
- Calculs thermiques du bâtiment,
- Propositions de solutions d'améliorations énergétiques,
- Estimation des consommations suivant scénarii d'amélioration envisagés,
- Estimations financières.

En aucun cas, cette analyse ne pourra être utilisée comme Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) ou étude de Réglementation Thermique (RT), Réglementation Environnementale (RE) ou de support pour la consultation des entreprises.

Le présent document n'est pas un cahier des charges, et par conséquent, il ne pourra pas être considéré comme support technique de maîtrise d'œuvre.

3. RAPPEL DES NORMES & OBLIGATIONS

3.1 GÉNIE CLIMATIQUE

3.1.1 Réglementation thermique et Transition Énergétique

L'arrêté du 7 décembre 2007, paru au JO le 20 décembre 2007 rend obligatoire un Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) pour tout bâtiment public ERP de catégorie 4 ou plus, et d'une surface supérieure à 1000m². Le DPE est valable 10 ans, et doit être affiché dans le hall d'accueil.

L'arrêté du 3 mai 2007 et du 18 décembre 2007 relatif au décret d'application n°2007-363 du 19 mars 2007 rend applicable les dispositions de la réglementation thermique « élément par élément » en rénovation en cas de travaux de rénovation pour tous locaux inférieur à 1000 m².

L'arrêté du 13 juin 2008 relatif au décret d'application n°2007-363 du 19 mars 2007 rend applicable les dispositions de la réglementation thermique « globale » en rénovation en cas de travaux de rénovation pour tous locaux supérieur à 1000 m².

Le décret tertiaire, n°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, prévoit l'obligation de mise en œuvre d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments existants supérieurs à 1000m² et à usage tertiaire.

L'objectif est de réduire de la consommation d'énergie finale pour l'ensemble des bâtiments soumis à l'obligation d'au moins 40 % en 2030, 50 % en 2040 et 60 % en 2050 par rapport à 2010.

Les consommations sont à déclarer sur la plate-forme OPERAT de l'ADEME avant le 30 septembre 2021.

Dans le cas d'un non-respect des obligations, une personne physique risque une amende de 1500 €. Une personne morale risque elle une amende de 7500 €. De plus, un système de dénonciation sera mis en place. La liste des personnes n'ayant pas respecté leurs obligations sera donnée sur un site dédié.

3.1.2 Chauffage

Pour les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de bureaux ou recevant du public

Les articles R.241-25 à R.241-29 du code de l'énergie instaurent l'obligation de limiter la température de chauffage dans les bâtiments. Ainsi, l'article R.241-26 spécifie notamment que les limites supérieures de température de chauffage sont fixées en moyenne à 19° C, à l'exception de ceux qui sont indiqués aux articles R.241-28 et R.241-29 :

- Pour l'ensemble des locaux affectés à un usage autre que l'habitation et compris dans un même bâtiment.
- L'article R.241-27 précise les limites de températures moyennes de chauffage en période d'inoccupation pour les bâtiments cités dans l'article R.241-26. Ces limites sont :
 - 16°C lorsque la durée d'inoccupation est égale ou supérieur à 24h et inférieure à 48h ;
 - 8°C lorsque la durée d'inoccupation est égale ou supérieure à 48h.

3.1.3 Ventilation

Afin d'éliminer la présence de polluant dans l'air intérieur des bâtiments (gaz carbonique, odeurs, fumées, vapeur d'eau, solvants, radon...), le règlement sanitaire département type, circulaire du 9 août 1978, impose des débits d'introduction d'air extérieur minimum :

DESTINATION DES LOCAUX	Débit minimal d'air neuf (m ³ /h)
Pièces à usages individuels	
Salle de bains ou de douches	15 par local
Salle de bains ou de douches avec WC	15 par local
WC isolé	15
Pièces à usage collectif	
WC isolé	30
Salle de bain ou de douche isolée	45
Salle de bain ou de douche avec WC	60
Bain, douches et WC groupé	30+15N*
Lavabos groupés	10+5N*
Salle de lavage, séchage et repassage du linge	5 par m ² de surface du local
Locaux d'enseignements	
Classes, salles d'études, laboratoire (hors pollution spécifique) :	
- Maternelle, primaire, secondaire du 1 ^{er} cycle	15/personnes
- Secondaire du deuxième cycle, universitaire	18/personnes
Atelier	18/personnes
Salle Polyvalente	30/personnes
Bureaux et locaux assimilés	18/personnes

* nombre d'équipements sanitaire du local

3.1.4 Plomberie

Afin de combattre les risques de légionellose, l'arrêté du 30 novembre 2005 impose une température de l'eau chaude sanitaire supérieure à 50°C dans les appareils de stockage et les canalisations de distribution.

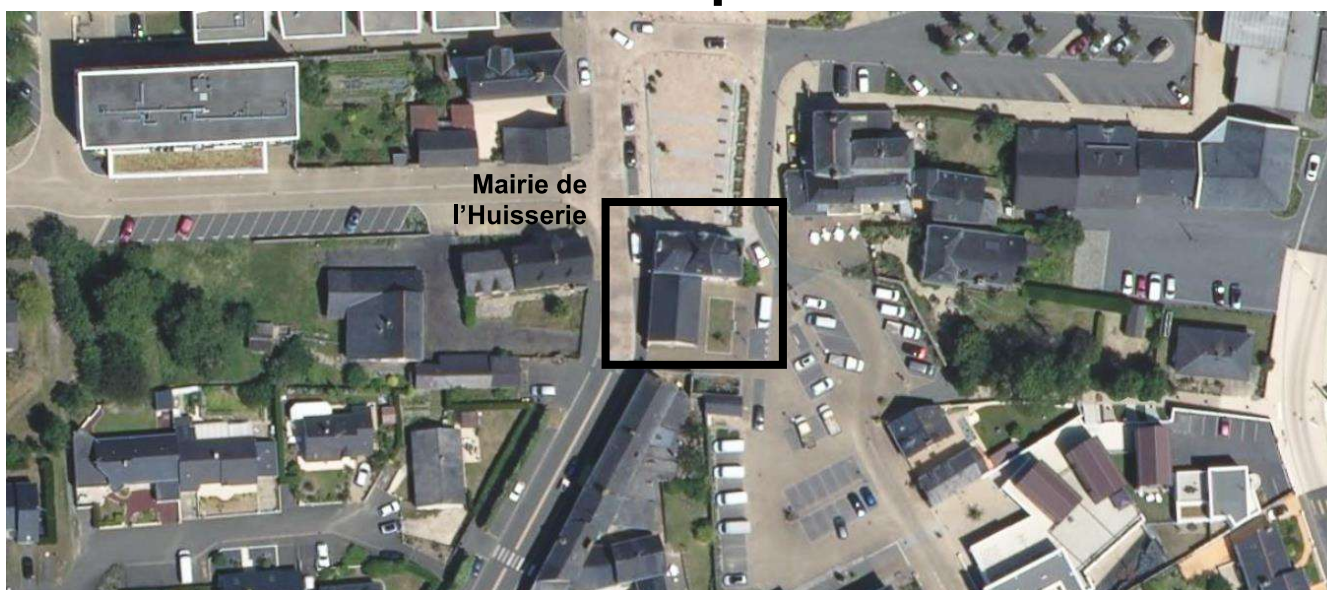
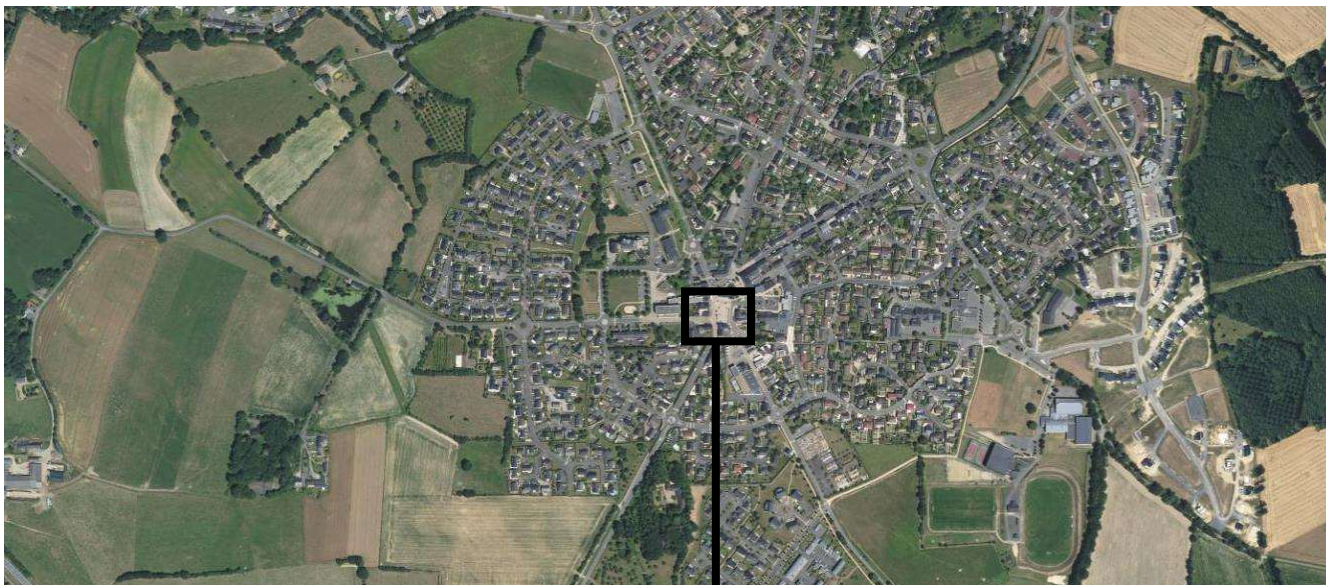
4. CLASSEMENT DU SITE

Le bâtiment est actuellement classé Etablissement Recevant du Public (ERP) de 5^{ème} catégorie de type W.

