

*Opération*

## **Palais de justice de Saint-Etienne**

Place du palais de justice – 42000 ST ETIENNE



## **Audit énergétique**

Indice	Date	Modification
0	30/03/23	Original
1	24/08/23	Modifications

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
1.1	AUDIT ENERGETIQUE .....	3
1.2	ASPECTS REGLEMENTAIRES .....	3
1.3	OBJET DU DOCUMENT.....	4
1.4	DOCUMENTS FOURNIS .....	5
1.5	HYPOTHESES DE CALCULS.....	5
<b>2</b>	<b>CARACTERISTIQUES GENERALES DES BATIMENTS .....</b>	<b>6</b>
2.1	TRAVAUX PRINCIPAUX REALISES RECEMMENT.....	6
2.2	ETAT DES LIEUX DES BATIMENTS.....	6
<b>3</b>	<b>SIMULATIONS ENERGETIQUES.....</b>	<b>16</b>
3.1	RELEVÉ DES CONSOMMATIONS REELLES .....	16
3.2	SIMULATIONS ET CONSOMMATIONS .....	19
3.3	ANNEE DE REFERENCE : DECRET TERTIAIRE .....	23
<b>4</b>	<b>PROPOSITIONS D'AMELIORATION.....</b>	<b>24</b>
4.1	COMPARATIF AVEC L'ANNEE DE REFERENCE.....	26
4.2	REPLACEMENT EFFECTUES EN 2022-2023.....	27
4.3	BAISSE DE LA TEMPERATURE DE CONSIGNE.....	27
4.4	ISOLATION DES COMBLES .....	28
4.5	ISOLATION TOITURES TERRASSES .....	29
4.6	ISOLATION DES RAMPANTS AU R+3. ....	30
4.7	ISOLATION DES MURS .....	31
4.8	REPLACEMENT DES MENUISERIES BOIS SEULEMENT .....	32
4.9	REPLACEMENT MENUISERIES EXTERIEURES EN TOTALITE.....	33
4.10	REPLACEMENT LUMINAIRES EXISTANT PAR DU LED.....	35
4.11	MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUE.....	36
4.12	AJOUT DE PAC POUR HYBRIDATION DE LA CHAUFFERIE GAZ.....	37
4.13	DESEMBOUAGES DES RESEAUX .....	38
<b>5</b>	<b>SYNTHESE .....</b>	<b>39</b>
5.1	PRIORISATION DES INVESTISSEMENTS .....	39
5.2	SCENARIOS.....	40
5.3	VALEUR ABSOLUE .....	44
5.4	RECOMMANDATIONS DE SOBRIETE ENERGETIQUE POUR LES UTILISATEURS .....	45
5.5	VIGILANCE D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE .....	46
<b>6</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>47</b>
6.1	PLANS DE REPERAGES TOITURE.....	47
6.2	PLANS DE REPERAGES MURS .....	48
6.3	PLANS DE REPERAGES PHOTOVOLTAÏQUE .....	49

# **1 PRESENTATION DU PROJET**

## **1.1 AUDIT ENERGETIQUE**

Le ministère de la Justice a missionné DISTEC INGENIERIE pour réaliser l'audit énergétique du Palais de justice de Saint Etienne (42).

Le présent document vise à proposer des solutions d'économies d'énergies et à l'amélioration du confort des utilisateurs tant estival qu'hivernal.

Plusieurs visites ont été menées par DISTEC INGENIERIE pour réaliser des relevés non-destructifs pour l'état des lieux du bâtiment. La collecte de tous les documents permettant de réaliser ce rapport et plusieurs réunions ont été faites.

Les objectifs de cette phase d'audit sont :

- Etablir un constat de l'état général du bâtiment face à ses consommations énergétiques.
- Etablir un constat des installations techniques permettant de réaliser le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.
- Proposer des solutions pour réaliser des économies d'énergies.
- Proposer des solutions pour améliorer le confort des utilisateurs.
- Réaliser un choix pour les rénovations envisagées.

Ce présent document ne peut en aucun cas servir directement à la consultation des entreprises ou faire réaliser des travaux sans études complémentaires.

## **1.2 ASPECTS REGLEMENTAIRES**

### **Réglementation thermique :**

Toutes les propositions d'amélioration seront conformes à la réglementation thermique pour l'existant publiée dans l'arrêté du 22 mai 2017, appelée RT existant par éléments.

Dans le cas où le bâtiment rénové possède une surface supérieure à 1000m<sup>2</sup> de SHON (Surface Hors D'Œuvre Nette), une date d'achèvement des travaux postérieure au 1er janvier 1948 et dont les travaux dépassent 25% du coût de construction du bâtiment, la réglementation en vigueur qui s'applique est la RT Globale.

### **Rachat des CEE :**

Si des préconisations peuvent être valorisées par le rachat des CEE (Certificats d'Economie d'Energie), elles seront conformes aux conditions pour être éligibles.

### **Eco-énergie tertiaire :**

Ce dispositif prévoit l'obligation de mise en œuvre d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments existants à usage tertiaire afin de parvenir à une réduction 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 une année de référence (entre 2010 et 2019).

Les objectifs peuvent être atteints suivant deux modalités alternatives :

- Une réduction du niveau de consommation en valeur relative, déterminé à partir de la consommation énergétique de référence, de 40 % en 2030, 50 % en 2040, et 60% en 2050 ;
- L'atteinte d'un objectif exprimé en valeur absolue (indépendante de la consommation énergétique de référence), fixé par catégorie d'activité, pour chacune des échéances 2030, 2040 et 2050.

En cas de non-respect des obligations des mesures de Name & Shame (déclarer publiquement qu'une personne, un groupe ou une entreprise agit de manière fautive) et de sanctions pécuniaires sont mise en œuvre après mise en demeure (Cf. article R.131-44R.185-2 du CCH).



### 1.3 OBJET DU DOCUMENT

Ce document a pour but de présenter l'audit énergétique du Palais de justice de St Etienne (42).

Voici une vue aérienne du site :



Le bâtiment est composé de 5 niveaux donc un niveau de sous-sol pour les archives et la chaufferie. Le bâtiment a été construit en 1850.

**Les archives au sous-sol** ne seront pas concernées par les propositions de travaux, car elles ne sont pas chauffées (hors-gel). Il y a peu d'amélioration possible sans engendrer des coûts d'investissement importants. La bonne gestion des utilisateurs est plus prépondérante que l'efficacité des installations et isolation actuellement en place.

Le chauffage du bâtiment est assuré par une chaufferie gaz située dans le sous-sol du bâtiment dans la partie Nord-Est. Un projet de rénovation de la chaufferie est en cours. Ces travaux seront donc intégrés dans le présent audit énergétique.

**L'ensemble des bureaux et salles d'audience du tribunal**, feront donc l'objet du présent audit énergétique. Il sera évidemment question d'économies d'énergie, mais également de confort pour les usagers.

Nous présenterons plusieurs scénarios, dans le but de nous conformer au décret tertiaire, nous chercherons à atteindre les objectifs suivants : 40, 50 et 60%. L'investissement sera plus conséquent, mais il s'agit de mesures obligatoires pour 2030, 2040 et 2050.

## **1.4 DOCUMENTS FOURNIS**

Les études ont été établies à partir des documents suivants :

- Plans des locaux en PDF et DWG de 2013.
- Tableau de surface associé.
- DOE de la rénovation des CTA en 2022.
- Audit gros entretien de 2010.
- Consommation énergétiques électricité et GAZ.

La visite des tous les locaux des bâtiments concernés par l'étude et de la chaufferie a été réalisée.

## **1.5 HYPOTHESES DE CALCULS**

Zone climatique : H1c

Altitude : 530m

Température extérieure conventionnelle : -13°C

Température consigne bureaux en hiver : 20°C

Température consigne salles d'audiences en hiver : 23°C

Température consigne hall en hiver : 16°C

Nous ne connaissons pas les dates de début et de fin de chauffe du bâtiment. Nous avons donc fait l'hypothèse que le chauffage est mis en place à partir du 15 octobre jusqu'au 15 mai.

Le site est ouvert de 8h à 20h, hors weekend et jours fériés, il n'y a pas de fermeture annuelle.

Il s'agit d'un bâtiment en R+3 avec des archives au sous-sol. Il accueille 145 agents sur une surface utile brute (SUB) de 9891m<sup>2</sup> (selon les données du maître d'ouvrage).

La hauteur sous plafond moyenne est de 4m.

## **2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES BATIMENTS**

### **2.1 TRAVAUX PRINCIPAUX REALISES RECEMMENT**

Les principaux travaux énergétiques réalisés récemment sont les suivants :

- Remplacement des CTA avec mise en place d'une GTC : réalisé en 2022.

### **2.2 ETAT DES LIEUX DES BATIMENTS**

Voici un récapitulatif des parois, menuiseries et équipements permettant la saisie dans le logiciel d'étude thermique.

#### **2.2.1 LES MURS**

##### **2.2.1.1 Murs sur extérieur : ME**

Les murs extérieurs de l'enceinte du bâtiment sont composés de pierre et de 10cm d'isolant intérieur.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.337 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.2 Murs sur extérieur : ME épais**

Certains murs extérieurs de l'enceinte du bâtiment sont composés de pierres plus épaisses et de 10cm d'isolant intérieur.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.301 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.3 Murs sur extérieur : Mbéton**

Certains murs extérieurs plus récents sont composés de béton et d'environ 10cm d'isolant intérieur.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.351 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.4 Murs sur extérieur : MNI**

Les murs extérieurs du hall principal ne sont pas isolés et sont uniquement composés de pierre.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 1.923 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.5 Murs sur local non chauffé : MLNC**

Les murs sur locaux non chauffés sont composés d'environ 70cm de pierre.

Le coefficient de transmission thermique moyen estimé de ces parois est de  $U = 1.786 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.6 Murs sur local non chauffé : MLNC fin**

Certains murs donnent sur des locaux non chauffés. Les murs sont composés maçonnerie.

Le coefficient de transmission thermique moyen estimé de ces parois est de  $U = 2.45 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

##### **2.2.1.7 Murs sur local non chauffé : MI**

Les murs intérieurs donnant sur des escaliers non chauffés de l'aile Nord sont composés de pierre et de 5cm d'isolant intérieur.

Le coefficient de transmission thermique moyen estimé de ces parois est de  $U = 0.500 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

## **2.2.2 LES PLANCHERS BAS**

### **2.2.2.1 Planchers bas sur terre-plein : PB base**

Le plancher bas RDC est composé d'environ 20cm de béton.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.288 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.2.2 Planchers bas sur locaux non chauffés : PB sur LNC**

Le plancher bas sur locaux non chauffés est un plancher composé d'environ 20cm de béton.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 2.321 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.2.3 Planchers sur extérieur : PB garage**

Le plancher sur extérieur de l'aile Nord-Ouest, situé au-dessus de la sortie de la cour, est composé de béton et d'un flocage de 10cm.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.435 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.2.4 Planchers bas sur terre-plein : PB audience**

Le plancher bas de la salle d'audience est composé d'environ 20cm de béton.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.388 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

## **2.2.3 LES PLANCHERS HAUT**

### **2.2.3.1 Plancher haut bureau R+3 : Rampant R+3**

Le plancher haut est un plafond rampant avec environ 10cm d'isolant par l'intérieur.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.378 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.3.2 Plancher haut métallique : Toiture audience**

Le plancher haut est un plancher métallique avec environ 10cm d'isolant par l'intérieur.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.379 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.3.3 Plancher haut : Toiture terrasse**

Le plancher haut est un plancher béton de 20cm avec environ 5cm d'isolant coté extérieur et 5cm de graviers en protection de l'étanchéité.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.796 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.3.4 Plancher haut : Plafond R+2 / 10cm**

Certains planchers hauts des ailes Nord Est/Ouest, du hall et la toiture technique du R+2 sont des planchers recouverts de 10cm d'isolant. L'isolation est très mal posée avec de gros creux et manque d'isolants.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.358 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### **2.2.3.5 Plancher haut : Plafond R+2 / 20cm**

Le plancher haut est un plancher béton recouvert de 20cm d'isolant.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 0.189 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.3.6 Plancher haut : R+2 NI

Le plancher haut est composé de béton.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 3.438 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.3.7 Plancher haut : Plafond Hall

Le plancher haut du hall d'accueil est composé de pierre.

Le coefficient de transmission thermique estimé de cette paroi est de  $U = 4.17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

### 2.2.4 LES MENUISERIES

#### 2.2.4.1 Fenêtres double vitrage aluminium

Les bureaux donnant sur les façades extérieures et la cour intérieur en bitume sont équipés de menuiseries métalliques à double vitrages peu isolants. Ces menuiseries ont des performances cohérentes avec des vitrages estimés en 4-12-4.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.2 Fenêtres double vitrage bois

Les bureaux donnant dans la cour intérieure végétalisée sont équipés de menuiseries bois à double vitrages peu isolants. Ces menuiseries ont des performances cohérentes avec des vitrages estimés en 4-6-4.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 3.3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.3 Fenêtre de toit

Les bureaux du R+3 sont équipés de fenêtres de toit.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces fenêtres est de  $U_w = 2.77 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.4 Verrière

Le plafond du hall d'accueil est équipé d'une verrière.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 3.25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.5 Portes vitrées

Les portes vitrées servant aux accès à la cour intérieure végétalisée et l'accès PMR du bâtiment sont des menuiseries métalliques double vitrages peu isolants.

