

RAPPORT AUDIT ÉNERGETIQUE

Phase 2 & 3

Audit énergétique du Palais de justice de Laon



- Ministère de la justice -



**MINISTÈRE
DE LA JUSTICE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

DESCRIPTION DE LA MISSION

**Audit énergétique (visite de site, proposition de scénarios de rénovation,
réunion de présentation, décret tertiaire, etc...)**



Sommaire

I.	Analyse des consommations.....	- 4 -
1)	Décret tertiaire	- 4 -
2)	Données climatiques	- 5 -
3)	Factures énergétiques.....	- 6 -
4)	Consommations et émissions de gaz à effet de serre théoriques.....	- 14 -
II.	Propositions d'améliorations.....	- 19 -
1)	Isolation murs ITI	- 22 -
2)	Changement des menuiseries vétustes ERP 2.....	- 23 -
3)	Plancher Bas sur cave et vide sanitaire.....	- 24 -
4)	Changement des portes en bois pleines	- 25 -
5)	Isolation murs ITI sur LNC.....	- 26 -
6)	Isolation plancher sous combles perdus et Inc	- 27 -
7)	Isolation murs ITI enduit à la chaux	- 28 -
8)	VMC SF.....	- 29 -
9)	PAC Air/Eau	- 30 -
10)	Chaudière bois	- 31 -
11)	Chaudière gaz à condensation.....	- 32 -
12)	ECS instantanée	- 33 -
13)	Régulation.....	- 34 -
14)	Robinets thermostatiques et radiateurs électriques	- 35 -
15)	Chaudière bois ERP 1	- 36 -
16)	Chaudière gaz à condensation ERP 1.....	- 37 -
17)	Amélioration éclairage (LED/DP/gradation)	- 38 -
18)	Fiche de travaux annexes	- 39 -
III.	Propositions de bouquets de travaux.....	- 42 -
IV.	Récapitulatif des aides.....	- 46 -
V.	Synthèse des préconisations indépendantes	- 47 -
VI.	Synthèse des Bouquets.....	- 49 -
VII.	Etude en coût global	- 51 -
VIII.	Conclusion.....	- 53 -
IX.	Annexes	- 54 -
1)	Hypothèses pour le calcul du coût global.....	- 54 -
2)	Facteurs de conversion des kWh finaux en CO2	- 54 -
3)	Coefficients d'inflation des énergies.....	- 54 -
4)	Durée de vie des systèmes	- 55 -



ECOBAT
INGÉNIERIE

BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES
Optimisation thermique, énergétique
et écologique du bâtiment

5) Potentiel énergies renouvelables	- 56 -
6) Plan de repérage	- 57 -

I. Analyse des consommations

1) Décret tertiaire

Qu'est-ce que le décret tertiaire ?

Issu de la loi ELAN (ou loi logement 2018), le décret « Eco Energie Tertiaire » précise les obligations de réduction de consommation énergétique à respecter dans des bâtiments tertiaires afin d'en améliorer la performance énergétique.

Les objectifs de consommation sont fixés soit en valeur absolue soit en obligation de réduction de consommation d'énergie finale par rapport à une année de référence à partir de 2010. Les réductions cibles sont les suivantes (en gain d'énergie finale) :

- 40 % d'ici 2030
- 50 % d'ici 2040
- 60 % d'ici 2050

Qui est concerné par le décret tertiaire ?

- 1) Bâtiments à usage exclusivement tertiaire dont la surface plancher est supérieure ou égale à 1000 m²
- 2) Parties de bâtiment à usage mixte dont la surface plancher cumulée des activités tertiaires est supérieure ou égale à 1000 m²
- 3) Ensemble de bâtiments situés sur un même site ou sur une même unité foncière dont la surface plancher cumulée des activités tertiaires est supérieure ou égale à 1000 m²

Si le site est assujetti au décret tertiaire, il est nécessaire pour l'audit :

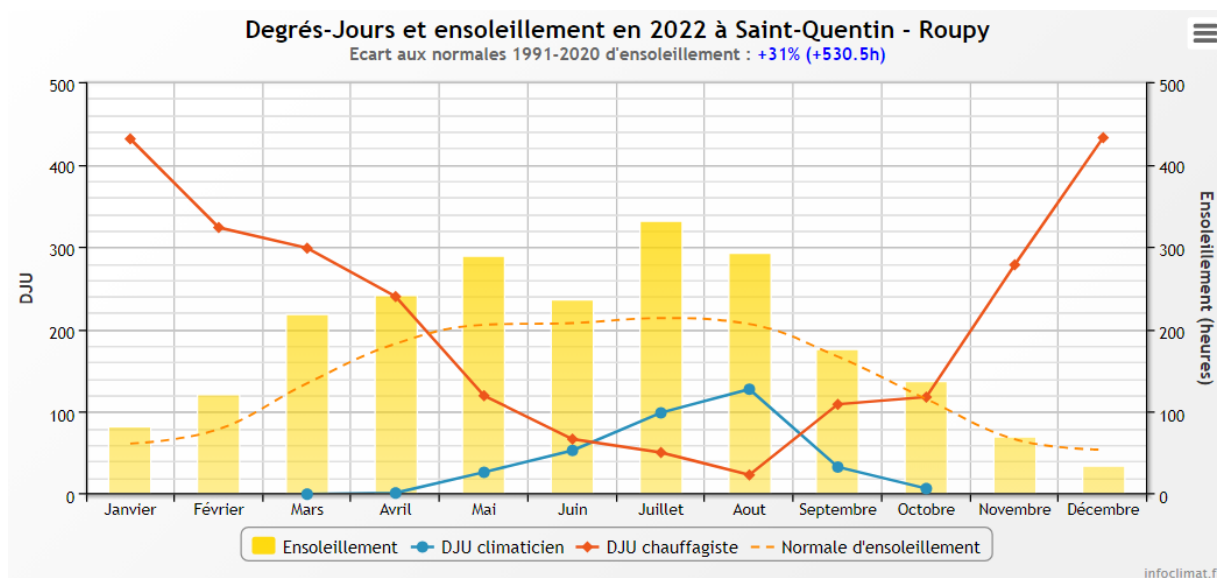
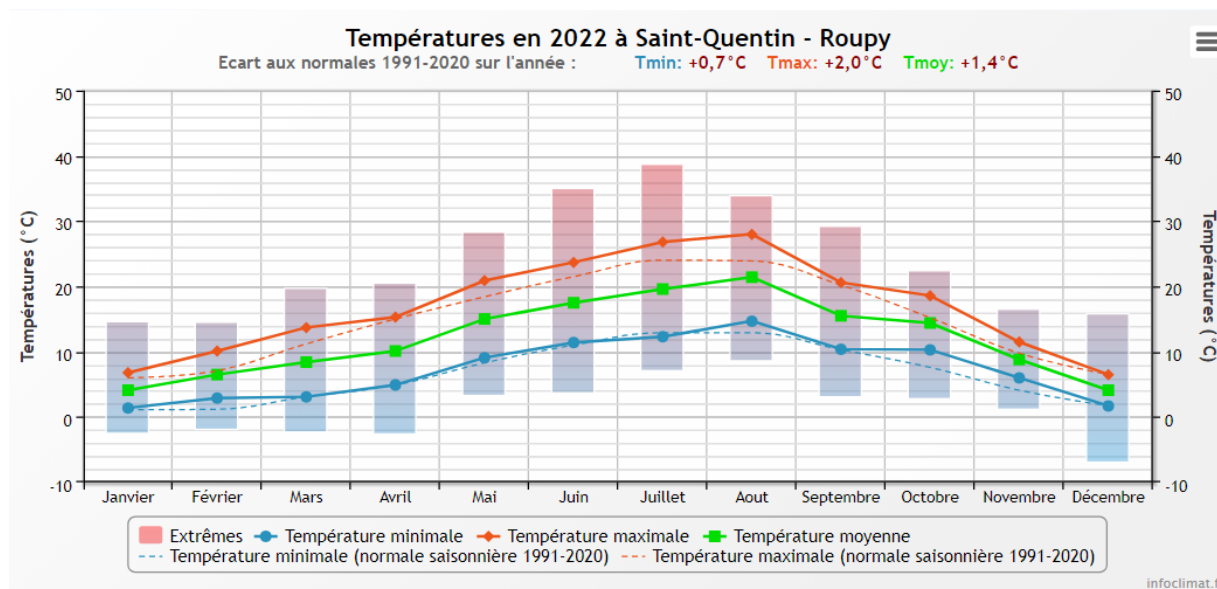
- ☑ D'analyser les factures énergétiques du site depuis 2010 afin de définir l'année de référence sur laquelle doivent s'appliquer les gains énergétiques
- ☑ De définir des bouquets de travaux respectant les objectifs suivants :
 - Gain de 40% par rapport à l'année de référence (obligatoire pour 2030)
 - Gain de 50% par rapport à l'année de référence (obligatoire pour 2040)
 - Gain de 60% par rapport à l'année de référence (obligatoire pour 2050)

La transmission de données à OPERAT et des plans d'action devront être réitérés chaque année pour démontrer l'atteinte des objectifs réglementaires de réduction de consommation. L'absence non justifiée de ces informations exposera l'obligé à des sanctions pouvant aller jusqu'à 7 500 euros d'amende par bâtiment et par contrôle.

Le palais de justice est assujetti au Décret Tertiaire

2) Données climatiques

▲ Climat de Saint-Quentin / Roupy



Les calculs réalistes ont été réalisés à partir des données climatiques de la station située à Saint-Quentin / Roupy, située à 101 m d'altitude.



3) Factures énergétiques

Type de compteur	N° Compteur	Contrat Souscrit	Fournisseur
GAZ	GI021508 40104486226783	-	-
ELECTRIQUE	30000410067202 04104341508939	-	-



Point Réglementaire – Périmètre du Décret Tertiaire

En tant que ministère, vous pouvez être assujettis au Décret Tertiaire dans les 3 configurations suivantes :

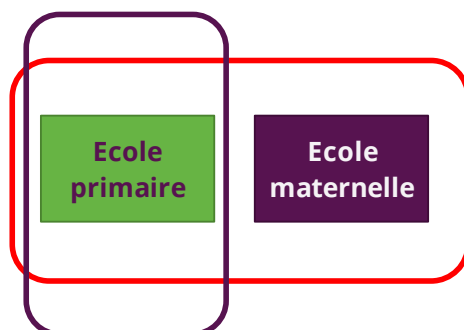
- 1) Bâtiments ou parties de bâtiment dont la somme des surfaces tertiaires est supérieure à 1 000 m²
- 2) Bâtiments ou parties de bâtiment situés sur l'unité foncière dont la somme des surfaces tertiaires est supérieure à 1 000 m²
- 3) Bâtiments ou parties de bâtiment du site dont la somme des surfaces tertiaires est supérieure à 1 000 m²

Dans le cas n°1, l'audit énergétique et l'analyse du décret tertiaire s'applique au bâtiment étudié dans le présent rapport. L'analyse des factures se fait donc à l'échelle du bâtiment.

Dans les cas n°2 et n°3, l'audit énergétique s'applique au bâtiment, mais les objectifs du Décret Tertiaire doivent se calculer également à l'échelle de l'unité foncière, ou du site. Il est donc nécessaire pour l'étude de capitaliser les éléments de comptage énergétique sur l'ensemble du périmètre concerné.

Exemple d'un cas type :

**Périmètre
Audit Energétique**



**Périmètre de
calcul des gains
énergétiques pour
le Décret Tertiaire**

▲ Electricité

La consommation d'électricité comprend :

- ➔ L'éclairage
- ➔ L'ECS
- ➔ L'électricité spécifique (équipements de cuisine, autres)
- ➔ Les auxiliaires de chauffage
- ➔ Les auxiliaires de ventilation
- ➔ Le chauffage du logement de fonction

La répartition de consommation par équipement est estimée grâce à la SED.

Il est possible d'établir un profil de consommations mensuelles et annuelles à partir des données reçues.

Les Degrés Jours Unifiés (DJU) représentent la vigueur de l'hiver chaque année. Les DJU du fichier météo utilisé dans la simulation sont de :

- 2 705 à l'altitude du bâtiment (179 m).
- 2 567 à l'altitude de 101 m, station de référence.

Ils sont proches des valeurs des DJU enregistrés en 2015 et 2019.

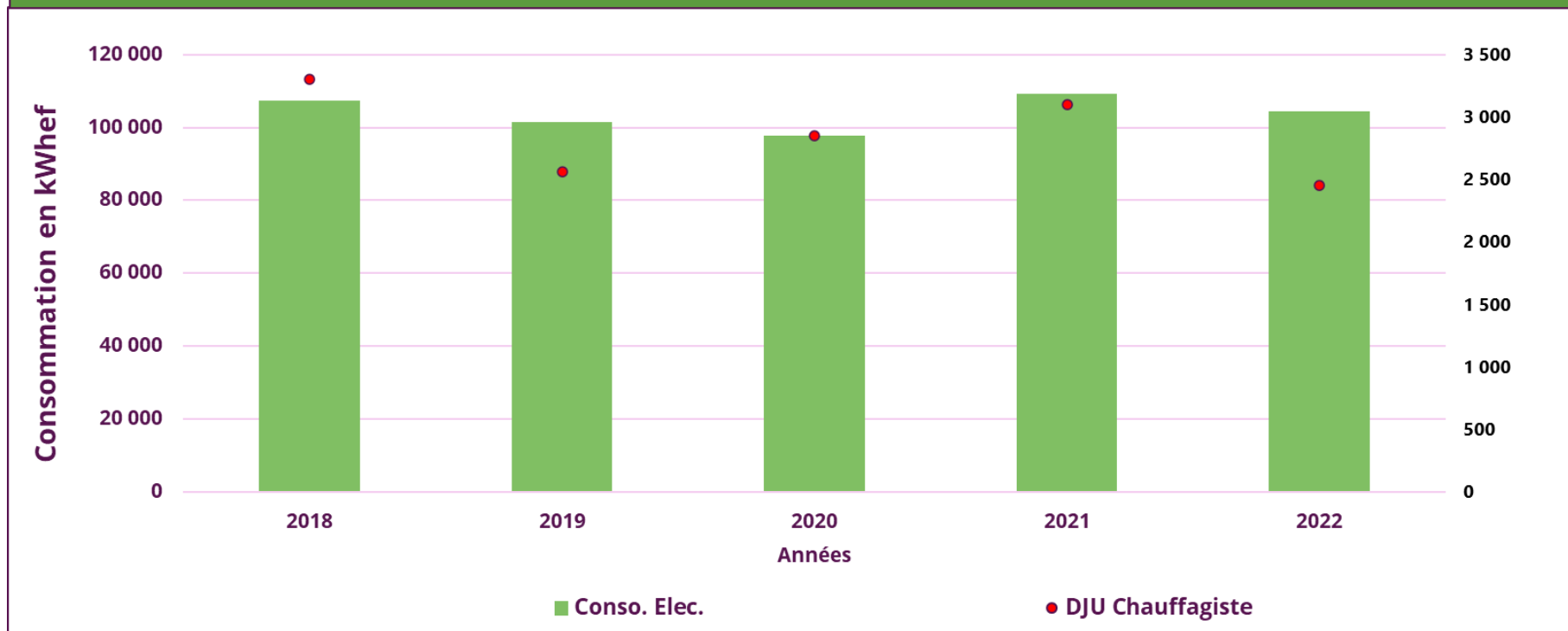


Définition – DJU (Degré Jours Unifié)

Les Degrés Jours Unifiés (DJU) sont utilisés pour qualifier la rigueur d'un climat et caractériser ainsi une consommation de chauffage. Les DJU représentent l'écart de température entre une température intérieure conventionnelle (18°C) et la température extérieure moyenne de la journée. Ils sont calculés chaque jour pour une centaine de stations météorologiques.