5. DESCRIPTION DU SITE

5.1 PLAN DE SITUATION

Le bâtiment se situe 2, rue du Maine à l'Huisserie (53970), il s'agit d'une construction antérieure à 1948.



5.2 UTILISATION DES LOCAUX

Le bâtiment est utilisé pour assurer la gestion et l'administratif de la commune. On y trouve des bureaux et des salles d'archives. Le bâtiment de 1879, non concerné par l'Audit, accueille des bureaux, une salle de pause et la salle du conseil municipal.

Les énergies disponibles sont l'électricité et le gaz.

Le site peut être approvisionné par la filière bois.

5.3 DONNÉES DU CALCUL

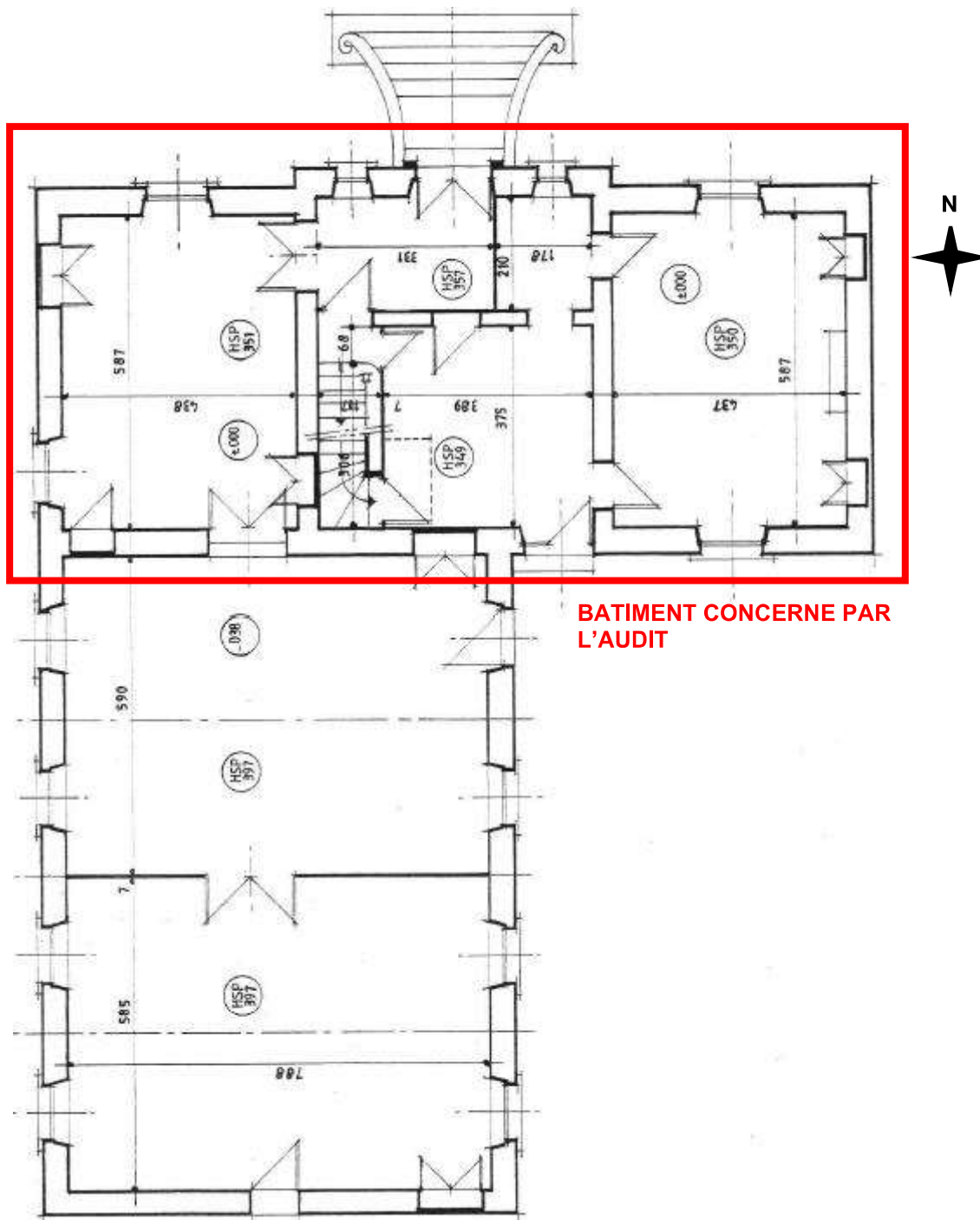
Les données techniques prises en compte dans nos calculs thermiques :

- Zone climatique : H2b,
- Température hiver : -7°C,
- Température été : 30°C,
- Altitude : 101 m ;

- Surface utile des bureaux : 152 m² ;
- Surface utile des archives : 60 m² ;
- Surface au sens de la réglementation thermique : 212 m²

- Type de locaux : Bureaux, Conservation

5.4 PLAN DU BÂTIMENT



BATIMENT CONCERNE PAR L'AUDIT



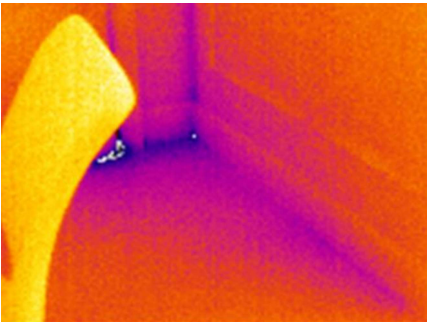
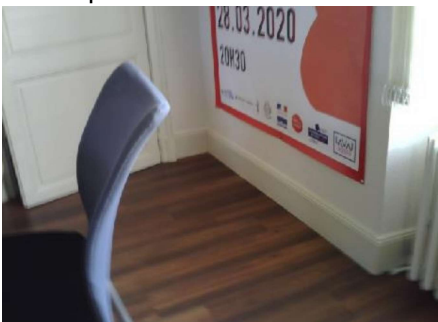

Le bâtiment s'établit sur deux niveaux et un comble aménagé. Au rez-de-chaussée et à l'étage se situent les bureaux du personnel administratif et du maire. Les combles aménagés sont utilisés comme archives.

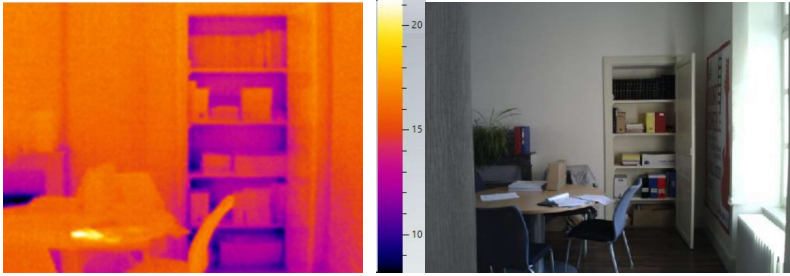

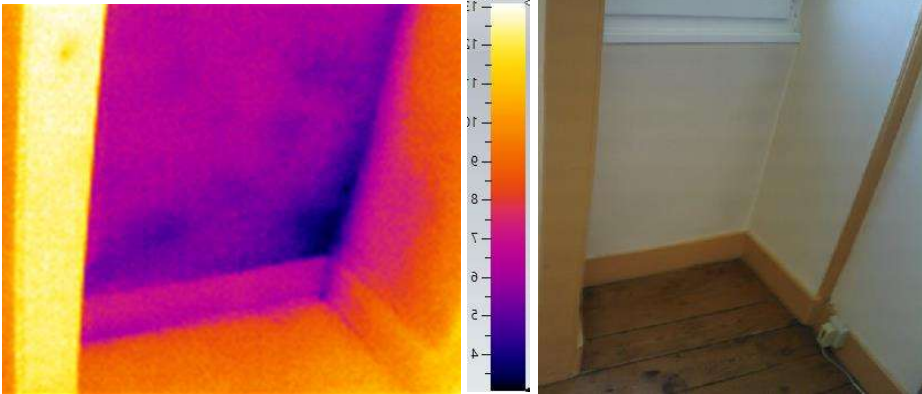

6. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS


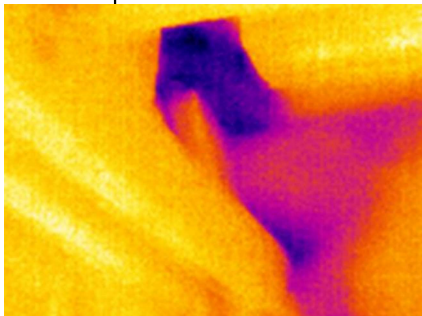
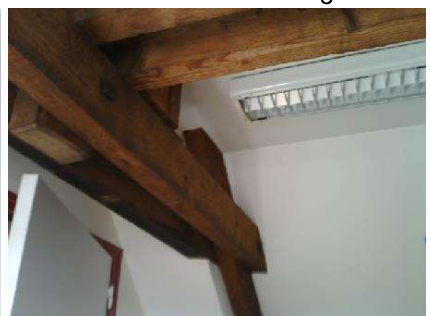

