

DIAGNOSTIC ENERGETIQUE DU TRIBUNAL JUDICIAIRE DE DRAGUIGNAN



MAITRE D'OUVRAGE/

MINISTERE DE LA JUSTICE – SERVICE DE L'IMMOBILIER MINISTERIEL

350 AVENUE DU CLUB HIPPIQUE 13096 AIX-EN-PROVENCE

T/ 04 42 91 30 73 – M/ brayan.cieniawski@justice.gouv.fr

T/ 04 42 91 30 77 – M/ virginie.barberis@justice.gouv.fr

BUREAUX D'ETUDES/

AMOEES AGENCE REGION PACA

23 RUE DES PHOCEENS 13002 MARSEILLE

T/ 01 41 32 22 11 – M/ virginie.melique@amoes.com

T/ 01 41 32 22 11 – M/ olivier.davidau@amoes.com

JOVAL CONSEIL

23 RUE DES PHOCEENS 13002 MARSEILLE

T/ 06 41 98 74 74 – M/ SV@JOVAL-CONSEIL.FR

ARTEC 64

1120 ROUTE DE GEMENOS 13400 AUBAGNE

T/ 04.42 73 78 65- M/ CONTACT@ARTEC64.COM

SOMMAIRE

Introduction 5

Diagnostic technique de l'existant 6

Données d'entrée7

Surfaces du projet7

Analyse documentaire clos et couvert.....8

Rapport akila.....8

Menuiseries extérieures.....8

DOE travaux mineurs d'étanchéité8

Audit Bureau Véritas.....8

Analyse technique par corps d'état9

Clos couvert – Structure9

Fluides – chauffage et froid19

Plomberie.....23

Fluides – ventilation23

Eclairage26

Parc informatique.....28

Compte rendu des échanges avec les usagers 30

Échanges avec les services techniques30

Échanges avec les usagers.....30

Analyse des consommations de l'existant 32

Consommations réelles d'électricité et de gaz de 2018 à 202132

Simulation thermique dynamique 33

Hypothèses de modélisation33

Environnement du bâtiment.....33

Données climatiques35

Enveloppe35

Apports internes 36

Systèmes 38

RESULTATS..... 40

Déperditions 40

Apports..... 41

Besoins de chaleur 41

Besoins de froid 42

Calcul des consommations de l'existant 43

Données connues du bâtiment et hypothèses de calculs 43

Chauffage – ECS – Froid..... 43

Auxiliaires de chauffage – ventilation – autres systèmes 44

Autres consommations (Éclairage – Bureautique – Ascenseurs) .. 44

Résultats STD..... 45

Résultats : répartition de la consommation du tribunal judiciaire 45

Résultats 46

Analyse du confort d'été 48

Conclusion 49

Proposition de solutions de réhabilitation énergétique..... 50

Préambule 51

Détermination des scénarios de travaux 51

Décret éco énergie tertiaire 51

Préconisations de travaux 52

Préconisation 1a : Isolation des façades par l'intérieur 53

Préconisation 1b : Isolation des façades mixte par l'intérieur et par
l'extérieur 54

Préconisation 2 : Isolation des planchers bas 56

Préconisation 3 : Isolation des toitures 57

Préconisation 4 : Reprise des joints périphériques des menuiseries58

Préconisation 5 : Amélioration de l'éclairage..... 59

Préconisation 6 : Régulation des consignes.....	59
Préconisation 7a : Ventilation simple flux	60
Préconisation 7b : Ventilation double flux.....	61
Préconisation 8 : Bureautique	62
Préconisation 9a : Mise en œuvre d'une PAC aérothermique	63
Préconisation 9b : Mise en œuvre d'une PAC géothermique	64
Préconisation 9c : Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse	66
Préconisation 10 : Mise en œuvre de panneaux photovoltaïques ..	68
Préconisation 11 : Travaux hors rénovation énergétique	72
Scénarios de travaux.....	73
Calculs de consommations, gains énergétiques, coûts de travaux et temps de retour sur investissement	76
Synthèse des résultats	77
RESULTATS EN GRAPHIQUE DE L'ETUDE EN COÛT GLOBAL SUR 25 ANS	79
Comparaison des émissions de CO2 tous postes confondus	80
.....	80
Etudes de sensibilité	81
Confort d'été et besoins de froid	82
Impact des travaux sur les besoins de froid	82
Analyse et préconisations	82
Planning.....	83

INTRODUCTION

Le Tribunal Judiciaire de Draguignan est un bâtiment remarquable conçu par l'architecte Yves Lion et construit en 1983.

Le bâtiment, situé au cœur de la ville, s'étend sur une surface de plancher SDP de 9500 m² et se compose de 4 niveaux de locaux d'activité (du RDC au R+3) et de 2 niveaux de sous-sol. L'ossature est en béton armé avec des façades en béton brut et des parois peu isolées. Le bâtiment est peu performant d'un point de vue énergétique et souffre de problèmes d'étanchéité récurrents.

Afin de répondre aux exigences de réduction des consommations d'énergie finale fixées par le décret tertiaire auquel le bâtiment est soumis, la maîtrise d'ouvrage souhaite réaliser un diagnostic énergétique du bâtiment afin de :

- Connaître le comportement et le confort thermique du bâtiment
- Identifier les éventuelles pathologies et problèmes du bâti
- Etablir des scénarios de rénovation globale permettant d'améliorer la performance énergétique du bâtiment tout en prenant en compte les pathologies du bâti

Le diagnostic est composé de trois phases successives, donc les deux premières sont présentées dans le présent document. L'objectif de chaque phase est rappelé ci-dessous :

- **Phase 1** : Diagnostic technique de l'existant

Cette première phase consiste à réaliser un diagnostic technique du bâtiment existant, par corps d'état, sur la base des documents nous ayant été transmis et de visites sur site. De plus, les usagers du site ont été interrogés afin de cerner au mieux les conditions d'occupation et de fonctionnement du bâtiment dans le but de les retranscrire de façon optimale en phase 2.

- **Phase 2** : Simulation Thermique Dynamique et calcul des consommations de l'existant

L'objectif de cette phase est de réaliser une Simulation Thermique Dynamique (STD) de l'état existant du bâtiment. Sur la base des besoins de

chaud et de froid calculés grâce à la STD, les consommations de gaz et d'électricité théoriques du bâtiment sont calculées et sont confrontées aux consommations réelles issues des relevés de compteur. Cette phase permet d'ajuster le modèle pour qu'il soit le plus représentatif possible de la réalité, en vue de la phase 3.

- **Phase 3** : Etude de trois scénarios de travaux de réhabilitation

La troisième phase consiste à étudier des scénarios de travaux permettant d'atteindre des performances énergétiques plus ou moins élevées, d'évaluer leur impact énergétique et environnemental, leur coût et le temps de retour sur investissement.

DIAGNOSTIC TECHNIQUE DE L'EXISTANT

DONNEES D'ENTREE

Les données d'entrée suivantes nous ont été transmises :

- Présentation réunion de lancement

PLANS, COUPES, SURFACES

- Plans tous niveaux, élévations, coupe
- Tableau des surfaces
- Plans de chauffage d'origine

AUDITS ET DIAGNOSTICS

- Audit technique et énergétique – Bureau Véritas (2010)
- Diagnostic structure – AKILA Ingénierie (2021)
- Rapport amiante – BRED (2013)

DOE DIVERS

- DOE Banque d'accueil (2016)
- DOE Climatisation (2013)
- DOE Travaux 2016 et RVRAT – SOCOTEC (2016)
- DOE Menuiseries extérieures (2016)

ETANCHEITE

- Rapport sur l'étanchéité – PACA Renov (2014)
- Coupe étanchéité
- Devis de travaux d'étanchéité (2016)

INVENTAIRES DE L'EXPLOITANT

- Liste climatiseurs individuels et +12kW
- Relevé opérations de maintenance sur UI
- Extracteurs
- BAES

CONSOUMMATIONS ET FACTURES

- Factures d'électricité

- Factures de gaz
- Consommations annuelles et mensuelle gaz et électricité
- Factures d'eau

AUTRES

- Contrats d'exploitation
- Parc informatique
- Planning d'occupation des salles en 2021
- Schémas tableaux électriques
- Scénarios d'extension – Athegram (2004)
- FT chaudières et brûleurs

Les données d'entrée suivantes ne nous ont pas été transmises :

- DOE des façades
- DOE des travaux d'étanchéité de 2004
- DOE des travaux d'étanchéité de 2010
- RFCT – rapports finaux de contrôle technique

SURFACES DU PROJET

Le tableau de surfaces de plancher permet d'apprécier l'étendue du bâtiment et la répartition des surfaces par étage. La surface utile brute correspond à la surface de plancher de laquelle sont déduits les éléments structuraux (poteaux, circulations verticales, gaines techniques etc.) et les locaux techniques liés au fonctionnement global du bâtiment (chauffage, ventilation, TBG etc.).

Etage	Surface de plancher	Surface utile brute
Sous-sol	707.92 m ²	615.36 m ²
RDC	3078.18 m ²	2728.60 m ²
R+1	2228.74 m ²	1426.31 m ²
R+2	2729.59 m ²	2132.38 m ²
R+3	720.58 m ²	708.17 m ²
TOTAL	9465.01 m ²	7610.82 m ²

TABEAU 1 TABLEAU DE SURFACES

ANALYSE DOCUMENTAIRE CLOS ET COUVERT

RAPPORT AKILA

Le diagnostic du BET AKILA n°2021_01_197 du 19/07/2021 consiste en l'établissement du carnet de santé du bâtiment. Réalisé en 2021. Nous rappelons ci-dessous en synthèse les éléments examinés qui rentrent dans le cadre de notre mission portant sur l'analyse de l'état du clos couvert.

	Repérage - éléments concernés	Type	Origine estimée	Degré de gravité	Délai
1	Partie haute des façades cour d'entrée	Corrosion des aciers épaufures de béton	Exposition enrobage insuffisant	2	3 – risque de chute
2	Coursive 1 er étage - JD et étanchéité toiture terrasse	Infiltration	Malfaçon réalisation JD	2	2
3	Coursive 1 er étage - étanchéité	Vétusté	Durée de vie	2	1
4	2eme étage poutre et voile en BA	Fissure	Malfaçon	2	1
5	Terrasse 2 eme étage - étanchéité	Infiltration	Vétusté	2	2
6	Façade 2 eme étage	Corrosion des aciers épaufures de béton	Exposition enrobage insuffisant	2	3
7	3 eme étage - mur escalier	Humidité	Malfaçon étanchéité	2	2
8	Plancher haut 3 em étage	Fissure dans dalle	Détérioration des appuis	2	2
9	Voile 3 eme étage	Éclatement béton	Infiltration d'eau	2	2
10	Toiture terrasse - étanchéité et isolant	Vétusté	Durée de vie ép. d'isolant insuffisante absence d'isolant	2	3

Échelle gravité:

3 Réfection généralisée

2 Reprise ponctuelle

1 maintenance

Échelle délai :

3 Sans délai - urgent

2 Inférieur à 2 ans

1 Inférieur à 4 ans

Pour information, nous précisons par la suite dans nos « fiches désordres » établies si l'élément concerné a été identifié dans le rapport AKILA.

MENUISERIES EXTERIEURES

Concernant le dossier technique des menuiseries extérieures, le point de vigilance porte sur les calfeutrements entre les bâtis support existant et les nouvelles menuiseries mises en œuvre. D'après les propos recueillis auprès de M ONOLFO, certaines infiltrations sont apparues à la suite de travaux au niveau des châssis (cf fiche n°27). L'étanchéité à l'air et à l'eau ne serait pas assurée.

Un recensement exhaustif des fuites et infiltrations au droit des menuiseries extérieures par l'équipe technique du tribunal serait judicieux pour cibler et traiter les points singuliers repérés.

DOE TRAVAUX MINEURS D'ETANCHEITE

L'analyse des devis et lettres de commandes fournis nous indiquent les ouvrages traités ponctuellement sans localiser précisément les zones concernées. En outre, nous constatons lors de la visite que certaines zones à priori traités en extérieur au niveau de l'étanchéité n'auraient pas été traités coté intérieur pour réparer les désordres visibles type salpêtre, cloquage de la peinture et traces d'humidité. Il a été ainsi difficile de juger si, au vu des constats réalisés depuis l'intérieur du Tribunal, l'étanchéité reprise assurait de nouveau sa fonction. Aussi, nous préconisons également un recensement exhaustif des fuites et infiltrations par l'équipe technique du tribunal pour cibler et traiter les fuites persistantes.

AUDIT BUREAU VERITAS

Enfin, le rapport de Bureau VERITAS de 2010 est ancien. Beaucoup d'interventions et travaux sur le clos couvert ont eu lieu depuis. Son analyse n'appelle pas d'observations de notre part.

ANALYSE TECHNIQUE PAR CORPS D'ETAT

CLOS COUVERT – STRUCTURE

CADRAGE DE L'ETUDE

Cette partie de l'audit porte sur les éléments suivants, et de façon plus générale sur tous les ouvrages exposés aux intempéries :

- Couverture
- Structures
- Façades
- Menuiseries extérieures

Le diagnostic porte sur les parties d'ouvrages visibles et accessibles le jour de notre visite (réalisée le 13/07/22), sans nettoyage, ni démontage, ni sondages particuliers.

En conséquence, l'absence de dégradation apparente ne saurait préjuger de la qualité intrinsèque des ouvrages.

METHODOLOGIE

Nous proposons une « fiche désordre » par élément précisant à chaque fois : le repérage, le désordre constaté, les conséquences, l'origine probable et enfin une partie commentaires comprenant la cotation de la gravité accompagnés par nos préconisations sommaires. Les fiches désordres sont annexées au rapport.

Afin de faciliter la lecture et le repérage des désordres, nous avons positionné sur chaque plan de niveau, le numéro de la fiche désordre accompagné de son code couleur vis-à-vis de la cotation de la gravité.