Consommations Electriques	2018	2019	2020	2021	2022
Conso. Elec. kWh	108 362	102 346	96 472	109 481	104 377
Coût. Elec. HT	13 449 €	13 576 €	13 786 €	13 758 €	18 186 €

CONSOMMATION ANNUELLE EN ÉLECTRICITÉ DU SITE PALAIS DE JUSTICE LAON ENTRE 2018 ET 2022



Le graphique des consommations annuelles ci-dessus montre que :

- La consommation électrique est stable depuis 2018, sans corrélation aux DJU.
- La part de consommation d'électricité est constante dans la consommation énergétique totale.

La consommation moyenne annuelle d'électricité depuis 2018 est de **104 208 kWh**.

Les calculs financiers sont réalisés à partir du tarif d'électricité suivant :

Coût électricité : 17,42 ct €HT/kWh (année 2022)

▲ Gaz Naturel

La consommation de gaz comprend :

- Le chauffage

Le périmètre d'étude dispose de deux compteurs.

Il est possible d'établir des profils de consommations annuelles à partir des données reçues.

Le graphique des consommations annuelles ci-dessous montre une stabilité de la consommation de gaz naturel depuis 2018, mais sans corrélation avec les degrés jours unifiés (DJU). Le graphique de la méthode ANAGRAM, qui illustre la consommation mensuelle par rapport au nombre mensuel de DJU, confirme l'absence de corrélation entre la consommation et les DJU, signe d'une mauvaise régulation.

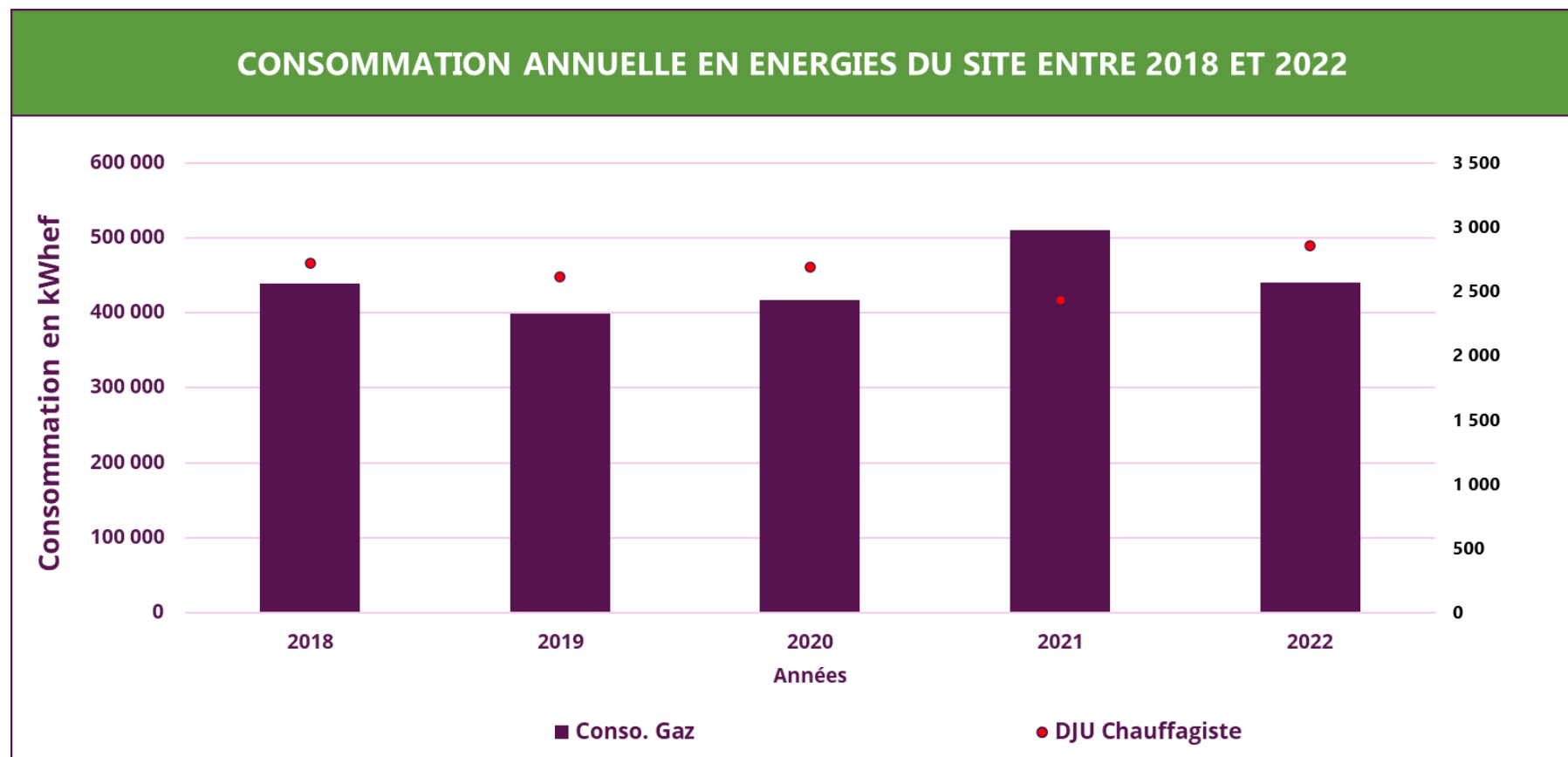
Le graphique des consommations mensuelles ci-dessous montre une consommation périodique stable depuis 2018. Des consommations sont relevées hors de la période de chauffage suggérant un dysfonctionnement des chaudières ou une fuite de gaz.

La consommation moyenne annuelle de gaz du site depuis 2018 est de **434 999 kWh**.

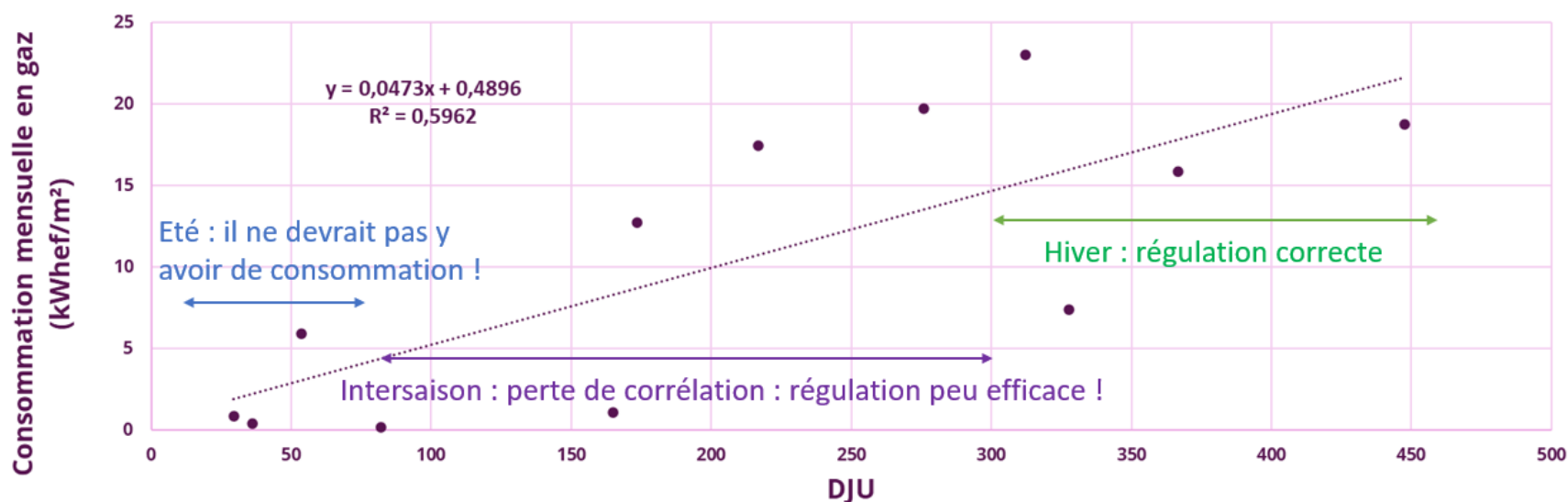
Les calculs financiers sont réalisés à partir du tarif du gaz suivant :

Coût gaz : 5,33 ct €HT/kWh (année 2022)

Consommations Energétiques	2018	2019	2020	2021	2022
Conso. Gaz kWhcf	435 038	402 821	402 261	497 857	437 018
Ratio kWh/DJU	162	152	155	210	154
Coût Gaz HT	19 709 €	21 513 €	20 795 €	23 463 €	23 275 €

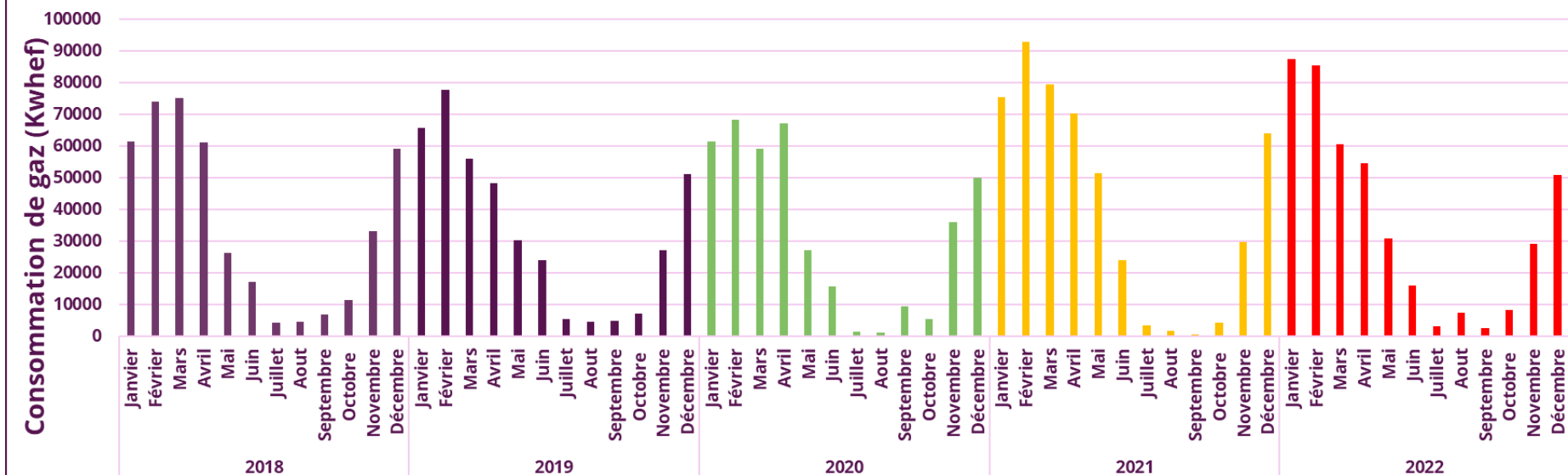


METHODE ANAGRAM - PALAIS DE JUSTICE DE LAON DE LAON (2021)

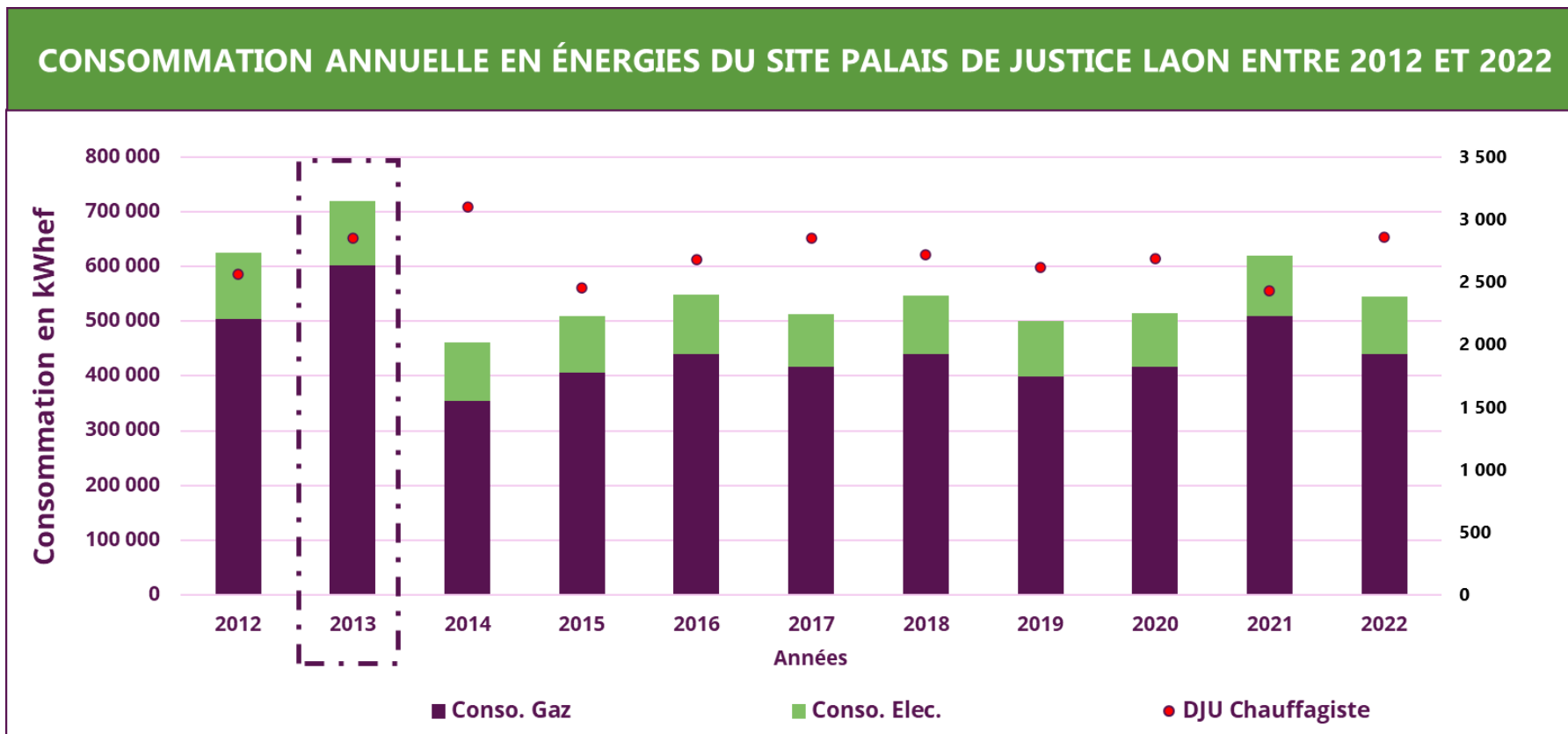


Le fait que le R^2 soit très inférieur à 0,8 signifie que la consommation de gaz n'est pas en corrélation avec les DJU. Cela indique que la régulation sur l'année n'est pas efficace.