Ces menuiseries sont peu performantes avec des vitrages estimés en 4-12-4.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 2.56 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.6 Portes pleine extérieur métalliques

Les sorties sont équipées de menuiseries métalliques pleines.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

#### 2.2.4.7 Portes pleine extérieur bois

La grande porte d'entrée est une porte en bois.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .



#### 2.2.4.8 Portes pleine intérieur

Les portes intérieures donnant sur des locaux non chauffés sont des menuiseries bois pleine.

Le coefficient de transmission thermique estimé de ces menuiseries est de  $U_w = 2 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

#### 2.2.4.9 Protections

Les menuiseries comportent des stores extérieurs manuels sur les façades SUD et OUEST et dans les cours intérieures.

### 2.2.5 LES PONTS THERMIQUES

Les principaux ponts thermiques avec les coefficients de transmission thermique linéique  $\Psi$  sont les suivants :

➤ Plancher bas sur sol / mur isolé	$\Psi=0,65 \text{ W/(m.K)}$
➤ Plancher bas sur garage / mur isolé	$\Psi=0,72 \text{ W/(m.K)}$
➤ Plancher bas audience / mur isolé	$\Psi=0,76 \text{ W/(m.K)}$
➤ Plancher intermédiaire / mur isolé	$\Psi=0,96 \text{ W/(m.K)}$
➤ Plancher haut lourd / mur non isolé	$\Psi=0,81 \text{ W/(m.K)}$
➤ Plancher haut audience / mur isolé	$\Psi=0,05 \text{ W/(m.K)}$
➤ Angle sortant pierre/béton	$\Psi=0,02 \text{ W/(m.K)}$
➤ Angle rentrant pierre	$\Psi=0,18 \text{ W/(m.K)}$
➤ Angle rentrant béton	$\Psi=0,21 \text{ W/(m.K)}$
➤ Mur refend pierre	$\Psi=0,41 \text{ W/(m.K)}$
➤ Mur refend pierre sur décroché	$\Psi=0,36 \text{ W/(m.K)}$
➤ Mur refend béton sur décroché	$\Psi=0,87 \text{ W/(m.K)}$

## 2.2.6 LES SYSTEMES CVC – ECS - ECLAIRAGE

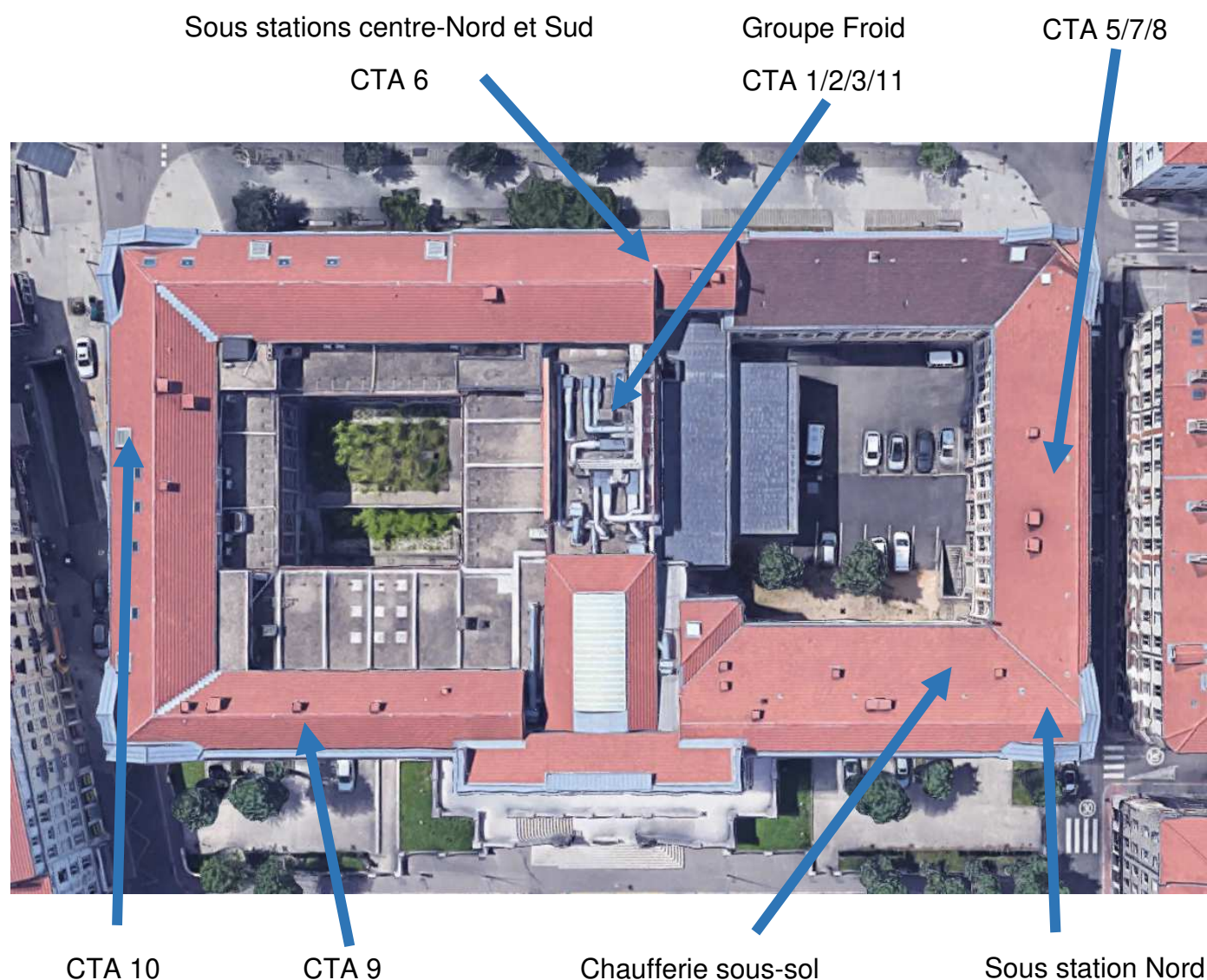
Les locaux du Palais de justice de St Etienne sont chauffés via une chaudière GAZ placée au sous-sol. Des radiateurs eau chaude sont placés dans chaque espace.

Les salles d'audiences sont rafraichies par les CTA et par un groupe froid placé en toiture.

Les bureaux du R+3 sont climatisés grâce à des monosplits muraux.

L'eau chaude sanitaire est réalisée via des ballons électriques placés au niveau des points de puisage.

Voici un repérage de la chaufferie, du groupe froid et des CTA :



### 2.2.6.1 Chaufferie sous-sol

Le chauffage des bureaux du Tribunal est produit grâce à deux chaudières gaz basse température de marque Guilloz de 815 kW chacune.



Ces deux chaudières datent de 2001. La première est hors service car elle est percée. L'installation est donc vieillissante et une rénovation doit être réalisée d'urgence.

Un projet de rénovation de cette chaufferie est en cours avec mise en place de chaudière GAZ condensation.

Par ailleurs, les consommations et rendement de chaudière sont parfois indiqués en PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) ou en PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur). Cette différence réside dans la prise en compte de la condensation dans les fumées de la chaudière. La quantité d'énergie en prenant en compte la condensation (PCS) est plus importante.

C'est pour cela que l'on peut avoir des rendements sur PCI supérieurs à 100% dans le cas d'une chaudière à condensation.

Dans notre cas de figure un rendement de 85% sur PCI a été intégré pour les chaudières existantes.

### 2.2.6.2 Réseaux de distribution

Un seul départ de chauffage est réalisé dans la chaufferie. Le réseau est scindé ensuite en deux pour alimenter d'une part les sous stations et de l'autre les batteries chaudes des CTA. Les circulateurs sont vieillissants mais sont fonctionnels. Leur remplacement est envisagé dans le projet de rénovation de la chaufferie.

Tous les réseaux sont calorifugés. Lors de la rénovation de la chaufferie, les réseaux pourront être conservés en partie.

Voici quelques photos des distributions :



Il n'y a donc pas de travaux à prévoir sur les distributions entre la chaufferie et les sous-stations.



### 2.2.6.3 Emetteurs de chauffage

La majorité des radiateurs sont équipés de têtes thermostatiques. Ces derniers permettent de prendre en compte les apports gratuits (occupants, ensoleillement), d'empêcher les surchauffes et donc de réaliser des économies de chauffage.



Il n'y a donc pas de travaux à prévoir sur les radiateurs mis à part un entretien classique. Il s'agit de la purge d'air et la vérification du fonctionnement des têtes thermostatiques. Les têtes thermostatiques sont datées mais fonctionnelles. Il faudra donc procéder à leur remplacement sur le long terme dans la maintenance du bâtiment.

#### 2.2.6.4 Climatisation bureaux R+3

Les bureaux au R+3 du Tribunal sont climatisés de manière indépendante grâce à des climatisations Hitachi. Les unités extérieures sont placées en toiture terrasse du R+2.

Les unités intérieures sont placées au plus près des besoins permettant ainsi limiter les pertes de distribution. Voici un visuel :



Ces installations restent tout à fait cohérentes pour leur utilisation.

#### 2.2.6.5 Ventilation bureaux et locaux spécifiques :

La ventilation du bâtiment est réalisée par des centrales double flux. Certains locaux comme les sanitaires et les salles de pauses sont équipés d'extracteurs simple flux.

Les 19 CTA ont été remplacées en 2022 par des CTA type VEX de chez ALDES ou AB'X de chez HYDRONIC. Les CTA sont placés soit en locaux techniques au R+3, soit en toiture centrale du bâtiment ou en placard technique proche des besoins.

Il y a 10 CTA équipées de batteries chaudes et froides permettant de préchauffer et de pré-refroidir l'air soufflé dans le bâtiment.

Les autres CTA sont équipées seulement de batterie chaude.

Les batteries chaudes sont alimentées depuis la chaufferie GAZ. Les batteries froides sont alimentées depuis le groupe froid CIAT type Aquaciat LD 750 Z placé en toiture. Ce groupe froid n'a pas été remplacé lors des travaux de 2022. Il date de 2003 mais reste fonctionnel. Voici une photo :





Les menuiseries des bureaux sont équipées d'entrée d'air. Les débits d'air soufflé des CTA sont inférieurs à ceux extrait. L'équilibre est donc réalisé par les entrées d'air.



Lors des visites, il n'a pas été relevé de problème d'humidité dans les locaux. La ventilation joue donc bien son rôle en évacuant l'humidité de l'air.

#### 2.2.6.6 Production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire est réalisée grâce à des ballons d'ECS électriques, placés au plus près des points de puisage. Il n'y a pas de réseau de bouclage car les ballons sont placés au plus près des besoins. Voici le visuel d'un ballon :



Au vu des faibles consommations d'eau de ces locaux, les systèmes en place sont tout à fait pertinents et ne nécessitent pas de modification.

Certains réseaux d'eau chaude sanitaire pourraient être calorifugés pour limiter les pertes de distribution, mais ils sont difficilement accessibles.

Dans le reste de ce document, nous n'envisagerons pas de modification sur l'installation de production de l'eau chaude sanitaire, car les systèmes en place ne seront pas modifiés.

Il n'y a pas de comptage sur site nous permettant de connaître la consommation liée à ce poste.

### 2.2.6.7 Eclairage

Le site comporte plusieurs types de luminaires avec source fluorescente :

- Les bureaux, cafétéria, archives sont équipés de luminaire en tube,
- Les salles d'audiences sont équipées de downlights et de suspensions,
- Les circulations sont équipées de downlights et de tube placé dans des corniches en lumière indirecte.
- Les locaux techniques sont équipés de luminaires étanches.

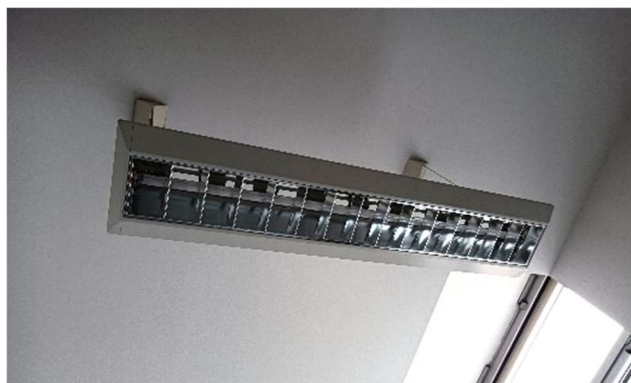
L'éclairage extérieur de la cour végétalisée est réalisé avec des appliques de type hublots

L'éclairage actuellement réalisé grâce à des luminaires de type fluorescent n'est pas le moins énergivore du marché. Ils restent tout de même fonctionnels et ne nécessitent pas un remplacement immédiat. L'éclairage LED est à installer au fur et à mesure.

L'éclairage indirect dans les circulations n'est pas très efficient car une grande partie du flux lumineux est perdu en direction du plafond. Il faudra revoir le principe d'installation pour diminuer les consommations d'éclairage.