Cotation 1	Désordre sans gravité, sans incidence immédiate, travaux de maintenance
Cotation 2	Désordre préjudiciable au clos couvert, nécessite des travaux de réparation spécifique
Cotation 3	Désordre nécessitant des travaux ou un examen approfondi à court terme car la structure, le clos couvert ou la sécurité sont menacés

Pour information, certains désordres sont repérés en gris : Ils informent soit d'un risque pour les personnes sans lien avec le clos couvert (fiche n°16) soit d'une observation en lien avec la structure du bâtiment à surveiller (fiches n°20 et 21)

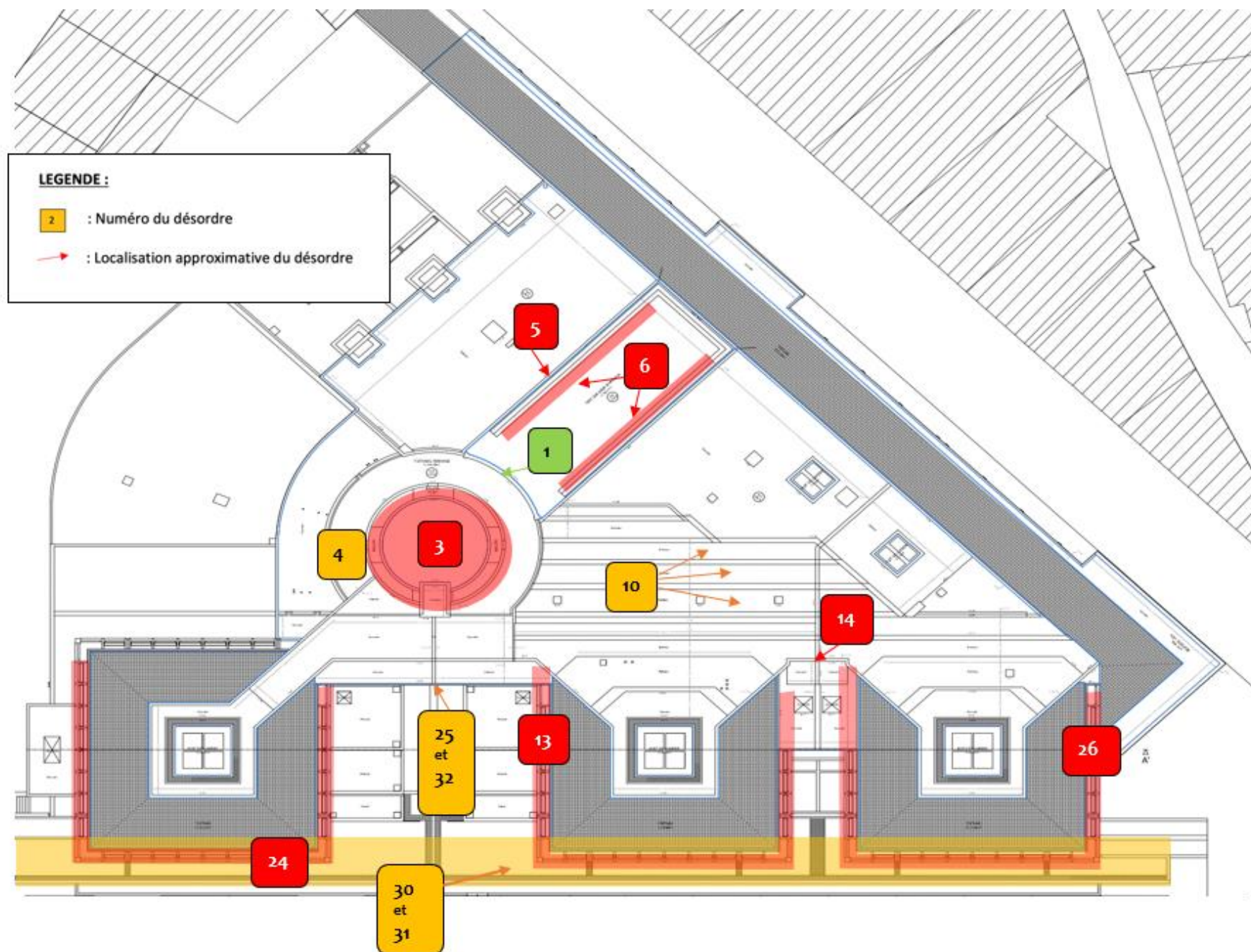


FIGURE 1 REPERAGE DES DESORDRES EN TOITURE ET FAÇADE

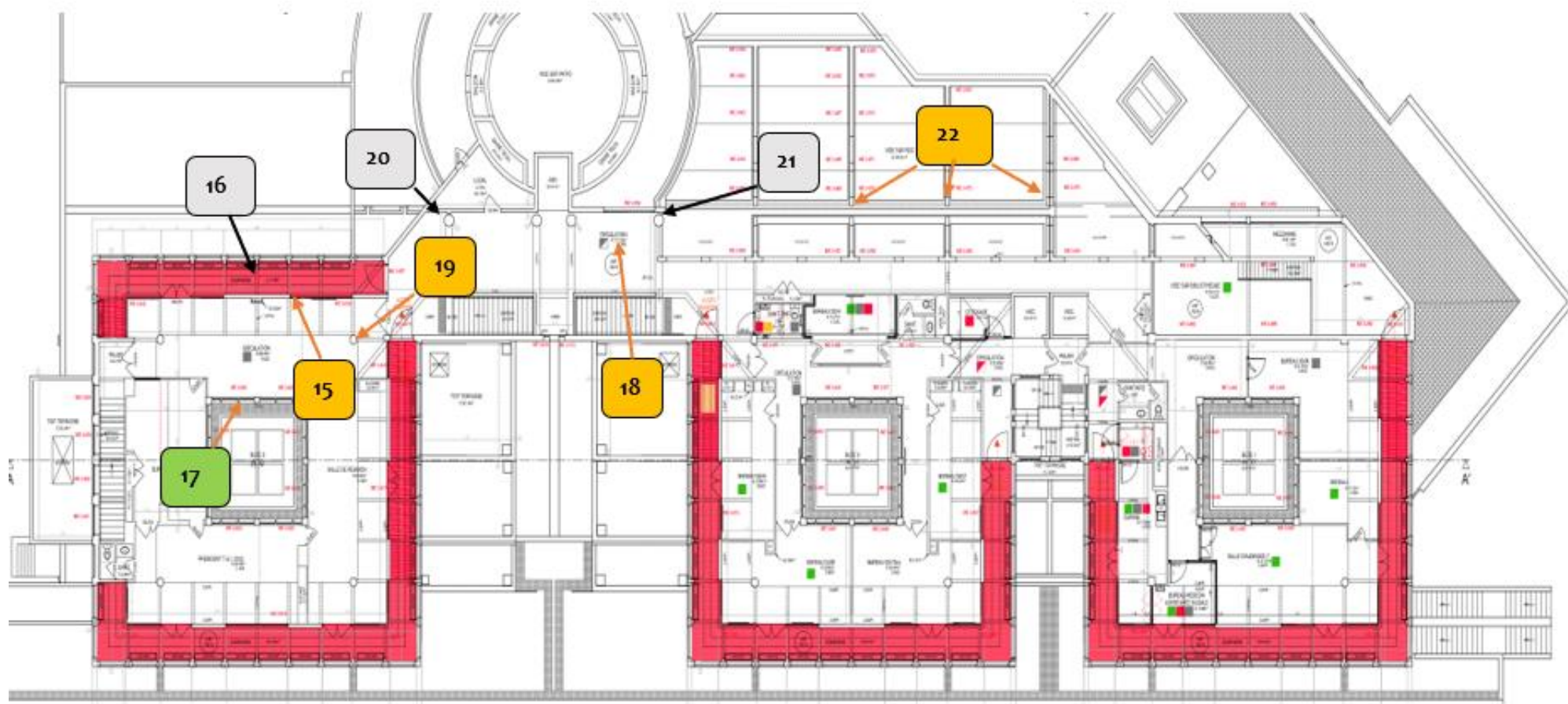


FIGURE 2 REPERAGE DES DESORDRES - 3EME ETAGE



FIGURE 3 REPERAGE DES DESORDRES - 2EME ETAGE

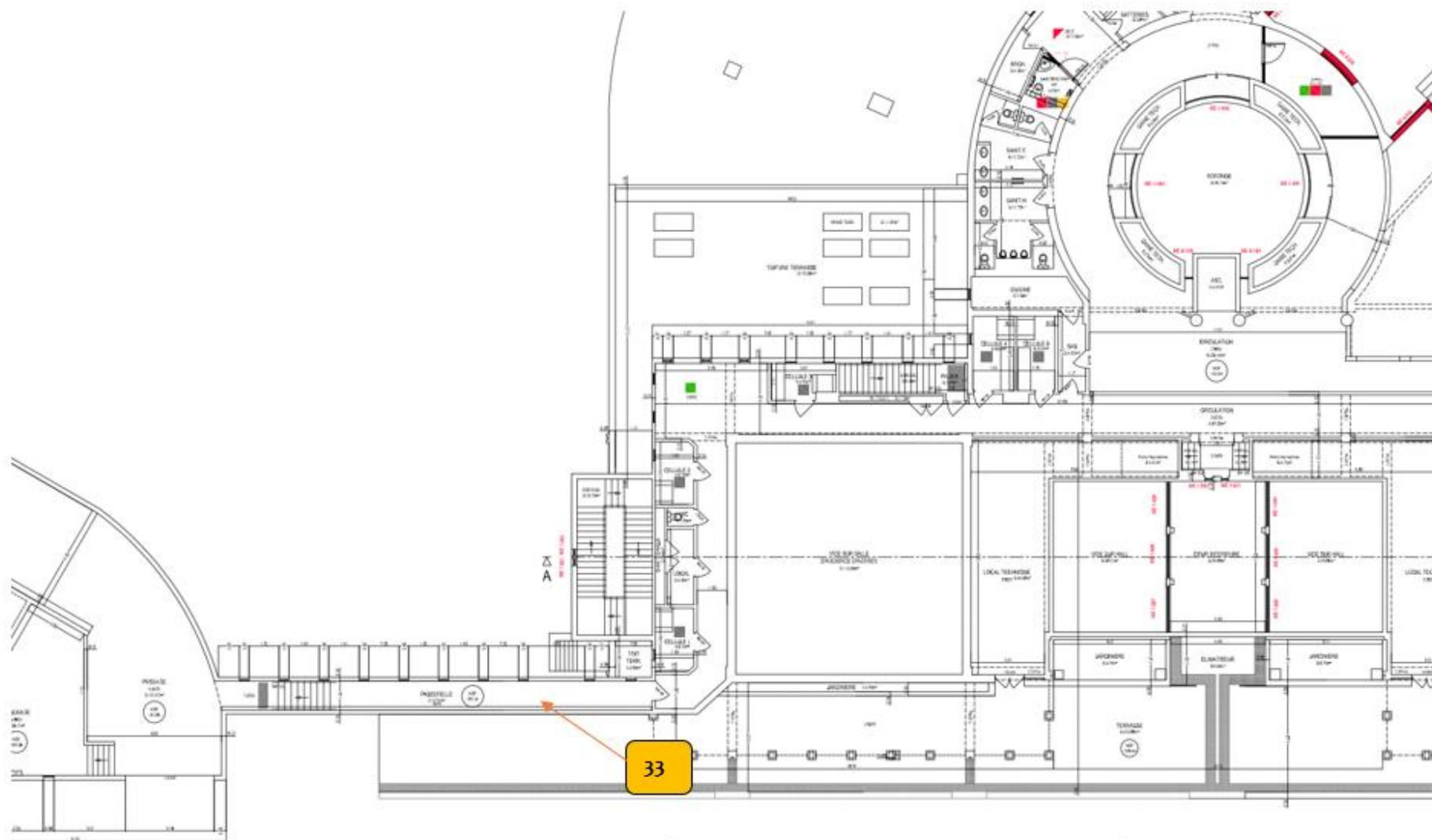


FIGURE 4 REPERAGE DES DESORDRES - 1ER ETAGE

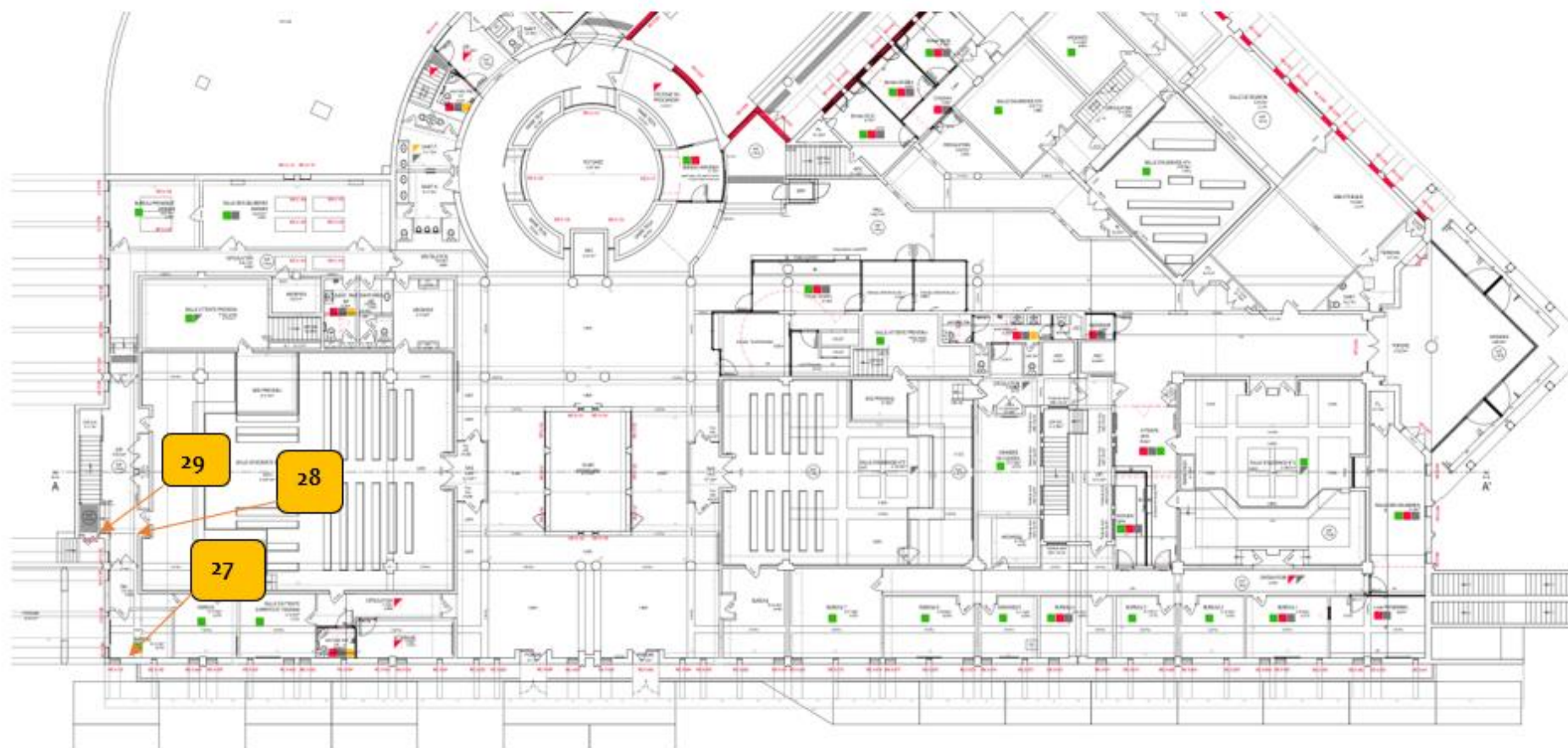


FIGURE 5 REPERAGE DES DESORDRES – REZ-DE-CHAUSSEE

SYNTHESE

Afin de faciliter une lecture en synthèse, nous vous proposons le tableau ci-dessous qui indique l'étendue du désordre et une cotation sur 3 niveaux de gravité.