EVOLUTION MENSUELLE DE LA CONSOMMATION DE GAZ - PALAIS DE JUSTICE DE LAON DE LAON (2018-2022)



▲ Concernant le décret tertiaire



La consommation de référence du site a été choisie en **2013** avec une consommation de **719 297 kWh**.

Les calculs des gains énergétiques relatifs au décret tertiaire des simulations à venir seront exprimés par rapport à 2013, année de référence.

4) Consommations et émissions de gaz à effet de serre théoriques

▲ Modélisation réaliste

La modélisation de l'état initial donne les **consommations d'énergie finale** suivantes :

- ➔ Consommation d'électricité théorique : **123 404 kWh_{ef}** | **21 497 € HT**
- ➔ Consommation en gaz théorique : **638 616 kWh_{ef}** | **34 038 € HT**

La consommation annuelle en énergie primaire est ainsi estimée à **922 445 kWh_{ep}**,
soit 237,7 kWh_{ep}/m² SHON

Ceci donne une facture annuelle d'environ **55 535 € HT**



Définition – Energie Primaire

L'énergie primaire correspond à l'énergie prélevée à la source, tandis que l'énergie finale correspond à celle consommée par l'utilisateur.

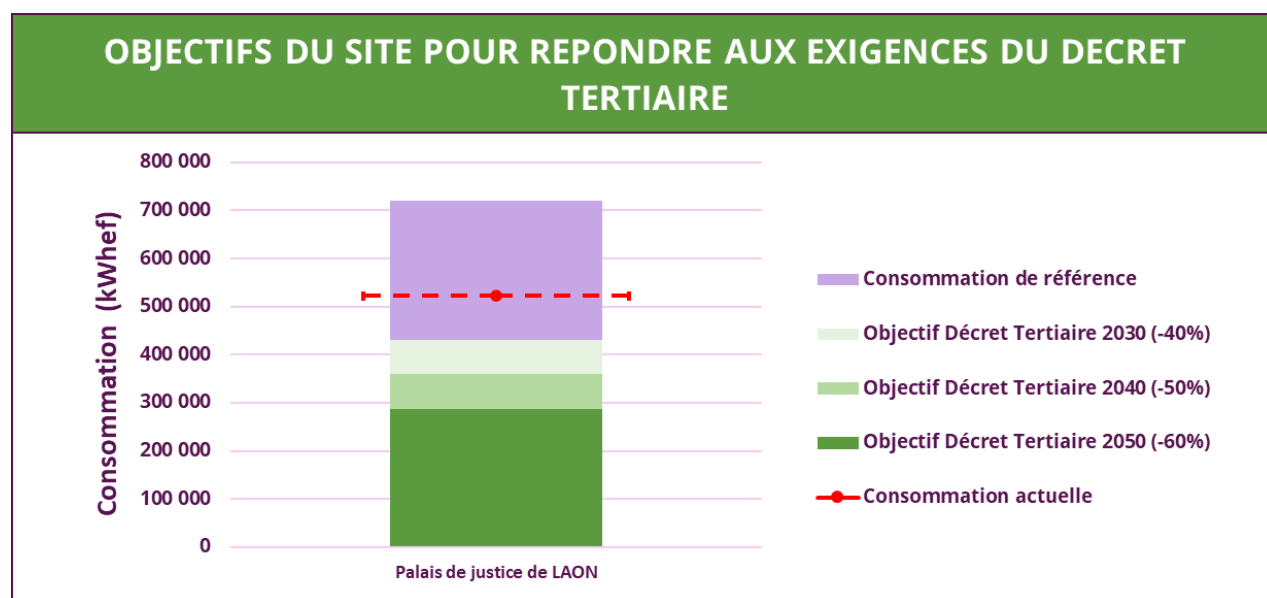
En France, il faut considérer le facteur 2,3 pour convertir l'énergie électrique primaire en énergie finale. Ce facteur est lié aux pertes de production et de distribution de l'électricité.

En revanche, dans le cadre du calcul BBC Rénovation il faut considérer le facteur 0,6 pour convertir l'énergie au bois primaire en énergie finale. Ce facteur a été créé pour valoriser la filière biomasse renouvelable.

▲ Concernant le décret tertiaire

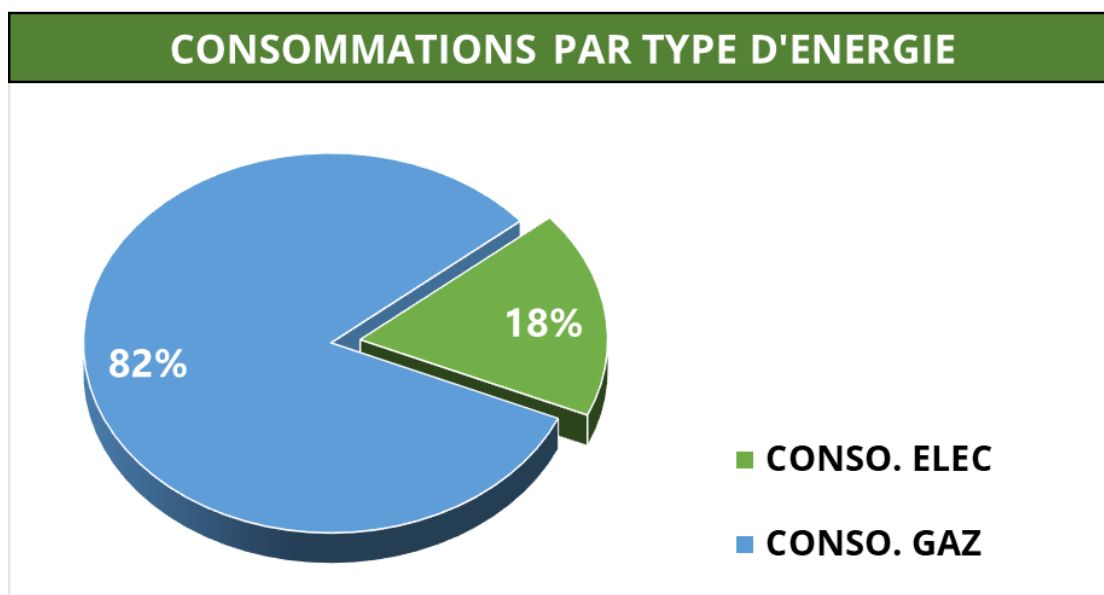
Ci-dessous le tableau récapitulatif des résultats des simulations du bâtiment :

Consommations du Palais de justice de LAON (kWhef)	Electricité	Gaz	Total
Palais de justice de LAON	113 714	531 783	645 497
Consommation moyenne (2015-2020)	102 312	419 536	521 848
Consommation maximale (2011-2022)			719 297
Objectif Décret Tertiaire 2030 (-40%)			431 578
Objectif Décret Tertiaire 2040 (-50%)			359 649
Objectif Décret Tertiaire 2050 (-60%)			287 719



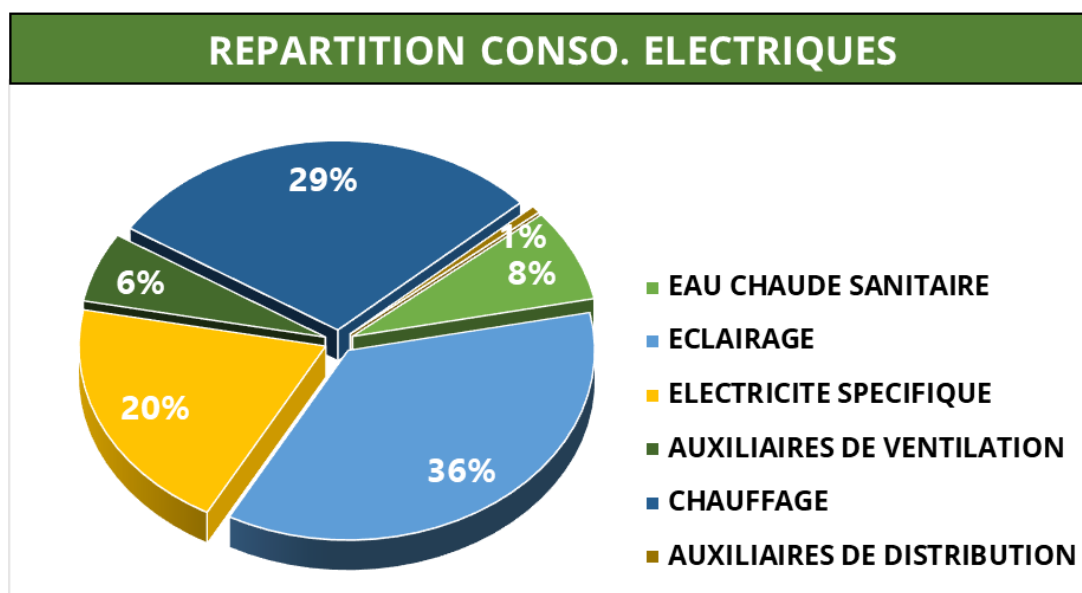
Des travaux doivent être engagés sur le site d'ici 2030 pour réduire la consommation énergétique.

▲ Répartition par vecteur énergétique



D'un point de vue purement énergétique, la consommation de gaz est l'enjeu principal car ce poste représente 82 % des consommations.

▲ Répartition électrique du bâtiment



La répartition des consommations par équipements est estimée grâce à la simulation énergétique dynamique (SED) du bâtiment.

Les consommations électriques du bâtiment se répartissent de la manière suivante :

- Eclairage (36% ; 44 652 kWh)
- Eau chaude sanitaire (8% ; 9 756 kWh)
- Chauffage (29% ; 36 082 kWh)
- Auxiliaires de ventilation (6% ; 7 351 kWh)
- Electricité spécifique (20% ; 24 800 kWh)
- Auxiliaires de distribution (1% ; 763 kWh)



Définition – Simulation Energétique Dynamique (SED)

Une **Simulation Energétique Dynamique (SED)** est une simulation que nous effectuons sur le logiciel **Pléiades+Comfie** pour calculer la **consommation énergétique annuelle réelle du bâtiment**, avec la meilleure précision possible.

Contrairement à une Simulation Thermique Dynamique (STD), une SED doit permettre non seulement de calculer les différents besoins thermiques qui caractérisent l'enveloppe du bâtiment, mais également remonter aux **consommations liées aux systèmes énergétiques et aux autres équipements présents dans le bâtiment** (bureautique, ascenseurs, éclairage de sécurité, extracteurs spécifiques, etc.).

Le calcul est effectué sur une année type, au pas de temps horaire, et selon des **données météo proches de celles rencontrées sur le site**.

In fine, c'est le calcul nous permettant de calculer les **Temps de Retour sur Investissement** et les **coûts globaux** des opérations proposées.

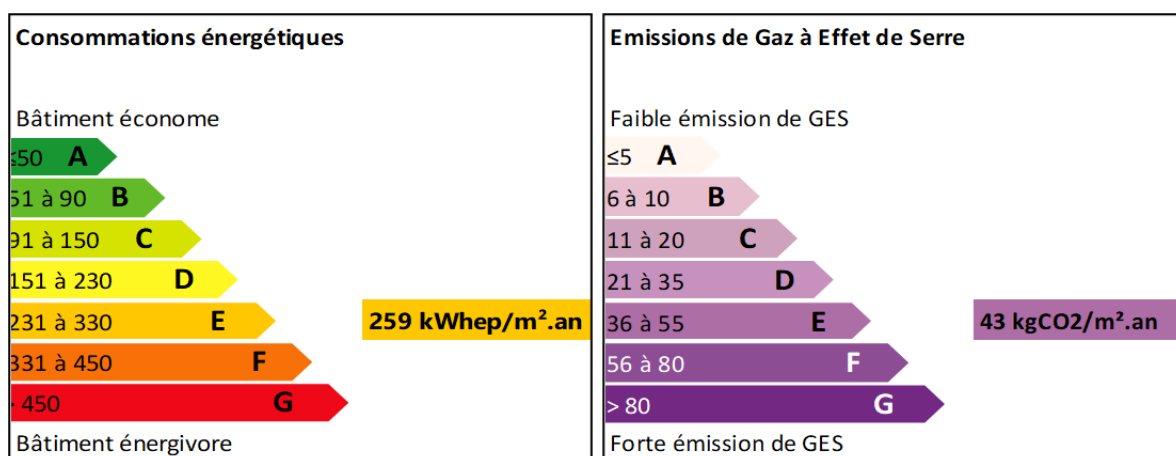
▲ Calcul réglementaire

Nous avons réalisé les calculs réglementaires. Ceux-ci permettent d'évaluer la performance du bâtiment indépendamment de son usage et permettent de le comparer à d'autres.

L'étude thermique RTextistant donne un Cep, consommation conventionnelle d'énergie primaire (hors électricité spécifique et ECS), de **259,21 kWh_{ep}/m²SHON.an**, ce qui place le bâtiment en **classe énergétique E**.

L'étude thermique RTextistant donne des émissions GES conventionnelles (hors électricité spécifique) de **4,48 kg CO₂eq/m²SHON.an**, ce qui place le bâtiment en **classe E**.

La consommation de référence pour ce type de bâtiment est de **122,7 kWh_{ep}/m²SHON.an**.



Point Réglementaire – Usages énergétiques Th-U-Ex

Les **usages réglementaires** retenus dans le calcul du **CEP** sont le chauffage, l'ECS pour la cantine, l'éclairage, la ventilation et les auxiliaires. Les autres usages spécifiques (cuisson des aliments, laveries, bureautique, etc...) ne comptent donc pas dans le calcul réglementaire.

Pour atteindre une **rénovation BBC**, le CEP doit être inférieur au **CEPréf-40%**

II. Propositions d'améliorations

Préambule : Stratégie d'action (thermique et énergétique)

1. Amélioration de l'enveloppe

Dans un premier temps, c'est l'amélioration de l'enveloppe thermique (isolation, vitrage, ...) alliée au traitement de l'étanchéité à l'air qui permet de réduire très largement le besoin et donc la consommation de chauffage.

2. Amélioration des systèmes

Une fois la perméabilité à l'air maîtrisée, il est important d'envisager un système de ventilation efficace améliorant le confort et la santé des occupants. Enfin, le remplacement de certains équipements (régulation, chaudière, éclairage, ...) permet une amélioration des performances énergétiques des systèmes.

3. Recours aux énergies renouvelables

Pour aller au-delà, une production d'électricité renouvelable (panneaux photovoltaïques, géothermie, récupération de chaleur) peut être étudiée pour se libérer des énergies fossiles.

Isoler moins et miser sur des systèmes performants fonctionne également en termes de diminution des consommations énergétique. Toutefois, ces systèmes coûtent chers à l'investissement, à l'entretien et doivent être remplacés, alors qu'**une isolation bien faite est pérenne sur le long terme en plus d'améliorer le confort thermique des occupants.**

Les gains énergétiques annoncés dans les fiches préconisation qui suivent sont basés sur l'usage prévisionnel futur du bâtiment. Si ce fonctionnement venait à évoluer (fréquentation et programmation du chauffage par exemple), les consommations évolueraient également.