Les bureaux sont équipés d'interrupteur permettant la gestion manuelle des éclairages de chaque bureau. Les circulations sont commandées via un tableau électrique placé au RDC dans le local du PC sécurité. Les éclairages sont donc allumés de manière continue dans la journée et une grande consommation d'énergie est induite. Il serait judicieux de placer les circulations sur détecteur de présence ou interrupteur temporisé afin de limiter les temps de fonctionnement. Ceci permettra également de mettre en fonctionnement l'éclairage qu'en cas de nécessité. Lors de nos visites nous avons en effet remarqué que la quasi-totalité des circulations étaient éclairées alors que ce n'était pas nécessaire.

Voici quelques photos :



### 3 SIMULATIONS ENERGETIQUES

#### 3.1 RELEVÉ DES CONSOMMATIONS REELLES

Au niveau des bâtiments, des compteurs d'énergies ont été mis en place en 2022 sur les réseaux d'eau chaude chauffage. Malheureusement les consommations de 2019, 2020 et 2021 n'ont pas de répartition pour chaque usage. Concernant l'électricité, il n'y a pas de compteur d'énergie pour permettre de séparer chaque usage (ECS, éclairage, ventilation, rafraîchissement, prise de service...).

Il est donc difficile de certifier la répartition des consommations de chaque partie de bâtiment pour chaque poste.

Nous avons repris les consommations des trois dernières années pour le GAZ et l'électricité afin de réaliser une maquette énergétique du bâtiment. Voici un récapitulatif des hypothèses et de consommation du bâtiment :

##### 3.1.1 CONSOMMATION DE GAZ

La consommation correspond à la consommation totale du site. Nous avons donc affecté 100% de la consommation pour le chauffage des locaux. L'ECS étant réalisée de manière électrique. Aucun appoint électrique pour le chauffage n'a été relevé lors de nos visites. Donc la consommation du chauffage est directement liée à la consommation de GAZ.

GAZ		2019	2020	2021	Moyenne
PJ St ETIENNE	Consommations totale kWh PCS	1467404	1445411	1782736	1565184
	Ratio Chauffage %				100%
	Conso chauffage kWh PCS				1565184

Voici un tableau récapitulatif des consommations d'énergies dédiées au **chauffage**

GAZ		Moyenne
PJ St ETIENNE	Total chauffage kWh PCS	1565184
	Facteur de conversion PCS vers PCI	1,11
	Total chauffage kWh PCI	1410075

Ces résultats nous ont permis de réaliser la simulation thermique en connaissant les consommations réelles.

Nous avons pris la moyenne des consommations de chaque poste pour réaliser nos simulations thermiques. Les factures de gaz sont exprimées en PCS alors que les consommations du logiciel sont exprimées en PCI, un coefficient de conversion de 1,11 s'applique. (Cette conversion est expliquée plus en détails au §2.2.6.1)

Par la suite, toutes les consommations seront exprimées en PCI. On reprend donc les valeurs suivantes pour les simulations thermiques :

- **Consommations chauffage = 1 410 075 kWh PCI**

Le but de la simulation est de se rapprocher le plus possible de la réalité et donc de ces valeurs de consommation.

### 3.1.2 CONSOMMATION D'ELECTRICITE

Il s'agit de la consommation de l'intégralité du site. Il n'y a pas de répartition de consommation d'électricité dédiée à la climatisation, à l'eau chaude, à la ventilation ou à l'éclairage...

Dans les audits, les consommations électriques sont difficilement quantifiables du fait du nombre important d'appareils et de la non-répartition des consommations des appareils grâce à des compteurs d'énergies individuels.

Par exemple il ne nous est pas possible de connaître la consommation actuelle dédiée pour la production d'eau chaude sanitaire ou d'éclairage. Nous nous baserons donc sur les simulations du logiciel pour déterminer les répartitions par poste.

Aussi, nous avons séparé les consommations électriques en 2 groupes :

D'une part les consommations **quantifiables par le logiciel** :

- Eclairage
- Ventilation
- Rafraichissement
- Eau chaude sanitaire

D'autre part consommations **non quantifiable par le logiciel** :

- Ordinateurs, imprimantes
- Serveur
- Bornes de voiture électriques
- Ascenseurs
- Autres appareils électriques (machines à café, micro-ondes,...)

Nous avons défini la part non quantifiable comme une valeur fixe en dehors des calculs du logiciel, ces consommations étant seulement sous le contrôle des utilisateurs. Cette valeur a été obtenue en soustrayant la part quantifiable aux consommations de 2021.

La part fixe des consommations d'électricité seront identifiées au §3.2.2 à la suite de la présentation des résultats des simulations.

Voici le récapitulatif des consommations globales des trois dernières années :

ELEC		2019	2020	2021	Moyenne
PJ St ETIENNE	<b>Consommations totale kWh</b>	670847	643880	626914	<b>647214</b>

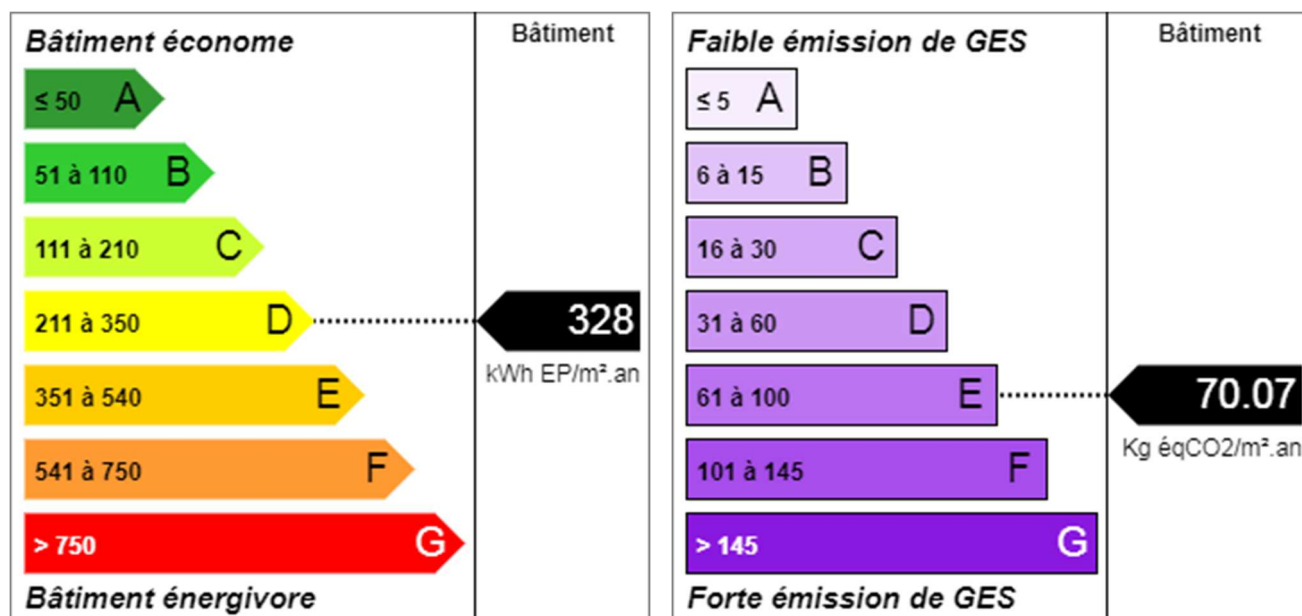
La consommation totale d'électricité prise en compte pour la simulation sera de **647 214 kWh**.

### 3.1.3 BILAN CONSOMMATION SURFACIQUE

Si l'on ramène ces consommations à la surface, on a les résultats suivants en **énergie finale** :

- 158.2 kWhEF/m<sup>2</sup> pour la consommation de chauffage gaz (PCS)
- 65.4 kWhEF/m<sup>2</sup> pour les consommations l'électricité.
- D'après les factures fournies les consommations totales du bâtiment, gaz + électricité, tout usages confondus sont de 223.6 kWhEF/m<sup>2</sup>

Si l'on traduit ces résultats en **énergies primaires**, afin de pouvoir comparer à des étiquettes DPE/GES, on a les résultats suivants :



Attention, **il s'agit là d'énergie primaire**, quand le reste de l'audit est rédigé en **énergie finale**. L'énergie électrique est donc pénalisée d'un coefficient de 2,58, ce qui permet de comparer des bâtiments entre eux.

**Les résultats présentés n'ont pas valeur de DPE.**



## 3.2 SIMULATIONS ET CONSOMMATIONS

Les simulations thermiques sont réalisées à l'aide du logiciel spécialisé ClimAudit 1.14 build 1.15.1.1. et moteur de calcul 7.5.0.1.

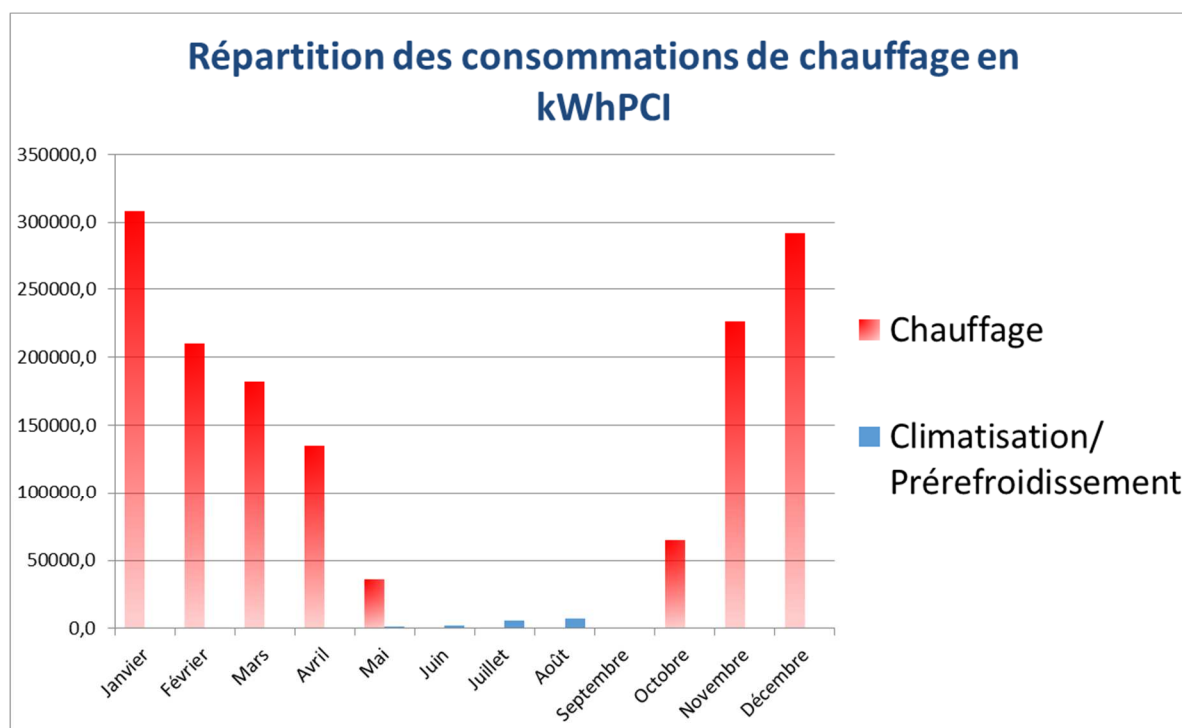
Les scénarios d'utilisation ont été saisis et affinés. Le but étant de rapprocher au maximum les consommations réelles et celles obtenues avec la simulation.

Voici le scénario d'occupation des simulations :

Palais de justice de St Etienne																									
Données de base :																									
Consigne de chauffage des bureaux en occupation													20°C												
Consigne de chauffage des bureaux en période nuit													18°C												
Consigne de chauffage de la salle d'audience en occupation													23°C												
Consigne de chauffage de la salle d'audience en période nuit													21°C												
Consigne de chauffage du hall d'accueil en occupation et période nuit													16°C												
Consigne de chauffage pour un arrêt de moins de 48 heures													16°C												
Consigne de chauffage pour un arrêt de plus de 48 heures													16°C												
Densité d'occupation													0,0303 occ/m²												
Apports sensibles par occupant													90 W/occ												
Apports latents par occupant													38,2 W/occ												
Données hebdomadaires :																									
Jour :	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	
Lundi	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,3	0	0	0	0	
Mardi	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,3	0	0	0	0	
Mercredi	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,3	0	0	0	0	
Jeudi	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,3	0	0	0	0	
Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,3	0	0	0	0	
Samedi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dimanche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Données annuelles :																									
Semaine :	Janvier 1/1-28/1	Février 29/1-25/2		Mars 26/2-1/5		Avril 2/4-29/4		Mai 30/4-3/6		Juin 4/6-1/7		Juillet 2/7-29/7		Août 30/7-2/9		Septembre 3/9-30/9		Octobre 1/10-28/10		Novembre 29/10-2/12		Décembre 3/12-30/12			
Semaine n°1	1	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1			
Semaine n°2	1	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1			
Semaine n°3	1	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1			
Semaine n°4	1	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1			
Semaine n°5	-	-		1		-		1		-		-		1		-		-		1		-			

### 3.2.1 CONSOMMATIONS DE GAZ

Voici le résultat de la simulation avec la répartition des consommations de chauffage mois par mois :



On peut voir que l'impact de la climatisation et du pré-refroidissement est infime au vu des consommations de chauffage. Nous ne préconiserons donc pas de changements sur les productions pour un gain de consommation. Il sera donc plus judicieux de réaliser une bonne gestion et un bon renouvellement de ces installations.