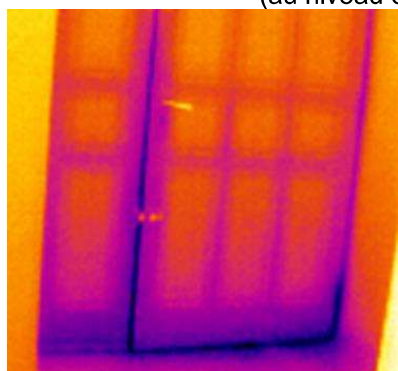

6.1 ENVELOPPE DU BATIMENT


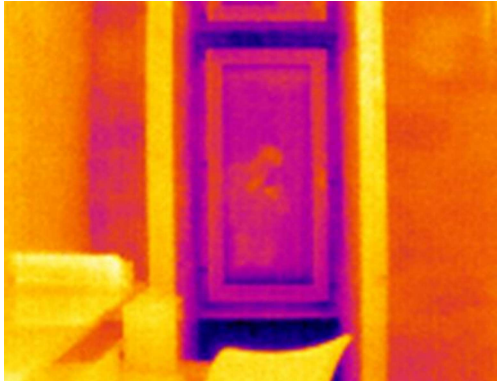
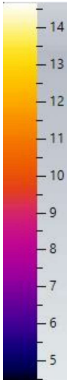
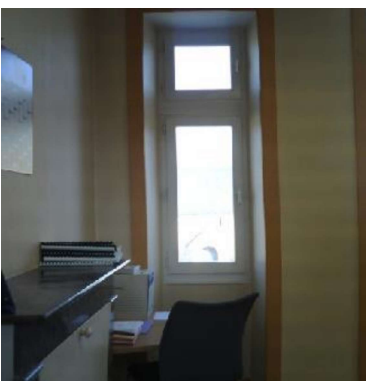


Les images thermographiques ont été réalisées par caméra thermique TESTO 870.

- Mesure le flux infrarouge thermique
- Étendue de -20 à 280 °C
- Précision de +/- 2,0°C
- Résolution de 160 x 120 pixels

Eléments	Zone	Observations	Commentaires	Illustration
Plancher bas	RDC	Plancher bas sur sous-sol de l'accueil et du bureau EST	Plancher bas isolé. Laine minérale 12cm entre solives et doublage polyuréthane 4 cm Plancher bas très performant	
		Plancher bas sur sous-sol de l'accueil de Mr Le MAIRE	Plancher bas non isolé. Source de pertes thermiques et d'inconfort Isolation à prévoir	
		Mise en évidence du faible niveau du pont thermique de plancher bas sur sous sol à la caméra thermique		 
Murs extérieurs	RDC	Murs en pierre 55 cm, Soubassement enduits béton Isolant polystyrène 6cm collé probable Doublage intérieur BA13	performance inférieur au niveau RT Rénovation Remplacement des doublages à prévoir Enduit de soubassement extérieur étanche à la vapeur d'eau pouvant perturber le fonctionnement hygrométrique	

	RDC	<p>Mise en évidence de la rupture d'isolant au niveau du placard à la caméra thermique. L'intérieur du placard non isolé est nettement plus froid entrainant des déperditions.</p> 	
Murs extérieurs		<p>Murs en pierre 55 cm, Absence d'isolation</p>	<p>Murs non isolé. Source de pertes thermiques et d'inconfort Isolation à prévoir</p> 
	Étage	<p>Mise en évidence du faible niveau d'isolation des soubassements, sources de déperditions et d'inconfort</p> 	
Plafonds	Combles aménagés	<p>Cloisons de redressement et rampants Isolant laine minérale 18cm probable Doublage intérieur BA13</p>	<p>Cloison très performant</p> 

Plafonds	Combles aménagés	<p>Comble perdus</p> <p>Isolant laine minérale 18cm</p> <p>Doublage intérieur BA13</p>	Cloison très performante	
		<p>Mise en évidence des ponts thermiques liés aux ruptures d'isolation dans les rampants et au tassement des laines minérales dans les doublages</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin: 0 10px;"> <p>11,0</p><p>10,5</p><p>10,0</p><p>9,5</p><p>9,0</p><p>8,5</p><p>8,0</p><p>7,5</p><p>7,0</p><p>6,5</p><p>6,0</p><p>5,5</p> </div>  </div>		
Ouvrants	RDC	<p>Porte d'entrée partiellement vitrée, menuiserie bois, double vitrage 4/6/4,</p>	<p>Ouvrant peu performant, source d'inconfort</p> <p>Remplacement à prévoir</p>	
		<p>Mise en évidence à la caméra thermique des faiblesses de la porte d'entrée (au niveau du seuil et de la jonction)</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin: 0 10px;"> <p>10</p><p>5</p><p>0</p> </div>  </div>		







	<p>Fenêtres battantes, menuiserie bois, Double vitrage 4/6/4</p>	<p>Ouvrants peu performants, source d'inconfort</p> <p>Joint fortement dégradés sources d'infiltration d'eau</p> <p>Remplacement à prévoir</p>	
<p>Tout le bâtiment</p>	<p>Mise en évidence à la caméra thermique du point faible de la fenêtre (pont thermique important au niveau du linteau et des tableaux).</p>		
			
<p>Ouvrants</p>	<p>Fenêtres battantes, menuiseries bois, Double vitrage 4/10/4,</p>	<p>Vitrage moyennement performant, source d'inconfort</p> <p>Joints de faible qualité</p>	
<p>Combles aménagés</p>	<p>Lanterneaux oscillants, menuiserie bois, double vitrage 4/12/4</p>	<p>Performance des ouvrants élevés.</p> <p>Dégradation des menuiseries constatés</p> <p>Remplacement à prévoir</p>	

Cheminées	Pignons	<p>Mise en évidence des déperditions liées aux cheminées non isolées et non comblées</p>  
	Refends	<p>Les cheminées intérieures sont comblées</p> <p>Source de déperdition et d'inconfort évitée</p>  

Remarques générales :

- Présence partielle d'isolation. La plupart des parois sont peu ou mal isolées. Les parties isolées sont incomplètes (absence d'isolant dans les placards et les anciennes cheminées, interfaces des fenêtres non traitées) ;
- Vérifier la compatibilité hygrométrique de l'enduit de soubassement avec les murs en pierre. Un enduit trop étanche à la vapeur peut entrainer des phénomènes de condensation dans le mur et créer des pathologies ;
- Les ouvrants sont de faible performance énergétique, peu étanche, source d'inconfort et de dégradations liées à l'humidité ;

6.2 CHAUFFAGE




Eléments	Zone	Observations	Commentaires	Illustration
Production	Tout le bâtiment	Chaudière gaz naturel à condensation Marque VISSMANN Puissance 24 kW Installation conforme	Production de chauffage performante, coûteuse et émettrice de CO2	
	Implantée dans le comble du bâtiment non concerné par l'audit énergétique			
Emission	RDC et étage	Radiateurs eau chaude en fonte	Radiateurs adaptés pour les volumes chauffés Equipement source de confort	
	Étage	Radiateur soufflant électrique d'appoint	Source de nuisances sur le réseau électrique (surcharge du réseau, risque d'incendie, surconsommation)	
	Combles	Radiateurs eau chaude acier	Radiateurs adaptés pour les archives	
Distribution	Chaufferie et sous-sol	Réseaux calorifugés par des manchons d'ARMAFLEX	Calorifuge peu performant et peu adapté aux locaux non chauffés	
	Ensemble des locaux chauffés	Réseaux apparents Calorifuge absent	Sources de pertes thermiques	

<p>Program- mation</p>	<p>Tout le bâtiment</p>	<p>Thermostat d'ambiance</p>	<p>Absence de programmation hebdomadaire</p> <p>Réglage manuel de la consigne de température</p> <p>Programmation inadaptée à une activité de bureau, nécessairement variable et connue</p>	
<p>Régulation</p>	<p>Tout le bâtiment</p>	<p>Régulation terminale sur les émetteurs</p>	<p>Présence de robinet thermostatique sur la totalité des radiateurs</p> <p>Nous avons identifié deux radiateurs à puissance maximale malgré l'inoccupation des locaux :</p> <p>-bureau inoccupé lors de notre visite -local reprographie</p>	

Remarques générales :

- Le chauffage est assuré par une chaudière gaz à condensation. Bien que performante, il s'agit d'une énergie onéreuse et émettrice de CO₂ ;
- Les émetteurs de chaleurs sont adaptés aux besoins ;
- La distribution est partiellement calorifugée en volume non chauffé et pas du tout en volume chauffé ce qui entraine des pertes thermiques et une répartition de la chaleur moins optimisée ;
- Absence de programmation horaire, source de surconsommation énergétique, car les réduits de nuits et de week-end ne peuvent être effectués que manuellement ;
- Manque de formation des utilisateurs provoquant des surconsommations énergétiques.


6.3 VENTILATION

Eléments	Zone	Observations	Commentaires	Illustration
Extraction	comble	Présence d'un caisson d'extraction fonctionnel Marque ATLANTIC Type AIRVENT M400 Puissance 80 W Débit d'extraction max 250 m3/h	Extracteur conforme et suffisant pour assurer les débits réglementaires	
			Point bas du réseau de ventilation sous la sortie de toiture Source d'accumulation d'eau et de dégradations liées à l'humidité	
Terminaux de reprise	RDC Accueil	Présence de terminaux Le bureau du RDC et l'accueil sont les seuls traités en ventilation mécanique Ventilation simple flux	Assure le renouvellement d'air réglementaire Technologie simple flux source de déperditions thermiques	
	Bureau de Mr le Maire étage	Absence de terminaux	Non conforme code du travail et au RDST Apport d'air neuf par la perméabilité du bâtiment	
Apport air neuf	Tout le bâtiment	Absence d'entrée d'air	Les débits de ventilation ne sont pas maîtrisés Source importante de pertes thermiques	

Remarques générales :

- Dispositif de ventilation présent et conforme avec la réglementation incendie des établissements recevant du public (ERP) ;
- L'extraction ne concerne que l'accueil et un bureau. Les débits réellement extraits ne sont pas conformes avec le Règlement Départemental Sanitaire Type (RDST) et les recommandations du code du travail ;
- Les débits d'air non maîtrisés, provoquent des pertes thermiques et des dégradations liées à l'humidité.