Dans les calculs financiers, les aides suivantes ont été intégrées :

- ✓ CEE

Les aides suivantes n'ont pas été intégrées, car incertaines au moment de l'audit, mais nous vous encourageons à faire une demande au moment opportun :

- ➔ FRATRI
- ➔ LEADER
- ➔ DSIL
- ➔ Appel à projet « Innovation Territorial »
- ➔ France Relance



La commande publique tient compte de l'utilisation de biomatériaux dans le cadre de la rénovation de bâtiments
(Article L228-4 du code de l'Environnement)

Préambule : Stratégie d'action (décret tertiaire)

1. Sobriété

La sobriété énergétique consiste à réduire la consommation d'énergie par un usage approprié, sans excès et mutualisé des équipements consommateurs d'énergie. Elle concerne essentiellement le comportement du consommateur face à sa consommation.

2. Efficacité

L'efficacité énergétique consiste à réduire la consommation d'énergie par des équipements ayant un meilleur rendement et moins de pertes dans la production ou la consommation d'énergie.

3. Recours aux énergies/matériaux renouvelables

Pour aller au-delà, une production d'électricité renouvelable (panneaux photovoltaïques, géothermie, récupération de chaleur) peut être étudiée pour se libérer des énergies fossiles. De plus, l'utilisation de matériaux biosourcés est préconisé dans l'objectif de réduire l'impact carbone du site.

Le décret tertiaire tend vers la sobriété énergétique des bâtiments. Dans cet objectif, l'amélioration passe par des actions sur l'efficacité énergétique des systèmes, mais aussi par des actions de préventions à l'égard des usagers pour les sensibiliser aux dépenses énergétiques.

Les gains énergétiques quant à la sensibilisation, sont à long terme moins avantageux que ceux dues aux modifications thermiques du bâtiment. Cependant, la sensibilisation à l'avantage d'avoir un impact quasiment immédiat et non-négligeable, sur les consommations énergétiques et sur les finances, pour des efforts relativement peu contraignants.

Définitions des éléments indiqués dans les fiches d'amélioration

Les fiches de préconisation suivantes indiquent :

- ▲ **Le coût d'investissement** : comprend le coût de la pose et de la fourniture. Les prix indiqués sont les coûts moyennés des catalogues professionnels actuels.
- ▲ **Le surcoût écologique** : surcoût de la fourniture d'un isolant écologique par rapport à un isolant traditionnel.
- ▲ **Le montant total économisé** : il s'agit de l'économie énergétique brut annuelle. Le prix des kWh économisé tient compte de l'analyse des factures sur 2-3 ans.
- ▲ **Le gain actualisé sur 20 ans** : il s'agit des économies sur 20 ans liées à l'action, en prenant en compte l'augmentation du prix des énergies, l'entretien, la maintenance et le remplacement des équipements.
- ▲ **Le Temps de Retours sur Investissement (TRI)** : temps nécessaire pour que l'investissement de départ puisse être récupéré grâce au gain énergétique annuel
- ▲ **Le Temps de Retours sur Investissement Actualisé (TRIA)** : le TRIA est un TRI qui prend compte de l'augmentation du prix des énergies, de l'entretien, de la maintenance et du remplacement des équipements. C'est une analyse en coût global.
- ▲ **La quantité de CO2 économisée** : il s'agit des émissions CO2 évitées grâce aux économies d'énergie réalisées par rapport à la situation de référence.

La situation de référence choisie pour le calcul des préconisations est celle du bouquet 1, c'est-à-dire l'état actuel du bâtiment en 2024, après les travaux déjà entrepris par la maîtrise d'ouvrage.



Fiche de préconisation Enveloppe		1) <u>ISOLATION MURS ITI</u>
Etat Actuel		
Les murs du bâtiment représentent le poste déperditif n°1.		
Description de l'action		
<p>Nous proposons d'isoler l'ensemble des murs des bâtiments par l'intérieur avec un isolant en laine minérale avec $R = 3,7 \text{ m}^2.K/W$ (~12 cm), la pose d'une membrane d'étanchéité à l'air (spécifique en fonction du matériau du mur) et d'une plaque de plâtre.</p> <p>Afin de limiter la perte l'espace intérieur, nous recommandons le remplacement de l'isolation existante.</p> <p>Des corrections isolantes au droit des planchers intermédiaires, et sur les murs de refends sont recommandées pour éviter la condensation (en plus de la ventilation mécanique).</p> <p>Cette action est le meilleur gisement d'économies d'énergies et elle est nécessaire pour améliorer le confort dans les différentes pièces. Elle va permettre d'éliminer la sensation de parois froide.</p> <p><i>Surcoût écologique : 52 623 € HT (isolant type laine de bois).</i></p>		
Investissements		
Surface :		3 508 m²
Investissement hors primes	417 479 € HT	
Investissement avec primes	356 861 € HT*	
Les travaux induits comme la mise en peinture ou le déplacement des réseaux ne sont pas compris.		
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée	304 961 kWh _{eff} /an	
Conso EP économisée	330 555 kWh _{ep} /an	
Montant électricité économisé	3 430 € HT/an	
Montant gaz économisé	15 205 € HT/an	
Montant total économisé	18 635 € HT/an	
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans	549 660 € HT	
TRI brut	20 années	
TRI actualisé	15 années	
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée	68 301 kgCO2eq/an	

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe		2) <u>CHANGEMENT DES MENUISERIES VETUSTES ERP 2</u>	
Etat Actuel			
L'ensemble des menuiseries de l'ERP 2 sont en double vitrage vétuste et peu performant. Concernant le reste du bâtiment, il n'est pas pertinent de réaliser le remplacement des menuiseries. La majorité des menuiseries viennent d'être restaurées ou leurs performances ne seront pas grandement améliorées si elles sont remplacées par du simple vitrage.			
Description de l'action			
Remplacer les menuiseries vétustes du bâti d'origine de l'ERP 2 par des modèles à isolation renforcée et étanches à l'air : simple vitrage ($Uw \leq 3,09 \text{ W/m}^2.K$ et $Sw \leq 0,45$)			
Si l'ABF le permet nous recommandons l'installation de menuiseries : double vitrage ($Uw \leq 1,3 \text{ W/m}^2.K$ et $Sw \leq 0,35$)			
- La continuité de l'étanchéité à l'air entre les menuiseries et les parois devra être assurée			
- Les menuiseries seront posées en applique intérieure en cas d'isolation des murs par l'intérieur.			
Surcoût menuiserie bois sur-mesure estimé à : 39 000 € TTC.			
Investissements			
Surface :		78 m²	
Investissement hors primes		117 000 € HT	
Investissement avec primes		115 456 € HT*	
Les frais induits comme la reprise des appuis de fenêtres ne sont pas compris.			
Gain et temps de retour sur investissement			
Gains énergétiques et financiers			
Conso EF économisée		5 766 kWh _{eff} /an	
Conso EP économisée		5 589 kWh _{ep} /an	
Montant électricité économisé		- 24 € HT/an	
Montant gaz économisé		315 € HT/an	
Montant total économisé		291 € HT/an	
Temps de retour sur investissement			
Gain sommé sur 20 ans		8 829 € HT	
TRI brut		>50 ans	
TRI actualisé		>50 ans	
Gains environnementaux			
Quantité de CO2 économisée		1 315 kgCO2eq/an	

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe	3) <u>PLANCHER BAS SUR CAVE ET</u> <u>VIDE SANITAIRE</u>
Etat Actuel	
Les planchers sur cave et vide sanitaire ne sont pas isolés.	
Description de l'action	
Nous proposons d'isoler les plafonds des cave et vide sanitaire. Nous vous proposons d'y installer un isolant R = 3,0 m².K/W type fibrastyrène (~10 cm).	
<i>Surcoût écologique : 2 576 € TTC (isolant type liège).</i>	
Investissements	
Surface : 322 m²	
Investissement hors primes	12 880 € HT
Investissement avec primes*	6 852 € HT*
Les frais induits comme le déplacement des réseaux ne sont pas compris.	
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	9 177 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	10 931 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	235 € HT/an
Montant gaz économisé	417 € HT/an
Montant total économisé	652 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	18 869 € HT
TRI brut	11 années
TRI actualisé	10 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	2 020 kgCO₂eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe	4) <u>CHANGEMENT DES PORTES EN BOIS PLEINES</u>
Etat Actuel	
Les portes intérieures sur des locaux non chauffés ne sont pas isolés ou ne sont pas des portes performantes thermiquement.	
Description de l'action	
Remplacer les portes en bois non performantes par des modèles à isolation renforcée et étanches à l'air : $U_d \leq 1,5 \text{ W/m}^2.K$	
- La continuité de l'étanchéité à l'air entre les menuiseries et les parois devra être assurée	
Dans cette préconisation, c'est l'amélioration du confort des occupants qui est visée.	
Investissements	
Nombre : 13	
Investissement hors primes	19 500 € HT
Investissement avec primes*	19 500 € HT*
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	1 416 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	1 244 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	- 23 € HT/an
Montant gaz économisé	83 € HT/an
Montant total économisé	60 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	1 865 € HT
TRI brut	>50 ans
TRI actualisé	>50 ans
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	328 kgCO₂eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe		5) <u>ISOLATION MURS ITI SUR LNC</u>
Etat Actuel		
Dans le bâtiment aucune cloison ou refend donnant sur des locaux non chauffés ne sont isolés.		
Description de l'action		
<p>Nous proposons d'isoler les murs du bâtiment donnant sur un local non chauffé, par l'intérieur avec un isolant en laine minérale avec $R = 3,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (~12 cm), la pose d'une membrane d'étanchéité à l'air (spécifique en fonction du matériau du mur) et d'une plaque de plâtre.</p> <p>Afin de limiter la perte l'espace intérieur, nous recommandons le remplacement de l'isolation existante.</p> <p>Des corrections isolantes au droit des planchers intermédiaires, et sur les murs de refends sont recommandées pour éviter la condensation (en plus de la ventilation mécanique).</p> <p>Cette action est le meilleur gisement d'économies d'énergies et elle est nécessaire pour améliorer le confort dans les différentes pièces. Elle va permettre d'éliminer la sensation de parois froide.</p>		
Surcoût écologique : 5 066 € TTC (isolant type métisse et laine de bois).		
Investissements		
Surface :		298 m²
Investissement hors primes	35 462 € HT	
Investissement avec primes	30 658 € HT*	
Les travaux induits comme la mise en peinture ou le déplacement des réseaux ne sont pas compris.		
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée	22 627 kWh _{eff} /an	
Conso EP économisée	24 092 kWh _{ep} /an	
Montant électricité économisé	196 € HT/an	
Montant gaz économisé	1 146 € HT/an	
Montant total économisé	1 342 € HT/an	
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans	39 756 € HT	
TRI brut	23 années	
TRI actualisé	17 années	
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée	5 083 kgCO2eq/an	

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe	6) <u>ISOLATION PLANCHER SOUS COMBLES PERDUS ET LNC</u>
Etat Actuel	
Dans le bâtiment certains planchers donnant sur des combles non aménagés ou des LNC ne sont pas isolés.	
Description de l'action	
Nous proposons d'isoler les planchers déperditifs du bâtiment sous combles perdus ou LNC (le plancher béton/brique et le plancher bois), avec un isolant en laine minérale avec R = 7 m².K/W (~28 cm).	
Nous préconisons l'ajout d'une membrane étanche à l'air et freine-vapeur côté intérieur de l'isolant.	
Surcoût écologique : 5 004 € TTC (isolant type métisse et ouate de cellulose).	
Investissements	
Surface :	278 m²
Investissement hors primes	23 352 € HT
Investissement avec primes	20 563 € HT*
Les travaux induits comme la mise en peinture ou le déplacement des réseaux ne sont pas compris.	
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	26 887 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	26 847 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	- 5 € HT/an
Montant gaz économisé	1 435 € HT/an
Montant total économisé	1 429 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	43 024 € HT
TRI brut	15 années
TRI actualisé	12 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	6 105 kgCO2eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Enveloppe	7) <u>ISOLATION MURS ITI ENDUIT A LA CHAUX</u>
Etat Actuel	
Les murs du bâtiment représentent le poste déperditif n°1.	
Description de l'action	
<p>Nous proposons d'isoler l'ensemble des murs des bâtiments par l'intérieur avec un enduit à la chaux avec un R = 1,5 m².K/W (~10 cm).</p> <p>Afin de limiter la perte l'espace intérieur, nous recommandons le remplacement de l'isolation existante.</p> <p>Des corrections isolantes au droit des planchers intermédiaires, et sur les murs de refends sont recommandées pour éviter la condensation (en plus de la ventilation mécanique).</p> <p>Cette action est le meilleur gisement d'économies d'énergies et elle est nécessaire pour améliorer le confort dans les différentes pièces. Elle va permettre d'éliminer la sensation de parois froide.</p>	
Surcoût écologique : 52 623 € HT (isolant type laine de bois).	
Investissements	
Surface : 3 508 m²	
Investissement hors primes	473 611 € HT
Investissement avec primes	473 611 € HT*
Les travaux induits comme le déplacement des réseaux ne sont pas compris.	
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	262 808 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	281 277 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	2 475 € HT/an
Montant gaz économisé	13 250 € HT/an
Montant total économisé	15 725 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	465 192 € HT
TRI brut	31 années
TRI actualisé	21 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	58 990 kgCO₂eq/an

*CEE

Fiche de préconisation Systèmes énergétiques	8) <u>VMC SF</u>
Etat actuel	
<p>De la VMC Simple-flux est installée pour extraire l'air dans le bureau PMR de l'aile Nord, des sanitaires de l'aile Est, des sanitaires de l'aile Sud, du bureau reprographie et des sanitaires du second ERP. Les autres systèmes de ventilation sont HS. Concernant les entrées d'air, il y a une grille d'air mural dans le bureau reprographie et des entrées d'air fixe sont présentes sur les velux dans l'aile Sud au R+2.</p>	
Description de l'action	
<p>A l'issue de travaux de rénovation comprenant l'isolation thermique et le remplacement des menuiseries, le bâtiment disposera d'une meilleure étanchéité à l'air. Pour assurer la bonne ventilation du bâtiment soit l'extraction de l'air viciée et l'introduction d'air neuf, la ventilation mécanique contrôlée devient essentielle.</p>	
<p>Dans le cas des bureaux, une VMC double flux est vivement recommandée afin d'améliorer la qualité de l'air et le confort thermique. Les déperditions thermiques d'une VMC double flux sont bien moins importantes que dans le cas d'une VMC simple flux qui ne récupère pas la chaleur.</p>	
<p>Mais la typologie du bâtiment fait qu'une VMC double flux peut être complexe à installer. Surtout qu'il faut un bâtiment bien étanche pour s'assurer du bon fonctionnement de la VMC double flux. C'est pourquoi nous avons choisi une VMC simple flux pour le bâtiment. La priorité est d'assurer un renouvellement de l'air réglementaire et d'empêcher l'apparition de désordre liée à l'humidité.</p>	
Investissements	
Coûts estimatifs :	
Investissement hors primes	155 200 € HT
Investissement avec primes	147 438 € HT*

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques

9) PAC AIR/EAU

Etat actuel

Dans la chaufferie de l'ERP 1, il y a une chaudière gaz à condensation de 2005 et une chaudière gaz basse température de 2003. Dans l'ERP 2 une chaudière gaz à condensation de 2009.