Voici la comparaison entre la simulation et la réalité sur la partie chauffage :

Consommations	Réelles	Simulation	Ecart
<b>Chauffage kWh PCI</b>	1410075	1455805	-3,2%
<b>TOTAL kWh</b>	1410075	1455805	-3,2%

Pour la consommation de chauffage, il y a un écart **de 3.2 %**. La simulation surestime la consommation de chauffage de 3.2% par rapport à la réalité.

Les écarts sont très limités, on considère qu'une simulation est correcte lorsque l'écart des consommations n'excède pas 5%.

Obtenir une simulation très proche de la réalité est compliqué lorsque les bâtiments sont anciens. Aussi, les habitudes entre les utilisateurs sont très différentes. La saisie dans le logiciel est donc relativement compliquée.

### 3.2.2 CONSOMMATION D'ELECTRICITE

Comme évoqué au §3.1.2, les consommations d'électricité existantes ne sont pas réparties par poste de consommations. Nous avons donc fait une simulation pour déterminer les consommations de la part fixe (ordinateurs, recharge voiture, machine à café...).

Voici un tableau récapitulatif des consommations d'électricité réelles et obtenues avec la simulation :

Consommations	Réelles	Simulation	Part fixe
<b>ELEC kWh</b>	647214	355699	45,0%

On remarque donc que les consommations de la part fixe représentent environ 45% des consommations totales d'électricité (Soit **291 515kWh**).

Pour rappel, les consommations de la simulation reprennent les postes suivants :

- Eclairage
- Ventilation
- Rafraichissement
- Eau chaude sanitaire

Pour l'avenir du bâtiment, il est important d'installer des compteurs d'énergies pour connaître et maîtriser les consommations par type.

Vis-à-vis du décret tertiaire, il est possible de déduire les consommations d'énergie liées à la recharge des véhicules électriques. Il est donc évident qu'il faut comptabiliser cette énergie afin de ne pas être pénalisé sur les résultats.

Par la suite, toutes les comparaisons seront réalisées par rapport à la simulation pour permettre d'avoir des résultats cohérents.

### 3.2.3 CONSOMMATION TOTALES (GAZ + ELEC):

Le décret tertiaire impose de faire des économies sur toutes les sources d'énergies confondues.

Voici donc un tableau récapitulatif des consommations réelles et obtenues dans la simulation :

Consommations	Réelles	Simulation	Ecart
<b>Chauffage kWh PCI</b>	1410075	1455805	-3,2%
<b>ELEC kWh</b>	647214	355699	100,0%
<b>Part fixe ELEC kWh</b>		291515	
<b>TOTAL kWh</b>	2057289	2103019	-2,2%

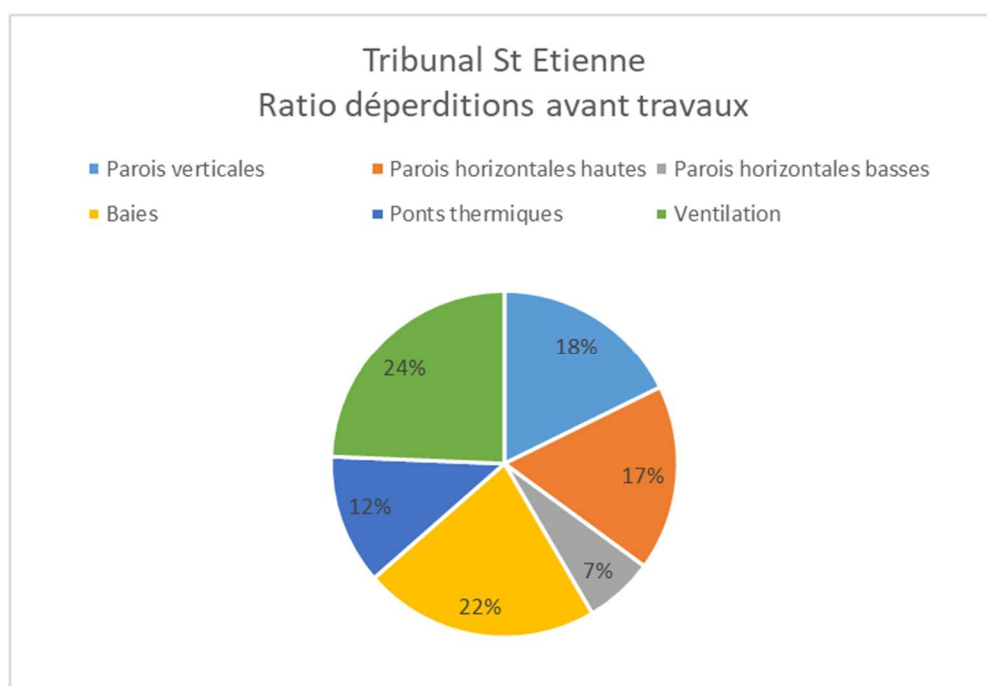
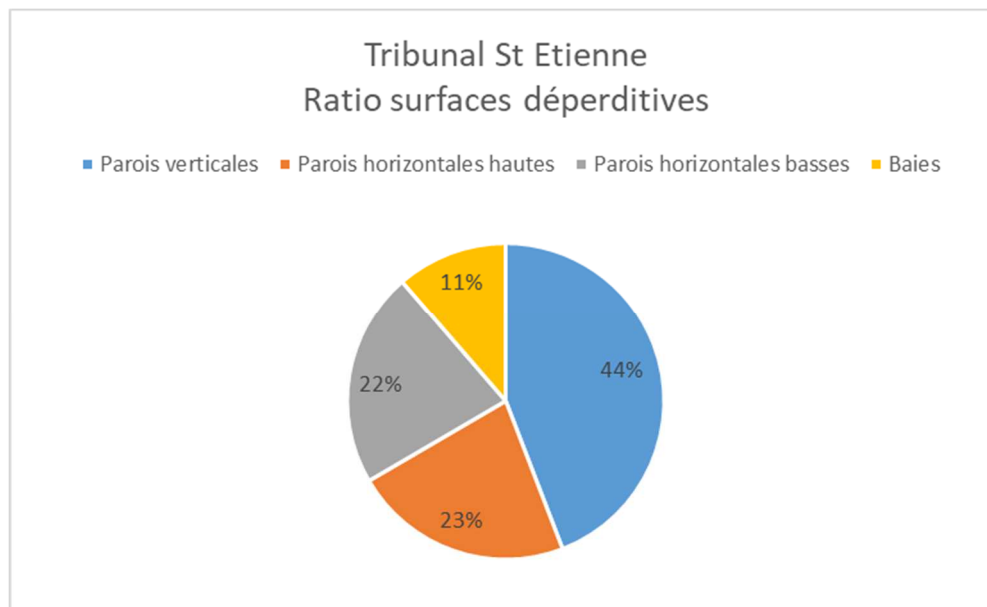
La simulation est donc très proche de l'existant avec seulement 2.2% d'écart.

La part fixe de consommation d'électricité est donc bien identifiée avec un total de 291 515 kWh (45% des consommations d'électricité du site).

Les gains d'énergies proposés dans la suite du document seront basés sur la totalité des consommations GAZ + électricité.

### 3.2.4 BILAN DES DEPERDITIONS

De plus, les proportions de surfaces déperditives et de déperditions par parois sont les suivantes :



On remarque que les déperditions sont globalement réparties. Il faudra donc envisager des solutions sur chaque poste de déperdition. Les menuiseries ont finalement une grande part dans les déperditions par rapport à la surface dédiée. Il faudra donc prévoir une amélioration sur ce poste.

La ventilation également est déperditive mais malheureusement aucuns travaux pertinents ne seront proposés sur ces installations qui viennent d'être rénovées. La ventilation est dans tous les cas de figure une source importante de déperditions malgré la performance des installations.

### 3.3 ANNEE DE REFERENCE : DECRET TERTIAIRE

Afin de répondre aux objectifs du décret tertiaire en termes de réduction des consommations énergétiques, une année de référence doit être sélectionnée pour les consommations énergétiques. Une période, de 12 mois consécutifs entre 2010 et 2019, doit être choisie comme année de consommation de référence.

Afin d'avoir les résultats les plus facilement atteignables nous prendrons la période où la consommation énergétique totale du bâtiment (GAZ + électricité) a été la plus importante.

Les consommations d'énergie du bâtiment de 2010 à 2021 nous ont été fournies. Ces consommations sont pondérées sur les DJU (Degrés Jour Unifiés) de manière à être comparable entre elles et permettre de définir l'année de référence. Les DJU de référence ont été pris en faisant la moyenne des DJU sur la période de 2010 à 2019 (suivant recommandation de CEGIBAT).

Les consommations d'énergies fournies par le maître d'ouvrage nous permettent de définir la période glissée de Février 2011 à Janvier 2012 comme étant la période de référence pour répondre aux attentes du décret tertiaire. Voici un récapitulatif :

Année de référence	
Fev 2011 - Janv 2012	
Electricité	701036 kWh
Gaz PCS	1585222 kWh
Gaz PCI	1428128 kWh
<b>Total</b>	<b>2129164 kWh</b>

La Consommation totale de référence est donc de : 2 129 164 kWh PCI

Cela nous permet de définir les consommations à atteindre pour les différentes années paliers du décret tertiaire.



## 4 PROPOSITIONS D'AMELIORATION

Plusieurs scénarios d'amélioration du bâtiment vont être présentés. Ils visent à réaliser des économies, mais aussi à améliorer le confort des usagers.

Les principales pistes d'économies d'énergie sont l'isolation des toitures et le remplacement de l'isolation existante des murs extérieur et en toiture. Il est impossible de modifier l'isolation du plancher bas sur terreplein. Les objectifs devront être atteints sans les modifier.

Le SAS actuel donnant sur le hall a des performances thermiques correctes. Il est composé de portes automatiques avec ouverture latérales. Celui-ci pourra être amené à être remplacé, afin d'améliorer le confort des occupants et de diminuer les pertes thermiques lors de ses ouvertures. Un SAS rotatif peut être envisagé permettant ainsi de limiter les déperditions par transfert d'air de l'extérieur. Il est très difficile de quantifier le gain d'énergie associé mais ce système sera forcément moins énergivore.

Les équipements actuels de chauffage et de rafraîchissement sont cohérents. Il n'y a pas d'amélioration significative à réaliser. Le bon entretien de ces équipements reste la meilleure chose à faire pour pérenniser les installations. Le remplacement des luminaires intérieurs par du LED doit continuer.

L'installation actuelle de ventilation est une ventilation double flux. Cette installation cohérente et performante a été remplacée en 2022. Il ne sera donc pas proposé de modification sur ce poste.

Les productions d'eau chaude par ballons électrique pour chaque bloc sanitaire est cohérente au vu de l'utilisation de ceux-ci. Il ne serait pas cohérent d'envisager une production centralisée en chaufferie. Ceci engendrerait une consommation énergétique important lié au bouclage sanitaire.

Cependant, le nombre important de ballon ECS multiplie le volume d'eau chaude stockée. Il y a donc une consommation de maintien en température qui pourrait être optimisée dans le bâtiment. La demande en eau chaude sanitaires étant faible, le maintien en température de l'eau est donc important par rapport aux besoins.

Ainsi il pourrait être envisagé de remplacer les ballons électriques par des production instantanées d'ECS a chaque bloc sanitaire. Il faudra par contre porter une attention particulière au puissances électrique de ces équipements qui sont plus importantes que les ballons électriques classique. Il n'y aura donc plus de pertes d'énergie de stockage car l'eau chaude sera produite uniquement si nécessaire.

Une seconde solution plus restrictive serait la dépose des productions actuelle sans leur remplacement afin de préconise le lavage à l'eau froide et ainsi supprimer les consommations d'ECS dans les sanitaires publics. Ceci permet de supprimer les consommations mais nécessite d'accepter de ne pas avoir d'eau chaude sanitaire pour les lavabos.

Enfin, un groupement de ces solutions permettra de visualiser les économies possibles en procédant à une rénovation plus complète des bâtiments.

Les données suivantes seront considérées :

- Prix du gaz = **0,0705€ HT/kWh PCI**
- Prix de l'électricité = **0,1279 € HT/kWh**
- Prix de rachat négociable des CEE = **7.27 € HT / MWh cumac**
- Emission GES gaz = 0,443 tCO<sub>2</sub>/MWh
- Emission GES électrique = 0,1tCO<sub>2</sub>/MWh moyen

(source catalogue DIDO 06/2022)

(source catalogue DIDO 06/2022)

(Source Emmy.fr)

**Les CEE Certificats d'Economie d'Energie** sont exprimés en MWh Cumac (pour CUMulé et ACTualisés) et quantifient l'énergie économisée sur la durée de vie du produit. Les fournisseurs d'énergie sont obligés de réaliser des économies d'énergie et ils peuvent soit le faire sur leurs installations soit racheter des CEE sur le marché. Le prix de rachat dépend du marché et des volumes de CEE rachetés.

Les CEE permettent de faire des économies sur le coût d'investissement.