Cotation 1	Désordre sans gravité, sans incidence immédiate, travaux de maintenance
Cotation 2	Désordre préjudiciable au clos couvert, nécessite des travaux de réparation spécifique
Cotation 3	Désordre nécessitant des travaux ou un examen approfondi à court terme car la structure, le clos couvert ou la sécurité sont menacés

Numéro de désordre	Repérage	Désordre constaté	Ponctuel	Généralisé	Cotation de la gravité		
					1	2	3
1	Façade cour d'honneur	Points de rouille sur parement pierre	X				
2	Escalier 3eme étage	Infiltration, traces d'humidité, peinture cloquée, salpêtre -	X				
3	Toiture terrasse 3eme étage	Décollement des faïences façade		X			
4	Toiture terrasse 3eme étage	Étanchéité craquelée, boursouflures		X			
5	Acrotères en toiture terrasse 3eme étage	Fissures et épaufrures de béton en têtes d'acrotères	X				
6	Façade cour d'honneur dernier étage	Corrosion des acier et épaufrures de béton		X			
7	Toiture terrasse 3eme étage	Encombrants : chaises et bois déposés sur toiture terrasse	X				
8	Toiture terrasse 3eme étage	Fissures et épaufrures de béton Fissuration au droit du joint de dilatation	X				
9	Joint de dilatation (JD) toiture terrasse 3eme étage	Fissure et absence de joint mastic au niveau du couvre joint	X				
0	Toiture terrasse 3eme étage	En partie courante, étanchéité craquelée, boursouflures localisées		X			
11	Toiture terrasse 3eme étage	Bavette de protection du relevé de la nouvelle étanchéité déformée et jonction entre deux bavettes déchirées	X				
12	Toiture terrasse 3eme étage	Détérioration ponctuelle du béton en protection de la tête d'étanchéité (engravure, becquet) et fissure verticale dans voile	X				
13	Façade claustra en béton 2eme étage	Corrosion des aciers Perte de section de l'élément béton		X			
14	Joint de dilatation (JD) toiture terrasse 3eme étage	Décollement du relevé d'étanchéité au droit du joint de dilatation. Étanchéité non assurée	X				
15	Toiture terrasse 3ème étage - partie « présidence »	Fissures verticales entre allège et trumeau Fissures en tableau	X				
16	Toiture terrasse 3ème étage « présidence »	Dalles sur plots qui pianotent	X				
17	Salle d'attente présidence 3ème étage	Condensation dans l'intérieur du double vitrage	X				
18	Plancher haut 3ème étage	Infiltration à priori toujours présente (propos recueillis sur site)	X				
19	Plancher haut 3ème côté « présidence »	Infiltration au niveau de la croupe de la toiture tuile	X				
20	Joint de dilatation 3ème étage - entre blocs 3 et 4	Pas de désordre constaté Mouvement important de la dilatation des structures					
21	Poutre béton dans portique hall d'entrée	Fissure verticale au droit de l'appui	X				
22	Poutres en plancher haut du hall d'entrée	Fissuration au droit de la zone de clavetage		X			

Numéro de désordre	Repérage	Désordre constaté	Ponctuel	Généralisé	Cotation de la gravité		
					1	2	3
23	Joint de dilatation 2eme étage - en haut de l'escalier	Déstructuration du poteau au droit de l'appui de la poutre	X				
24	Façade parking bloc 3	Corrosion des aciers et épaufrures de béton		X			
25	Joint de dilatation (JD) bloc 3 - côté façade parking	Revêtement de façade dégradé au droit du JD vertical	X				
26	Façade angle rue Roumanille / rue Clément	Épaufrures de béton et corrosion des aciers		X			
27	Plancher haut RDC - bloc 3 côté parking	Infiltration en plancher haut et en allège de menuiserie	X				
28	Plancher haut RDC coté bureau bloc 3	Peinture cloquée, salpêtre, traces d'humidité	X				
29	Porte d'accès Sortie de secours assises bloc 4	Infiltration au droit du seuil de la porte de sortie de secours	X				
30	Coursive Rooftop 1er étage	Étanchéité détériorée, reprises ponctuelles, présence de mousses Caniveau en périphérie avec nombreux désordres		X			
31	Terrasse Rooftop premier étage	Traitement du JD défectueux, mousse, végétaux, fissure au droit des acrotères côté rue Roumanille		X			
32	Joint de dilatation entre bloc 3 et bloc 4	Décollement des enduits au droit du JD	X				
33	Couloir entrée geôles	Infiltration au droit du JD et de la dalle	X				

Façades :

De nombreux désordres relevés relatifs à la corrosion des aciers et aux épaufrures de béton. L'enrobage insuffisant des aciers sur ces parties de béton exposés paraît être l'origine probable. Ces désordres sont relevés sur les structures claustra en béton brut composant les façades côté rue Roumanille pour la plupart et sur les façades donnant sur la cour d'honneur. Ce désordre généralisé présente un risque vis-à-vis des personnes car des éléments peuvent chuter à tout moment.

Nous préconisons une campagne de sondage, de purge et relevé de toutes les structures par une équipe de cordiste afin d'obtenir un état des lieux exhaustif et ainsi pouvoir quantifier les travaux nécessaires de reprise.

En outre, nous avons constaté d'autres désordres sans gravité vis-à-vis des personnes mais qui demandent toutefois des travaux de réparation ponctuels - fissures verticales notamment et traitement verticale des joints de dilatation

Étanchéité :

De nombreux désordres ont été relevées au sujet des étanchéités. Ces ouvrages ont été à plusieurs reprises réparés ponctuellement. Une campagne de réfection générale des étanchéités a eu lieu à priori en 2004. Le DOE ne nous a pas été remis et nous n'avons pas pu déterminer l'ampleur des travaux et des zones concernées. Depuis 2004, des reprises ponctuelles ont été menées en 2015 et 2016.

La durée de vie de l'étanchéité est comprise entre 10 et 20 ans. Il subsiste aujourd'hui plusieurs points d'infiltrations dans l'établissement. La difficulté a été de déterminer si les travaux ponctuels d'étanchéité ont permis de supprimer ou pas les infiltrations.

Il serait judicieux de réaliser un constat par l'équipe de maintenance du Tribunal de l'ensemble des zones d'infiltration toujours présentes.

Dans tous les cas, la coursive située au premier étage Rooftop présente de nombreuses malfaçons et des désordres importants. Nous préconisons la réfection globale de l'étanchéité sur cette partie d'ouvrage. De nombreux points singuliers seront à traiter avec la plus grande vigilance : réalisation des caniveaux, traitement des joints de dilatation, et relevés d'étanchéité en pieds des nombreux poteaux.

FLUIDES – CHAUFFAGE ET FROID

PRODUCTION DE CHALEUR

La période de chauffage s'étend environ de mi-octobre à mi-mai.

Le site est chauffé par deux chaudières gaz. La chaufferie est située au niveau de la rampe d'accès du parking entre le RDC et le R-1.

Les chaudières sont d'origine (installation en 1982, mise en service en 1983) en revanche les brûleurs ont été remplacés en 2017. Les données techniques des équipements sont récapitulées ci-dessous :

- **Chaudière 1 gaz** : Marque SAPCA, modèle SAPCABLOC, mise en service : 1983, puissance 480 kW
- **Brûleur 1** : CUENOD C54 GX507/8, année 2007, puissance 260-430 / 310 – 540 kW, puissance absorbée 550/610 W
- **Chaudière 2 gaz** : Marque SAPCA, modèle SAPCABLOC, mise en service : 1983, puissance 480 kW
- **Brûleur 2** : CUENOD C54 GX507/8, année 2007, puissance 260-430 / 310 – 540 kW, puissance absorbée 550/610 W



FIGURE 7 CHAUDIERE ET LE BRULEUR, EVACUATION DES FUMÉES (A DROITE)

DISTRIBUTION RESEAUX

Les départs (réseaux secondaires) se trouvent dans une sous-station située au deuxième sous-sol du parking. Un réseau primaire chemine dans le parking, de la chaufferie jusqu'à la sous-station secondaire.

La circulation du réseau primaire est assurée par deux pompes Salmson qui n'ont pas été remplacées depuis l'audit de 2010 indiquant qu'elles datent de 1983.



Les réseaux primaires et secondaires sont séparés par une bouteille de mélange.

FIGURE 6 POMPES PRIMAIRES

La distribution en eau chaude depuis la sous-station est composée de trois départs :

- **Chauffage statique Nord**
- **Chauffage statique Sud**
- **Ventilo convecteur et aérothermes**

Chaque départ est muni de deux pompes, en cas de défaillance de la pompe principale. Leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Départ	Pompes et type	Variation de vitesse	Puissance
NORD	P1_1: WILO: YONOS MAXO 40 P1_2: WILO: S40/90V	OUI NON	10-305 W 575 W
SUD	P2_1: WILO: YONOS MAXO 40 P2_2: WILO: S40/90V	OUI NON	10-305 W 575 W
VC AEROTHERME	P3_1: WILO: TOP S65/7 P3_2: WILO: TOP S65/7	NON NON	590 W x 2

Les pompes sans variation de vitesses sont d'origine. Deux pompes ont été remplacées par des pompes avec variation de vitesse. L'année de leur remplacement est inconnue mais elle est très probablement postérieure à 2010 (car ces pompes ne sont pas mentionnées dans l'audit technique de 2010).

Les images ci-dessous montrent une pompe d'origine à gauche, une pompe remplacée plus récemment au centre et à droite les trois départs secondaires.



FIGURE 9 POMPE D'ORIGINE (A GAUCHE) ET POMPE RECENTE (AU CENTRE) ET DEPARTS SECONDAIRES

Il n'y a pas de sous-comptage en aval des chaudières, de la bouteille de mélange ni au niveau des départs secondaires.

Les **régimes de température** des différents départs sont les suivants :

- Primaire : constant - **68/60°C**
- Secondaire statique nord : variable – **68/45°C**
- Secondaire statique sud : variable – **68/45°C**
- Secondaire VC et aérothermes : constant – **68/60°C**

La distribution est en réseau acier galvanisé. Les colonnes montantes sont équipées de vanne d'équilibrage. Les réseaux sont calorifugés dans le parking et dans les locaux techniques à l'exception des organes de réglage et d'équilibrage. Des percements et des fuites sont constatés sur les réseaux, le calorifuge est par conséquent endommagé sur certains tronçons. En dehors des linéaires endommagés le calorifuge est

globalement dans un état correct. La classe de calorifuge est inconnue mais semble satisfaisante. Pour obtenir une classe de calorifuge donnée, il faudrait que les organes soient isolés, ce qui n'est pas le cas.

FIGURE 8
CALORIFUGE
ENDOMMAGE
(PARKING)



Les linéaires de réseau en volume non chauffé (parking) sont très importants du fait de l'éloignement de la chaufferie et de la sous-station secondaire, et du nombre important de colonnes montantes alimentées depuis le sous-sol. L'extrait de plan ci-dessous (sous-sol, bloc 5 et 6, plan d'origine) permet d'illustrer l'importance des linéaires de réseaux en volume non chauffé.

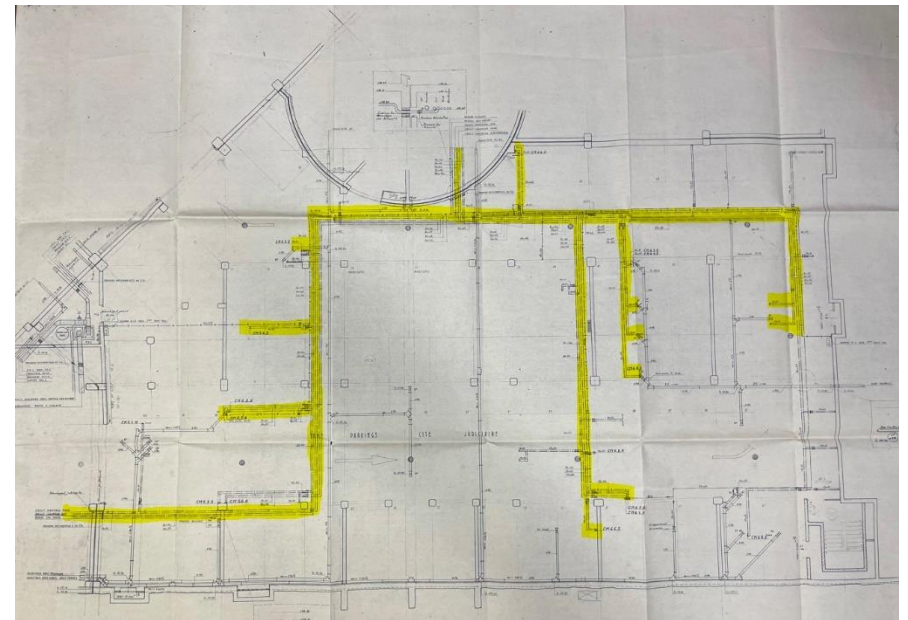


FIGURE 10 PLAN SOUS-SOL BLOCS 5 & 6 : RESEAUX DE CHAUFFAGE (EN JAUNE)

Le schéma ci-dessous représente les différents éléments de production et de distribution de chaleur évoqués dans les paragraphes précédents. Attention, il ne s'agit pas d'un schéma de principe hydraulique, mais d'une simplification permettant d'avoir rapidement une vision globale de l'installation de chauffage.

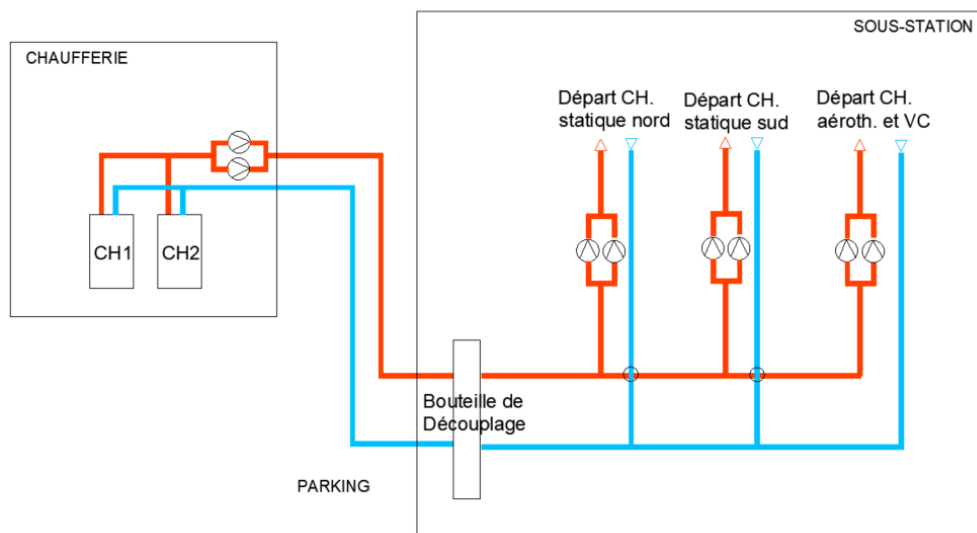


TABLEAU 2 SCHEMA SIMPLIFIE DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE

Pistes d'amélioration

- Reprise des réseaux hydrauliques présentant des fuites
- Remplacement du calorifuge endommagé et ajout de calorifuge sur les organes non isolés ou réfection totale du calorifuge pour mise en œuvre d'une classe d'isolation plus élevée
- Remplacement des pompes sans variation de vitesse par des pompes à vitesse variable
- Equilibrage
- Mise en œuvre d'un sous comptage pour un meilleur suivi des consommations par départ
- Mise en œuvre d'un comptage en aval des chaudières en entrée de sous-station
- Remplacement de la production

PRODUCTION DE FROID

La production de froid est majoritairement assurée par des unités extérieures (monosplit, alimentant une seule unité intérieure et multisplit, alimentant plusieurs unités intérieures) pour les bureaux et les salles de réunion. Les unités ont été ajoutées au fil des années, à la demande des usagers du site. Elles sont mises en œuvre sur les différentes toitures terrasse et coursives du bâtiment.



La majorité des monosplit installés n'est pas réversible et produit seulement du froid. La puissance moyenne de ces équipements est de 3 kW d'après l'inventaire réalisé en 2014.

En revanche, les multisplit mis en œuvre sont tous réversibles d'après l'inventaire réalisé en 2016. La puissance moyenne de ces équipements est de 22 kW. Les services techniques nous ont informé que certains multisplit alimentent des locaux aux orientations diverses. Un thermostat est maître et gère la température pour les autres pièces, générant des problématiques de gestion de la température au sein de ces locaux.

Les salles d'audience n°1 et n°2 étaient initialement rafraîchies par des CTA simple flux munies de batteries froides alimentées par un groupe froid situé en terrasse au R+1. Depuis, le groupe froid a été remplacé, et les CTA aussi par des CTA double flux.

Le groupe froid date de 2013, ses caractéristiques sont les suivantes :

- Fonctionnement air/eau, froid seul
- Puissance frigorifique : 50,9 kW
- Fluide frigorigène : R407C
- Modèle : Marque TRANE (Type CGAP200SD)



FIGURE 12 GROUPE FROID SALLES D'AUDIENCE 1 & 2

Le **groupe froid** est actuellement à l'**arrêt** car les CTA n'ont pas encore été mises en service (voir Fluides – ventilation). Le rafraîchissement des salles d'audience est désormais assuré par des multisplit mis en œuvre en 2015.