Description de l'action

Pour réduire les consommations, le choix d'une installation pompe à chaleur avec une relève gaz semble être un bon compromis. L'installation des unités extérieures peut se faire dans les sous-sol/vide sanitaires ou dans les combles s'ils sont bien ventilés.

L'investissement de la chaudière sera moindre dans le cadre d'une amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment. En effet, le bâtiment sera mieux isolé, ce qui réduira la puissance nécessaire de la PAC.

Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture et la pose d'une pompe à chaleur aérothermique, de robinets thermostatiques, et de la mise en place d'une régulation pilotant la chaudière en fonction de la température extérieure.

Investissements

Coûts estimatifs :

Investissement hors primes	169 372 € HT
Investissement avec primes	153 647 € HT*

Les travaux induits comme l'étude de structure ou l'acheminement du système par levage ne sont pas compris.

Gain et temps de retour sur investissement

Gains énergétiques et financiers

Conso EF économisée	275 571 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	15 082 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	-34 905 € HT/an
Montant gaz économisé	25 368 € HT/an
Montant total économisé	-9 538 € HT/an

Temps de retour sur investissement

Gain sommé sur 20 ans	-183 261 € HT
TRI brut	>50 ans
TRI actualisé	>50 ans

Gains environnementaux

Quantité de CO2 économisée	71 972 kgCO₂eq/an
-----------------------------------	-------------------------------------

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques		10) <u>CHAUDIERE BOIS</u>
Etat actuel		
Dans la chaufferie de l'ERP 1, il y a une chaudière gaz à condensation de 2005 et une chaudière gaz basse température de 2003. Dans l'ERP 2 une chaudière gaz à condensation de 2009.		
Description de l'action		
Si vous souhaitez faire le choix d'une énergie peu émettrice de gaz à effet de serre et peu chère, nous vous proposons de remplacer les 3 chaudières gaz actuelles par une chaudière biomasse à condensation pour l'ensemble du site. Le silo de stockage des granulés sera installé dans la pièce de l'ancienne cuve à fioul. L'investissement de la chaudière sera moindre dans le cadre d'une amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment. En effet, le bâtiment sera mieux isolé, ce qui réduira la puissance nécessaire de la chaudière. Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture et la pose de la chaudière, de robinets thermostatiques, raccordement du réseau de chauffage de l'ERP 2 au 1 et de la mise en place d'une régulation pilotant la chaudière en fonction de la température extérieure.		
Investissements		
Coûts estimatifs :		
Investissement hors primes	242 212 € HT	
Investissement avec primes	224 049 € HT*	
Le chiffrage ne prend pas en compte les frais induits du gros œuvre lié aux adaptations de la chaufferie (voirie, etc...).		
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée	62 930 kWh _{eff} /an	
Conso EP économisée	250 444 kWh _{ep} /an	
Montant électricité économisé	- 3 € HT/an	
Montant bois économisé	-35 163 € HT/an**	
Montant gaz économisé	28 344 € HT/an	
Montant total économisé	-6 822 € HT/an	
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans	-107 207 € HT	
TRI brut	>50 ans	
TRI actualisé	>50 ans	
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée	106 459 kgCO2eq/an	

*CEE

**Le bois granulé est plus cher que le coût du gaz naturel actuel. Cette situation pourrait s'inverser.



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques	11) <u>CHAUDIERE GAZ A</u> <u>CONDENSATION</u>
Etat actuel	
<p>Dans la chaufferie de l'ERP 1, il y a une chaudière gaz à condensation de 2005 et une chaudière gaz basse température de 2003. Dans l'ERP 2 une chaudière gaz à condensation de 2009.</p>	
Description de l'action	
<p>Dans cette fiche, nous vous proposons de changer de mode de production de chauffage, avec une chaudière gaz à condensation plus récente pour l'ensemble du site.</p> <p>L'investissement de la chaudière serait moindre dans le cadre des bouquets. En effet, dans les bouquets, le bâtiment est mieux isolé, ce qui réduit la puissance nécessaire de la chaudière.</p> <p>Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture et la pose de la chaudière, de robinets thermostatiques, le raccordement du réseau de chauffage de l'ERP 2 à la chaufferie de l'ERP1 et de la mise en place d'une régulation pilotant la chaudière en fonction de la température extérieure.</p>	
Investissements	
Coûts estimatifs :	
Investissement hors primes	121 300 € HT
Investissement avec primes	108 700 € HT*
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	53 872 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	55 860 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	266 € HT/an
Montant gaz économisé	2 790 € HT/an
Montant total économisé	3 056 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	85 634 € HT
TRI brut	36 années
TRI actualisé	42 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	12 157 kgCO₂eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques		12) <u>ECS INSTANTANEE</u>
Etat actuel		
L'ECS est assuré par des ballons électriques à accumulation.		
Description de l'action		
<p>Les chauffe-eaux des ERP sont à accumulation, ce qui n'est pas adapté aux tirages courts occasionnels.</p> <p>Nous vous proposons de passer sur des chauffe-eaux instantanés électriques.</p> <p>Concernant le chauffe-eau du logement il faudra passer sur un ballon plus petit. Il est recommandé 50L par personne.</p>		
Investissements		
Coûts estimatifs :		
Investissement hors primes		3 500 € HT
Investissement avec primes		3 500 € HT
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée		1 035 kWh _{ef} /an
Conso EP économisée		2 381 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé		180 € HT/an
Montant total économisé		180 € HT/an
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans		- 349 € HT
TRI brut		20 années
TRI actualisé		>50 ans
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée		186 kgCO₂eq/an



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques		13) <u>REGULATION</u>
Etat actuel		
Les consignes de température en chaufferie sont fixées à 20°C en occupation et 16°C en inoccupation.		
Description de l'action		
Dans cette fiche, nous proposons : <ul style="list-style-type: none">- L'équilibrage des réseaux de distribution- Correction du zonage thermique (distribution par ail)- La mise en place de circulateurs à débit variable- Un nouveau réglage des consignes de températures (19°C en occupation, 16°C en inoccupation et 14°C le WE)		
Investissements		
Coûts estimatifs :		
Investissement hors primes		42 000 € HT
Investissement avec primes		39 690 € HT*
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée		22 894 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée		20 416 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé		- 332 € HT/an
Montant gaz économisé		1 322 € HT/an
Montant total économisé		990 € HT/an
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans		-21 371 € HT
TRI brut		41 années
TRI actualisé		>50 ans
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée		5 287 kgCO ₂ eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques	14) <u>ROBINETS</u> <u>THERMOSTATIQUES ET</u> <u>RADIATEURS ELECTRIQUES</u>
Etat actuel	
Les radiateurs possèdent en grande partie des robinets thermostatiques, mais ils pour la plupart vétuste ou HS. Le logement est équipé de radiateurs électriques.	
Description de l'action	
Dans cette fiche, nous proposons : <ul style="list-style-type: none">- La mise en place de robinets thermostatiques certifiés (Vt ≤ 0,4 °C)- La mise en place de radiateurs électriques dans le logement (Vt ≤ 0,144 °C)	
Investissements	
Coûts estimatifs :	
Investissement hors primes	12 800 € HT
Investissement avec primes	10 280 € HT
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	30 744 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	33 421 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	359 € HT/an
Montant gaz économisé	1 529 € HT/an
Montant total économisé	1 888 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	55 641 € HT
TRI brut	6 années
TRI actualisé	6 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	6 882 kgCO2eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques		15) <u>CHAUDIERE BOIS ERP 1</u>
Etat actuel		
Dans la chaufferie de l'ERP 1, il y a une chaudière gaz à condensation de 2005 et une chaudière gaz basse température de 2003.		
Description de l'action		
<p>Si vous souhaitez faire le choix d'une énergie peu émettrice de gaz à effet de serre et peu chère, nous vous proposons de remplacer le système de chauffage actuel par une chaudière biomasse à condensation. Le silo de stockage des granulés sera installé dans la pièce de l'ancienne cuve à fioul.</p> <p>L'investissement de la chaudière sera moindre dans le cadre d'une amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment. En effet, le bâtiment sera mieux isolé, ce qui réduira la puissance nécessaire de la chaudière.</p> <p>Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture et la pose de la chaudière, de robinets thermostatiques, et de la mise en place d'une régulation pilotant la chaudière en fonction de la température extérieure.</p>		
Investissements		
Coûts estimatifs :		
Investissement hors primes		225 380 € HT
Investissement avec primes		214 766 € HT*
Le chiffrage ne prend pas en compte les frais induits du gros œuvre lié aux adaptations de la chaufferie (voirie, etc...).		
Gain et temps de retour sur investissement		
Gains énergétiques et financiers		
Conso EF économisée		63 045 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée		211 493 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisée		138 € HT/an
Montant bois économisé		-27 641 € HT/an**
Montant gaz économisé		22 962 € HT/an
Montant total économisé		-4 542 € HT/an
Temps de retour sur investissement		
Gain sommé sur 20 ans		-55 731 € HT
TRI brut		>50 ans
TRI actualisé		45 années
Gains environnementaux		
Quantité de CO2 économisée		86 731 kgCO₂eq/an

*CEE

**Le bois granulé est plus cher que le coût du gaz naturel actuel. Cette situation pourrait s'inverser.



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques	16) CHAUDIERE GAZ A CONDENSATION ERP 1
Etat actuel	
<p>Dans la chaufferie de l'ERP 1, il y a une chaudière gaz à condensation de 2005 et une chaudière gaz basse température de 2003.</p>	
Description de l'action	
<p>Dans cette fiche, nous vous proposons de changer de mode de production de chauffage, avec une chaudière gaz à condensation plus récente.</p>	
<p>L'investissement de la chaudière serait moindre dans le cadre des bouquets. En effet, dans les bouquets, le bâtiment est mieux isolé, ce qui réduit la puissance nécessaire de la chaudière.</p>	
<p>Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture et la pose de la chaudière, de robinets thermostatiques, et de la mise en place d'une régulation pilotant la chaudière en fonction de la température extérieure.</p>	
Investissements	
Coûts estimatifs :	
Investissement hors primes	92 325 € HT
Investissement avec primes	86 331 € HT*
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	53 291 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	54 335 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	140 € HT/an
Montant gaz économisé	2 798 € HT/an
Montant total économisé	2 937 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	87 936 € HT
TRI brut	30 années
TRI actualisé	20 années
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	12 059 kgCO₂eq/an

*CEE



Fiche de préconisation Systèmes énergétiques	17) <u>AMELIORATION ECLAIRAGE</u> <u>(LED/DP/GRADATION)</u>
Etat actuel	
Le bâtiment possède un système d'éclairage hétérogène.	
Description de l'action	
Passer sur des luminaires à LED. Mettre en place des systèmes d'extinction automatique et de gradation d'éclairage dans les bureaux, les salles de pauses, les salles de réunions et d'audiences. Mettre en place des systèmes d'allumage et d'extinction sur détection de présence et d'absence dans les sanitaires, les espaces de circulation et de rangement.	
Investissements	
Coûts estimatifs :	
Investissement hors primes	135 800 € HT
Investissement avec primes	131 702 € HT*
Gain et temps de retour sur investissement	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	5 763 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	38 145 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	4 339 € HT/an
Montant gaz économisé	-1 020 € HT/an
Montant total économisé	3 319 € HT/an
Temps de retour sur investissement	
Gain sommé sur 20 ans	85 889 € HT
TRI brut	40 années
TRI actualisé	>50 ans
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	137 kgCO₂eq/an

*CEE



18) FICHE DE TRAVAUX ANNEXES

Description des actions

Sous-comptage et GTB :

Un système de GTB doit être installé afin de pouvoir suivre les consommations, identifier les futurs problèmes qui pourraient apparaître, et réguler les locaux à distance si nécessaire.

Ce système devra être installé pour respecter le décret BACS.

Investissement estimé : 135 800 € HT

Décret BACS :

Le décret « BACS » - Building Automation & Control Systems – prévoit d'équiper les sites de systèmes d'automatisation et de contrôle (GTB notamment) :

- D'ici le 1er janvier 2025 pour les sites équipés de systèmes d'une **puissance supérieure à 290 kW** ;
- D'ici le 1er janvier 2027 dans le cas où leur **puissance est comprise entre 70 kW et 290 kW**.

Dans ce second cas, le décret prévoit une exemption si une étude démontre que la mise en place de ces technologies n'est pas rentabilisée avant 10 ans d'exploitation (à comparer avec les actions des fiches « Régulation » et « Robinets Thermostatiques » du présent rapport).

De plus, dès lors qu'un équipement technique du bâtiment fera l'objet d'un renouvellement total ou partiel, il devra être relié à ce système.

Dans le cas d'une rénovation complète, nous préconisons le sous-comptage des postes suivants :

- Chauffage (par départ)
- Eclairage
- ECS
- VMC (chacune, pour déceler les dysfonctionnements)
- Eclairage



Calorifugeage des réseaux en volume non chauffé :

Le calorifugeage des réseaux en volume non chauffé (classe supérieure à 4) est nécessaire pour des économies d'énergie rapides.

Coût estimé : 2 000 € HT

Arrêt du circulateur et fermeture des vannes du circuit parquet :

L'action consiste à arrêter d'alimenter les batteries d'eau chaude des CTA hors-service.

Coût estimé : € HT

Changement du système de chauffage de la salle d'assises :

Actuellement le chauffage de la salle d'assises est assuré par deux aérothermes. Ils sont mus en fonctionnement au besoin (tout ou rien) par Monsieur FREITAS. Cependant, ces aérothermes en fonctionnement entraînent :

- une nuisance sonore,
- une surconsommation de gaz.

La nuisance sonore ne permet pas leur utilisation lors des audiences, ce qui entraîne un inconfort thermique durant les séances. La surconsommation de gaz est due à la relance du chauffage, réalisée la nuit pour garantir le bon déroulement des audiences.

Il n'est pas pertinent de simuler une préconisation sur l'amélioration d'un émetteur de chauffage. Pour comparer les technologies d'émetteurs adaptées à l'utilisation de la salle d'assises, les critères retenus sont les suivants :

- coût d'investissement,
- facilité de mise en place,
- économie d'énergie,
- réactivité,
- confort thermique
- confort acoustique.

La première solution consiste à installer des ventilo-convecteurs performants, raccordés au réseau de radiateurs existant. L'installation de plusieurs ventilo-convecteurs permettra d'éliminer le bruit des aérothermes. Leur mise en place est simple, cependant en cas d'utilisation imprévue de la salle, il peut y avoir un délai avant d'atteindre le confort thermique souhaité.

L'investissement ci-dessous comprend la fourniture des émetteurs et leur raccordement au réseau existant.



Coût estimé : 28 100 € HT*

La deuxième solution consiste à installer un plancher chauffant basse température à faible inertie. La faible inertie du plancher permet une réactivité du système, ce qui est utile en cas d'utilisation imprévue de la salle. Le plancher chauffe les occupants par rayonnement, ce qui procure un confort thermique optimal. De plus la réalisation d'une isolation sous chape lors de son installation, combinée à un fonctionnement à basse température, entraîne une consommation de gaz moindre par rapport à un chauffage par air, qui nécessiterait de chauffer l'ensemble du volume d'air de la salle d'assises. Cependant la consommation du circulateur est plus élevée en raison d'une perte de charge plus importante dans le réseau. Enfin, sa mise en place nécessite d'importants travaux.