Pour réaliser une demande de CEE, plusieurs critères doivent être respectés :

- Aucun devis ou bon de commande ne doit avoir été signé
- Les travaux doivent être réalisés par des professionnels (ou services techniques pour les collectivités et entreprises)
- Seuls les travaux de rénovation sur les bâtiments de plus de deux ans sont éligibles (les extensions ne sont pas éligibles)

Toutes les propositions de travaux en vue de rachat de CEE sont basées sur le dispositif de la tranche 5 entre le 01 janvier 2022 et le 31 décembre 2025. En fonction des dates de réalisation des travaux un réajustement vis-à-vis des CEE devra être réalisé pour se conformer aux dispositions en vigueur.

### Réglementation thermique :

Toutes les propositions d'amélioration seront conformes à la réglementation thermique pour l'existant publiée dans l'arrêté du 22 mars 2017, appelée RT par éléments. Dans le cas où le bâtiment rénové possède une surface supérieure à 1000m<sup>2</sup> de SHON (Surface Hors D'Œuvre Nette), une date de d'achèvement des travaux postérieur au 1<sup>er</sup> janvier 1948 et dont les travaux dépassent 25% du coût de construction du bâtiment, la réglementation en vigueur qui s'applique est la RT Globale. Ce n'est pas le cas du bâtiment du palais de justice de Saint-Etienne.

Nous respecterons les nouveaux garde-fous applicables au 1<sup>er</sup> Janvier 2023.

### Décret tertiaire :

On cherchera à atteindre les 3 objectifs du décret tertiaire qui sont 40, 50 et 60% d'économie. Les économies de chauffage sont en grandes partie les plus faciles à maîtriser. Les habitudes des occupants restent très largement majoritaires dans les consommations finales des bâtiments.

La fourniture d'énergie (Gaz, Fioul, électricité...) est soumise à la TVA à 20%.

Tous les prix seront indiqués hors taxes.

Les CEE sont soumis à TVA dès lors qu'ils sont rachetés par des obligés et non des collectivités.

**Les temps de retour sur investissement** seront calculés en incluant la revente des CEE. Le premier sera un temps de retour brut (prix de l'énergie constant) et le deuxième sera effectué en actualisant le prix de l'énergie à hauteur de 5%/an. Tout ceci dans le but de permettre la vision sur la rentabilité de chaque proposition d'amélioration.

Tous les **coûts de travaux restent indicatifs** et ne comprennent pas le coût de réalisation des déclarations administratives et les honoraires des différents acteurs du projet (maîtrise d'œuvre, bureau de contrôle, coordinateur SPS...).

## 4.1 COMPARATIF AVEC L'ANNEE DE REFERENCE

Nous avons effectué notre simulation de base à l'aide des données du maître d'ouvrage les plus récentes à notre disposition. Cette simulation reflète donc l'état des lieux du bâtiment à la fin de l'année 2021.

Entre l'année de référence pour le décret tertiaire et notre simulation de base, des améliorations ont été effectuées. Des économies d'énergies ont été réalisées durant cette période et rentrent en compte pour les objectifs du décret tertiaire.

Nous avons donc réalisé une simulation pour quantifier la différence de consommation entre l'année de référence et les dernières consommations fournies par le maître d'ouvrage, en 2021.

### 4.1.1 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à l'année de référence du décret tertiaire (année 2012) :

Travaux envisagés	Comparatif référence
Energie économisée (kWh /an)	26 145
Gain en énergie (%)	1,2%
CO2 économisé (t CO2/an)	-6,9
Energie économisée (€/an)	4 930,00 €

On s'aperçoit qu'entre 2011 et 2021, la consommation d'énergie du bâtiment a diminué de 1.2%.

Nous avons donc réalisé des économies d'énergie avant même de proposer des travaux sur le bâtiment. Ces économies peuvent s'expliquer par l'utilisation du bâtiment (périodes de chauffe, occupation,...), ou encore par le remplacement d'appareils électriques types ordinateurs, luminaires,...

## 4.2 REPLACEMENT EFFECTUES EN 2022-2023

### 4.2.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Des travaux ont été et vont être effectués entre 2022 et 2023, ces derniers ne sont pas intégrés à la saisie de la simulation de base car étant plus récent que les données de consommations d'énergies fournies par le maître d'ouvrage, nous n'avons pas encore les retours de consommations réelles du bâtiment sur une année avec ces nouveaux équipements. Voici la liste des travaux de 2022 et 2023 :

- Remplacement des centrales de traitement de l'air par Clévia en 2022
- Mise en place d'une GTC sur l'installation de ventilation et chauffage.
- Remplacement de la chaufferie prévu en 2023. La nouvelle chaufferie sera composée de 3 chaudières GAZ à condensation type Varmax 390.

Ces changements vont donc être pris en compte dès à présent dans les objectifs du décret tertiaire avant même d'effectuer d'autres remplacements. Le coût des travaux sera nul car ceux-ci ont déjà été commandé et ne rentre pas en compte dans ceux à prévoir pour la suite de l'audit.

### 4.2.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à l'année de référence du décret tertiaire (année 2011) :

Travaux envisagés	Simulation fin 2023 - 20°C
Energie économisée (kWh /an)	257 719
Gain en énergie sur référence (%)	12,1%
Gain en énergie sur EDL 2021 (%)	11,0%
CO2 économisé (t CO2/an)	87,9
Energie économisée (€/an)	18 150,00 €

Après les travaux en chaufferie et l'implantation des nouvelles CTA, la consommation d'énergie du bâtiment devrait diminuer de 12.1% par rapport à 2011.

Ces travaux devraient donc apporter une baisse des consommations de 11% par rapport à l'état des lieux effectué en 2021.

## 4.3 BAISSE DE LA TEMPERATURE DE CONSIGNE

Un premier pas a effectué afin de diminuer les consommations d'énergie est de baisser la température de consigne du chauffage. On estime que la diminution de 1°C de la température de consigne de chauffage représente une baisse d'environ 7% de la consommation de chauffage. Pour cette simulation nous maintenons le réduit de chauffage de 2°C la nuit.

Travaux envisagés	Simulation fin 2023 - 19°C
Energie économisée (kWh /an)	332 341
Gain en énergie sur référence (%)	15,6%
Gain en énergie sur 2023 20°C (%)	4,0%
CO2 économisé (t CO2/an)	120,9
Energie économisée (€/an)	23 410,00 €

La baisse de 1°C fait économiser près de 4.0% d'énergie total par rapport à l'état 2023 à 20°C de consigne.

Pour les objectifs du décret tertiaire, cela représente déjà 15.6% d'économie de consommations (par rapport à 2012) sur les 40% à atteindre pour 2030.

**Nous simulerons le reste des variantes avec une consigne de chauffage de 19°C.**

## 4.4 ISOLATION DES COMBLES

### 4.4.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les combles du bâtiment (toiture en tuile) sont peu isolés et parfois mal isolés. Un remplacement d'isolation est donc proposé pour les combles actuellement isolés. La mise en place d'une isolation complète sera réalisée sur les zones non isolées actuellement. De la même manière les combles de la partie hall seront isolés.

La totalité des combles ne pourra pas être isolé car certains espaces comportent des équipements techniques (CTA, sous stations). Ces espaces sont repérés sur les plans de repérage donné en **annexe 6.1**.

Certains espaces auront la nécessité d'avoir des platelages d'accès pour réaliser la maintenance (notamment les locaux CTA et sous-station). Ces travaux ne sont pas inclus dans le présent rapport car il est nécessaire de définir les surfaces nécessaires lors d'une étude plus approfondie dédié au projet.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose de l'isolant existant...)
- Isolant : Laine de verre déroulée de type IBR revêtu Kraft 400mm – ACERMI N° 02/018/052 –  $R=10 \text{ m}^2.\text{K/W}$ ,
- Travaux divers

Voici le changement de composition de parois :

Isolation combles	Avant travaux	Après travaux
Composition de paroi	Dalle de béton Isolant 10cm	Dalle de béton Isolant 40cm
Résistance thermique paroi ( $\text{m}^2.\text{K/W}$ )	2,59	10,09

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-101)	RT existant (01/01/2023)
Résistance thermique critère	$R_{\text{isolant}} \geq 6 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 5,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Résistance thermique projet	$R_{\text{isolant}} = 10 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} = 10,09 \text{ m}^2.\text{K/W}$

### 4.4.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Isolation Combles + PH hall	
Energie économisée (kWh /an)		146 361	
Gain en énergie (%)		8,1%	
CO2 économisé (t CO2/an)		64,7	
Energie économisée (€/an)		10 340,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		254 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		1 978 844	
CEE négociables (€)		14 300,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	24	16



## 4.5 ISOLATION TOITURES TERRASSES

### 4.5.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

L'isolation actuelle des toitures terrasses est faible, il faudra prévoir le remplacement de cette isolation. Ces travaux permettront de réaliser des économies d'énergies grâce à l'isolation, mais aussi de pérenniser le bâtiment grâce à la réfection de l'étanchéité (sur les toitures intérieures).

La totalité des toitures terrasses ne pourra pas être isolé car certaines comportent des équipements techniques (CTA, groupe d'eau glacée). Ces espaces sont repérés sur les plans de repérage donné en **annexe 6.1**.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose de l'étanchéité et de l'isolant existant...)
- Isolant : panneau isolant en mousse rigide de polyuréthane (PIR) EFIGREEN DUO+ 160mm ACERMI N°12/006/761 -  $R=7,25 \text{ m}^2.\text{K/W}$ , plus performant
- Isolant : panneau isolant en mousse rigide de polyuréthane (PUR) EFIGREEN A 70mm ACERMI N°03/006/109 -  $R=2,55 \text{ m}^2.\text{K/W}$ , permettant un revêtement asphalte, pour limiter le poids.
- Etanchéité et travaux divers (relevé périphérique, Habillage, Naissance EP...)

Voici le changement de composition de parois :

Isolation toitures terrasses	Avant travaux	Après travaux
<b>Composition de paroi</b>	Dalle de béton Isolant 5cm Graviers	Dalle de béton Isolant 160mm Isolant 70mm étanchéité en asphalte
<b>Résistance thermique paroi (<math>\text{m}^2.\text{K/W}</math>)</b>	<b>1,12</b>	<b>10,05</b>

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-107)	RT existant (01/01/2023)
<b>Résistance thermique critère</b>	$R_{\text{isolant}} \geq 4,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 4,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$
<b>Résistance thermique projet</b>	$R_{\text{isolant}} = 9,80 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} = 10,045 \text{ m}^2.\text{K/W}$

### 4.5.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Isolation toitures terrasses	
<b>Energie économisée (kWh /an)</b>		37 939	
<b>Gain en énergie (%)</b>		2,1%	
<b>CO2 économisé (t CO2/an)</b>		16,7	
<b>Energie économisée (€/an)</b>		2 680,00 €	
<b>Coût des travaux (€ HT)</b>		202 000,00 €	
<b>CEE négociables (kWh cumac)</b>		1 534 088	
<b>CEE négociables (€)</b>		11 100,00 €	
<b>Temps de retour brut</b>	<b>Temps de retour actualisé (5%/an)</b>	> 30 ans	31

## 4.6 ISOLATION DES RAMPANTS AU R+3.

### 4.6.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les rampants de toiture des bureaux au R+3 sont déjà isolés, environ 10cm d'isolant intérieur, et leur surface n'est pas significative par rapport à la taille du bâtiment. Il n'est donc pour le moment pas prioritaire de ré isolé ces toitures. Il y a également beaucoup d'impact sur les lots second œuvre (platerie, peinture...) sur des locaux qui reste en état correct pour l'utilisation. L'isolation de cette toiture sera prévue plus tard dans la vie du bâtiment.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose des plafonds et de l'isolant existant...)
- Isolant : Laine de verre déroulée de type IBR revêtu Kraft 400mm – ACERMI N° 02/018/052 –  $R=10 \text{ m}^2.\text{K/W}$
- Réalisation des plafonds rampants compris finition et peinture.
- Travaux divers

Voici le changement de composition de parois :

Isolation rampants	Avant travaux	Après travaux
Composition de paroi	Toiture tuile Isolant 10cm	Toiture tuile Isolant 40cm
Résistance thermique paroi ( $\text{m}^2.\text{K/W}$ )	2.60	10.09

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-101)	RT existant (01/01/2023)
Résistance thermique critère	$R_{\text{isolant}} \geq 6 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 5,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Résistance thermique projet	$R_{\text{isolant}} = 10 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} = 10,09 \text{ m}^2.\text{K/W}$

### 4.6.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Isolation rampants	
Energie économisée (kWh /an)		9 266	
Gain en énergie (%)		0,5%	
CO2 économisé (t CO2/an)		4,0	
Energie économisée (€/an)		650,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		90 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		698 038	
CEE négociables (€)		5 000,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	> 30 ans	41

On remarque ces travaux ne sont pas très pertinent au vu des temps de retours sur investissement et du gain d'énergie.

## 4.7 ISOLATION DES MURS

### 4.7.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les murs des bureaux sont actuellement isolé avec 10cm. Cette isolation a été réalisée en 2004, il est envisagé de remplacer cet isolant pour le scénario de 2040 car les locaux auront 36 ans. Une rénovation esthétique sera certainement envisagée et il sera judicieux de remplacer l'isolation actuelle par une plus performante.