6.4 EAU CHAUDE SANITAIRE

Eléments	Zone	Observations	Commentaires	Illustration
Production	Sanitaire	Présence d'un ballon d'eau chaude sanitaire électrique (30 L) Fonctionnant en heure creuse	Ballon compatible avec le besoin	

Remarques générales :

- Les besoins d'eau chaude sanitaire sont très faibles. Le ballon est correctement dimensionné pour les besoins.

6.5 ECLAIRAGE

Eléments	Zone	Observations	Commentaires	Illustration
Eclairage	Bureaux	Eclairage par luminaires à tubes fluorescent T8, avec ballast ferromagnétiques et grilles paralume	Equipement obsolète Energivore à faible durée de vie Remplacement à prévoir	
	Circulation	Downlight équipés de lampes fluocompactes Déclenchement par détection de présence	Eclairage adapté à une circulation	

Remarques générales :

- Remplacement des éclairages à prévoir, car source de surconsommation et coûteux en maintenance

6.6 SYNTHESE

Le bâtiment souffre de désordres techniques et thermiques importants.
La performance générale est faible, se situant au niveau des standards de la première réglementation thermique de 1974.

Repérage des désordres significatifs :

- Présence partielle d'isolation. La plupart des parois sont peu ou mal isolées. Les parties isolées sont incomplètes (absence d'isolant dans les placards et les anciennes cheminées, interfaces des fenêtres non traitées) ;
- Les ouvrants sont de faible performance énergétique, peu étanche, source d'inconfort et de dégradations liées à l'humidité ;
- Le chauffage est assuré par une chaudière gaz à condensation. Bien que performante, il s'agit d'une énergie onéreuse et émettrice de CO₂ ;
- Absence de programmation horaire, source de surconsommation énergétique, car les réduits de nuits et de week-end ne peuvent être effectués que manuellement ;
- Dispositif de ventilation présent et conforme avec la réglementation incendie des établissements recevant du public (ERP) ;
- L'extraction ne concerne que l'accueil et un bureau. Les débits réellement extraits ne sont pas conformes avec le Règlement Départemental Sanitaire Type (RDST) et les recommandations du code du travail ;
- Les débits d'air non maîtrisés, provoquent des pertes thermiques et des dégradations liées à l'humidité.
- La production d'eau chaude sanitaire est cohérente avec le besoin ;
- Remplacement des éclairages à prévoir, car source de surconsommation et coûteux en maintenance



Ventilation non conforme au [Règlement Départemental Sanitaire Type](#).

7. ETUDE THERMIQUE

7.1 DESCRIPTION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Le code couleur sera appliqué dans la description de l'enveloppe pour cibler la performance propre de chaque composant de celle-ci :

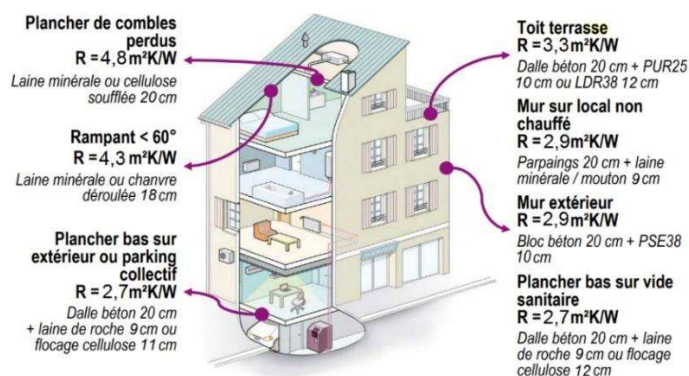
- **Vert** : moins de 80% des déperditions du garde-fou¹,
- **Orange** : entre 80% et 150% des déperditions du garde-fou,
- **Rouge** : plus de 150% des déperditions du garde-fou.

La composition des parois et ouvrants a été estimée à partir des documents remis le jour de la visite (DOE, Plans, Cahiers de maintenance ...).

Code	Nature	Caractéristiques	R paroi ² (m²K/W)
SVE1	Mur extérieur RDC	Pierre 55 cm + polystyrène 6cm	2,2
SVE2	Mur extérieur étage	Pierre 55cm	0,5
SVE3	Mur extérieur combles	Pierre 55 cm + laine minérale 18cm	4,5
SHI1	Plancher bas de l'accueil	Bois + laine minérale 12 cm + PUR 4cm	3,9
SHI2	Plancher bas bureau Mr le MAIRE	Plancher bois	0,1
SHI1	Plancher haut rampants	Laine minérale 18 cm	4,0
SHI2	Plafond haut sur combles perdus	Laine minérale 18 cm	4,0

Code	Nature	Caractéristiques	Uw ³ (W/m²K)
O1	Ouvrants courants remplacés	Menuiserie bois double vitrage 4/10/4	2,8
O2	Ouvrants courants	Menuiserie bois double vitrage 4/6/4	3,4
O2	Velux	Menuiserie bois double vitrage 4/12/4	2,0
O2	Porte d'entrée	Menuiserie bois double vitrage 4/6/4	3,3

Les chiffres ci-dessus peuvent être comparés aux valeurs référence rappelées ci-dessous (dites garde-fous).



¹ Performance définie selon les minimas de la réglementation thermique « élément par élément », selon Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

² R caractérise la résistance thermique de la paroi. C'est une grandeur souvent utilisée pour dimensionner le pouvoir isolant d'une paroi.

³ Uw caractérise le coefficient de transmission thermique de la fenêtre. C'est la grandeur de référence pour les performances des vitrages.

Estimation des débits de renouvellement d'air appliqués sur site dans l'état actuel :

Code	Nature	Débits (m ³ /h)
	Débits de ventilation mécanique simple flux de l'accueil	90
TOTAL		90

7.2 CALCUL DES DEPERDITIONS

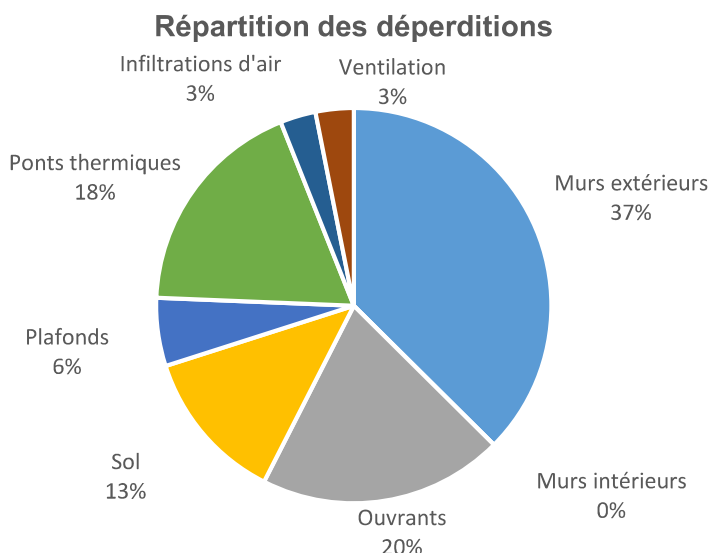
Résultat et synthèse des calculs de déperditions réalisés à partir du Logiciel BAO EVOLUTION SED (V2.0.51) :

Elément du bâtiment	U (W/K) ⁴	Déperditions (kW)
Murs extérieurs	197,57	5,2
Murs intérieurs	0	0,0
Ouvrants	105,8	2,8
Sol	66,24	1,8
Plafond	29,47	0,8
Ponts thermiques	96,65	2,6
Infiltrations d'air	15,48	0,4
Ventilation - état actuel	16,34	0,4
TOTAL – bureaux		12,07
TOTAL – archives		1,87
TOTAL	527,55	13,9

Principe du calcul de déperdition :

Déperdition (ref : -7°C) = U x (température intérieure – température extérieure)

La référence est calculée selon les garde-fous, et permet de cibler les améliorations. Nous estimons les déperditions du bâtiment à environ **13,9 kW**.



On constate que les principaux postes de déperditions sont les murs extérieurs et les ouvrants. Les ponts thermiques et les planchers ont également un impact significatif.

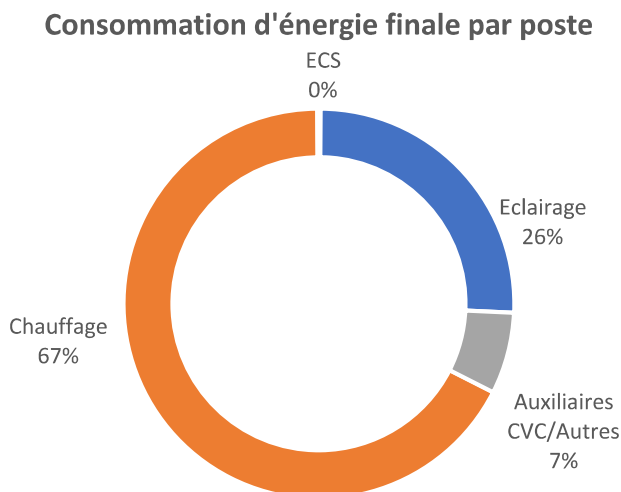
⁴ U est le coefficient de transmission de chaleur. Plus il est élevé et plus la composante du bâtiment est impactée par les déperditions.