Les investissements ci-dessous comprennent la fourniture du plancher chauffant (isolation sous chape isolant **R = 3,0 m².K/W** type PU (~10 cm), la chape, la tuyauterie), la nouvelle panoplie en chaufferie et sa régulation.

Coût estimé : 21 000 € HT

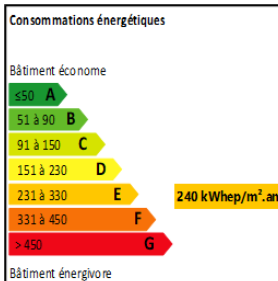
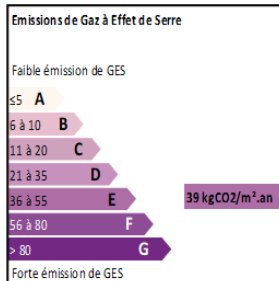
Le chiffrage ne prend pas en compte les frais induits tels que la dépose du parquet et l'étude de structure.

*L'investissement des émetteurs sera moindre dans le cadre des bouquets. En effet, dans les bouquets, le bâtiment est mieux isolé, ce qui réduit la puissance nécessaire des émetteurs.

Critères	Ventilo-convecteur	Plancher chauffant à faible inertie
Cout d'investissement	28 100 € HT	21 000 € HT
Mise en place	Facile et rapide	Difficile et long
Economie d'énergie	Légère économie de gaz	Economie de gaz Légère augmentation d'électricité
Réactivité	Moyenne	Bonne
Confort thermique	Correcte	Bon
Confort acoustique	Bon	Bon

J'attire votre attention sur le fait qu'actuellement la salle d'assises n'est pas constamment chauffée. Si le changement du système d'émission de chauffage a lieu, il ne faudra pas maintenir une température constante de 19°C dans la salle d'assises, mais plutôt régler le chauffage sur une consigne de 12°C en dehors des périodes d'occupation et de 19°C pendant les périodes d'occupation. Autrement, l'action serait contreproductive et entraînerait des consommations plus importantes.

III. Propositions de bouquets de travaux

Bouquet 1 - Rénovation actuelle	
Description du programme	
Ce bouquet contient les actions suivantes :	
<ul style="list-style-type: none"> Remplacement d'une partie des fenêtres Arrêt des CTA double flux Abaissement de certains plafonds avec une isolation par 22 cm de laine de verre 	
Gain	
Gains énergétiques et financiers	
Conso EF économisée	116 523 kWh _{ef} /an
Conso EP économisée	129 120 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisé	1 688 € HT/an
Montant gaz économisé	5 694 € HT/an
Montant total économisé	7 382 € HT/an
Gains environnementaux	
Quantité de CO2 économisée	25 995 kgCO ₂ eq/an
Nouvelles étiquettes énergétiques	
 <p>Consommations énergétiques</p> <p>Bâtiment économe</p> <p>≤50 A</p> <p>51 à 90 B</p> <p>91 à 150 C</p> <p>151 à 230 D</p> <p>231 à 330 E</p> <p>331 à 450 F</p> <p>> 450 G</p> <p>Bâtiment énergivore</p> <p>240 kWh/m².an</p>	 <p>Émissions de Gaz à Effet de Serre</p> <p>Faible émission de GES</p> <p>≤5 A</p> <p>6 à 10 B</p> <p>11 à 20 C</p> <p>21 à 35 D</p> <p>36 à 55 E</p> <p>56 à 80 F</p> <p>> 80 G</p> <p>Forte émission de GES</p> <p>39 kgCO₂/m².an</p>
<p>CEP initial : 259,21 kWh_{ep}/m²</p> <p>CEP réf : 122,7 kWh_{ep}/m²</p> <p>BBC réno : 73,6 kWh_{ep}/m²</p> <p>CEP Projet : 239,51 kWh_{ep}/m²</p> <p>Ubat max : 0,879 W/m².K</p> <p>Ubat projet : 0,599 W/m².K</p>	

La situation de référence choisie pour le calcul des bouquets 2, 3 et 4 est celle du bouquet 1, c'est-à-dire l'état actuel du bâtiment en 2024, après les travaux déjà entrepris par la maîtrise d'ouvrage.

En revanche, pour le bouquet 1 uniquement, la situation de référence choisie pour les calculs est celle présentée dans le rapport, soit le bâtiment avant 2015.

Cette approche permet de mettre en évidence les gains réalisés par les travaux et de calculer les effets des préconisations en bouquet à partir de l'état actuel du bâtiment.



Bouquet 2 - Actions Prioritaires

Description du programme

Ce bouquet contient en plus du bouquet 1 :

- ✚ ECS instantanée
- ✚ Régulation
- ✚ Robinets thermostatiques et radiateurs électriques
- ✚ Changement du système de chauffage de la salle d'assises (ventilo-convecteur)
- ✚ Amélioration éclairage (LED/DP/gradation)

Investissements € HT

Bouquet 1	Classique	Ecologique
Investissement hors primes	219 950 € HT	219 950 € HT
Investissement avec primes	211 022 € HT	211 022 € HT

Gain et temps de retour sur investissement

Gains énergétiques et financiers

Conso EF économisée	60 655 kWhef/an
Conso EP économisée	96 184 kWhep/an
Montant électricité économisé	4 761 € HT/an
Montant gaz économisé	1 776 € HT/an
Montant total économisé	6 537 € HT/an

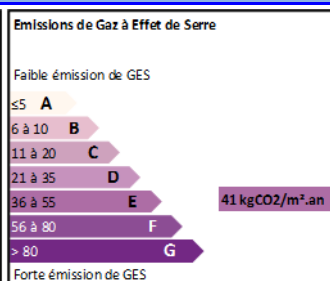
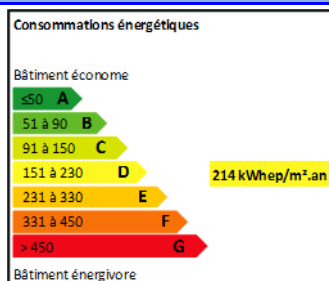
Temps de retour sur investissement (Années)

Gain sommé sur 20 ans	250 157 € HT	
TRI brut	33 années	33 années
TRI actualisé	17 années	17 années

Gains environnementaux

Quantité de CO2 économisée	12 484 kgCO2eq/an
----------------------------	-------------------

Nouvelles étiquettes énergétiques



CEP initial : 259,21 kWhep/m²

CEP réf : 122,7 kWhep/m²

BBC réno : 73,6 kWhep/m²

CEP Projet : 213,85 kWhep/m²

Ubat max : 0,879 W/m².K

Ubat projet : 1,535 W/m².K



Bouquet 3 – Décret tertiaire -50%

Description du programme

Ce bouquet contient en plus du bouquet 2 :

- Isolation murs ITI
- Mise aux normes de la ventilation VMC simple flux

Investissements € TTC

Bouquet 1	Classique	Ecologique
Investissement hors primes	784 379 € HT	837 003 € HT
Investissement avec primes	707 072 € HT	759 695 € HT

Gain et temps de retour sur investissement

Gains énergétiques et financiers

Conso EF économisée	305 659 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	358 407 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisée	7 068 € HT/an
Montant gaz économisé	14 129 € HT/an
Montant total économisé	21 197 € HT/an

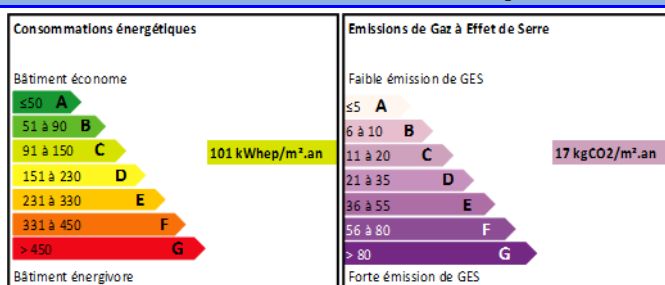
Temps de retour sur investissement (Années)

Gain sommé sur 20 ans	679 519 € HT
TRI brut	34 années
TRI actualisé	22 années

Gains environnementaux

Quantité de CO ₂ économisée	67 478 kgCO ₂ eq/an
--	--------------------------------

Nouvelles étiquettes énergétiques



CEP initial : 259,21 kWh_{ep}/m²

CEP réf : 122,7 kWh_{ep}/m²

BBC réno : 73,6 kWh_{ep}/m²

CEP Projet : 101,3 kWh_{ep}/m²

Ubat max : 0,879 W/m².K

Ubat projet : 0,776 W/m².K



Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%

Description du programme

Ce bouquet contient en plus du bouquet 3 :

- ✚ Chaudière bois
- ✚ Changement des menuiseries vétustes ERP 2
- ✚ Changement des portes en bois pleine
- ✚ Isolation des planchers sur combles non aménagés et LNC
- ✚ Isolation des planchers bas sur cave et vide sanitaire

Investissements € TTC

Bouquet 1	Classique	Ecologique
Investissement hors primes	1 050 817 € HT	1 138 321 € HT
Investissement avec primes	949 816 € HT	1 037 319 € HT

Gain et temps de retour sur investissement

Gains énergétiques et financiers

Conso EF économisée	360 742 kWh _{eff} /an
Conso EP économisée	503 090 kWh _{ep} /an
Montant électricité économisée	7 576 € HT/an
Montant bois économisé	-16 090 € HT/an
Montant gaz économisé	28 344 € HT/an
Montant total économisé	19 830 € HT/an

Temps de retour sur investissement (Années)

Gain sommé sur 20 ans	678 645 € HT	
TRI brut	48 années	>50 années
TRI actualisé	30 années	31 années

Gains environnementaux

Quantité de CO ₂ économisée	122 021 kgCO₂eq/an
--	--------------------------------------

Nouvelles étiquettes énergétiques

<p>Consommations énergétiques</p> <p>Bâtiment économe</p> <p>69 kWh/m².an</p> <p>Bâtiment énergivore</p>	<p>Émissions de Gaz à Effet de Serre</p> <p>Faible émission de GES</p> <p>3 kgCO₂/m².an</p> <p>Forte émission de GES</p>	<p>CEP initial : 259,21 kWh_{ep}/m²</p> <p>CEP réf : 122,7 kWh_{ep}/m²</p> <p>BBC réno : 73,6 kWh_{ep}/m²</p> <p>CEP Projet : 68,98 kWh_{ep}/m²</p> <hr/> <p>Ubat max : 0,879 W/m².K</p> <p>Ubat projet : 0,672 W/m².K</p>
---	--	--

IV. Récapitulatif des aides

RECAPITULATIF DES AIDES FINANCIERES		Maximum aides (hors CEE)	CEE	TOTAL AIDES
Bouquet 2 - Actions Prioritaires	Classique	175 960 €	8 928 €	8 928 €
	Ecologique	175 960 €	8 928 €	8 928 €
Bouquet 3 - Décret tertiaire -50%	Classique	627 503 €	77 308 €	77 308 €
	Ecologique	669 602 €	77 308 €	77 308 €
Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%	Classique	840 654 €	101 002 €	101 002 €
	Ecologique	910 657 €	101 002 €	101 002 €

Les aides concernant les **CEE (Certificats d'Economie d'Energie)** ont été déterminées selon les fiches d'opérations standardisées 5^{ème} période. Nous avons supposé un prix du kWh_{cumac} à 6 € / MWh.

Si vous faites appel à d'autres aides, elles sont plafonnées à 80% de l'investissement brut (Hors CEE).

V. Synthèse des préconisations indépendantes

Travaux	Investissement avec prime	Gain énergétique	Gain financier TTC	Gain CO2	Temps de retour brut	Temps de retour actualisé	Priorité	Bouquet
L'ensemble des prix indiqués dans ce tableau sont en € HT avec l'utilisation de matériaux conventionnels.								
Bâti								
Isolation murs ITI	356 861 €	304 961 kWh	18 635 €	68 301 kg CO2	20 ans	15 ans	2	3
Changement des menuiseries vétustes ERP 2	115 456 €	5 766 kWh	291 €	1 315 kg CO2	>50 ans	>50 ans	3	4
Isolation plancher bas sur cave et vide sanitaire	6 852 €	9 177 kWh	652 €	2 020 kg CO2	11 ans	10 ans	3	4
Changement des portes en bois pleine	19 500 €	1 416 kWh	60 €	328 kg CO2	>50 ans	>50 ans	1	4
Isolation murs ITI sur LNC	30 658 €	22 627 kWh	1 342 €	5 083 kg CO2	23 ans	17 ans	1	
Isolation plancher sous combles perdus et LNC	20 563 €	26 887 kWh	1 429 €	6 105 kg CO2	15 ans	12 ans	2	4
Isolation murs ITI enduit à la chaux	473 611 €	262 808 kWh	15 725 €	58 990 kg CO2	31 ans	21 ans	2	
Systèmes énergétiques : Ventilation								
VMC SF	147 438 €	-	-	-	-	-	1	3
Systèmes énergétiques : Chauffage et ECS								
PAC Air/Eau	153 647 €	275 571 kWh	-9 538 €	71 972 kg CO2	>50 ans	>50 ans	4	
Chaudière bois	224 049 €	62 930 kWh	-6 822 €	106 459 kg CO2	>50 ans	>50 ans	4	4

Chaudière gaz à condensation	108 700 €	53 872 kWh	3 056 €	12 157 kg CO2	36 ans	42 ans	4	
ECS instantanée	3 500 €	1 035 kWh	180 €	186 kg CO2	20 ans	>50 ans	4	2
Régulation	39 690 €	22 894 kWh	990 €	5 287 kg CO2	41 ans	>50 ans	3	2
Robinets thermostatiques et radiateurs électriques	10 280 €	30 744 kWh	1 888 €	6 882 kg CO2	6 ans	6 ans	1	2
Chaudière bois ERP1	214 766 €	63 045 kWh	-4 542 €	86 731 kg CO2	>50 ans	45 ans	4	
Chaudière gaz à condensation ERP1	86 331 €	53 291 kWh	2 937 €	12 059 kg CO2	30 ans	20 ans	4	
Systèmes énergétiques : Eclairage								
Amélioration éclairage (LED/DP/gradation)	131 702 €	5 763 kWh	3 319 €	137 kg CO2	40 ans	>50 ans	1	2

VI. Synthèse des Bouquets

Travaux	Coût des travaux avec primes	Coût d'exploitation	Surcoût d'entretien	Temps de retour brut	Temps de retour actualisé
Etat Initial 2024	-	48 153 €	-	-	-
L'ensemble des prix indiqués dans ce tableau sont en € HT avec l'utilisation de matériaux conventionnels.					
Bouquet 2 - Actions Prioritaires	211 022 €	41 616 €	20 €	33 ans	17 ans
Bouquet 3 - Décret tertiaire -50%	707 072 €	26 956 €	170 €	34 ans	22 ans
Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%	949 816 €	28 323 €	360 €	48 ans	30 ans

Travaux	Gain énergétique kWh	Gain énergétique (%)	Gain financier	Gain financier (%)	Gain CO2 (kgCO2eq)	Gain CO2 (%)	Etiquette climat	Etiquette énergie
Etat Initial 2024	-	-	-	-	-	-	E	E
Bouquet 2 - Actions Prioritaires	60 655 kWh	9%	6 537 €	14%	12 484 kgCO2	9%	E	D
Bouquet 3 - Décret tertiaire -50%	305 659 kWh	47%	21 197 €	44%	67 478 kgCO2	48%	C	C
Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%	360 742 kWh	56%	19 830 €	41%	122 021 kgCO2	86%	A	B