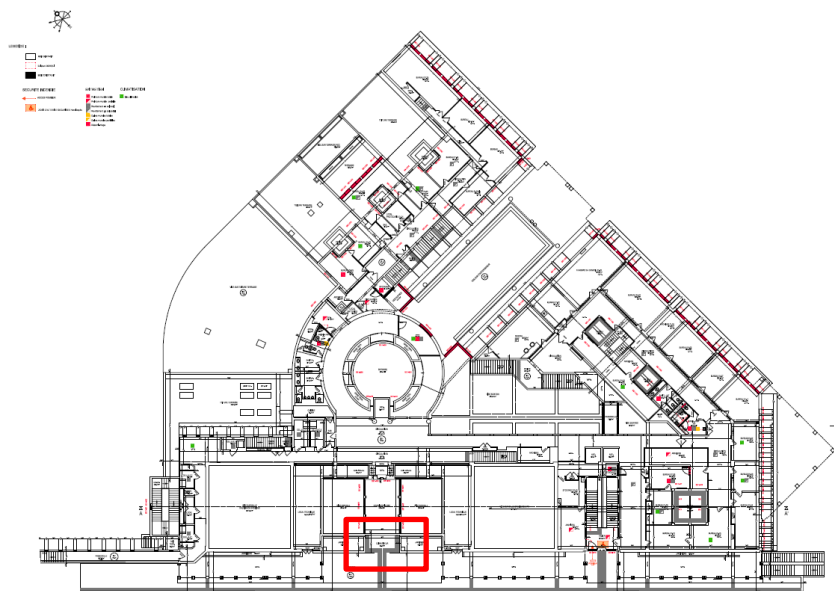


FIGURE 13 LOCALISATION GROUPE FROID (PLAN R+1)

Pistes d'amélioration

- Mise en œuvre d'une production de froid centralisée plutôt que de productions individuelles peu performantes

EMISSION

L'**émission** de chaud est assurée majoritairement par des radiateurs à eau chaude dans les bureaux, circulations, salles de réunion et salles d'audience. Ils sont équipés de robinets manuels.



FIGURE 14 RADIATEUR A EAU CHAUDE TYPE

Deux CTA assurent en théorie le renouvellement d'air neuf des salles d'audience 1 et 2, elles n'ont cependant jamais été mises en service depuis leur installation en 2014 (voir Fluides – ventilation). Elles sont munies de batteries change over alimentées respectivement par la chaufferie pour le chaud et par un groupe froid à eau glacée pour le froid. Pour le chauffage, les CTA viennent en complément de radiateurs à eau chaude et pour le rafraîchissement, en complément d'unités intérieures à détente directe.

L'émission de froid est assurée dans les bureaux, salles de réunion et salles d'audience par des unités intérieures murales à détente directe. L'inventaire de suivi des opérations de maintenance effectuées sur les unités intérieures dans les bureaux fait état en 2020 de 140 locaux équipés d'unités intérieures.



FIGURE 15 UNITE INTERIEURE TYPE

Pistes d'amélioration

- Mise en œuvre de robinets thermostatiques
- Bridage des consignes de chaud et de froid des unités réversibles

PLOMBERIE

PRODUCTION D'ECS

A l'origine, la production d'ECS était assurée par deux ballons électriques de capacité unitaire 500L. Ils ont été mis à l'arrêt et remplacés, dans certains locaux uniquement par des ballons électriques décentralisés à proximité des points de puisage. La majorité des sanitaires est aujourd'hui alimentée en eau froide uniquement. Les arrivées d'eau chaude sur les robinets ont été condamnées.



FIGURE 16 ILLUSTRATION D'UN ROBINET A L'ARRIVEE D'EAU CHAUDE CONDAMNEE

MESURES DE DEBITS

Nous avons réalisé des mesures de débit d'eau sur des robinets dans les sanitaires afin d'évaluer si des économies d'eau et d'énergie (quantité d'eau chaude sanitaire consommée) peuvent être réalisées sur ce poste.

Le point de puisage étudié avait été bridé par les services techniques (limitation de la pression disponible). Deux mesures ont été effectuées : avec et sans réduction de la pression :

- Débit avec réduction de pression : 2 L/min
- Débit sans réduction de pression : 15 L/min

Une mesure de 15L/min est très élevée tandis que 2L/min semble faible. En effet, pour un lavabo un débit de 4.5 l/min est recommandé.

Pistes d'amélioration

- Limitation des débits
- Calorifuge des ballons ECS
- Ajustement de la température de production

FLUIDES – VENTILATION

La ventilation du bâtiment est assurée par des extracteurs situés en toiture et des centrales de traitement d'air. Des entrées d'air dans les menuiseries permettent d'assurer l'apport d'air neuf. Dans certains cas, les bouches d'extraction se trouvent dans les circulations. Des grilles de transfert sont alors prévues entre les locaux et les circulations adjacentes.

L'inventaire des extracteurs dressé par le mainteneur en mars 2022 est le suivant :

ID caisson	Bloc	Localisation	En service
CVE06	6	Toiture	NON
CVE05 TPE	5	Toiture	NON*
TVE05	5	Toiture	NON
TVE05bis Salle 6	5	Toiture	NON
TVE05ter salle 4	5	Toiture	NON
TVE01 Bibliothèque	1	Toiture	NON
CVE01	1	Toiture	OUI
CVE cuisine	1	Toiture	NON
CVE02	2	Toiture	OUI
TVE02	2	Toiture	OUI
CVE03	3	Toiture	OUI
CVE04 Scellés	4	Toiture ménage	OUI
CVE06bis JAP	6	Toiture végétalisée	OUI
CVDF06 Ordre des avocats	6	Toiture végétalisée	OUI
CVErepro	6	Toiture végétalisée	NON*

TABLEAU 3 INVENTAIRE EXTRACTEURS - MARS 2022

CVE = Caisson de ventilation extacteur

CVDF = Caisson de ventilation double flux

TVE = Tourelle de ventilation

Certains extracteurs sont hors service à cause de pièces défectueuses et d'autres ont été arrêtés volontairement suite à la demande des usagers car ils étaient source de nuisances sonores trop importantes (ils repérés par un * dans le tableau ci-dessus).

Les réseaux aérauliques sont en mauvais état, présentant des signes de corrosion voire d'importants percements.



FIGURE 17 TOURELLE, EXTRACTEUR ET RESEAU AERAUQUE EN TOITURE

La ventilation des locaux JAP et de l'ordre des avocats a été mise en œuvre en 2016. Les locaux JAP sont équipés d'un caisson d'extraction tandis que les locaux de l'ordre des avocats sont équipés d'un caisson double flux (efficacité de l'échangeur : 60%). Ces équipements se trouvent en toiture du R+1.

Le plan ci-dessous indique l'emplacement des différents extracteurs. L'emplacement du caisson d'extraction du local reprographie n'est pas représenté car il n'a pas été clairement identifié.



FIGURE 18 LOCALISATION INDICATIVE EXTRACTEURS

Les salles d'audience 1 et 2 et les salles des pas perdus étaient initialement ventilées par des CTA simple flux situées dans deux locaux techniques au R+1. Ces systèmes ont été remplacés en 2016 par des CTA double flux alimentant uniquement les salles d'audience 1 et 2. Les caractéristiques des équipements sont les suivantes :

Salle	Salle d'audience 1	Salle d'audience 2
Equipement	CTA double flux	
Marque	ATLANTIC	
Modèle	ROTATECH-HD 27	ROTATECH-HD 35
Débit max [m3/h]	3000	4000
Batterie	Batterie change over	

Toutefois, suite à une défaillance de l'entreprise ayant réalisé les travaux, les équipements n'ont jamais été mis en service. Les démarches nécessaires à leur remise en service sont en cours.

Les CTA sont équipées de batterie change over. Le raccordement en eau chaude est visible mais le raccordement de la batterie sur le réseau d'eau glacée ne semble pas avoir été réalisé.

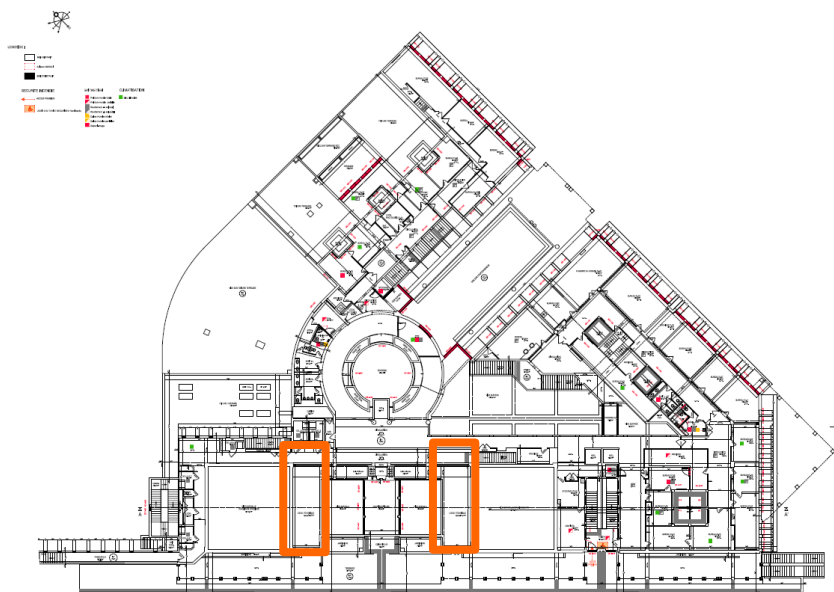


FIGURE 19 LOCALISATION LOCAUX TECHNIQUES CTA

L'état global du système de ventilation est médiocre. A ce jour, au vu du nombre d'équipements à l'arrêt il semble que peu de locaux soient ventilés conformément aux exigences du code du travail et du règlement sanitaire départemental type.

Pistes d'amélioration

- Mise en service de CTA double flux et reprise des réseaux de distribution et de diffusion de l'air
- A minima, rénovation des réseaux aérauliques et remplacement des caissons arrêtés
- Idéalement, remplacement de ces caissons pour la mise en œuvre d'équipements avec récupération d'énergie sur l'air extrait (faisabilité technique à valider car ces travaux impliquent une modification des réseaux aérauliques, des diffuseurs, de la régulation)

ECLAIRAGE

TYPE D'ECLAIRAGE

Trois types de luminaires majoritaires assurent l'éclairage du bâtiment :

- Eclairage fluorescent, marque Philips type FCN 305 11W
- Plafonniers équipés de tubes fluorescents de type T8, de puissance indicative 58 W et 36 W
- Spot rond, puissance indicative 8 W



FIGURE 20 TROIS TYPES D'ECLAIRAGE MAJORITAIRES

Les locaux sont généralement éclairés par une association de plusieurs types de luminaires. Pour les locaux les plus répandus, des relevés ont été effectués dans plusieurs locaux afin d'établir une moyenne de puissance d'éclairage au m².

Type de local	Type de luminaire	Puissance W/m ²
Bureau	Tubes fluorescents 11W + lampes d'appoint	6
Circulation, hall	Spot et tubes fluorescents 11W	2
Salles de réunion	Tubes fluorescents 11W et type T8	6
Salles d'audience	Trois types	5
Sanitaires	Spot	3
Geôles	Spot + tube fluorescent 36 W	6
Reprographie	Spot + tube fluorescent 36 W	5

Les sanitaires sont pourvus de détection de présence mais pas de sonde de luminosité malgré un apport de lumière naturelle dans certains locaux.

L'éclairage des circulations est commandé directement depuis un poste de commande central. Il est allumé le matin à l'ouverture du bâtiment et éteint le soir à la fermeture, soit un allumage globalement constant de 7h à 20h30 du lundi au vendredi toute l'année. Certains couloirs sont parfois éteints ponctuellement à la demande des occupants notamment en été lorsque la luminosité est importante et que l'éclairage génère des surchauffes inutiles.

L'éclairage des bureaux et des salles de réunion est manuel et dépend donc de la sensibilité des occupants.

Pistes d'amélioration

- Amélioration de la régulation de l'éclairage dans les locaux
- Sensibilisation des usagers sur la gestion de l'éclairage
- Relamping LED

MESURES D'ECLAIREMENT

Nous avons réalisé des mesures d'éclairage lors de notre visite afin d'évaluer le flux lumineux dans différents espaces du tribunal.

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

N° point de mesure	Localisation	Valeur [lux]
1	Circulation R+2	120
2	Circulation R+2	20

Les points de mesure sont repérés sur le plan ci-dessous.

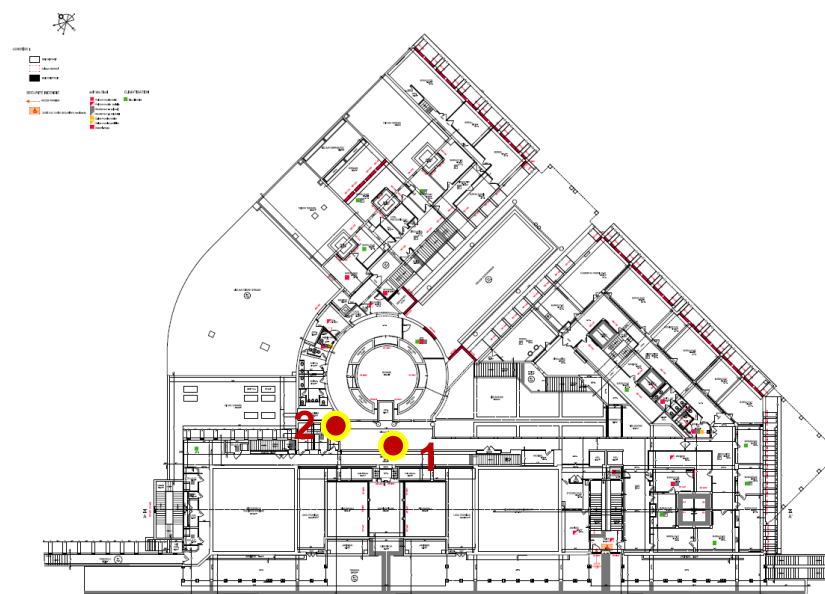


FIGURE 21 REPERAGE DES POINTS DE MESURE D'ECLAIREMENT (R+2)

PARC INFORMATIQUE

Le parc informatique du Tribunal est composé des éléments suivants (éléments transmis par le département de l'immobilier) :

- 83 ordinateurs de bureaux (unités centrales)
- 116 ordinateurs portables
- 398 écrans (en supposant 2 écrans/poste)
- 142 imprimantes individuelles
- 22 photocopieurs

D'après les informations nous ayant été transmises, les équipements des espaces de reprographie ne sont jamais éteints.

SERVEURS

Les 5 serveurs gérés par le DIT sont les suivants :
 SHV3-TGI-DRAG : DELL PowerEdge R740, 144W ;
 SHV4-TGI-DRAG : DELL PowerEdge R740, 144W ;
 SHV5-TGI-DRAG : DELL PowerEdge R740, 112W ;
 SLS2-TGI-DRAG : DELL PowerEdge R740, 120W ;
 SLS5-TGI-DRAG : DELL PowerEdge R440, 98W.

Les puissances électriques correspondent aux puissances instantanées réelles en phase de fonctionnement. Le maximum théorique est de 600 W par serveur.

Il existe une autre baie avec des serveurs qui ne sont pas gérés par le DIT. D'après les informations nous ayant été transmises, il s'agit des serveurs du tribunal de commerce et de l'ordre des avocats toutefois nous n'avons pas de donnée d'entrée plus précise. Nous supposerons par conséquent deux serveurs de 124 W de puissance électrique unitaire (moyenne des puissances des serveurs ci-dessus).