8. CONSOMMATIONS

8.1 CONSOMMATIONS CALCULÉES

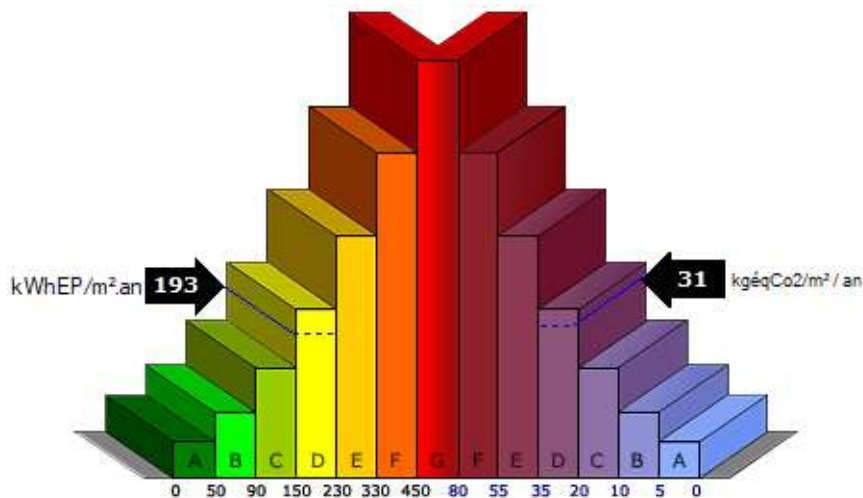
Les consommations ont été calculées au moyen du logiciel BAO EVOLUTION SED (V.2.0.51) selon la méthode comportementale à pas mensuels, rendant compte de l'usage réel du bâtiment et de la configuration de chaque système de génie climatique.

La consommation brute obtenue par le calcul est de **32 685 kWh/an en énergie finale⁵** répartie à hauteur de 27 519 kWh de gaz naturel et 5 166 kWh d'électricité. Au total la consommation en énergie primaire⁶ s'élève à 40 847 kWh/an. La répartition de ces consommations est donnée dans le graphique suivant :



Pour une meilleure compréhension, on peut ramener cette consommation en énergie primaire à un ratio au m². On aboutit ici à un ratio de **193 kWh_{EP}/m².an**.

Il faut néanmoins préciser que cette référence ne peut être assimilée à une étiquette DPE dans la mesure où la méthode de calcul utilisée est différente. Ceci n'est donc qu'un repère qui permet de comparer uniquement l'état initial et les scénarios d'amélioration propres à ce site.

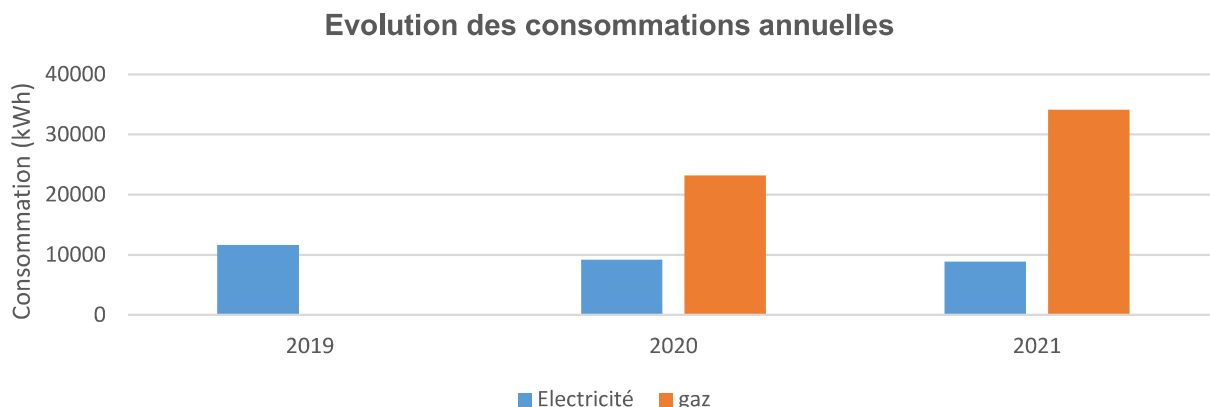


⁵ L'énergie finale est l'énergie « facturée » par le fournisseur et directement disponible pour son utilisation

⁶ L'énergie primaire est une quantité d'énergie brute directement prélevée dans la nature. Selon son degré de transformation en énergie finale, un coefficient de conversion est attribué. De façon conventionnelle, en France on considère un coefficient de conversion de 2,58 pour l'électricité, de 1 pour les sources d'énergie fossile (gaz, pétrole, charbon) et de 0,6 pour le bois.

8.2 CONSOMMATIONS RÉELLES

Les consommations électriques réelles sont identifiées à partir des factures énergétiques transmises par la Mairie sur les années 2019 à 2021.



Sur la période considérée, la moyenne des consommations annuelles est de **51 693 kWh** de gaz naturel et de **10 189 kWh** d'électricité.

Ces chiffres peuvent être comparés aux consommations calculées précédemment de 27 519 kWh de fioul et 5 166 kWh d'électricité. L'écart entre les besoins calculés et les factures est élevé, mais les consommations calculées ne couvrent pas la totalité des bâtiments et donc la totalité des consommations énergétique.

L'abonnement électrique est un **tarif bleu 9kVA heure creuse / heure pleine**.

9. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS

A la suite de la modélisation de l'état actuel de bâtiment, nous proposons les axes d'améliorations suivants :

N°	AMELIORATIONS ENVELOPPE
A1	<p>Isolation thermique par l'intérieur (ITI) de tous les murs sur extérieur de l'étage. Remplacement de l'isolant existant avec une résistance thermique minimum de $R > 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Dépose des doublages existants et pose d'un isolant en couches croisées, d'un frein vapeur et d'un parement BA13+peinture basique. <i>Cette solution, pour être efficace, implique l'isolation des tableaux, linteaux et appuis de fenêtres ($R > 1 \text{ m}^2\text{K/W}$)</i> <i>Dans le bâti ancien, il est recommandé d'utiliser un isolant biosourcé (laine végétale, ouate de cellulose, coton recyclé...) pour une meilleure gestion de l'hygrométrie.</i></p>
A2	<p>Isolation thermique par l'intérieur (ITI) de tous les murs sur extérieur du RDC. Remplacement de l'isolant existant avec une résistance thermique minimum de $R > 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Dépose des doublages existants et pose d'un isolant en couches croisées, d'un frein vapeur et d'un parement BA13+peinture basique. <i>Cette solution, pour être efficace, implique l'isolation des tableaux, linteaux et appuis de fenêtres ($R > 1 \text{ m}^2\text{K/W}$)</i> <i>Dans le bâti ancien, il est recommandé d'utiliser un isolant biosourcé (laine végétale, ouate de cellulose, coton recyclé...) pour une meilleure gestion de l'hygrométrie.</i></p>
A3	<p>Isolation des plafonds rampants, combles perdus et cloisons de redressements Dépose des doublages existants et pose d'un isolant en couches croisées, d'un frein vapeur et d'un parement BA13+peinture basique. Mise en œuvre d'un isolant avec une résistance thermique minimum de $R = 8 \text{ m}^2\text{K/W}$.</p>
A4	<p>Isolation des planchers bas sur sous-sol du bureau de Mr le Maire Ajout d'un isolant avec une résistance thermique minimum de $R > 3 \text{ m}^2\text{K/W}$ <i>Les retombées de poutres et les murs de refends devront aussi faire l'objet d'un traitement particulier.</i></p>
A5	<p>Remplacement des portes d'entrée et des ouvrants double vitrages 4/6/4 Coefficient de transmission thermique maximum $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
A6	<p>Remplacement des des ouvrants double vitrages 4/10/4 Coefficient de transmission thermique maximum $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

N°	AMELIORATIONS CHAUFFAGE
B1	<p>Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique AIR/AIR Dépose de la chaudière gaz. Cette solution ne peut être envisagée qu'avec une réfection des faux plafonds. Mise en place d'une unité extérieure à anticiper. Dépose des radiateurs hydrauliques Mise en place de systèmes de diffusion d'air chaud.</p>
B2	<p>Mise en place d'une pompe à chaleur géothermique AIR/EAU Dépose de la chaudière gaz. Cette solution ne peut être envisagée qu'avec une solution d'isolation performante de tous les murs. Mise en place d'une unité extérieure à anticiper.</p>
B3	<p>Mise en place d'une chaudière à granulés de bois Dépose de la chaudière fioul. Installation d'une chaudière à granulés de bois et silo de stockage</p>
B4	<p>Rénovation des réseaux de distribution et programmation hebdomadaire Mise en place d'un thermostat d'ambiance avec programmation hebdomadaire Rénovation des réseaux de chauffage : calorifugeage, équilibrage, désembouage</p>

N°	AMELIORATIONS DE LA VENTILATION
C1	Mise en place d'une ventilation simple flux autoréglable dans l'ensemble du bâtiment
C2	Mise en place d'une ventilation simple flux à détection de présence
C3	Mise en place d'une ventilation double flux à détection de présence

N°	AMELIORATIONS DE L'ÉCLAIRAGE
C1	Mise en place d'un éclairage LED

10. HYPOTHESES TARIFAIRES

10.1 P1 : FOURNITURE D'ENERGIE

Toutes les estimations prennent en compte une inflation annuelle moyenne de 3%.

Les coûts liés à la consommation de gaz seront estimés à **0,0728 €HT/kWh**.