Les murs du hall d'accueil ne sont pas isolés. Une isolation par l'intérieur sera donc réalisée sur ceux-ci. Un repérage a été effectué sur les plans donnés en **annexe 6.2**.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose des doublages et de l'isolant existant...)
- Isolant : Laine de verre déroulée de type GR 32 roulé rev Kraft 180mm – ACERMI N° 02/018/100 –  $R=5.6\text{m}^2.\text{K/W}$ ,
- Réalisation doublages compris finition et peinture.
- Travaux divers

Voici le changement de composition de parois :

Isolation des murs ITI	Avant travaux	Après travaux
<b>Composition des parois</b>	Pierre Isolant intérieur 100mm Plaque de plâtre	Pierre Isolant intérieur 180mm Plaque de plâtre
<b>Resistance thermique des parois (<math>\text{m}^2.\text{K/W}</math>)</b>	<b>2.75</b>	<b>5.85</b>

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-102)	RT existant (01/01/2023)
<b>Résistance thermique (Critère)</b>	$R_{\text{isolant}} \geq 3,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} \geq 2,9 \text{ m}^2.\text{K/W}$
<b>Résistance thermique (Projet) ITI</b>	$R_{\text{isolant}} = 5,6 \text{ m}^2.\text{K/W}$	$R_{\text{paroi}} = 5,9 \text{ m}^2.\text{K/W}$

### 4.7.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Isolation des murs	
<b>Energie économisée (kWh /an)</b>		47 111	
<b>Gain en énergie (%)</b>		2,6%	
<b>CO2 économisé (t CO2/an)</b>		20,7	
<b>Energie économisée (€/an)</b>		3 330,00 €	
<b>Coût des travaux (€ HT)</b>		432 000,00 €	
<b>CEE négociables (kWh cumac)</b>		18 524 638	
<b>CEE négociables (€)</b>		134 600,00 €	
<b>Temps de retour brut</b>	<b>Temps de retour actualisé (5%/an)</b>	>30ans	34

## 4.8 REMPLACEMENT DES MENUISERIES BOIS SEULEMENT

### 4.8.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les menuiseries bois de la cour intérieure végétalisée sont vieillissantes et peu performantes. Il faut donc prévoir leur remplacement afin de réaliser des économies d'énergies et d'améliorer le confort. Les menuiseries actuelles sont homogènes, ce sont toutes des fenêtres doubles vitrages peu performantes.

La mise en place d'entrée d'air auto réglables sur les menuiseries remplacées dans les bureaux sera nécessaire pour garantir la qualité de l'air du bâtiment. Dans le même temps, les stores extérieurs existants devront également être remplacés par des stores similaires aux existants.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose des menuiseries bois...),
- Mise en place des menuiseries ALU performantes -  $U_w < 1,3$ ,
- Reprise des doublages à proximité des menuiseries.
- Travaux divers.

Voici le changement de performance des menuiseries :

Menuiseries bois	Avant travaux	Après travaux
Caractéristique menuiserie	Double vitrage bois peu performant	Double vitrage ALU performant
Performance menuiserie $U_w$ (W/m <sup>2</sup> .K)	<b>3,30</b>	<b>1.30</b>

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-104)	RT existant
Performances thermique (Critère)	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$	$U_w \leq 1,9 \text{ W/m}^2.k$
	$Sw \leq 0,35$	
Performances thermique (Projet)	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$
	$Sw \leq 0,35$	

### 4.8.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Remplacement menuiseries bois	
Energie économisée (kWh /an)		46 186	
Gain en énergie (%)		2,6%	
CO2 économisé (t CO2/an)		20,4	
Energie économisée (€/an)		3 250,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		246 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		1 109 288	
CEE négociables (€)		8 000,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	>30ans	31

## 4.9 REMPLACEMENT MENUISERIES EXTERIEURES EN TOTALITE

### 4.9.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Dans le paragraphe précédent, il était question uniquement du remplacement des menuiseries en bois donnant dans la cour végétalisée. Ici il est prévu le remplacement de toutes les menuiseries y compris celles en bois.

Les menuiseries ALU ont été remplacées en 2004, il est envisagé de remplacer ces menuiseries pour le scénario de 2040 car elles auront 36 ans. Les performances des futures menuiseries seront nettement meilleures que les actuelles.

Il faut donc prévoir leur remplacement afin de réaliser des économies d'énergies et d'améliorer le confort. Les menuiseries actuelles sont homogènes, ce sont toutes des fenêtres doubles vitrages. Dans le même temps, les stores extérieurs existants devront également être remplacés par des stores similaires. Des stores supplémentaires pourront être installés sur la façade EST (principale) afin de contrôler les apports solaires et d'améliorer le confort des usagers. La façade NORD sera laissée sans stores car ils ne sont pas nécessaires pour cette façade.

La mise en place d'entrée d'air auto réglables sur les menuiseries remplacées dans les bureaux sera nécessaire pour garantir la qualité de l'air du bâtiment.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, dépose des menuiseries ...),
- Mise en place des menuiseries ALU performantes -  $U_w < 1,3$ ,
- Reprise des doublages à proximité des menuiseries.
- Travaux divers.

Voici le changement de performance des menuiseries :

Menuiseries bois	Avant travaux	Après travaux
Caractéristique menuiserie	Double vitrage bois peu performant	Double vitrage ALU Performant
Performance menuiserie $U_w$ (W/m <sup>2</sup> .K)	<b>3,3</b>	<b>1.30</b>
Caractéristique menuiserie	Double vitrage bois peu performant	Double vitrage ALU Performant
Performance menuiserie $U_w$ (W/m <sup>2</sup> .K)	<b>2,4</b>	<b>1.30</b>

Voici un récapitulatif des conditions réglementaires :

Critère	CEE (BAT-EN-104)	RT existant
Performances thermique (Critère)	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$	$U_w \leq 1,9 \text{ W/m}^2.k$
	$Sw \leq 0,35$	
Performances thermique (Projet)	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.k$
	$Sw \leq 0,35$	

Il s'agit des performances thermiques avec protection solaire (stores extérieurs manuels).



#### 4.9.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Remplacement des menuiseries bois + ALU	
Energie économisée (kWh /an)		122 852	
Gain en énergie (%)		6,8%	
CO2 économisé (t CO2/an)		54,2	
Energie économisée (€/an)		8 680,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		1 080 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		4 896 853	
CEE négociables (€)		35 600,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	>30ans	39

## 4.10 REPLACEMENT LUMINAIRES EXISTANT PAR DU LED

### 4.10.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les économies à effectuer pour le décret tertiaire ne sont pas uniquement à réaliser sur les consommations de chauffage mais sur l'ensemble des énergies.

Actuellement les luminaires sont quasiment tous de type fluorescent. Il est donc envisagé de remplacer ces luminaires par des équivalent LED dans les bureaux, sanitaires et circulation.

**Dans les bureaux**, les luminaires seront remplacés en lieu et place par des LED 30 W (au lieu de 2x 18W actuellement). L'éclairage restera identique car les luminaires prévus ont de meilleur rendement lumineux. Les commandes d'éclairage seront conservées.

**Dans les circulations** le principe d'éclairage indirect (luminaire dans les corniches) sera modifié pour permettre un éclairage direct. Le rendement de l'éclairage sera donc supérieur ce qui permettra de diminuer la puissance installée. Des détecteurs de présence seront également mis en place dans chaque circulation pour réduire les temps de fonctionnement. Actuellement les circulations sont éclairées quasiment toute la journée car les commandes sont placées dans le PC sécurité.

**L'éclairage représente à l'heure actuelle plus de 28% des consommations électrique du bâtiment. C'est donc un point d'action non négligeable.**

Les exigences des CEE sur ce type de luminaire sont difficiles à respecter. Il est donc préférable financièrement de choisir des luminaires plus classiques et ne pas obtenir de CEE.

### 4.10.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Remplacement luminaires	
Energie économisée (kWh /an)		38 877	
Gain en énergie (%)		2,2%	
CO2 économisé (t CO2/an)		-16,1	
Energie économisée (€/an)		8 320,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		192 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		0	
CEE négociables (€)		0,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	24	16

La valeur d'économie d'énergie lié au remplacement des luminaires est réduite car l'abaissement de puissance d'éclairage engendre une surconsommation de chauffage.

**Le remplacement des luminaires représente environ 15,6 % d'économie d'énergie sur les consommations d'électricité seulement.**

## 4.11 MISE EN PLACE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUE

### 4.11.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Les toitures intérieures du bâtiment permettent la mise en place de panneaux solaire photovoltaïque. Ces panneaux ne seraient ainsi pas visibles depuis la rue.

Les toitures sont spacieuses mais comporte de nombreux lanterneaux, acrotères ou équipements. Il est donc difficile de placer de grandes surfaces de panneaux sur ces toitures. Certains masques (toitures adjacentes, édicules et équipements) limitent également la mise en place de panneau de manière pertinente.

Cependant, l'ensoleillement du site n'est pas perturbé par des ombrages par l'horizon.

La mise en place de photovoltaïque sur la toiture n'est pas idéale mais est nécessaire afin de satisfaire les exigences du décret tertiaire pour l'année 2050.

Dans le cadre du décret tertiaire, seule la part autoconsommée de l'électricité produite par l'installation est comptabilisable. Nous avons donc optimisé l'installation pour maximiser la part autoconsommation. La part d'énergie revendue seront valorisées financièrement mais pas dans le cadre du décret tertiaire.

Les toitures compatibles avec l'installation de photovoltaïque font environ 1170m<sup>2</sup>. Après analyse, nous proposons une surface de panneaux de 362m<sup>2</sup>. Il nous semble compliqué d'en mettre plus. Une illustration de l'implantation, des panneaux photovoltaïques sur la toiture est fournie en **annexe 6.3** :

Chaque panneau à une surface de 2m<sup>2</sup> et une puissance de 420Wc.

Voici un récapitulatif des conditions de calculs :

<b>Modules</b>	181 modules PV - 420Wc - 2m <sup>2</sup>
<b>Onduleur</b>	82kWc
<b>Orientation</b>	169° - Sud - Est
<b>Inclinaison</b>	10°
<b>Puissance DC Installée</b>	76.02 kWc
<b>Production d'énergie Annuelle</b>	67.01 MWh
<b>Autoconsommation</b>	63.66 MWh
<b>Revente</b>	3.35 MWh

D'après nos simulations, 63,66 MWh d'énergie photovoltaïque peuvent être autoconsommés par le bâtiment.

La part revendue représente environ 3.35MWh.

### 4.11.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		Photovoltaïque	
Energie économisée (kWh /an)		63 660	
Gain en énergie %		3,7%	
CO2 économisé (t CO2/an)		6,4	
Energie économisée (€/an)		8 140,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		140 000,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	18	13

## 4.12 AJOUT DE PAC POUR HYBRIDATION DE LA CHAUFFERIE GAZ

### 4.12.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX

Afin de diminuer les consommations en énergie finale il est envisagé de mettre en place quatre pompes à chaleur pour réaliser une hybridation des chaudières gaz. Ceci permettra également de réduire les couts énergétiques car le cout du gaz est supérieur au cout d'électricité avec le COP de la pompe à chaleur.

Une pompe à chaleur permet de restituer plus de puissance calorifique que de puissance électrique consommée. Donc 1 kWh électrique consommé permet de produire environ 3 kWh thermique.

Les PAC seraient implantées sur le toit du bâtiment et le chauffage serait réinjecté dans les réseaux existant distribuant les sous stations, les CTA et les radiateurs.

Les PAC seront utilisées jusqu'à une température de 0°C extérieur car leur rendement chute en-dessous. Cette installation permettra donc de réaliser le chauffage à la mi saison et le préchauffage lorsque les températures extérieures baissent. Les chaudières gaz prendront donc le relais en fonction des besoins.

Le plein hiver sera réalisé uniquement avec les chaudières pour garantir l'efficacité globale de l'installation.

L'installation des PAC n'est donc pas dimensionnée à 100% des déperditions mais correspondant aux déperditions par 0°C extérieur.

Ces travaux comprennent :

- Travaux préparatoires (mise en sécurité, installation du supportage en toiture ...),
- Réseaux de chauffage sur primaire chauffage repris dans la sous-station nord,
- Mise en place de 4 PAC de 85kW type 61AF de chez CARRIER,
- Travaux divers.

L'installation de pompes à chaleur en relève de chaudières hautes performances n'est pas éligible aux CEE.

### 4.12.2 GAIN ENERGETIQUE

Voici un récapitulatif des gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 :

Travaux envisagés		4 PAC air/eau	
Energie économisée (kWh /an)		501 213	
Gain en énergie (%)		27,9%	
CO2 économisé (t CO2/an)		336,2	
Energie économisée (€/an)		16 200,00 €	
Coût des travaux (€ HT)		243 000,00 €	
CEE négociables (kWh cumac)		0	
CEE négociables (€)		0,00 €	
Temps de retour brut	Temps de retour actualisé (5%/an)	15	12

## **4.13 DESEMBOUAGES DES RESEAUX**

### **4.13.1 DESCRIPTIF DES TRAVAUX**

Les réseaux de distribution de chauffage peuvent être fortement emboués à cause de la stagnation de l'eau dans ces réseaux. Il peut donc y avoir une création de dépôt dans les réseaux et les radiateurs.