AUTRES EQUIPEMENTS

Type d'appareil	Référence	Nombre	Puissance W (basée sur des recherches)
Switches	HP 5500-24G-SFP-EI-2SLOT	1	115 W
Switches	HP 5500-24G-EI-2SLOT	2	110 W
Switches	HP 3100-24-EI	1	465 W
Switches	HP 360048-PoE+-V2-EI	6	43 W
Security	Juniper NetScreen Generic	1	(*)
Routeurs	Cisco 1803	1	80 W
Others	Unknown SNMP Product	1	(*)
Centre d'appel	1 baie avec un autocom Mitel	1	80W
	A5000 Batterie de secours	1	
	Routeur Cisco 1803	1	
Autocom	1 baie avec un Alcatel OmniPCX	1	(*)
	Batterie de secours	1	
	Routeur Cisco 1803	1	
Visio	Cisco DX80	5	60 W max
Visio	Cisco SX20 ou Cisco Spark Room Kit	9	40 W max

(*) Ces équipements ont été négligés dans le calcul de consommations du fait de l'incertitude sur leur durée d'utilisation et/ou de leur puissance électrique.

Pistes d'amélioration

- Sensibilisation des occupants pour l'arrêt des ordinateurs et écran en dehors des horaires de travail, y compris dans les salles de réunion
- Mise en œuvre de prises commandées/multiprises pour couper l'alimentation
- Programmation de mises en veille par défaut (reprographie)
- Contrôler le rafraîchissement des salles serveurs

SYNTHESE SUR LES EQUIPEMENTS – GER (GROS ENTRETIEN ET REMPLACEMENT)

L'objectif de cette synthèse est d'évaluer la pertinence du remplacement ou non, des principaux équipements du bâtiment. Il s'agit donc de faire la liste des équipements et de relever leur année de mise en fonctionnement, leur état, la durée de vie d'un tel équipement et de définir si son remplacement est pertinent. Cette synthèse est réalisée sous la forme du tableau ci-après.

EQUIPEMENT	ANNEE	DUREE DE VIE	ANNEE DE REMPLACEMENT THEORIQUE	ETAT	PERTINENCE D'UN REMPLACEMENT
Chaudière 1	1983	25	2008	Vétuste	OUI
Chaudière 2	1983	25	2008	Vétuste	OUI
Brûleur 1	2007	25	2032	Correct	OUI
Brûleur 2	2007	25	2032	Correct	OUI
CTAs salle audience	2016	25	2041	Neuf	NON, à mettre en service
Extr. JAP	2016	25	2041	Bon	NON
Extr. Ordre avocats	2016	25	2041	Bon	NON
Autres extracteurs	?	25	?	Vétuste	OUI
Groupe froid	2013	25	2038	Correct	NON
Unités intérieures rafraîchissement	1988 - 1992	25	2013 - 2017	(*)	Diagnostic à effectuer
Unités intérieures rafraîchissement	2004-2008	25	2029-2033	(*)	Diagnostic à effectuer
Unités intérieures rafraîchissement	2015	25	2040	Correct	Diagnostic à effectuer
Pompes sans variateur de vitesses	1983	15	1998	Vétuste	OUI
Pompes avec variateur de vitesse	>2010	15	>2025	Bon	NON
Ballons ECS sanitaires	>2010	25	>2025	Bon	NON
Lumières	Inconnue	25	Inconnue	Bon	OUI

(*) Les années de mise en œuvre des unités intérieures de rafraîchissement sont basées sur l'inventaire de l'exploitant datant de 2014. Au vu du nombre d'unités intérieures, un diagnostic complet serait à prévoir au démarrage des études de conception pour la rénovation des installations de CVC.

Bien que qu'ils soient encore fonctionnels, le remplacement des brûleurs et des chaudières permettrait de mettre en œuvre des équipements plus performants ce qui aurait un impact sur les consommations du bâtiment et les émissions de CO2. Il en est de même pour les pompes sans variation de vitesse.

Hormis certaines unités intérieures et les extracteurs vétustes, les autres équipements n'ont pas encore atteint leur fin de vie théorique.

D'après nos observations, la majorité des luminaires est constituée de tubes fluorescents. Un relamping peut être étudié, avec la mise en œuvre de LED. Le type de commande devra être modifié afin que l'éclairage soit adapté au besoin réel :

- Bureaux et salles de réunion : détection de présence + gradation sur sonde de luminosité
- Circulation : détection de présence + sonde de luminosité pour les locaux avec lumière naturelle

COMPTE RENDU DES ECHANGES AVEC LES USAGERS

ÉCHANGES AVEC LES SERVICES TECHNIQUES

CHAUFFAGE - RAFRAICHISSEMENT

Une partie des unités intérieures installées pour le rafraîchissement est réversible. Certains usagers jugent que le chauffage par les radiateurs à eau chaude est insuffisant et utilisent les unités intérieures en chauffage d'appoint. La température dans les bureaux peut alors atteindre 23 / 24 °C d'après le retour des services techniques.

Le rafraîchissement des salles d'audience est rarement coupé et fonctionne par conséquent en continu en période estivale.

VENTILATION

Les extracteurs sont globalement dans un état vétuste. Les services techniques nous ont indiqué avoir réalisé les devis nécessaires à leur réparation ou remplacement mais le coût de ces travaux est bloquant.

Certains extracteurs sont arrêtés volontairement suite à la demande des usagers car ils sont une source de nuisances sonores importantes. Cela peut être dû à une mauvaise conception du réseau de ventilation et/ou à un défaut d'entretien : vitesses d'air trop importantes dans les réseaux, piquages trop proches des bouches d'extraction, encrassement des réseaux....

ECLAIRAGE

La gestion de l'éclairage des circulations se fait manuellement depuis une commande centralisée. L'éclairage est allumé le matin et éteint le soir en hiver comme en été. Certaines circulations sont parfois ponctuellement éteintes sur initiative des services techniques lorsqu'ils constatent que l'éclairage est superflu mais il s'agit d'une initiative personnelle occasionnelle.

AUTRE

Les services techniques nous ont informé avoir relevé des problèmes acoustiques accrus depuis que la campagne de remplacement des menuiseries extérieures a eu lieu. Des doutes sont émis concernant la mise en œuvre des joints périphériques, ce qui laisse présager que les performances acoustiques et thermiques des menuiseries sont dégradées.

ÉCHANGES AVEC LES USAGERS

Une rencontre avec dix usagers du site a été réalisée le 13/09/22. Elle a permis de préciser l'occupation du bâtiment, leurs ressentis et leurs habitudes d'usage dans le bâtiment. Les constats sont récapitulés, par thématique, dans les paragraphes suivants.

OCCUPATION

- Personnel (fonctionnaires, magistrats, tribunal de commerce, ordre des avocats, CARPA etc.) : environ 200 personnes
- Public : environ 250 personnes / jour

Les 2/3 des magistrats sont présents tous les jours. La moitié des fonctionnaires fait en moyenne 2 jours de télétravail par semaine.

Les horaires d'occupation du personnel sont en moyenne les suivants, du lundi au vendredi : 8h30 à 17h.

Le tribunal a trois périodes de vacation judiciaire : durant les vacances de Pâques, d'été et de Noël.

Lors de ces périodes, les occupations du personnel sont les suivantes :

- Pâques et Noël : 50% de l'effectif présent
- Été : 60% de l'effectif présent en juillet et 40% en août

Lors du confinement (mars à mai 2020), le tribunal était fermé au public hormis pour les urgences. 2 à 5% du personnel était présent au tribunal.

CONFORT THERMIQUE

L'orientation des bureaux des usagers interrogés a été prise en considération pour l'analyse de leurs témoignages relatifs au confort thermique du bâtiment.

Les conclusions sont les suivantes :

▪ Période estivale

Le bâtiment présente d'importantes surchauffes en été en raison de l'importance de ses surfaces vitrées majoritairement orientées ouest, nord-est et sud-est.

Les usagers ont massivement recours aux systèmes de rafraîchissement présents dans leur bureau. Les unités intérieures sont allumées dès le matin à leur arrivée et fonctionnent jusqu'au soir où elles sont éteintes au moment de leur départ. En moyenne, les usagers nous ont indiqué choisir une température de consigne de 24°C pour le rafraîchissement. Un témoignage nous indique que lorsque le bureau est occupé à 100% (2 personnes), une surchauffe est constatée ce qui n'est pas le cas lorsqu'une seule personne est présente.

Les usagers utilisent les stores intérieurs et les volets extérieurs pour tenter de limiter les apports solaires.

Pour des raisons de sécurité, les agents de sécurité ferment les fenêtres le soir ce qui empêche la ventilation nocturne du bâtiment.

Les occupants ont indiqué qu'ils apprécieraient de savoir quelle est la température dans leur bureau. Selon eux, cela permettrait de raisonner le recours à la climatisation en été.

Les problématiques suivantes ont également été relevées :

- ♦ Les usagers nous ont alerté sur les problèmes de surchauffe de l'espace d'attente des salles d'audience 4 et 5 (sous l'escalier). L'espace, confiné, n'est pas ventilé ni rafraîchit.
- ♦ La porte d'entrée, ouverte en permanence, est source d'inconfort thermique en période estivale comme hivernale pour le personnel

travaillant à proximité (sécurité, accueil). La mise en œuvre d'un SAS ou d'une porte tambour pourrait être envisagée.

- ♦ Des surchauffes importantes sont constatées dans les couloirs en période estivale.

▪ Période hivernale

L'inconfort du bâtiment est plus important durant la période estivale que la période hivernale. Les usagers nous ont fait remonter les problèmes suivants :

- Pour les bureaux orientés sud ou ouest, une surchauffe est constatée en cas d'ensoleillement. S'ils sont équipés de vannes, les usagers éteignent les radiateurs, sinon ils ouvrent les fenêtres
- Pour les bureaux orientés nord, le phénomène inverse est plutôt constaté : l'absence d'ensoleillement couplé aux surfaces vitrées importantes génère une sensation de froid dans les bureaux. Les usagers ont alors recours à un appoint soit par radiateur électrique mobile, soit par les unités intérieures lorsqu'elles sont réversibles.

ECLAIRAGE

L'éclairage dans les bureaux est soumis à l'appréciation de chaque occupant. Les usagers éteignent la lumière le soir en partant mais pas le midi s'ils quittent leur bureau pour la pause déjeuner.

Les équipements informatiques dans les bureaux (écrans d'ordinateurs, imprimante, scanner) sont mis en veille mais ne sont pas éteints.

Ces échanges nous ont permis d'une part de mieux comprendre le bâtiment et ses installations techniques et d'autre part de préciser au mieux l'usage du bâtiment tant d'un point de vue de l'occupation que de l'utilisation des systèmes énergétiques.

ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE L'EXISTANT

CONSOMMATIONS REELLES D'ELECTRICITE ET DE GAZ DE 2018 A 2021

D'après les informations nous ayant été transmises par les services techniques du Tribunal, le bâtiment possède un compteur unique pour le gaz mais deux compteurs pour l'électricité : un compteur général alimentant la plupart des locaux et un compteur dédié aux services de la CARPA.

Sur la base des relevés de consommations mensuelles et annuelles de gaz et d'électricité transmis par les services techniques du tribunal, recoupés avec les factures d'électricité du compteur général et du compteur dédié à la CARPA, Amoès a extrait le bilan des consommations pour les années 2018 à 2021.

Les relevés de compteurs sur ces 4 années sont les suivants :

Consommation annuelle réelle [kWh énergie finale]	2018	2019	2020	2021
Electricité - Compteur TJ	292351	300348	276365	272266
Electricité - Compteur CARPA	8825	8799	9745	8409
Total Electricité [kWh éf/an]	301176	309147	286110	280675
Total Gaz (PCS)	562638	607922	573660	666403

FIGURE 22 CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE ET DE GAZ ISSUES DES FACTURES

Les consommations sont ramenées à la surface utile brute dans le tableau ci-dessous.

Consommation annuelle réelle [kWh énergie finale]	2018	2019	2020	2021
Electricité [kWhéf/m².an]	40	41	38	37
Gaz (PCS) [kWhéf/m².an]	73,9	79,9	75,4	87,6

FIGURE 23 CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE ET DE GAZ RAMENEES A LA SURFACE UTILE BRUTE

Globalement, les consommations d'électricité sont stables d'une année sur l'autre, avec une oscillation de -/+ 5% par rapport à la moyenne.

Les consommations de gaz fluctuent légèrement plus autour de la valeur moyenne (-14% en 2018 et +22% en 2021 années où la consommation de gaz est respectivement la plus basse et la plus élevée).

Cette variation suit tendanciellement la même courbe que les variations de DJU (Degré Jour Unifié, représentatif de la rigueur climatique d'une année), un hiver plus rude pouvant justifier une augmentation des consommations de gaz toutefois ce paramètre semble ne pas être l'unique facteur d'influence.

A noter que l'année 2020 a été marquée par un confinement ayant entraîné une modification de l'usage du bâtiment. D'après les informations nous ayant été transmises, le tribunal était fermé au public lors du confinement de mars à mai 2020, sauf urgence, et environ 5% du personnel travaillait en présentiel.

Les consommations présentées ci-dessous sur lesquelles nous nous basons pour adapter notre calcul de consommation est une moyenne des années 2018, 2019 et 2021 :

- Electricité : 296 999 kWhéf/an
- Gaz : 612 321 kWhéf/an
- Electricité + gaz : 909 320 kWhéf/an

Sur la base des consommations en énergie finale présentées précédemment, les consommations en énergie primaire sont calculées ci-dessous.

Consommation annuelle réelle [kWh énergie primaire]	2018	2019	2020	2021
Electricité [kWhép/m².an]	102	105	97	95
Gaz [kWhép/m².an]	73,9	79,9	75,4	87,6
Total [kWhép/m².an]	176,0	184,7	172,4	182,7

La moyenne de consommations ramenée à la surface utile brute sur les quatre années est de 178.9 kWhép/m².an. **A titre informatif, cela correspondrait à une étiquette C du DPE tertiaire.**

Un calcul des émissions de gaz à effet de serre produites par an a été réalisé sur la base des consommations. Les résultats sont indiqués ci-dessous. Les coefficients de conversion utilisés pour le calcul sont tirés du label BBCA.

Emissions de GES sur la base des factures [kgCO ₂ eq/an]	2018	2019	2020	2021
GES total [kgCO ₂ / an]	157147	168754	158884	181262
GES total [kgCO ₂ /m ² .an]	20,6	22,2	20,9	23,8

A titre informatif, les résultats obtenus correspondraient à une étiquette C du DPE tertiaire pour les émissions de gaz à effet de serre.

Les étiquettes indicatives correspondant au DPE tertiaire sont récapitulées ci-dessous.

Etiquette énergie	Etiquette GES
<p>Bâtiment économe</p> <p>≤ 50 A</p> <p>51-110 B</p> <p>111-210 C</p> <p>211-350 D</p> <p>351-540 E</p> <p>541-750 F</p> <p>> 750 G</p> <p>Bâtiment énergivore</p> <p><<< C</p>	<p>Faibles émissions de GES</p> <p>≤ 5 A</p> <p>6-15 B</p> <p>16-30 C</p> <p>31-60 D</p> <p>61-100 E</p> <p>101-145 F</p> <p>>145 G</p> <p>Fortes émissions de GES</p> <p><<< C</p>

SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

La simulation thermique dynamique (STD) est un moyen de modéliser numériquement le fonctionnement thermique d'un bâtiment. Dans notre cas, cet outil permet, entre autres, d'estimer les besoins de chaud et de froid.

HYPOTHESES DE MODELISATION

La STD nécessite de renseigner des hypothèses précises, qui ont nécessité la collecte de nombreuses informations, une visite sur site, et le questionnement des usagers afin d'obtenir un modèle au plus proche de la réalité. Ces hypothèses permettent de renseigner dans notre logiciel de modélisation la composition des matériaux, leurs conductivités thermiques, les usages du bâtiment et les éléments concernant les systèmes. Elles seront détaillées plus loin dans ce rapport.

Le logiciel IES Virtual Environment version 2021.4.0.0 est utilisé pour la STD.