Les coûts liés à la consommation d'électricité seront estimés à **0,1534 €HT/kWh** en heure pleine et **0,1225 €HT/kWh** en heure creuse.

Les coûts liés à la consommation de granulés de bois seront estimés à **0,05341 €HT/kWh**.

L'évolution du prix de l'énergie est estimée suivant plusieurs scénarios :

Scénario	Gaz naturel	Granulés bois	Electricité
Optimiste	+ 2% / ans	+ 1% / ans	+ 2% / ans
Moyen	+ 4% / ans	+ 3% / ans	+ 5% / ans
Pessimiste	+ 8% / ans	+ 5% / ans	+ 8% / ans

Les coûts d'abonnements ou charges fixes sont traités sous le bloc P'1.

10.2 P2 : MAINTENANCE PREVENTIVE ET CURATIVE

Il s'agit des opérations de maintenance courante, telles que les mises en service, arrêts, réglages, nettoyages des filtres, contrôles de combustion et des organes de sécurité.

10.3 P3 : APPROVISIONNEMENT

Il s'agit de la prévision des maintenances lourdes de renouvellement programmé des équipements, et la garantie totale. Ces coûts ne seront pas estimés, car ils sont considérés identiques pour tous les équipements, ce qui n'influence pas les résultats.

10.4 P4 : FINANCEMENT DES INSTALLATIONS

Il s'agit des investissements dans du matériel neuf, et ce budget est l'objet des travaux envisagés dans notre étude.

Les coûts et estimations sont donnés **hors taxe**. Les estimations travaux ne prennent pas en compte les opérations de démolitions, de second œuvre (hors isolation et cloisons sèches) et les coûts de maîtrise d'œuvre.

10.5 RECAPITULATIFS CHARGES FIXES

Le tableau ci-dessous reprend les charges fixes de types P'1 et P2.

	INSTALLATION	Charges fixes (€HT/an)	SCÉNARIO			
			Actuel	1 – minimal	2 – Inter	3 – Avancé
P'1	Abonnement électrique 9 kVA H	153,0	X	X	X	X
	Abonnement gaz B2i	208,1	X			
P2	Maintenance chaudière gaz	100	X			
	Maintenance PAC	250		X	X	
	Maintenance chaufferie bois	400				X
	Maintenance VMC simple flux	50	X	X	X	
	Maintenance VMC double flux	150				X
	Maintenance éclairage	60	X	X		

11. SCENARIOS DE TRAVAUX ENVISAGÉS

Les différents scénarios ont été établis suivant des critères liés à la réglementation, la performance énergétique et des aspects financiers.

Les estimations de coûts concernent la mise en œuvre des solutions proposés à l'exclusion des travaux induits qui ne relèvent pas du périmètre de l'audit énergétique : travaux de charpente, de couverture, de reprise de maçonnerie, d'agencement, d'électricité générale, de plomberie eau froide ou d'améliorations esthétiques.

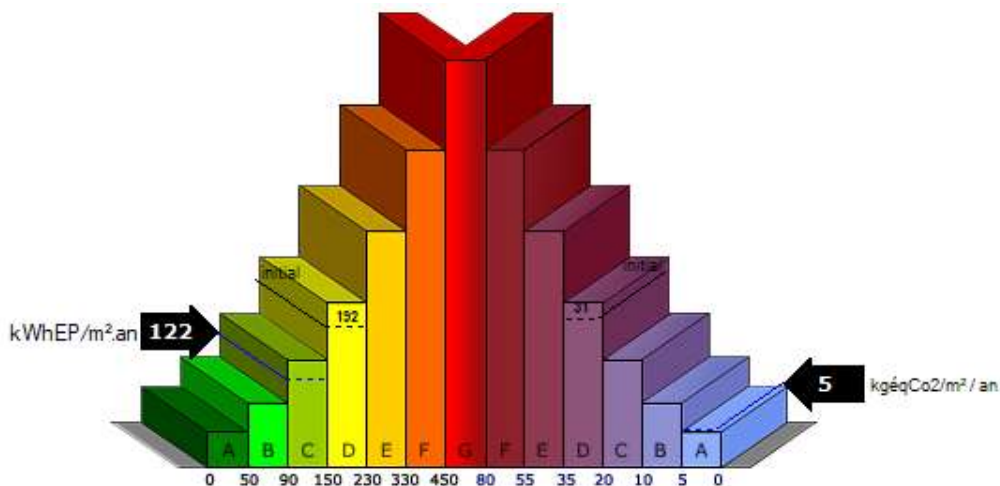
Les budgets d'études et de maîtrise d'œuvre ne sont pas non plus pris en compte

Toutes les estimations devront être complétées et affinées par la Maîtrise d'œuvre pour établir un chiffrage réel du coût total.

11.1 SCENARIO 1 : MINIMAL

Ce scénario correspond à la **remise à niveau indispensable** afin d'assurer un fonctionnement correct des installations de chauffage, eau chaude sanitaire et ventilation pour se mettre en conformité avec **les normes et réglementations** minimales (RDST, ERP, ...). Il permet d'atteindre le seuil de 40% d'économie d'énergie et reprend les solutions envisagées par la maîtrise d'ouvrage en proposant une alternative.

Scenario 1		Investissement
A4	Isolation plancher sous-sol	2 000,00 €
B1	Pompe à chaleur AIR/AIR	20 000,00 €
C1	Ventilation SF Autoréglable	5 500,00 €
Total Scenario 1		27 500 € (+/- 20%)



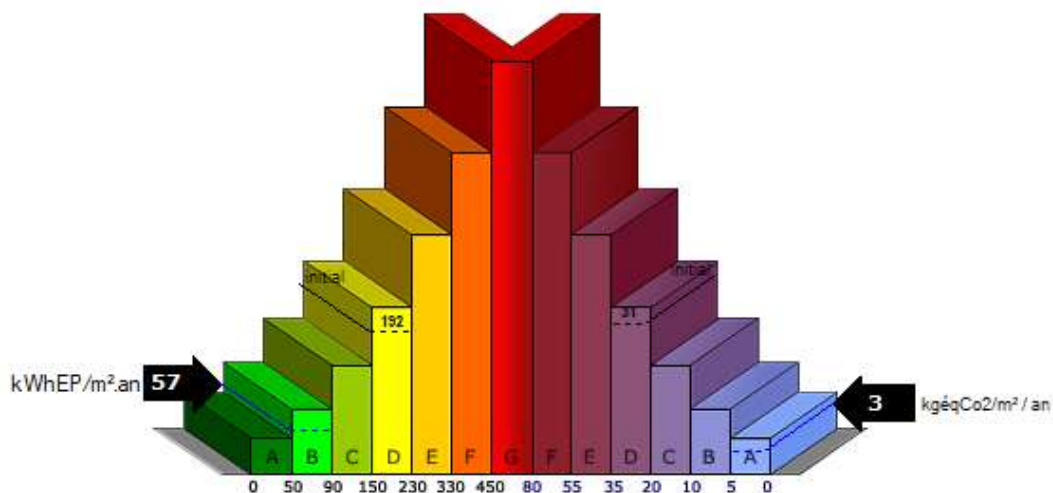
La réalisation de la totalité des travaux du scénario 1 permettrait les **gains** suivants :

	Unité	Gains	
		Brut	%
Electricité	kWh/an	4 842	+ 94%
Gaz	kWh/an	- 27 519	-100%
Energie finale	kWh/an	- 22 677	- 69%
Coûts d'exploitation*	€/an	- 865	- 31%
Etiquette énergétique (en énergie primaire)	kWhEP/ m²/an	- 71	- 37%
Emission de CO₂	kg _{eq} CO ₂ / m²/an	- 26	- 85%

11.2 SCENARIO 2: INTERMEDIAIRE

Ce scénario correspond aux travaux d'isolation, et à la réfection des installations de chauffage, ventilation, plomberie et éclairage en vue de **diminuer significativement des dépenses énergétiques** du bâtiment, de **résorber les désordres techniques** constatés, de **respecter les normes et réglementations** minimales (RDST, ERP, ...) et **d'améliorer le confort** d'usage du bâtiment.

Scenario 2		Investissement
A1	Isolation thermique par l'intérieur R+1	5 100,00 €
A2	Isolation thermique par l'intérieur RDC	5 000,00 €
A4	Isolation plancher sous-sol	2 000,00 €
A5	Remplacement portes et DV6	21 000,00 €
B2	Pompe à chaleur AIR/EAU	11 000,00 €
B4	Programmation hebdomadaire et rénovation réseaux	5 000,00 €
C2	Ventilation SF détection de présence	7 000,00 €
D1	Mise en place LED	8 000,00 €
Total Scenario 2		64 100,00 €



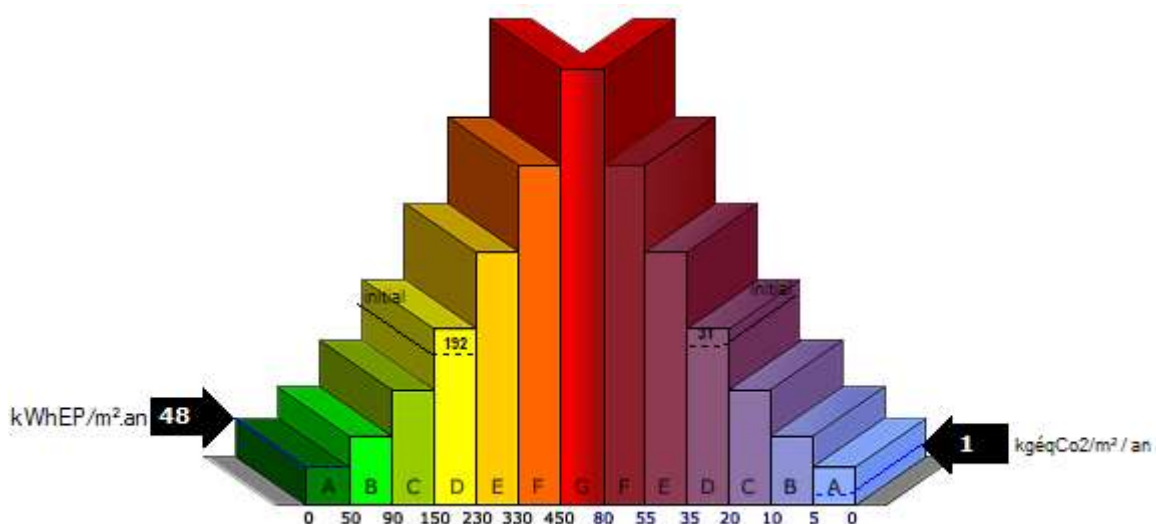
La réalisation de la totalité des travaux du scénario 2 permettrait les **gains** mis en évidence dans le tableau ci-dessous.