SITE PALAIS DE JUSTICE LAON - BOUQUETS ET DECRET TERTIAIRE						
Bouquets	Coût des travaux Site (sans primes) (€ HT)	Gain énergétique du site par rapport à la consommation actuelle (kWh)	Gains énergétiques à l'échelle du site par rapport à l'année de référence	2030 -40%	2040 -50%	2050 -60%
Bouquets de travaux (prix en € HT et sans primes)						
Bouquet 2 - Actions Prioritaires	219 950 €	60 655 kWh	36%			
Bouquet 3 - Décret tertiaire -50%	784 379 €	305 659 kWh	70%			
Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%	1 050 817 €	360 742 kWh	78%			

Gains des travaux déjà réalisés :

Travaux	Coût d'exploitation	Gain énergétique kWh	Gain énergétique (%)	Gain CO2 (kgCO2eq)	Gain CO2 (%)	Etiquette climat	Etiquette énergie
Etat Initial 2015	55 535 €	-	-	-	-	E	E
Bouquet 1 - Rénovation actuelle	48 153 €	116 523 kWh	15%	25 995 kgCO2	16%	E	E

VII. Etude en coût global

Le tableau indique le « coût global » du bâtiment sur une période de 50 ans, incluant :

- Le coût des investissements énergétiques, tels que chiffrés dans le rapport d'audit
- Les frais induits estimés selon la complexité des actions réalisées
- Les frais de Maîtrise d'Œuvre estimés selon le coût des travaux
- Un reste à charge pour la MOA de 20% de l'investissement des frais énergétiques + les frais induits

Analyse en coût global sur : 50 années	Coût des travaux énergétiques sans primes	Coût travaux avec frais induits et primes	Coût MOE	Coût d'exploitation	Coût d'entretien, maintenance et remplacement	Montant Primes	Coût global sur : 50 années	Economies réalisées en : 50 années
Etat Actuel	-	-	-	6 697 902 €	622 930 €	-	7 320 832 €	-
Bouquet 2 - Actions Prioritaires	219 950 €	375 985 €	45 118 €	5 881 176 €	955 850 €	-8 928 €	7 258 129 €	62 703 €
Bouquet 3 - Décret tertiaire -50%	784 379 €	1 295 356 €	129 536 €	3 675 657 €	1 314 719 €	-77 308 €	6 415 268 €	905 564 €
Bouquet 4 - Décret tertiaire -60%	1 050 817 €	1 737 929 €	156 414 €	3 249 318 €	1 705 323 €	-101 002 €	6 848 983 €	471 849 €

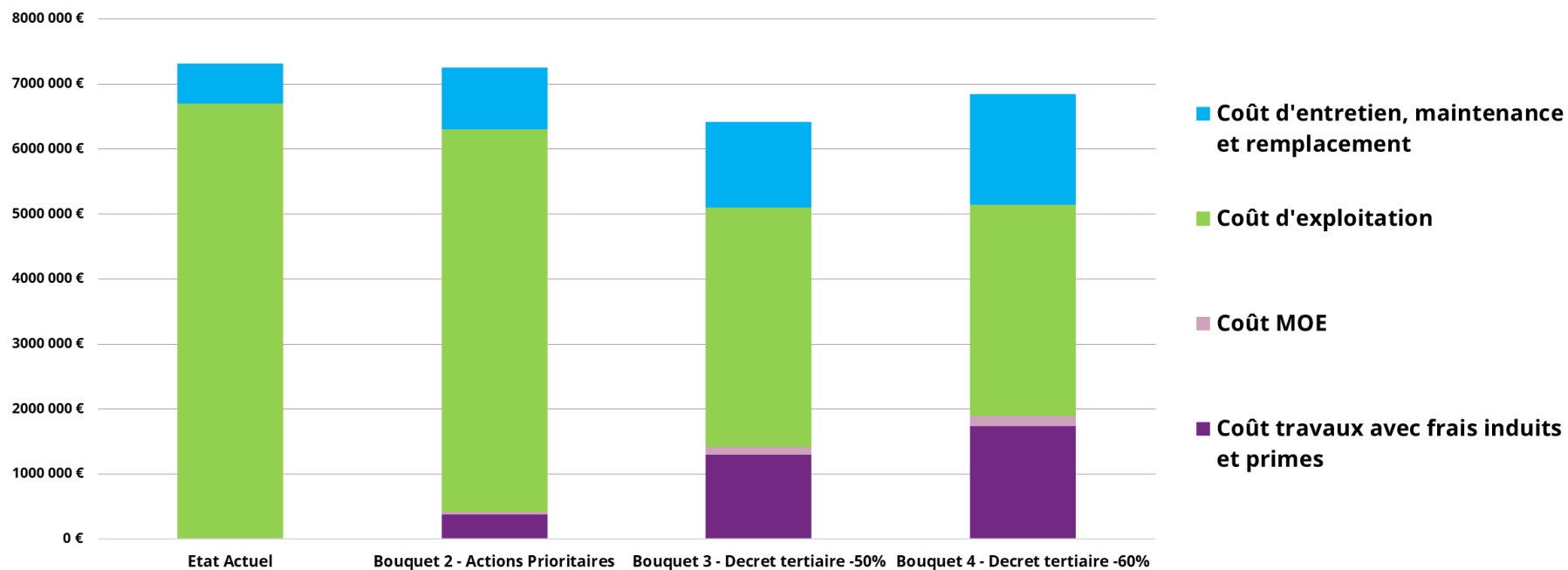
Si aucune action d'amélioration thermique/énergétique n'est réalisée pendant 50 ans, le bâtiment coûtera 7 320 832 € en exploitation et entretien sur cette période.

Si le « bouquet 2 – Actions Prioritaires » est réalisé, 62 703 € d'économies seront réalisées en 50 ans (soit 1 254 € par an)

Si le « bouquet 3 – Décret tertiaires -50% » est réalisé, 905 564 € d'économies seront réalisées en 50 ans (soit 18 111 € par an)

Si le « bouquet 4 - Décret tertiaires -60% » est réalisé, 471 849 € d'économies seront réalisées en 50 ans (soit 9 436 € par an)

APPROCHE EN COÛT GLOBAL POUR COMPARER LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE TRAVAUX SUR 50 ANNÉES



VIII. Conclusion

Le **bouquet 1** reprend les travaux et actions réalisés depuis 2015 pour constater le gain énergétique. Les travaux réalisés sont le remplacement d'une partie des menuiseries, l'abaissement de certains plafonds avec une isolation de laine de verre et l'arrêt des CTA double flux de la salle des pas perdus.

Le **bouquet 2** consiste à remplacer les ballons d'eau chaude à accumulation par des préparateurs d'eau chaude. L'éclairage est également un poste où il faut agir grâce à des luminaires LED et une gestion automatisée. L'amélioration de la régulation en chaufferie, d'installer des robinets thermostatiques performants et de remplacer le système de chauffage de la salle d'assises par des ventilo-convecteurs. L'objectif de ce bouquet est de répondre aux problèmes immédiats de la maîtrise d'ouvrage sur la gestion du système de chauffage par les occupants. Finalement, ce programme permet un gain de confort et d'utilisation non négligeable.

Le **bouquets 3** qui reprend le bouquet 2 permet de compléter la demande de la maîtrise d'ouvrage sur l'amélioration du confort des occupants avec la réalisation de l'isolation de l'ensemble des murs. L'installation d'une VMC simple flux en parallèle doit être réalisée pour remettre le bâtiment aux normes. Avec l'amélioration de l'étanchéité à l'air suite à l'isolation des murs et le récent changement des menuiseries, la VMC va empêcher des désordres d'arriver. Ce bouquet permet des gains énergétiques majeurs mais un gain de confort non négligeable ainsi que de respecter le décret tertiaire de 2040.

Le **bouquets 4** étant très performant, niveau BBC rénovation. Pour atteindre une haute performance énergétique et thermique, il est nécessaire d'en plus les actions du bouquet 3. D'isoler les derniers combles, de remplacer les anciennes menuiseries de l'ERP 2, de remplacer les portes bois pleines, ainsi que de remplacer les équipements de chauffage existant par une chaudière biomasse plus performante et correctement dimensionnée.

L'audit montre qu'il est possible de réduire les consommations énergétiques du site et **d'atteindre les objectifs fixés par le décret tertiaire**. Cependant, les temps de retour sur investissement sont calculés sur base d'hypothèses de l'utilisation du bâtiment et dépendront fortement de son utilisation réelle, notamment si des changements d'usage sont effectués.

IX. Annexes

1) Hypothèses pour le calcul du coût global

Les hypothèses de calcul prises lors de cette étude ont été les suivants :

- Coût des travaux induits : 75 % en plus des investissements énergétiques
- Coût MOE : 12-10-9% du coût total des travaux
- Coût Global sur 50 ans.

2) Facteurs de conversion des kWh finaux en CO2

Facteurs de conversion des kWh finaux en émissions de gaz à effet de serre (kg CO2 / kWh PCI Ef)		
	CHAUFFAGE	PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE
Electricité	0,1800	0,0640
Gaz	0,2270	0,2270
Bois Granulés	0,0304	0,0304

3) Coefficients d'inflation des énergies

Coefficients inflation des énergies	
Inflation exploitation	4%
Inflation gros entretien	2%
Inflation électricité	3%
Inflation gaz	4,1 %
Inflation bois granulés	3,1 %

4) Durée de vie des systèmes

Durée de vie des systèmes	
Remplacement des menuiseries	51 années
Isolation plancher bas	51 années
Isolation toiture	51 années
Isolation murs ITI	51 années
VMC SF	40 années
Radiateur à eau chaude	35 années
ECS instantanée	15 années
Régulation	12 années
Calorifuge	21 années
ECS instantanée	15 années
Amélioration éclairage (LED/DP/gradation)	25 années
Robinet thermostatique	21 années
Chauffage rayonnant électrique ou chaleur douce	21 années
PAC air/eau	21 années
Chaudière bois	22 années
Chaudière gaz à condensation	22 années
Plancher chauffant	50 années
Emetteur rayonnant	40 années

5) Potentiel énergies renouvelables

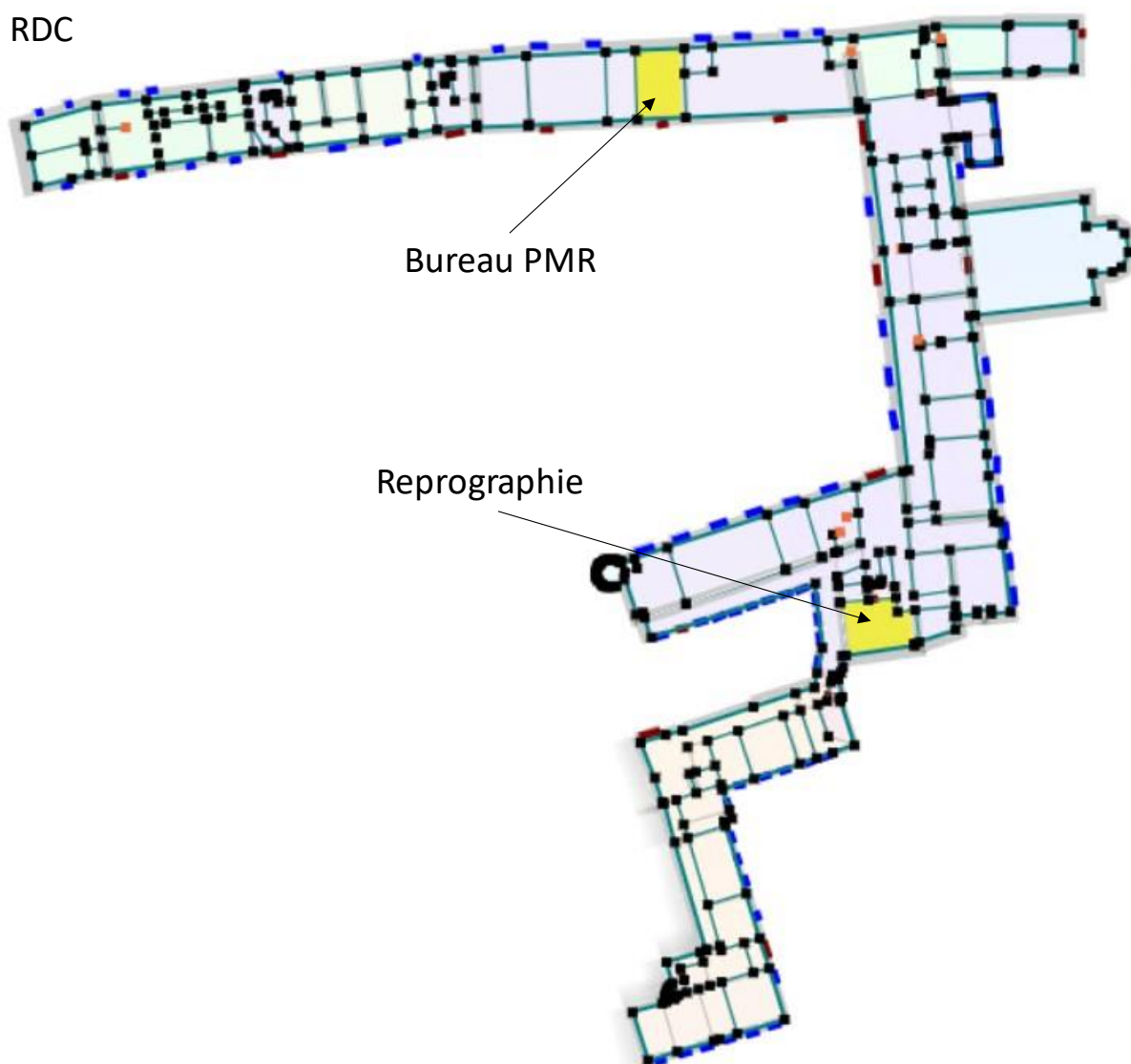
Energie renouvelable	Potentiel
Solaire photovoltaïque	Non pertinent, en périmètre monument historique.
Solaire thermique	Pas pertinent, la demande en ECS n'est pas une priorité du site.
Géothermie	Non pertinent en raison du manque de terrain. La géothermie nécessite la réalisation de forages pour l'installation de sondes verticales de 150 à 200 mètres de profondeur. Ces sondes doivent être espacées d'un rayon de 5 mètres par rapport aux bâtiments et de 10 mètres entre elles. De plus, le sol est soumis aux contraintes liées au statut de bâtiment classé, ce qui peut empêcher ou entraîner un surcoût significatif pour la mise en place des sondes.
Réseau de chaleur urbain	Pas de possibilité de raccordement depuis un réseau.
Biomasse	Pertinent en granulés, voir fiche d'action individuelle.