Une première solution consiste à mettre en place un désemboueur de type drag'eau à effet vortex pour permettre le traitement curatif et préventif par la suite. Ces travaux sont prévus dans l'opération de rénovation de chaufferie de 2022.

Le désemboueur prévu permet d'éliminer les boues petit à petit. Cet équipement reste en place sur les réseaux pour continuer le traitement sans aucun ajout de produit chimique.

Si jamais les radiateurs sont vraiment très emboués il faudrait procéder au nettoyage de chaque radiateur.

Une installation désembouée sera plus efficace et permettra d'avoir une meilleure répartition du chauffage dans le bâtiment.

### **4.13.2 GAIN ENERGETIQUE**

Il n'est pas possible de quantifier un gain énergétique engendré par cette solution. Cependant, elle est proposée pour l'entretien et garantir l'état des réseaux.



## 5 SYNTHESE

### 5.1 PRIORISATION DES INVESTISSEMENTS

Voici un récapitulatif de toutes les simulations proposées avec les gains énergétiques (GAZ + ELEC) par rapport à la simulation projetée de 2023 à 19°C.

Priorité	Désignation	Investissement € TTC	Gain énergie finale % Part rapport à 2023	Economie € TTC/an	Temps de retour brut	Temps de retour actualisé 5%
1	Isolation Combles + PH hall	254 000 €	8,1%	10 340 €/an	24 ans	16 ans
1	PAC hybride chauffage	243 000 €	27,9%	16 200 €/an	15 ans	12 ans
1	Remplacement menuiseries bois	246 000 €	2,6%	3 250 €/an	>30ans	31 ans
1	Remplacement des luminaires	192 000 €	2,2%	8 320 €/an	24 ans	16 ans
2	Isolation Murs	432 000 €	2,6%	3 330 €/an	>30ans	36 ans
2	Remplacement menuiseries aluminium	834 000 €	4,3%	5 420 €/an	>30ans	43 ans
2	Isolation toitures terrasses	202 000 €	2,1%	2 680 €/an	> 30 ans	31 ans
2	Photovoltaïque	140 000 €	3,5%	8 140 €/an	18 ans	13 ans
3	Isolation des rampants de toiture	90 000 €	0,5%	9 266 €/an	> 30 ans	41 ans

Afin de respecter les exigences au décret tertiaire, nous devons atteindre des économies d'énergies par rapport à l'année de référence. Voici un récapitulatif des objectifs suivants :

- 40% d'économie d'énergie pour 2030
- 50% d'économie d'énergie pour 2040
- 60% d'économie d'énergie pour 2050

Dans la suite du document, une combinaison des solutions précédemment énoncées sera réalisée pour permettre de respecter les différents échelons et les gains demandés.

## 5.2 SCENARIOS

Dans le cadre d'un audit énergétique, plusieurs scénarios vont être proposés pour réduire les consommations d'énergie globales.

Le décret tertiaire est exprimé en énergie final. Nous ferons un parallèle en énergie primaire, permettant de comparer des bâtiments réglementaires.

Tous nos scénarios sont effectués en baissant la consigne de chauffage à 19°C.

**Le scénario 1 (2030)** permet de générer une économie de 40.9 % sur la quantité d'énergie finale. Il engendre un confort supplémentaire pour les utilisateurs grâce à la mise en place de pompes à chaleurs avec régulation prioritaire sur la chaufferie. Il consiste à :

- Isolation combles et toiture hall,
- Mise en place de pompes à chaleurs air/eau en toiture

La réalisation de ces travaux permet de réaliser des économies sur le chauffage de manière la plus rentable. Ces travaux devront être réalisés avant 2030 pour être conforme au décret tertiaire.

**Le scénario 2 (2040)** permet d'obtenir 50.5 % d'économies d'énergies finales, en réalisant :

- Scénario 1
- Isolation toitures terrasses
- Isolation murs par l'intérieur
- Remplacement des menuiseries
- Remplacement des luminaires en LED

Ce scénario permet d'obtenir l'objectif de 50% pour 2040 à condition que la consommation électrique non quantifiable dans notre étude (bureautique...) ne dépasse pas celle de 2021.

Ces travaux devront être réalisés avant 2040 pour être conforme au décret tertiaire.

**Le scénario 3 (2050)** permet d'avoir 60,0 % d'économies d'énergie finale. Ce scénario reprend toutes les modifications permettant de réaliser des économies d'énergies et d'améliorer le confort des usagers. Ce scénario inclus :

- Scénario 2
- Isolation des rampants
- Mise en place de photovoltaïque en toiture

Toutes ces modifications entraînent un coût de mise en place élevé, mais permet de réaliser des économies d'énergie et l'amélioration du confort.

Dans ce scénario la part fixe de consommation d'électricité (ordinateur, prise électrique, ascenseur) doit être réduite de 45% pour obtenir les résultats requis en 2050. Il faudra donc que les utilisateurs soient vigilants pour obtenir les objectifs de sobriété énergétique.

Ces travaux devront être réalisés avant 2050 pour être conforme au décret tertiaire.

Le bâtiment existant est déjà isolé, ce qui explique que les objectifs sont plus difficiles à atteindre. Le scénario 1 doit être réalisé avant 2030, ce qui implique un investissement conséquent à réaliser rapidement. Le gain de consommation est donc fatalement réduit.

Dans l'ensemble, il y a des améliorations à prévoir sur ce bâtiment, mais les temps de retour sur investissement sont tout de même conséquents. Les écarts de performances ne sont pas suffisamment importants pour permettre des investissements rentables très rapidement.

Malgré tout, certains investissements sont inévitables dans la vie du bâtiment (réfection d'étanchéité de toiture par exemple). Les menuiseries extérieures ALU sont actuellement correctes mais en 2040, elles auront plus de 35ans et seront en fin de vie. Il paraît donc inévitable de procéder à leur remplacement.

Nos propositions de rénovations ont suivi cette logique de remplacement quand les éléments sont en fin de vie.

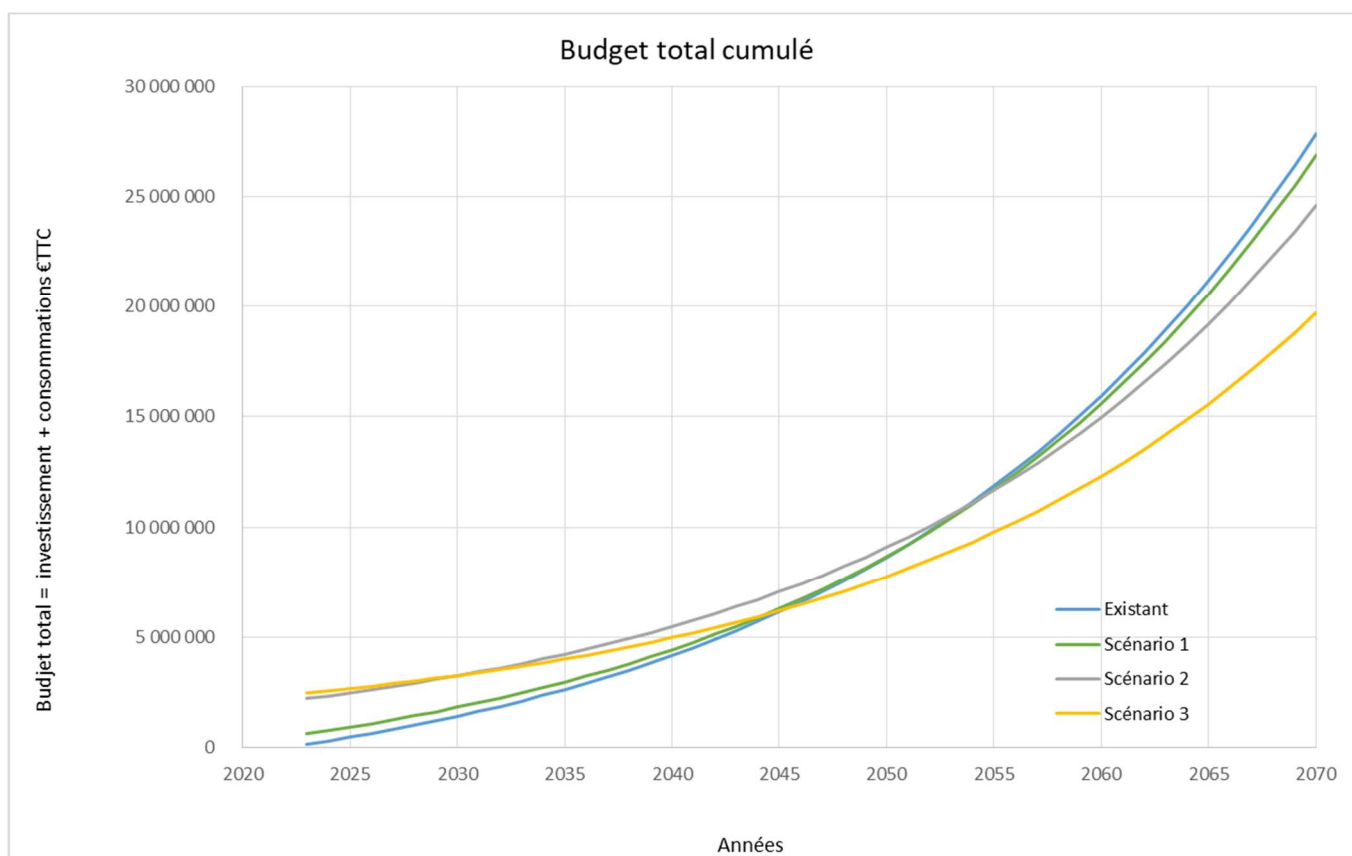
Malgré tout, dans chaque proposition de cet audit, il y a une amélioration permettant de rentabiliser l'investissement tout en pérennisant les ouvrages.

D'ici 2050, il n'est pas à exclure qu'un réseau de chaleur urbain puisse desservir le bâtiment. Cela diminuera les consommations d'énergies du bâtiment et permettra certainement d'atteindre les objectifs de 2050 sans effectuer tous les travaux préconisés dans cet audit.

Voici le tableau récapitulatif des différents scénarios :

Scénarios	Travaux concernés	Ratio énergie finale GAZ + ELEC	Ratio énergie primaire GAZ + ELEC	Ratio émission GES GAZ + ELEC	Gain du projet en énergie finale GAZ + ELEC	Energie économisée €TTC/an GAZ + ELEC	Coût des travaux avec rachat CEE € TTC	Gain du projet en GES	Economie en tonnes CO2/an	Emission en tonnes CO2/an
EDL 2012	- Etat des lieux année de référence 2012.	215 kWhEF/m <sup>2</sup>	327 kWhEP/m <sup>2</sup>	71 kgéqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	703
	Conclusion	La performance actuelle du bâtiment est correcte. Le bâtiment reste cependant consommateur à cause des grands volumes et de la forte utilisation des locaux. Le ratio de consommation d'énergie surfacique est donc important. Les économies d'énergies seront donc difficiles.								
EDL 2023	- Etat projeté fin 2023 à 19°C - Compris rénovation chaufferie et CTA	203 kWhEF/m <sup>2</sup>	281 kWhEP/m <sup>2</sup>	59 kgéqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	15,6%	18 150 €	200 400 €	18,0%	121	582
	Conclusion	Le bâtiment projeté dans son état de fin 2023 avec une température intérieure de 19°C permet d'obtenir près de 18% de gain d'énergie par rapport à l'année de référence. Ceci est due aux travaux réalisés et à l'abaissement de la température ambiante.								
1	- Isolation combles et toiture hall - PAC hybride chauffage	127 kWhEF/m <sup>2</sup>	271 kWhEP/m <sup>2</sup>	25 kgéqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	40,9%	49 950 €	482 700 €	64,9%	454	249
	Conclusion	Scénario permettant d'atteindre les 40% d'économie mais <b>non conforme</b> à la <u>valeur absolue de 102,76kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>/an</u> (calcul présenté à la page suivante)  Les travaux permettant de réaliser le plus d'économies d'énergies. A prioriser pour réaliser des économies de chauffage, améliorer le confort, pérenniser le site et tout en réalisant l'entretien du bâtiment.								
2	- Scénario 1 - Remplacement des menuiseries - Isolation Murs - Remplacement des luminaires	107 kWhEF/m <sup>2</sup>	233 kWhEP/m <sup>2</sup>	20 kgéqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	50,5%	82 100 €	2 240 900 €	72,4%	507	196
	Conclusion	Travaux permettant d'atteindre les 50% d'économie. Les travaux prévus augmentent considérablement le coût travaux. Malheureusement ces travaux sont nécessaires pour obtenir les objectifs. Certains travaux semblent inévitables en 2050. Par exemple le remplacement de toutes les menuiseries sera nécessaire car elles seront en fin de vie (plus de 35ans). L'entretien du bâtiment permettra également de réaliser des économies d'énergies car les performances seront améliorées. Il est à noter qu'aucune modification sur la part fixe d'électricité n'a été réalisée.								
3	- Scénario 2 - Isolation des rampants de toiture - Mise en place de photovoltaïque - Réduction de 45% des consommations de la part fixe.	86 kWhEF/m <sup>2</sup>	198 kWhEP/m <sup>2</sup>	18 kgéqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	60,0%	82 400 €	2 380 900 €	74,6%	522	180
	Conclusion	Voici le scénario permettant de réaliser le plus d'économies d'énergie. Le scénario permet d'atteindre les 60% d'économie à la seule condition que la part fixe d'électricité soit réduite de 45%. Le bâtiment initial est isolé, ce qui augmente la difficulté pour atteindre les objectifs uniquement en isolant l'enveloppe.								