	Unité	Gains	
		Brut	%
Electricité	kWh/an	- 464	- 9%
Gaz	kWh/an	- 27 519	- 100%
Energie finale	kWh/an	- 27 983	- 86%
Coûts d'exploitation*	€/an	- 1 631	-46%
Etiquette énergétique (en énergie primaire)	kWhEP/ m²/an	- 129	- 58 %
Emission de CO₂	kg _{eq} CO ₂ / m²/an	- 28	- 90 %

11.3 SCENARIO 3 : AVANCE

Ce scénario vise à atteindre une **performance énergétique** élevée et peut entrainer des coûts importants. Ce scénario atteint un niveau BBC Effinergie Rénovation.

Scenario 3		Investissement
A1	Isolation thermique par l'intérieur R+1	5 100,00 €
A2	Isolation thermique par l'intérieur RDC	5 000,00 €
A3	Isolation thermique par l'intérieur COMBLES	13 500,00 €
A4	Isolation plancher sous-sol	2 000,00 €
A5	Remplacement portes et DV6	21 000,00 €
A6	Remplacement DV10	33 000,00 €
B3	Chaufferie bois	22 000,00 €
B4	Programmation hebdomadaire et rénovation réseaux	5 000,00 €
C3	Ventilation DF détection de présence	10 000,00 €
D1	Mise en place LED	8 000,00 €
Total Scenario 3		124 600 € (+/- 20%)



La réalisation de la totalité des travaux du scénario 3 permettrait les **gains** suivants :

	Unité	Gains	
		Brut	%
Electricité	kWh/an	- 3 122	- 60%
Gaz	kWh/an	- 27 519	-100%
Biomasse	kWh/an	+ 8 118	
Energie finale	kWh/an	- 22 523	- 69%
Coûts d'exploitation*	€/an	- 1 355	- 48%
Etiquette énergétique (en énergie primaire)	kWhEP/ m²/an	- 145	- 75%
Emission de CO₂	kgéqCO ₂ / m²/an	- 30	- 97%

12. ANALYSE ÉCONOMIQUE

12.1 RÉCAPITULATIF DES COÛTS D'INVESTISSEMENT PAR SOLUTION

Ce tableau permet de visualiser les estimations faites poste par poste des solutions de travaux envisagées, ainsi que les scénarios dans lesquels elles sont envisagées. Ces estimations sont faites à titre indicatif avec une marge d'erreur de +/- 20%.

Elles concernent la mise en œuvre des solutions proposées à l'exclusion des travaux induits qui ne relèvent pas du périmètre de l'audit énergétique : travaux de charpente, de couverture, de reprise de maçonnerie, d'agencement, de plomberie eau froide, d'électricité générale ou d'améliorations esthétiques.

Toutes les estimations devront être complétées et affinées en collaboration avec la Maîtrise d'œuvre.

N°	SOLUTIONS	Scénario			Investissement (€ HT)
		1	2	3	
A1	Isolation thermique par l'intérieur R+1		X	X	5 100,00 €
A2	Isolation thermique par l'intérieur RDC		X	X	5 000,00 €
A3	Isolation thermique par l'intérieur COMBLES			X	13 500,00 €
A4	Isolation plancher sous sol	X	X	X	2 000,00 €
A5	Remplacement portes et DV6		X	X	21 000,00 €
A6	Remplacement DV10			X	33 000,00 €
B1	Pompe à chaleur AIR/AIR	X			20 000,00 €
B2	Pompe à chaleur AIR/EAU		X		11 000,00 €
B3	Chaufferie bois			X	22 000,00 €
B4	Programmation hebdomadaire et rénovation réseaux		X	X	5 000,00 €
C1	Ventilation SF Autoréglable	X			5 500,00 €
C2	Ventilation SF détection de présence		X		7 000,00 €
C3	Ventilation DF détection de présence			X	10 000,00 €
D1	Mise en place LED		X	X	8 000,00 €

12.2 RÉCAPITULATIF DES COÛTS D'EXPLOITATION

Ce tableau permet de visualiser les coûts d'investissement, les charges annuelles, les économies réalisées ainsi que les temps de retour sur investissement pour chaque scénario pris en compte dans le calcul. Les temps de retour sur investissement sont calculés en fonctions des projections des tarifs de l'énergie évoquées au 10.1.

N°	Scénario	Investissement (€HT)	Coûts (€HT)					Temps de retour		
			Charges Variables	Charges Fixes	Total	Economies annuelles (€HT)	% économies réalisées	Optimiste	Moyen	Pessimiste
0	Initial		2 214€	586€	2 800 €					
S1	Basique	27 500 €	1 408€	527€	1 935 €	- 865 €	-31%	15 ans	14 ans	12 ans
S2	Intermédiaire	64 100 €	661€	508€	1 169 €	- 1 631 €	-58%	22 ans	19 ans	15 ans
S3	Avancé	124 600 €	688€	757€	1 445 €	- 1 355 €	-48%	> 30 ans	30 ans	22 ans

12.3 RÉCAPITULATIF DES GAINS ENERGETIQUES

Ce tableau permet de visualiser les gains énergétiques bruts (en énergie finale), les gains sur l'étiquette énergétique, ainsi que les gains d'émissions de CO2, offerts par chaque scénario pris en compte pour le calcul :

N°	Investissement (€HT)	Consommations (kWhEF)					Etiquette		CO2	
		Électricité	Gaz	Biomasse	Total	Diff totale	Cep (kWhEP /m²/an)	Gain (%)	Emissions (kgeqCO2/m2/an)	Gain (%)
0		5 166	27 519		32 685		192,6		31,0	
S1	27 500 €	10 008			10 008	- 22 677	121,8	- 37%	4,8	- 85%
S2	64 100 €	4 702			4 702	- 27 983	57,2	- 70%	3,0	- 90%
S3	124 600 €	2 044		8 118	10 162	- 22 523	47,8	- 75%	0,9	- 97%

13. CONCLUSION

Au regard des différentes simulations d'améliorations effectuées, nous conseillons le scénario de travaux **intermédiaire n°2**. Il permet de **diminuer significativement des dépenses énergétiques** du bâtiment, de **résorber les désordres techniques** constatés et d'atteindre le seuil de 40% d'économie d'énergie.

Les travaux d'améliorations retenus par la MAITRISE D'OUVRAGE sont :

Scenario Maitrise d'Ouvrage		Investissement
A1	Isolation thermique par l'intérieur R+1	5 100,00 €
A2	Isolation thermique par l'intérieur RDC	5 000,00 €
A4	Isolation plancher sous-sol	2 000,00 €
A5	Remplacement portes et DV6	21 000,00 €
B2	Pompe à chaleur AIR/EAU	11 000,00 €
B4	Programmation hebdomadaire et rénovation réseaux	5 000,00 €
C2	Ventilation SF détection de présence	7 000,00 €
D1	Mise en place LED	8 000,00 €
Total Scenario Maitrise d'Ouvrage		64 100 € (+/- 20%)

La solution préconisée permet les économies annuelles suivantes :

	Unité	Gains	
		Brut	%
Electricité	kWh/an	- 464	- 9%
Gaz	kWh/an	- 27 519	- 100%
Energie finale	kWh/an	- 27 983	- 86%
Coûts d'exploitation*	€/an	- 1 631	-46%
Etiquette énergétique (en énergie primaire)	kWhEP/ m²/an	- 129	- 58 %
Emission de CO₂	kg _{eq} CO ₂ / m²/an	- 28	- 90 %

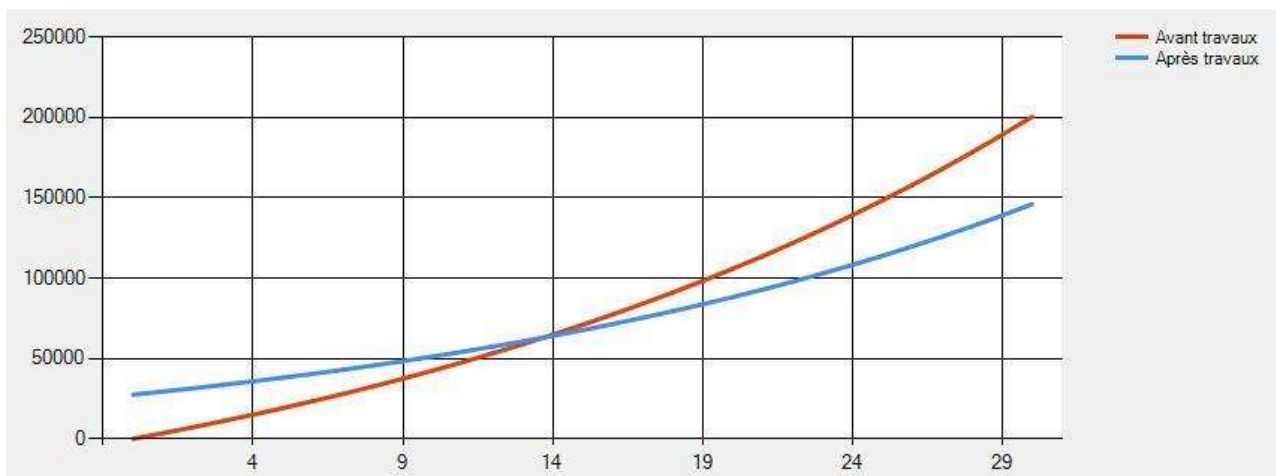
Cette étude ne tient pas compte des aides éventuelles de l'État ou de l'ADEME.