6) Plan de repérage

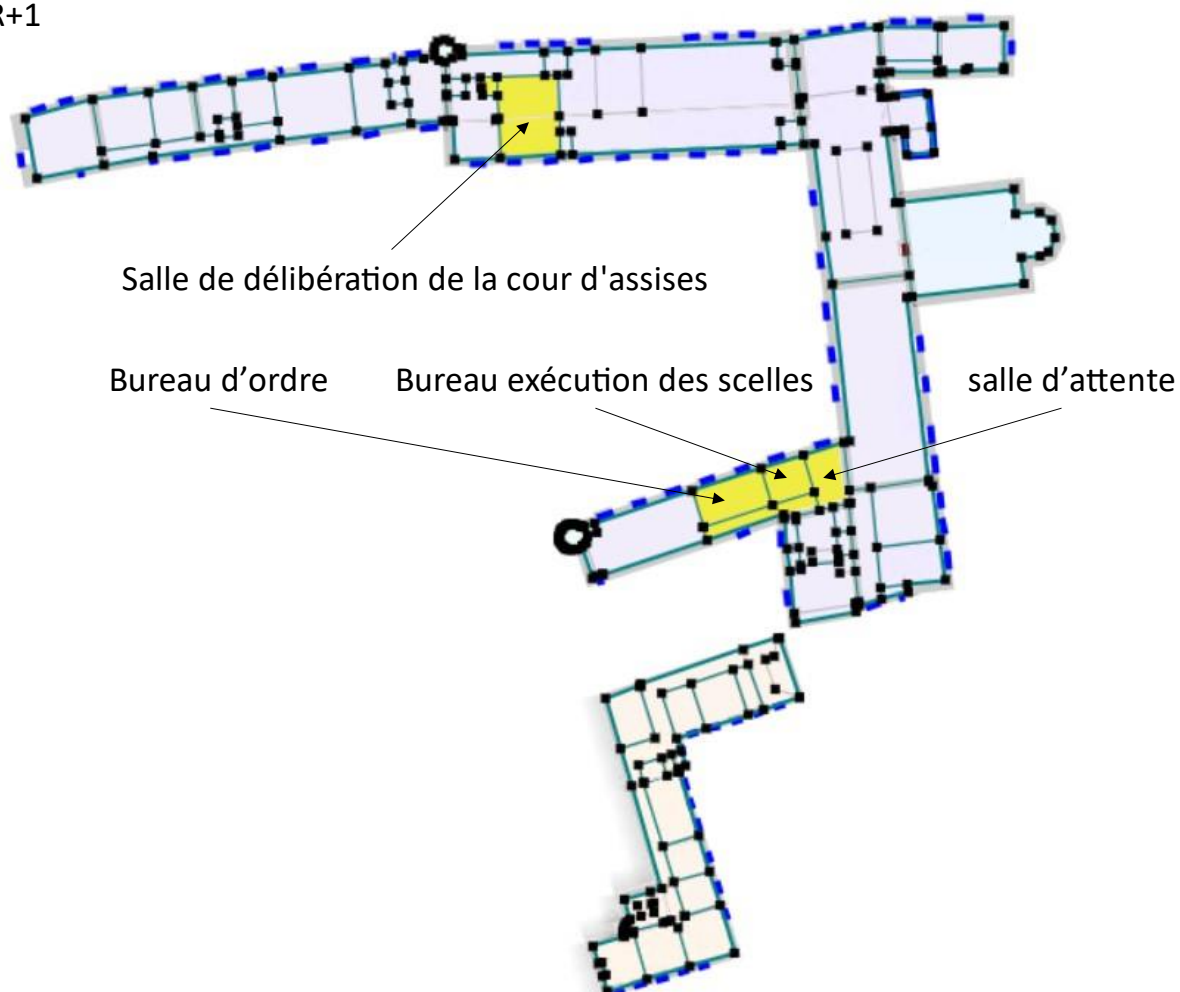
Faux-plafond :

RDC





R+1



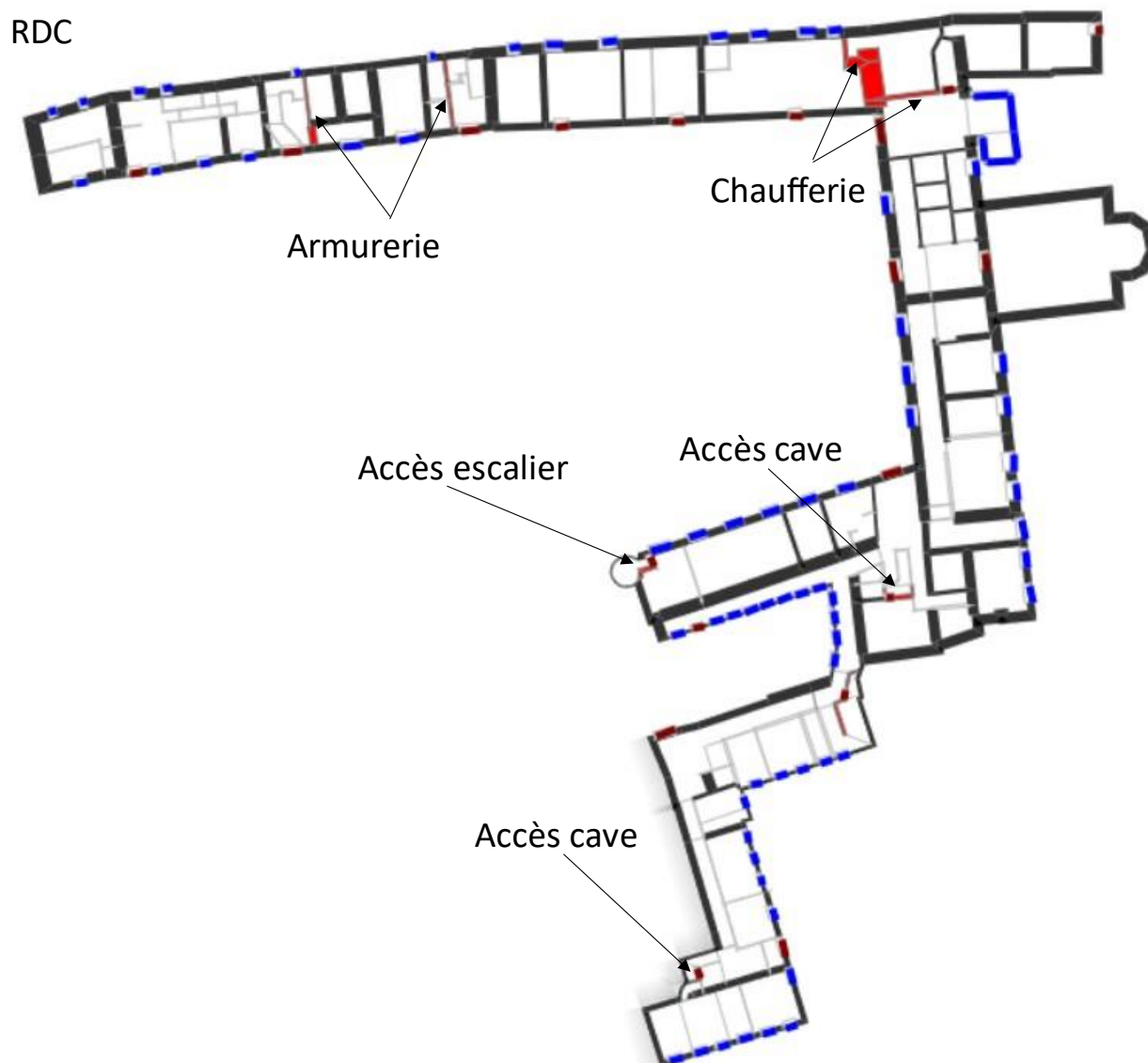


Préconisation « 3) Plancher Bas sur cave et vide sanitaire » :



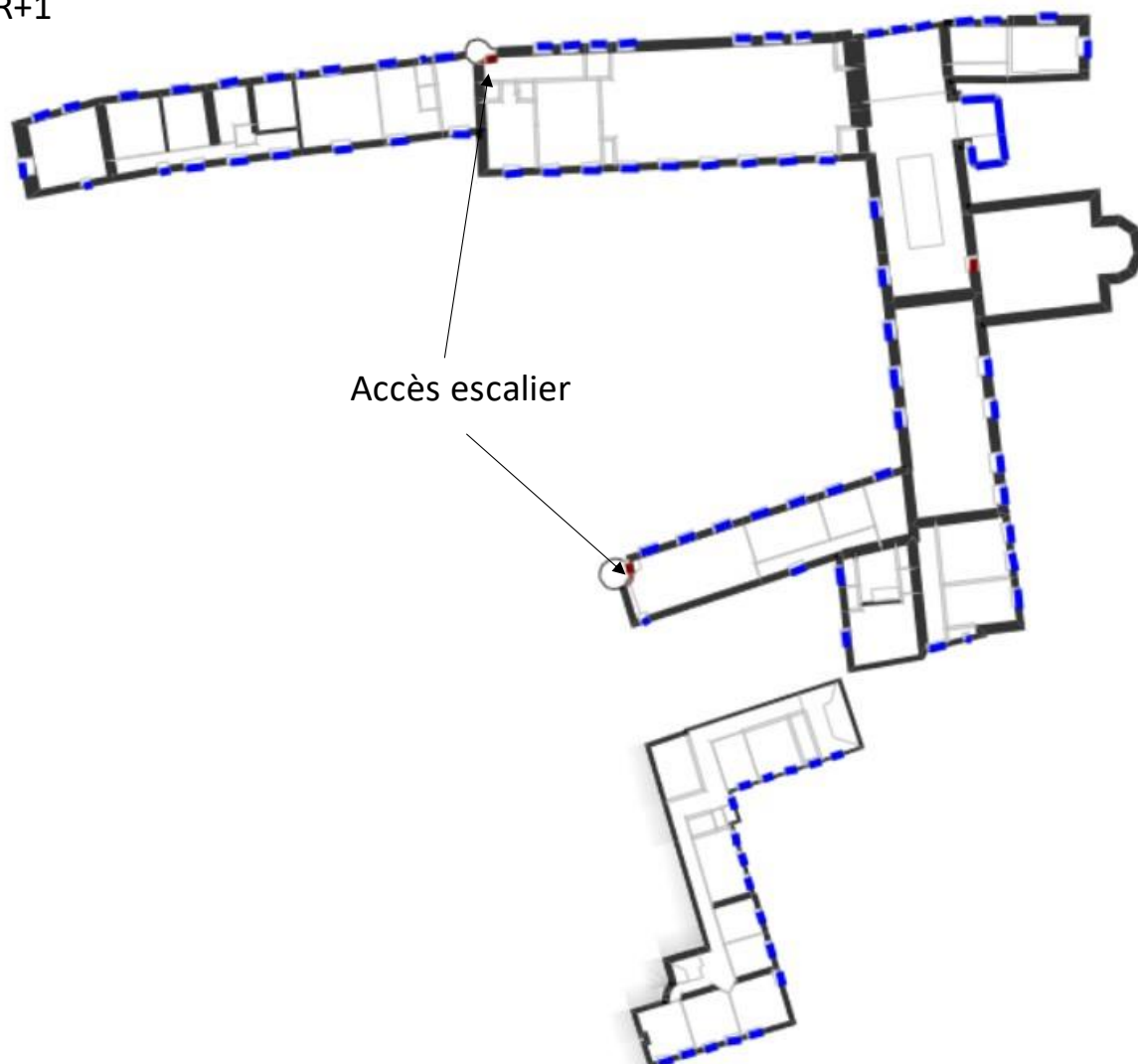


Préconisation « 5) Isolation murs ITI sur LNC » :



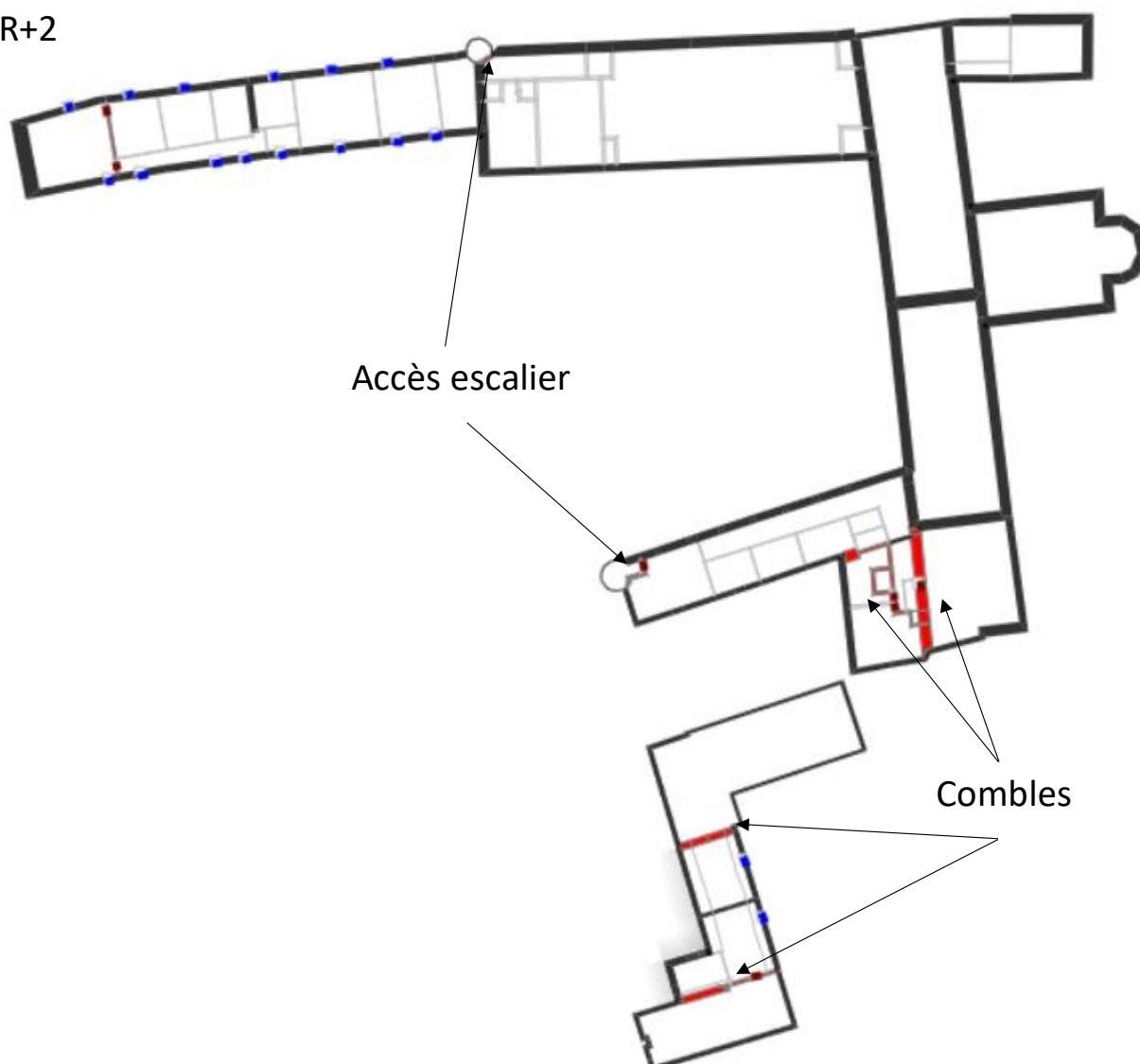


R+1





R+2





Préconisation « 6) Isolation plancher sous combles perdus et LNC » :

RDC





ECOBAT

INGÉNIERIE

BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES
Optimisation thermique, énergétique
et écologique du bâtiment

R+1