ENVIRONNEMENT DU BATIMENT

MODELISATION DU BATIMENT

La modélisation graphique est une représentation simplifiée du bâtiment. La géométrie du bâtiment est basée sur les plans de 2014 et les élévations et coupe de 2016. Une attention particulière a été portée sur la prise en compte des masses de bétons (poteaux, murs, poutres) afin de modéliser l'inertie réelle du bâtiment.

Dans un premier temps, le bâtiment existant est modélisé. La confrontation avec la réalité (les consommations réelles) permet de vérifier la cohérence du modèle.



FIGURE 24 MODELISATION GRAPHIQUE DU TRIBUNAL, VUE EN PLAN



FIGURE 25 MODELISATION GRAPHIQUE DU TRIBUNAL, VUE 3D (NORD-EST)



FIGURE 26 MODELISATION GRAPHIQUE DU TRIBUNAL, VUE 3D (NORD-OUEST)

Les bâtiments environnants ont été modélisés.

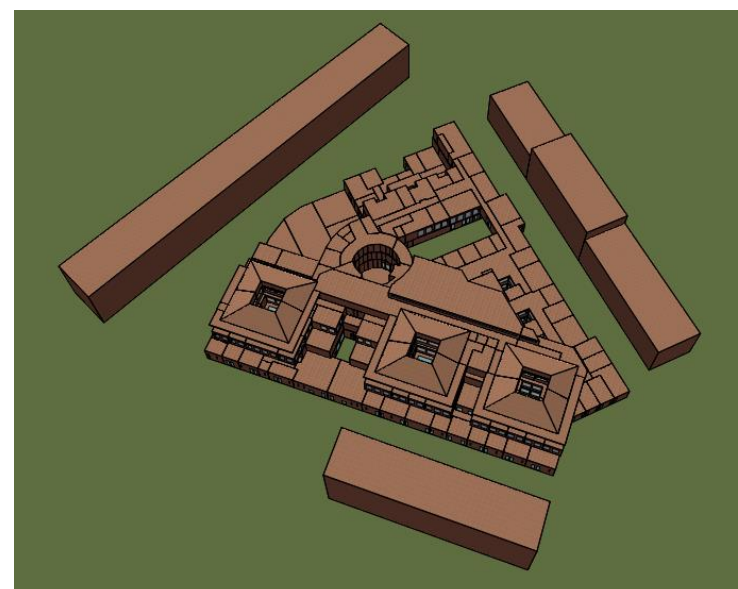


FIGURE 27 MODELISATION GRAPHIQUE DU TRIBUNAL ET DES BATIMENTS ENVIRONNANTS, VUE 3D

DONNEES CLIMATIQUES

L'ensemble des simulations ont été réalisées avec les données météorologiques de Draguignan. Le climat pouvant être inégal selon les années, nous avons choisi de travailler sur une année type regroupant les événements climatiques significatifs sur la période de 2000 à 2019. Les données sont fournies par METEONORM, une base de données météorologique.

Draguignan, 2000-2019 moyenne	
Temp mini	-3.7
Temp max	37
Nombre d'heures > 28°C	484

ENVELOPPE

Les hypothèses retenues pour l'enveloppe du bâtiment sont décrites dans les paragraphes ci-dessous.

PONTS THERMIQUES

Les coefficients de ponts thermiques utilisés sont issus du catalogue de la RT2012. Sur la base de métrés, les ponts thermiques sont répertoriés puis intégrés dans les coefficients U_p des parois opaques en proportion de leur linéique et de la surface des parois considérées.

PAROIS OPAQUES

Les caractéristiques thermiques suivantes ont été établies suite à des observations sur site, l'audit technique et énergétique réalisé en 2010 et un recroisement avec des bases de données de propriétés thermiques des matériaux. La valeur de U_p indiquée inclue les ponts thermiques, comme décrit au paragraphe précédent.

Type de paroi	Composition (de l'intérieur vers l'extérieur)	$R_{isolant}$ [m².K/W]	U_{paroi} [W/m².K]	U_{paroi} avec ponts thermiques [W/m².K]
Murs extérieurs	1. Laine de verre 5 cm $\lambda=0.038$ W/m.K 2. Béton 30 cm	1.32	0.57	0.81
Plancher bas sur terre plein	1. Béton	0	2.83	2.83
Plancher bas sur local non chauffé	1. Béton 2. Flocage 3 cm $\lambda=0.04$ W/m.K	0.75	0.9	0.99
Plancher bas sur local extérieur	1. Béton	0	2.83	2.83
Toiture charpente bois	1. Dalle béton 2. Laine de verre 10 cm $\lambda=0.04$ W/m.K	2.50	0.36	0.78
Toiture terrasse	1. Béton 30 cm 2. Isolation 5 cm $\lambda=0.038$ W/m.K	1.31	0.62	0.73

Les conductivités thermiques des isolants ne sont pas aussi performantes que les matériaux que l'on pourrait trouver aujourd'hui. Cela permet de prendre en considération le fait qu'à l'époque de la construction les performances n'étaient pas aussi élevées qu'aujourd'hui mais également la dégradation des performances avec le temps.

PAROIS VITREES ET OCCULTATIONS SOLAIRES

La majorité des menuiseries extérieures a été remplacée en 2016 par des menuiseries aluminium double vitrage. Les DOE ont permis d'identifier quelles menuiseries ont été remplacées lors de ces travaux.

Nous avons considéré que les menuiseries non remplacées sont en bois double vitrage 4/6/4 (donnée d'entrée audit 2010).

Les fenêtres sont équipées de volets extérieurs manuels ajourés, en bois ou aluminium selon la composition de la menuiserie et de stores intérieurs manuels. Les volets extérieurs ont été négligés dans la modélisation car peu d'entre eux étaient effectivement fermés lors de notre visite. Il est donc supposé que ces protections solaires ne sont pas utilisés de façon optimale pour la gestion des apports solaires en été. En revanche les stores intérieurs ont été modélisés car nombre d'entre eux étaient effectivement fermés dans les salles de que nous avons pu visiter.

Type de menuiserie	Vitrage	U_w [m².K/W]
Bois	Double vitrage air 4/6/4	3,5
Aluminium	Double vitrage argon 4/16/4	1,4

TABEAU 4 DESCRIPTION DES MENUISERIES EXTERIEURES

APPORTS INTERNES

Différents apports internes sont pris en compte dans la simulation : les apports internes dus aux occupants, à l'éclairage et aux équipements électriques.

APPORTS HUMAINS

Apports énergétiques

On estime qu'un occupant en activité de bureau dégage une chaleur d'environ 85 W. Sur la base des relevés effectués lors de la visite, une occupation type a été définie pour chaque typologie de local.

Local	Occupation
Bureau type	2 pers / local
Salle de réunion	3 m ² / pers
Salle d'audience	2 m ² / pers
Geôles	10 m ² / pers

Ces valeurs sont modulées selon l'occupation horaire des locaux, et l'occupation mensuelle qui varie au cours de l'année notamment lors des périodes de congés.

Profils d'occupation

L'étude des plannings d'occupation des salles de réunion et des salles d'audience sur l'année 2021 a permis de définir un profil d'occupation hebdomadaire et annuel pour ces locaux. La rencontre avec les occupants a permis de fixer les horaires d'occupation des bureaux.

Local	Profil d'occupation
Bureau type	Lundi à vendredi 8h30 – 12h30 13h30 – 17h
Salle de réunion	Trois jours par semaine 9h30 – 12h30 13h30 – 18h
Salle d'audience	Lundi à vendredi 9h – 13h 14h – 18h
Geôles	Lundi à vendredi 7h – 20h

La modulation de l'occupation retenue sur l'année (conformément aux indications des occupants) afin de prendre en compte les périodes de vacation judiciaire est la suivante :

- 60% de l'effectif durant le mois de juillet
- 40% de l'effectif durant le mois d'août
- 50% de l'effectif durant deux semaines pour les congés d'avril et de décembre
- 100% de l'effectif le reste du temps

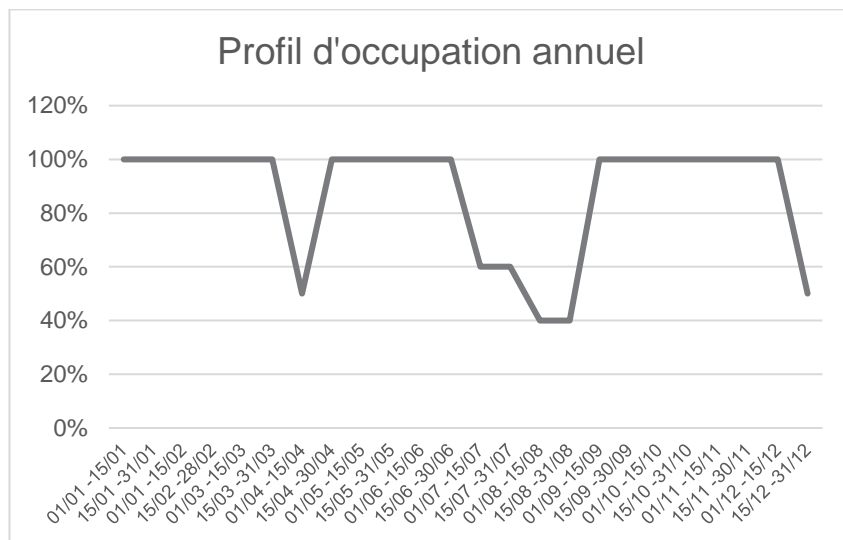


FIGURE 28 PROFIL D'OCCUPATION ANNUEL DU TRIBUNAL SELON LES INFORMATIONS RECUEILLIES

SOURCES D'ÉCLAIRAGE

Apports énergétiques

Les puissances d'éclairage retenues par type de local sont les suivantes :

Type de local	Puissance W/m ²
Bureau	6
Circulation, hall	2
Salles de réunion	6
Salles d'audience	5
Sanitaires	3
Geôles	6
Reprographie	5

Pour les bureaux, l'éclairage « de fond » semble faible, ce qui explique la présence de lampes d'appoint.

Profil d'allumage

Au regard de l'absence de détection de présence et de gradation dans la majorité des locaux, les profils d'allumage suivants ont été retenus :

- Bureaux, salles de réunion, salles d'audience, geôles : 100% de la puissance sur les horaires d'occupation
- Circulations : 100% de 7h à 20h du lundi au vendredi
- Sanitaires : 100% de 8h30 à 18h du lundi au vendredi
- Reprographie : 100% de 7h à 20h du lundi au vendredi
- Hall : 100% de 7h à 20h, tous les jours

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

Equipements pris en compte

Les équipements et puissances associées suivants sont retenus.

Local	Équipement, puissance associée et durée de fonctionnement	Ratio retenu sur les horaires d'occupation
Bureau type	2 ordinateurs portables 60W + 4 écrans 20 W 1 cafetière 1150 W – 1min/heure	12 W/m ²
Salle de réunion	Ecran télé 125 W Ordinateur fixe 80 W Ecran 20 W Système de projection 100 W Réfrigérateur 75 W Cafetière 980 W – 5min/heure	10 W/m ²
Salle d'audience	5 écrans fixes 20 W 1 Ordinateur fixe 80 W 1 télévision 125 W	2 W/m ²
Geôles	Ordinateur fixe + écran 100W Cafetière 980W – 5min/heure	2 W/m ²
Salle informatique	Serveurs et équipements divers	25 W/m ² 24h/24 7J/7
Reprographie	Photocopieur 200 W – 10min/heure	10 W/m ²

Local	Equipement, puissance associée et durée de fonctionnement	Ratio retenu sur les horaires d'occupation
	Réfrigérateur 75W	

SYSTEMES

La production de chaleur est assurée par deux chaudières à gaz. Le rafraîchissement est assuré par des mono et multisplit. La ventilation est assurée par des caissons simple ou double flux selon les locaux.

CHAUFFAGE ET RAFRAICHISSEMENT

La période de chauffage s'étend du 15 octobre au 15 mai.

La période de rafraîchissement s'étend du 15 mai au 15 octobre.

Les consignes de température retenues pour la modélisation, en période d'occupation, sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs sont représentatives des relevés de température que nous avons pu effectuer lors de notre visite et des informations transmises par les services techniques ayant réalisé des relevés de température en période de chauffage.

Local	Consigne chauffage	Consigne rafraîchissement
Bureau type	21 °C	24 °C
Salle de réunion	21°C	24°C
Salle d'audience	20°C	26°C
Circulations	18°C	-
Sanitaires	20°C	-
Geôles	20°C	-
Salle informatique	-	22°C
Reprographie	20°C	-

Pour les locaux chauffés, un réduit à 17°C est appliqué de 19h à 6h30.

VENTILATION

Ayant peu d'informations sur les habitudes des usagers, le phénomène de ventilation naturelle n'a pas été pris en compte. Il comprend notamment l'ouverture des fenêtres, activité qui est très difficilement modélisable.

Locaux ventilés

Le diagnostic des installations de ventilation a permis de souligner que de nombreux équipements sont à l'arrêt. Une partie des locaux n'est donc pas ventilée mécaniquement.

La localisation des équipements fonctionnels a permis de réaliser des hypothèses sur les locaux ventilés mécaniquement. Ils sont identifiés (en orange) sur les plans de repérage ci-dessous. A noter qu'il est supposé que tous les sanitaires sont ventilés mécaniquement. Ils ne sont donc pas repérés ci-dessous.

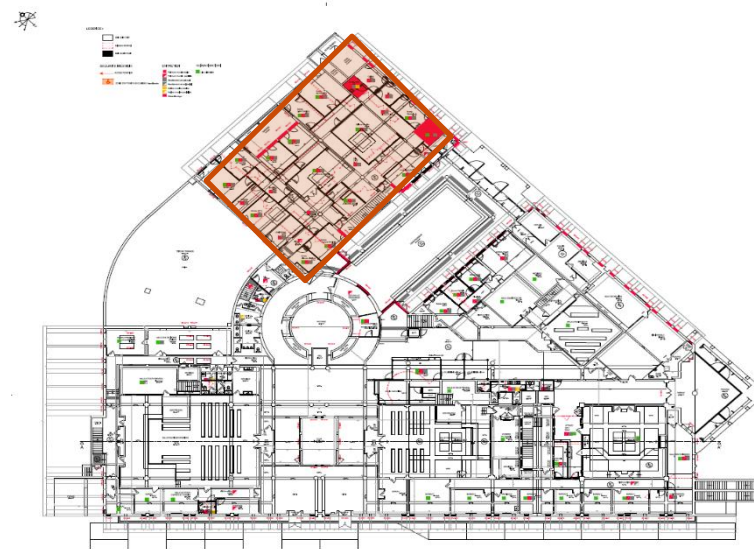


FIGURE 29 REPERAGE DES LOCAUX VENTILES MECANIQUEMENT - RDC



FIGURE 30 REPERAGE DES LOCAUX VENTILES MECANIQUEMENT - R+2

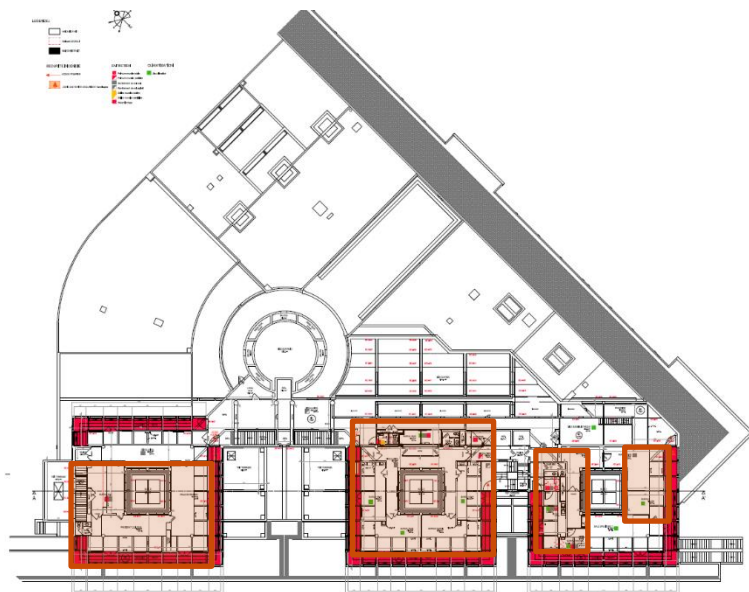


FIGURE 31 REPERAGE DES LOCAUX VENTILES MECANIQUEMENT - R+3

Débits

Les débits utilisés pour l'étude sont les suivants. La ventilation est supposée permanente : fonctionnement 24h/24, tous les jours de l'année.