Voici l'évolution du budget global en fonction des différents scénarios :



Le prix de l'énergie a été actualisé (5%/an) pour représenter au mieux la hausse probable causée par l'inflation et la croissance de la demande.

A chaque croisement entre la courbe « Existant » et de chaque scénario, on retrouve le temps de retour sur investissement.



### 5.3 VALEUR ABSOLUE

Le décret tertiaire propose également un volet sur les valeurs absolues.

Les textes de référence sont les suivants :

- Arrêté du 24 novembre 2020 modifiant l'arrêté du 29 septembre 2021 modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire (dit arrêté « Valeurs absolues I »)
- Arrêté du 13 avril 2022 modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire (dit arrêté « Valeurs absolues II »)

A ce jour, les textes ne proposent qu'une valeur absolue pour l'**objectif 2030**.

Les hypothèses de calculs retenues sont les suivantes :

- Sous-catégorie : Bureaux standards (cloisonnés – attribués)
- Zone géographique : H1c – 400 à 800m
- Semaines travaillées : 52s
- Jours travaillés : 5j
- Plage horaire de présence : 13h
- Surface Utile : 9891m<sup>2</sup>
- Poste de travail : 300 occupants

Pour le palais de justice de saint Etienne, le résultat obtenu est de 102.76 kWhEF/m<sup>2</sup>/an.

Comme indiqué dans le tableau récapitulatif de scénarios, la valeur absolue n'est pas atteinte en 2030 (valeurs de 123 kWhEF/m<sup>2</sup>/an). Il faut donc réaliser les 30% d'économies d'énergie demandées.

En conclusion, le bâtiment reste consommateur (car il y a de grandes hauteurs, une grande utilisation) mais la performance actuelle est correcte. Il est donc difficile d'obtenir des gains énergétiques conséquents. Les valeurs absolues sont également difficiles à obtenir car les consommations du bâtiment sont importantes.

## 5.4 RECOMMANDATIONS DE SOBRIETE ENERGETIQUE POUR LES UTILISATEURS

La réduction des consommations imposée par le décret tertiaire passe tout d'abord par une bonne gestion et utilisation du bâtiment. Il n'est parfois pas nécessaire de réaliser des travaux coûteux pour obtenir des gains énergétiques. Des actions simples et modestes à petites échelles, permettent des économies d'énergies importantes.

➤ Chauffage :

- Abaisser la température d'un degré fait économiser 3% de consommation.
- Fermer le robinet thermostatiques des bureaux non occupés et lors des périodes d'absence.
- Une bonne gestion des plages de fonctionnement permet d'optimiser les consommations sans investissement.
- Eviter les objets (meubles, rideaux...) devant les radiateurs.
- Procéder à un réduit de température 2°C environ la nuit et le weekend sans couper le chauffage.

➤ Climatisation :

- Nous conseillons une consigne à 25°C.
- Procéder à un réduit de température 2°C environ la nuit et le weekend sans couper la climatisation.

➤ Eclairage :

- Eteindre en quittant une pièce.
- La mise en place de détecteur de présences sur les luminaires de circulations permet de réduire considérablement le temps de fonctionnement au minimum nécessaire.
- Ouvrir les stores pour l'éclairage naturel (s'il n'est pas trop important).

➤ Confort :

- Gérer les apports solaires avec les volets extérieurs (ouverts en hiver, fermés en été).
- Ouvrir les fenêtres en période estivale, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure.

## **5.5 VIGILANCE D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE**

La régulation de chauffage devra être suivie au mieux en fonction des besoins à l'aide de la GTC. Les températures de consigne ne doivent pas être modifiées de manière déraisonnable.

Réaliser une bonne gestion de la température des bureaux et salles d'audience en fonction de l'occupation et de l'inoccupation.

Toute la régulation de température des CTA devra se faire via la GTC en fonction de l'occupation des locaux.

Dans l'avenir le hall sera isolé afin de limiter les pertes thermiques. Le SAS d'entrée actuel induit de fortes pertes thermiques à cause des courants d'air que celui-ci crée lorsque les portes sont ouvertes dans le même temps. La mise en place d'un nouveau SAS d'entrée rotatif permettra de limiter ces pertes de chaleur en rendant impossible les courants d'air.

Une nouvelle gestion d'éclairage peut être mise en place pour optimiser le temps de fonctionnement. Cela passe par l'installation de détecteur de mouvement dans les circulations ou de minuterie.

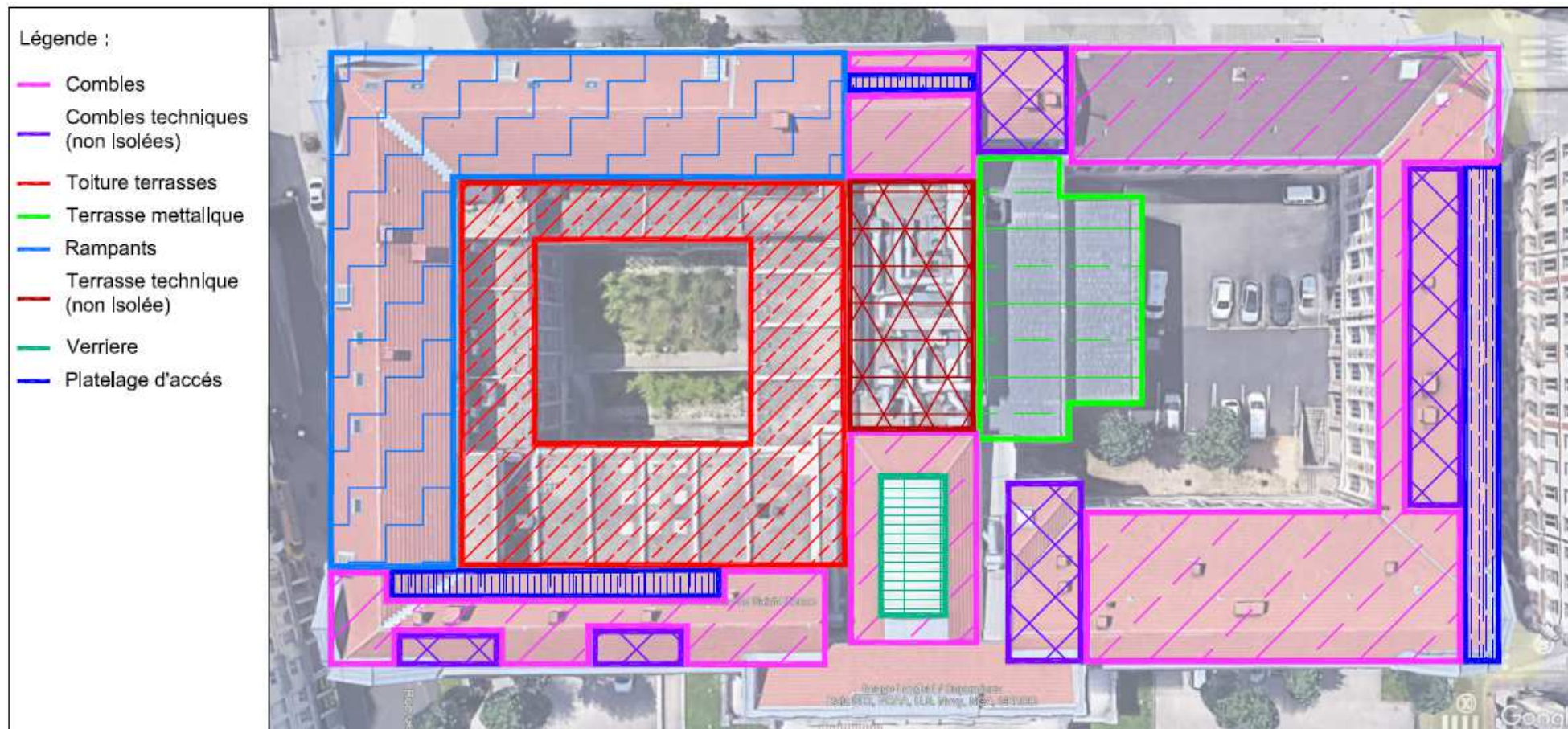
Le remplacement des luminaires actuels devra être réalisé par des type LED.

Afin de mieux identifier les différents postes consommateurs d'énergies du bâtiment, des compteurs d'énergie électrique sectorisés ou individuels devront être mis en place (éclairage, prise de courant, CTA, ECS...)

Durant l'exploitation du site et la saisie sur la plateforme OPERAT, il faudra être vigilant à bien déduire les consommations électriques des bornes de recharge électrique.

## 6 Annexes

### 6.1 PLANS DE REPERAGES TOITURE

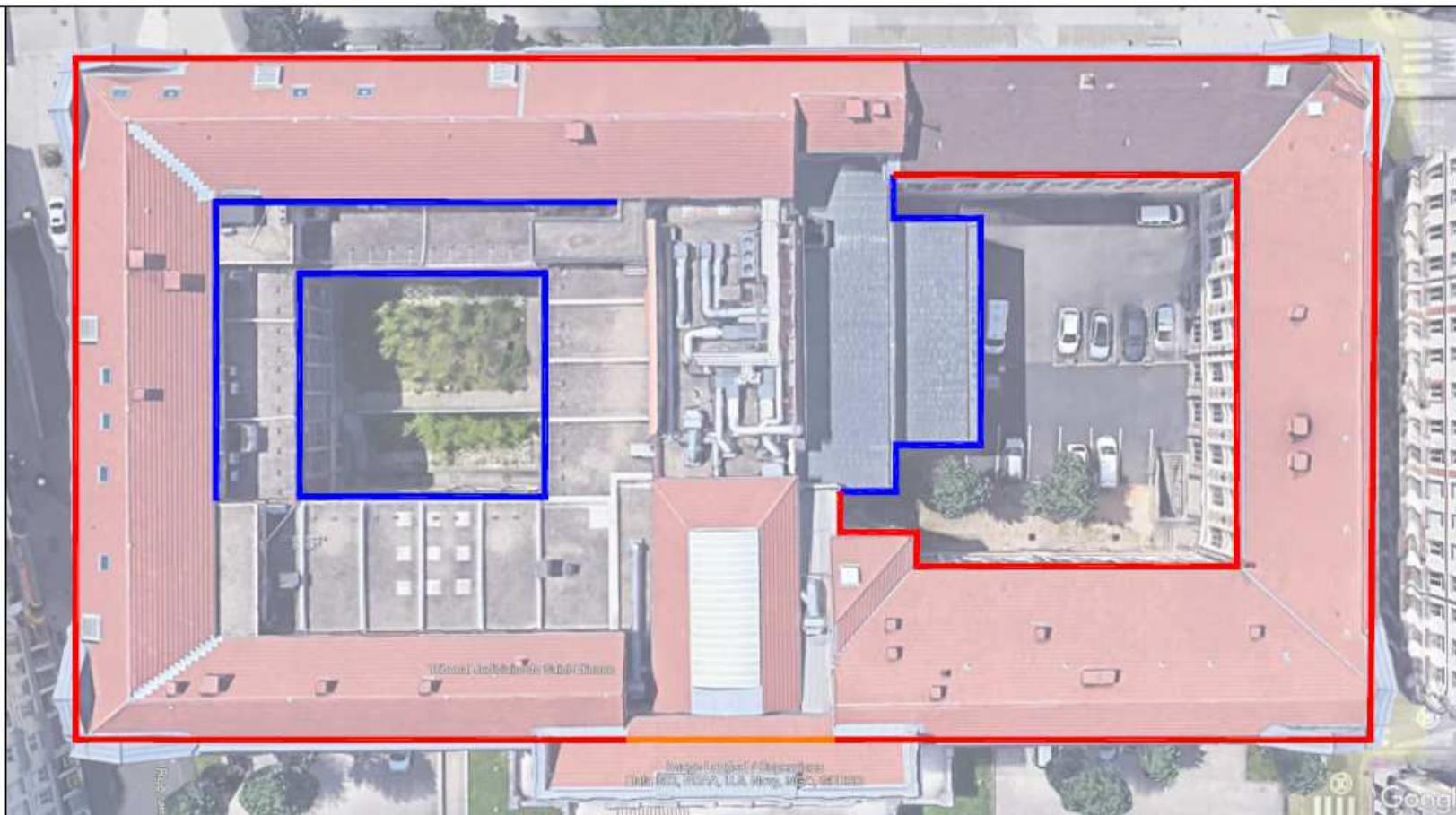




## 6.2 PLANS DE REPERAGES MURS

Légende :

- Murs pierre isolé
- Murs béton isolé
- Murs pierre non isolé





### 6.3 PLANS DE REPERAGES PHOTOVOLTAÏQUE