14. ANNEXES

- Annexe 1 : Amortissement – solution 1 - évolution moyenne des prix de l'énergie
- Annexe 2 : Amortissement – solution 2 - évolution moyenne des prix de l'énergie
- Annexe 3 : Amortissement – solution 3 - évolution moyenne des prix de l'énergie
- Annexe 4 : Détail de l'efficacité énergétique
- Annexe 5 : Détail de l'efficacité économique
- Annexe 6 : Détail de rendements économiques

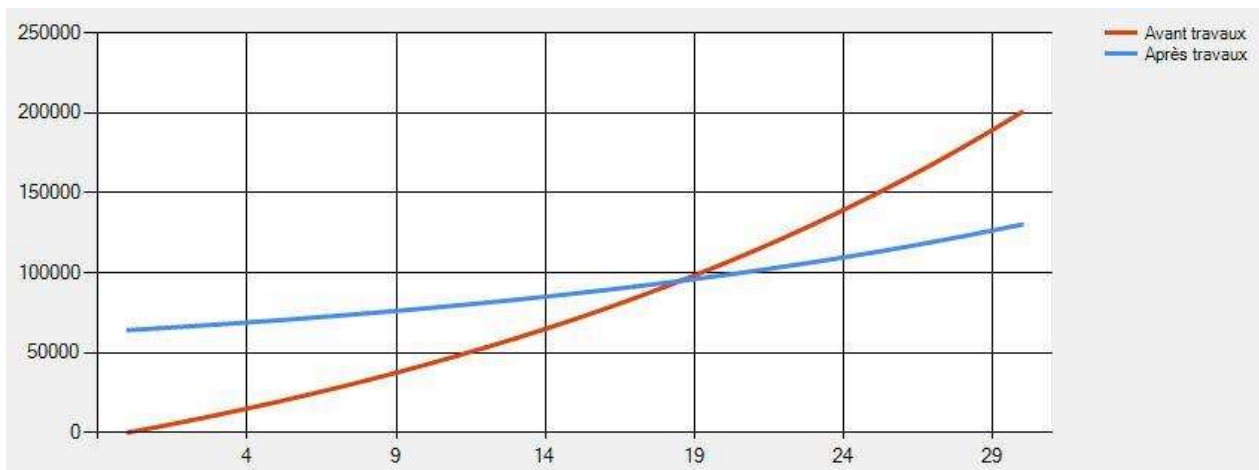
ANNEXE 1

Amortissement - solution N°1 - évolution moyenne des prix de l'énergie



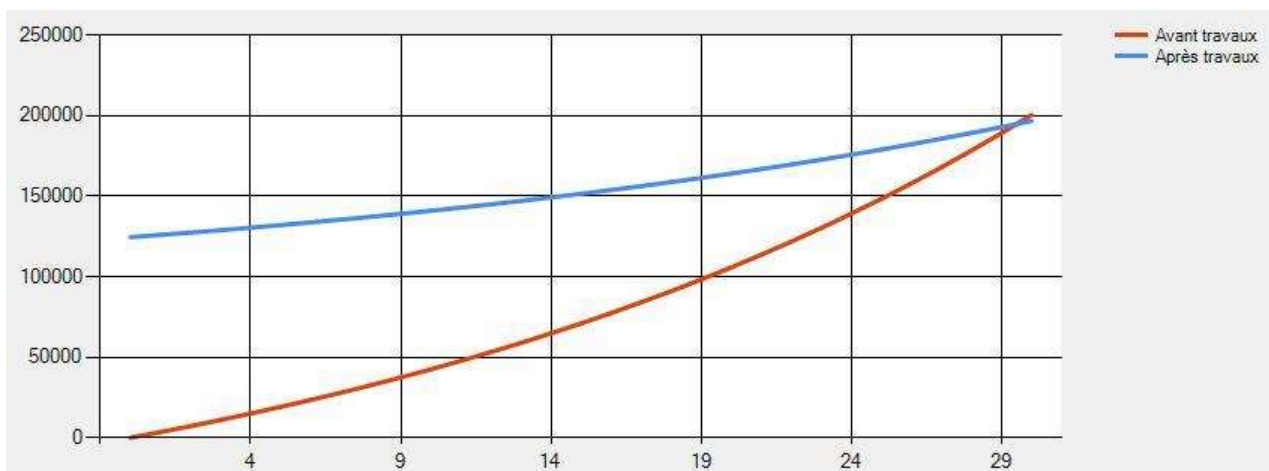
ANNEXE 2

Amortissement - solution N°2 - évolution moyenne des prix de l'énergie



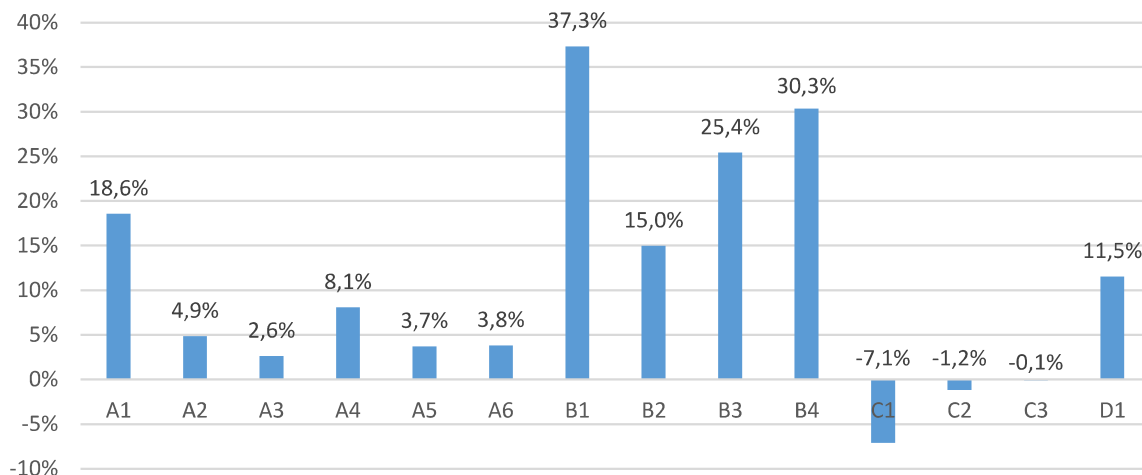
ANNEXE 3

Amortissement - solution N°3 - évolution moyenne des prix de l'énergie



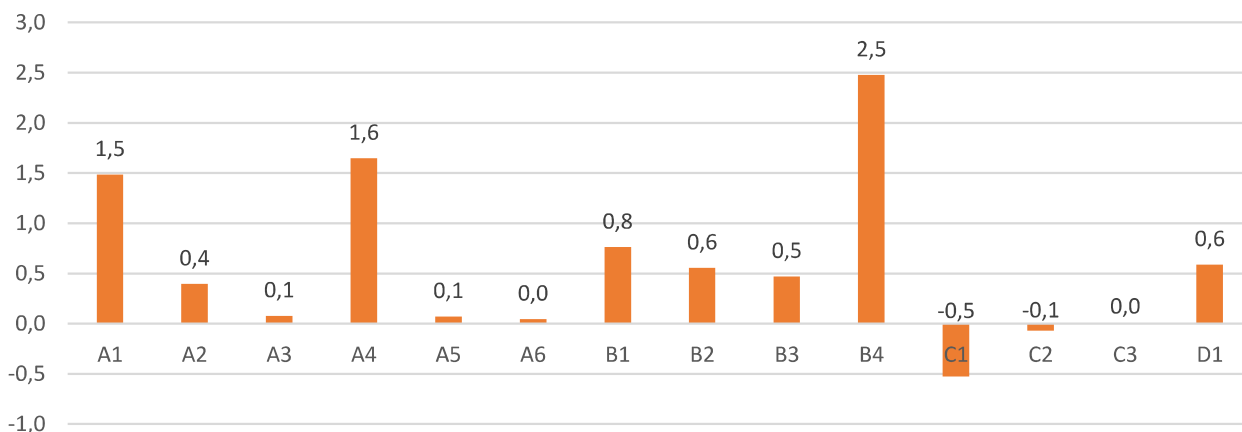
ANNEXE 4

**Efficacité énergétique de chaque solution d'amélioration
(en % de l'étiquette énergétique initiale)**



ANNEXE 5

**Efficacité économique de chaque solution d'amélioration
(kWh économisé /par euros HT investis)**



ANNEXE 6

**Rendement économique de chaque solution d'amélioration
(centime euros HT économisé /par euros HT investis)**