Local	Débit	Récupération de chaleur
Bureau type	3.2 m³/h/m² soit 1 vol/h	non
Salle de réunion R+3 bloc 3	300 m³/h	non
Salle de réunion RDC	270 m³/h	Oui, 54%
Sanitaires	7.5 m³/h/m²	non
Geôles	100 m³/h	non

INFILTRATIONS

Le bâtiment se trouve en milieu urbain avec plusieurs façades exposées. Le ratio de volume / surface déperditives est défavorable car le bâtiment est peu compact. De ce fait, le taux d'infiltration d'air retenu est de 0.22 vol/h en continu toute l'année pour tous les locaux.

RESULTATS

Cette étude nous permet notamment de mettre en avant la répartition des déperditions et les besoins de chaleur. C'est grâce à cette modélisation que nous allons pouvoir, d'une part, identifier les points faibles du bâtiment et, d'autre part, proposer des solutions pour y remédier.

DEPERDITIONS

Il existe trois types de déperditions dans le bâtiment :

- Les déperditions par les **parois**
- Les déperditions par les **infiltrations** de l'air extérieur
- Les déperditions liées à la **ventilation** de l'air par les extracteurs et CTA

Cette répartition est calculée pour toute une année de fonctionnement.

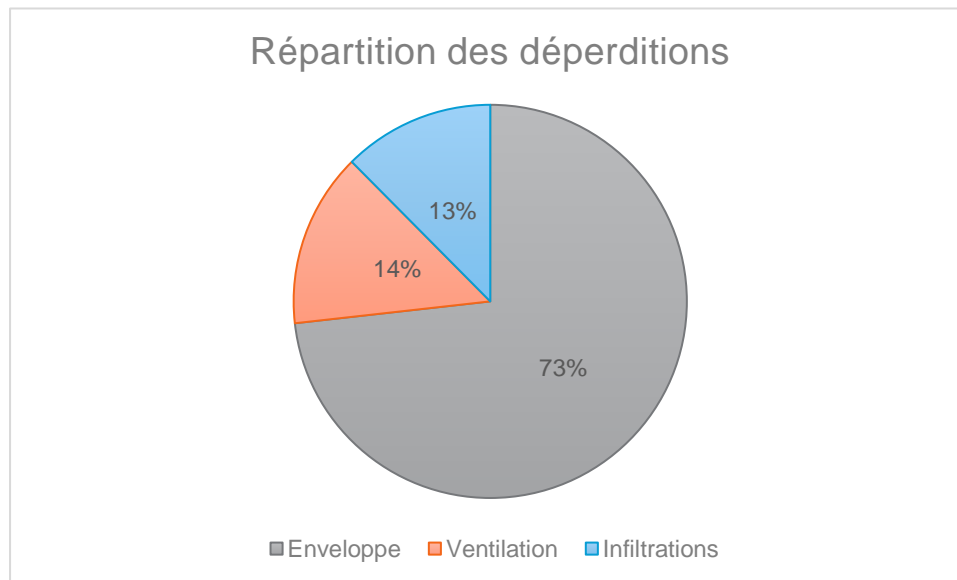


FIGURE 32 REPARTITION DES DEPERDITIONS DU BATIMENT

Les déperditions sont pour plus des deux tiers dues à l'enveloppe. Les déperditions liées à la ventilation sont proches de celles liées aux

infiltrations car la majorité des installations de ventilation sont à l'arrêt. Les déperditions qui y sont liées ne sont donc pas représentative d'un bâtiment qui serait ventilé aux débits réglementaires en simple flux.

Nous avons souhaité observer les **déperditions** liées aux parois en **période de chauffe** du bâtiment. Le graphe suivant est compris pour la période **d'octobre à mai**.

Déperditions statiques

Les déperditions dans les parois sont décomposées ainsi :

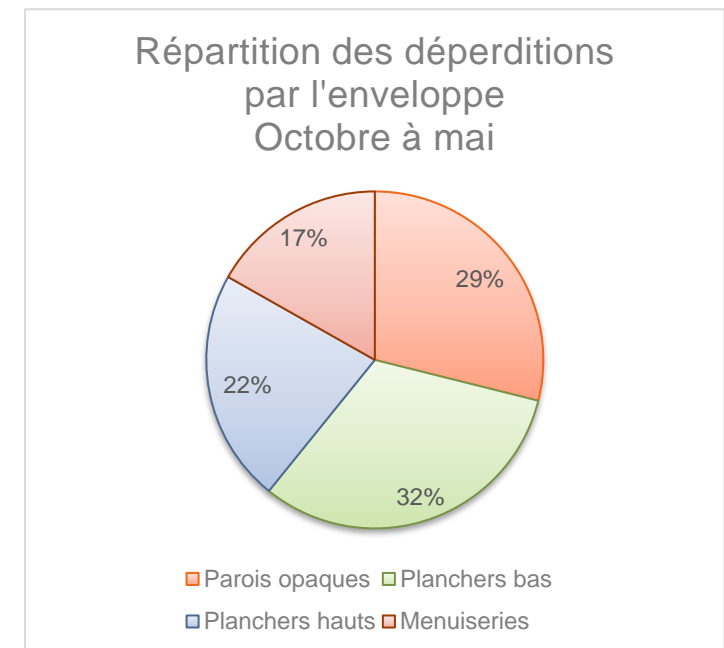


IMAGE 1 : REPARTITION DES DEPERDITIONS STATIQUES PAR TYPE DE PAROI SUR L'ENSEMBLE DU BATIMENT

Les déperditions se font majoritairement par les planchers bas, les parois opaques et les planchers hauts. Ces parois ne sont pas ou peu isolées ce qui justifie qu'elles représentent une part importante des déperditions.

Les planchers bas sont les plus déperditifs car le plancher donnant sur les parkings est très faiblement isolé et certaines parties de plancher bas donnent sur l'extérieur (au niveau de la cour d'entrée et des coursives donnant sur la rue Pierre Clément).

Les menuiseries représentent une part moins importante des déperditions car une campagne de remplacement des menuiseries a eu lieu en 2016, leurs performances thermiques sont par conséquent correctes.

APPORTS

L'étude des apports s'effectue également sur la période de chauffe du bâtiment afin d'étudier la répartition des apports complémentaires au chauffage.

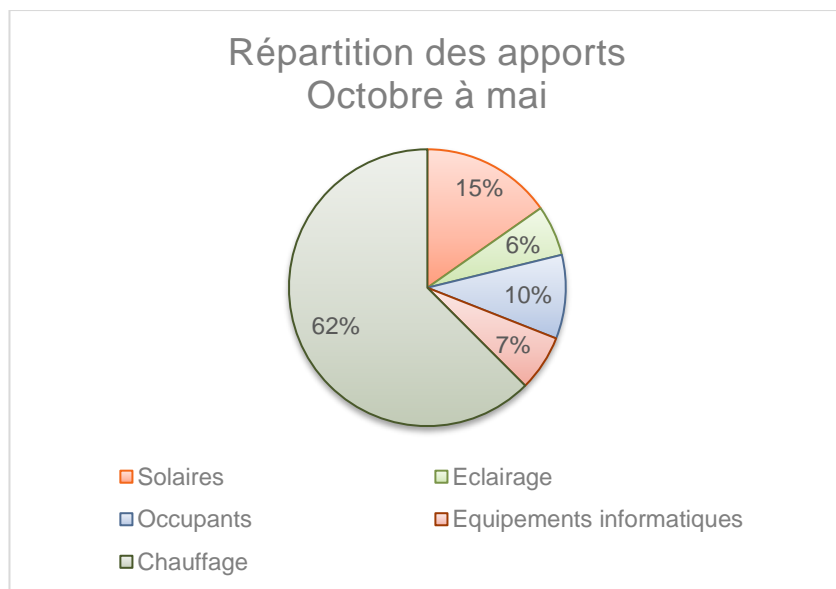


IMAGE 2 : REPARTITION DES APPORTS SUR L'ENSEMBLE DU BATIMENT

Les apports internes et solaires représentent environ 1/3 des apports de chaleur totaux en période de chauffage.

En période estivale, la répartition des apports est la suivante :

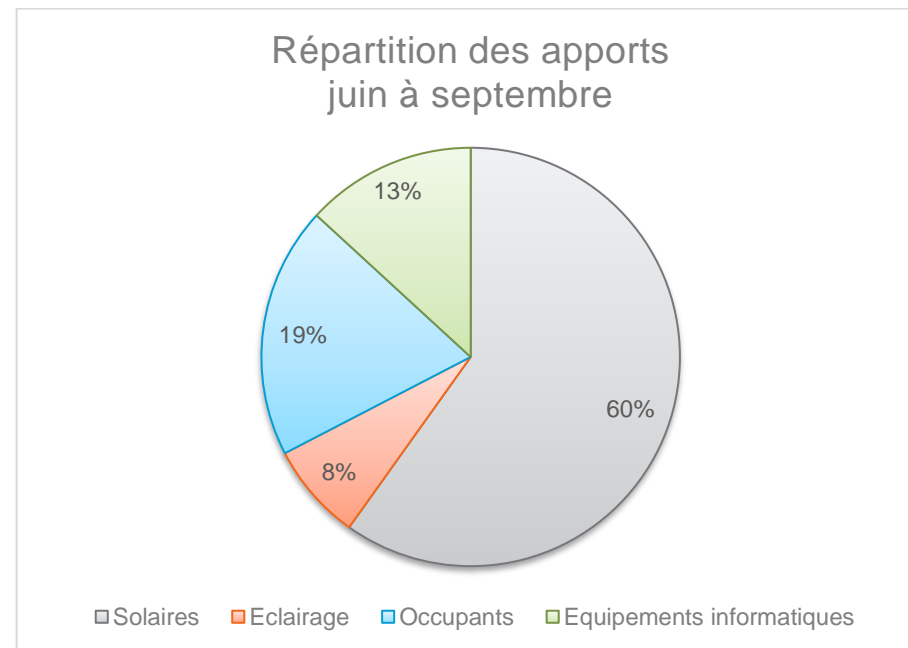


FIGURE 33 REPARTITION DES APPORTS EN PERIODE ESTIVALE

Sans surprise, les apports solaires sont prépondérants, à hauteur de 60% des apports totaux. Cependant il est intéressant de constater que près de 35% des apports sont liés à l'occupation et aux équipements techniques (bureautique). Cette donnée fait écho avec le témoignage d'une occupante indiquant que lorsque sa collègue de bureau est absente en été, la surchauffe dans le bureau est bien mieux supportable.

BESOINS DE CHALEUR

Les besoins annuels de chauffage pour tout le bâtiment s'élèvent à **402 MWh soit 104 kWh/m²**. Au cours de l'année, les besoins de chaleur peuvent se représenter comme sur le graphique suivant.

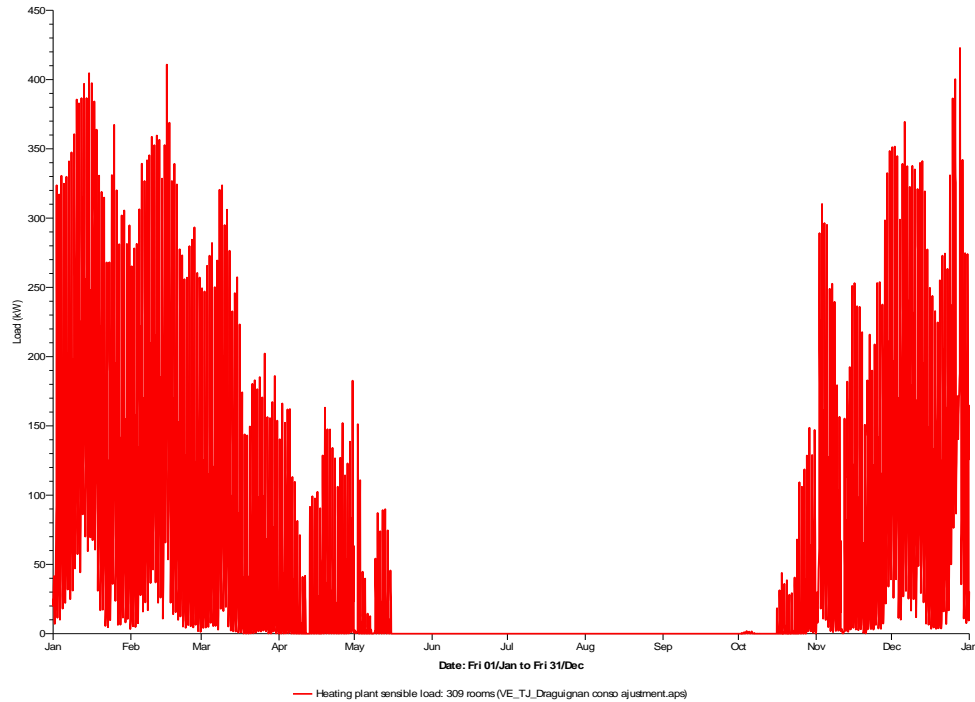


IMAGE 3 : REPARTITION DES BESOINS DE CHALEUR SUR L'ANNEE

On relève des besoins de chaud jusque mi-mai pour le début de l'année. A l'automne, de faibles besoins sont à relever début octobre, les besoins plus importants débutant à partir de mi-octobre.

BESOINS DE FROID

Les besoins de froid s'élèvent à **97.4 MWh soit 26 kWh/m²**.

Les pics de besoin se concentrent en juin, juillet et septembre. Le mois d'août est moins impacté car nous avons considéré que le bâtiment est occupé à hauteur de 40%, les besoins en rafraîchissement sont par conséquent réduits.

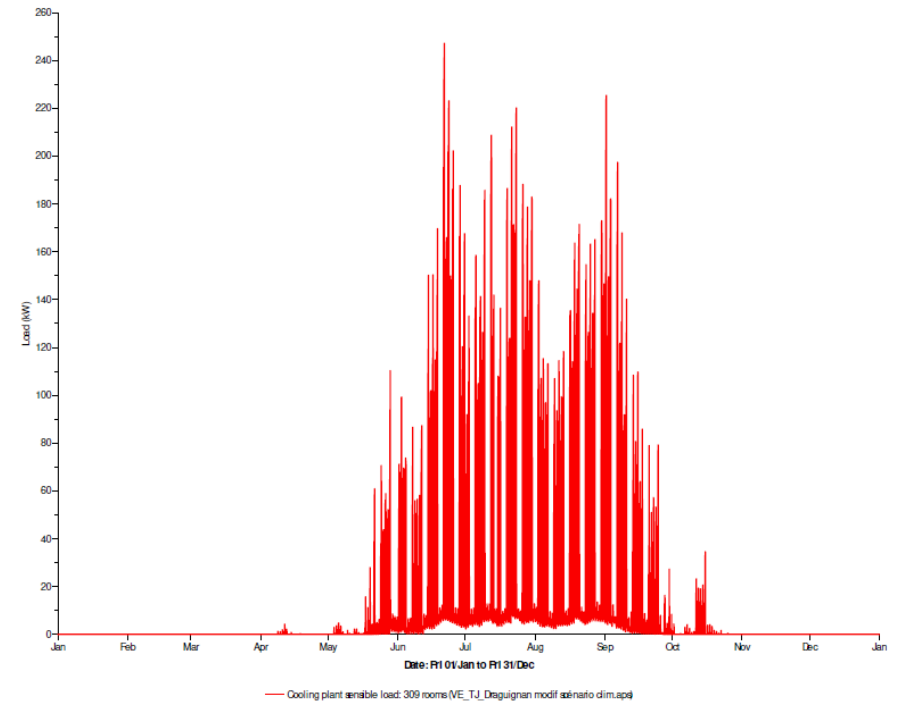


FIGURE 34 BESOINS DE FROID SUR L'ANNEE

CALCUL DES CONSOMMATIONS DE L'EXISTANT

Le calcul des consommations du bâtiment existant a été réalisé à partir du calcul des besoins de chaud et de froid issus de la STD et d'une analyse des équipements installés (génération, distribution, émission, équipements électriques).

L'objectif est de comparer les consommations théoriques calculées avec les consommations réelles dont nous disposons (analysées au paragraphe Analyse des consommations de l'existant) afin de s'assurer que le modèle thermique dynamique représente fidèlement le comportement thermique et la répartition des consommations du bâtiment. En effet, c'est ce modèle qui sera adapté pour étudier l'impact des scénarios de travaux sur les consommations du site, il est donc primordial d'avoir une représentation fiable des postes de consommations du site.

En premier lieu, les données d'entrée utilisées pour estimer les consommations du bâtiment seront détaillées. Elles sont tirées des documents nous ayant été transmis, des relevés sur site, d'informations communiquées par les services techniques et des résultats de la STD.

Les résultats des consommations seront présentés dans un second temps.

DONNEES CONNUES DU BATIMENT ET HYPOTHESES DE CALCULS

CHAUFFAGE – ECS – FROID

CHAUFFAGE

Le chauffage du bâtiment est assuré par deux chaudières gaz.

Au regard de leur ancienneté, les hypothèses sur les chaudières sont les suivantes :

- Chaudières gaz – Hypothèse de rendement : Rendement nominal sur PCI = 0,95 (95%)
- Chaudière non modulante

Le bâtiment dispose de deux types d'émissions : des radiateurs à eau chaude haute température sans robinet thermostatique et des ventilo-convecteurs.

Une inconnue réside dans la part de chauffage assurée par les unités intérieures ou par des radiateurs électriques d'appoint, en complément du chauffage par radiateurs à eau chaude. Lors de nos échanges avec les occupants, nous avons pu constater que 20% des personnes interrogés ont recouru à un chauffage d'appoint. Toutefois cet appoint semble utilisé uniquement ponctuellement, le matin à l'arrivée dans les bureaux ou en mi-saison.

Les longueurs de réseaux en volume non chauffés ont été estimés sur la base des plans de réseaux de chauffage d'origine.

ECS

Comme décrit dans le diagnostic, les sanitaires sont majoritairement dépourvus d'eau chaude sanitaire. La part de consommations liées à l'ECS est donc négligeable en comparaison avec les autres consommations.

Pour le calcul de consommation, nous avons considéré que 5 points de puisage sont pourvus d'eau chaude sanitaire (le sanitaire PMR au R+3 et les cuisines). La production se fait par ballons électrique décentralisé d'une capacité de 15L.

FROID

Les besoins de froid des différents locaux sont assurés par VRV. On fait l'hypothèse d'un COP annuel moyen de 2,5 pour cette génération de froid.

AUXILIAIRES DE CHAUFFAGE – VENTILATION – AUTRES SYSTEMES

La consommation d'électricité liée à la ventilation mécanique comprend :

- Les caissons d'extraction, tourelles et caisson double flux en service. Les débits associés pris en compte sont ceux définis au paragraphe Ventilation des hypothèses de la STD, ramenés à l'occupation ou aux surfaces concernées selon le cas de figure. Il est supposé que ces équipements de ventilation fonctionnent en permanence.
Les débits totaux pris en compte sont les suivants :
 - Ventilation simple flux : 4950 m³/h, SFP moyen 0.35 W/(m³/h)
 - Ventilation double flux : 270 m³/h, SFP 0.6 W/(m³/h)

La consommation électrique des divers éléments mis en place comprend :

- La consommation en fonctionnement de la chaudière gaz ;
- Les consommations liées au fonctionnement des pompes du réseau de distribution primaire et secondaire, prenant en compte la présence ou l'absence de variateur de vitesse.
- Le fonctionnement des unités intérieures de climatisation. Au regard de l'inventaire des unités intérieures, il est supposé une puissance moyenne de 3 kW pour le refroidissement, soit une puissance absorbée nominale de 800 W

AUTRES CONSOMMATIONS (ÉCLAIRAGE – BUREAUTIQUE – ASCENSEURS)

Les consommations d'électricité liées à l'éclairage ont été évaluées sur la base des hypothèses formulées au paragraphe Sources d'éclairage).

Les consommations électriques des BAES (Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité) ont été comptabilisées sur la base de l'inventaire réalisé par Vinci en date du 20/07/22 qui recense 272 blocs.

Le bâtiment est équipé de 2 ascenseurs hydrauliques sur 4 niveaux, 1 ascenseur électrique sur 6 niveaux, 1 ascenseur destiné aux personnes à mobilité réduite et un monte dossier (nombre d'étage desservis inconnus).

Les consommations électriques des deux ascenseurs hydrauliques et de l'ascenseur électrique ont été évaluées, sur la base de 4 niveaux.

Le parc informatique est également pris en compte, selon les hypothèses quantitatives formulées au paragraphe P.

Il est considéré que les ordinateurs fixes et portables et leurs écrans fonctionnent sur les horaires d'occupation des bureaux, et qu'ils sont en veille le reste du temps.

Les serveurs informatiques sont pris en compte, avec une puissance électrique de 123W correspondant à la moyenne des serveurs du site. Leur fonctionnement est considéré permanent, au même titre que les équipements informatiques de type switch et routeurs.

RESULTATS STD

Le bâtiment est modélisé sous Virtual Environnement, de façon à estimer ses besoins de chaud et de froid par la simulation thermique dynamique sur la base des hypothèses formulées au paragraphe Hypothèses de modélisation).

Les résultats de la STD fournissent les besoins de chaud et de froid suivants pour le bâtiment :

- Chaud : 402400 kWh_{eff}/an
- Froid : 97400 kWh_{eff}/an

Ramenés en besoin surfacique, le bâtiment demande :

- Froid : 26 kWh_{eff} / m².an
- Chaud : 104 kWh_{eff} / m².an

Les besoins de chauffage sont couverts par la chaufferie gaz. Toutefois comme identifié dans la partie diagnostic, certains compléments de chauffage sont ajoutés par les utilisateurs, soit par le moyen de radiateurs électriques ponctuels, soit par le moyen d'unité intérieure réversible. Afin de réaliser le calcul de consommations, il est nécessaire d'évaluer le pourcentage des besoins de chauffage qui est couvert par des équipements électriques d'appoint.

La température de consigne est de 20°C d'après l'audit énergétique réalisé en 2010. Nous avons considéré une température de consigne de 21°C dans les bureaux. Nous avons par conséquent considéré que le delta de 1°C est assuré par des équipements électriques d'appoint. L'étude de sensibilité réalisée sur le modèle STD permet de conclure qu'une augmentation de 1°C de la température entraîne une surconsommation de l'ordre de 10%.

Nous avons par conséquent conclu que 10% de la consommation de chauffage est assurée par un appoint électrique.

En l'absence de sous-comptage il s'agit bien entendu d'une approximation.

RESULTATS : REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU TRIBUNAL JUDICIAIRE

RESULTATS

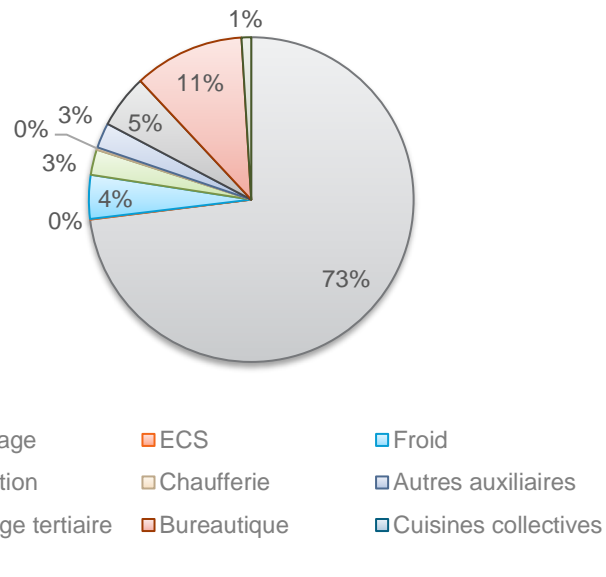
	CONSOMMATIONS			
	Energie Finale		Energie Primaire	
	kWh _{EF} /an	kWh _{EF} /m².an	kWh _{EP} /an	kWh _{EP} /m².an
Chauffage	685 141	90,0	708 003	93,0
ECS	542	0,1	1 398	0,2
Froid	40 863	5,4	105 427	13,9
Ventilation	23 749	3,1	61 271	8,1
Chaufferie	2 202	0,3	5 682	0,7
Autres auxiliaires	23 520	3,1	60 682	8
Eclairage tertiaire	49 933	6,6	128 827	16,9
Bureautique	103 149	13,6	266 124	35,0
Cuisines collectives		0,0		0,0
Autres	9 000	1,2	23220	3,1
Consommation tous postes confondus	938 099	123	1 360 634	179

TABLEAU 5 - RESULTATS DU CALCUL DE CONSOMMATION : REPARTITION DES POSTES DE CONSOMMATION (ENERGIE PRIMAIRE ET FINALE)

Les facteurs de conversion d'énergie finale à énergie primaire utilisés sont les suivants :

Energie	Energie Finale	Energie Primaire
Electricité	1 kWh	2.58 kWh
Gaz	1 kWh	1 kWh

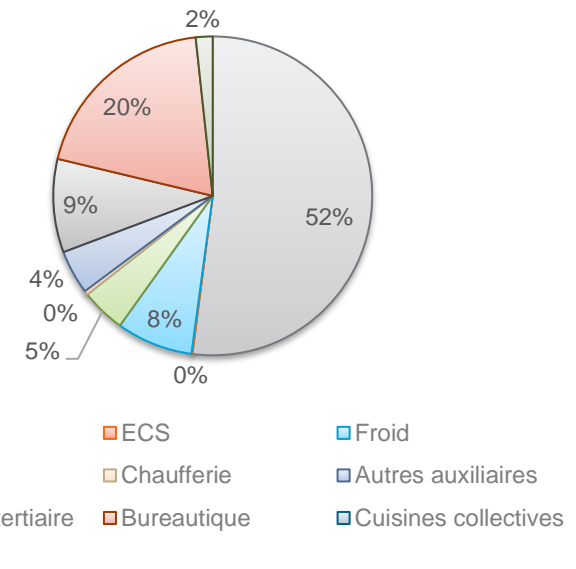
Consommation en énergie finale du tribunal



Énergie primaire : c'est l'énergie qui n'a été soumise à aucun processus de conversion ou de transformation (définition de la norme EN 15 603). Il s'agit des énergies directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie (norme NF P01-010)

Énergie finale : c'est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer...). Elle comprend, outre l'énergie primaire, l'énergie nécessaire à l'extraction de l'énergie primaire, son transport jusqu'au lieu de transformation, sa transformation et son transport jusqu'au lieu d'utilisation. Il faut de l'énergie pour fabriquer de l'énergie. C'est l'énergie « grise » de l'énergie

Consommation en énergie primaire du tribunal



La consommation totale calculée est d'environ **938 100 kWh_{EF}/an soit 123 kWh_{EF}/m².an** (soit **3%** de plus que la consommation totale annuelle moyenne issue des factures). Étant donné l'absence de sous-compteurs (et donc de repères intermédiaires), on estime qu'approcher la valeur réelle à environ +/-10% est globalement satisfaisant.

Ce calcul théorique permet d'avoir une tendance de la répartition des consommations ce qui permet de cibler les postes importants.

ANALYSE DU CONFORT D'ETE

La simulation thermique dynamique a permis d'identifier les locaux les plus défavorables d'un point de vue confort thermique d'été. Le critère d'analyse que nous avons retenu est le nombre d'heure au-dessus de 28°C en période d'occupation, sans système de rafraîchissement.

La majorité des locaux du tribunal sont aujourd'hui rafraîchis, avec une température de consigne permettant d'améliorer le confort estival dans le bâtiment.

Cette étude vise donc principalement à évaluer l'impact qu'auront les préconisations de travaux sur le confort d'été, sans recours au rafraîchissement actif.

Les locaux présentant le plus haut taux d'inconfort sont ceux donnant sur la rue Pierre Clément, aux étages. Ils sont orientés ouest, les façades sont par conséquent ensoleillées durant tout l'après-midi ce qui engendre des surchauffes dans les locaux.

De plus, il s'agit majoritairement de petits bureaux pour lesquels nous avons considéré une occupation de deux personnes par bureau. Les apports internes des occupants auxquels s'ajoutent les apports internes de la bureautique viennent amplifier l'inconfort thermique.

De manière générale, des surchauffes sont constatées dans la plupart des locaux s'il n'y a pas de recours au rafraîchissement actif.



FIGURE 35 ZONES PRESENTANT UN FORT TAUX D'INCONFORT ESTIVAL

CONCLUSION

Nous pouvons donc conclure que :

- Le chauffage est le poste prépondérant de consommations :
 - L'isolation du bâtiment et l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâti permettront de réduire ce poste représentant plus des deux tiers des consommations en énergie finale, par la réduction des besoins de chauffage.
 - L'amélioration de la régulation terminale, la réduction des températures de consigne, le calorifugeage des réseaux, la mise en œuvre de systèmes plus performants permettront de réduire les consommations du tribunal
- La bureautique représente plus de 10% des consommations en énergie finale. Le remplacement des équipements n'est pas envisagé, toutefois une sensibilisation des usagers (mise en veille, extinction des appareils) et la programmation de mises en veille prolongée en cas d'inactivité et la mise en œuvre de multiprises permettant de couper l'alimentation des appareils lorsqu'ils sont éteints permettrait également de réduire ce poste.
- La ventilation représente un faible pourcentage de la consommation car une partie des équipements est à l'arrêt. Les travaux de rénovation auront pour impact d'augmenter ce poste.
- Concernant le confort d'été, la plupart des locaux occupés présentent des surchauffes en période estivale. Les petits bureaux orientés ouest sont ensoleillés et ont des apports internes élevés rapportés à la surface, ce qui amplifie le phénomène de surchauffe.

PROPOSITION DE SOLUTIONS DE REHABILITATION ENERGETIQUE

PREAMBULE

Afin d'améliorer l'**efficacité énergétique** du bâtiment ainsi que le **confort** des usagers, plusieurs pistes d'**améliorations** sur l'**enveloppe** et sur les **équipements** sont proposées. Nous allons dans un premier temps lister les pistes d'améliorations et déterminer **des bouquets travaux** en compilant ces différentes optimisations. Nous évaluerons dans un second temps le gain énergétique de ces travaux et évaluerons le coût global de chaque scénario.

DETERMINATION DES SCENARIOS DE TRAVAUX

La demande du CCTP est la suivante :

- Scénario 1 permettant de répondre aux exigences du décret tertiaire en prenant 2019 comme année de référence pour les consommations énergétiques
- Scénario 2 permettant d'obtenir un bâtiment passif remplissant les critères « Bâtiment Passif » fixés par la Passive House Institute
- Scénario 3 permettant d'obtenir un bâtiment à énergie positive (besoin en énergie finale < 0 kWh_{EF}/m².an).

Nous proposons d'adapter cette demande au regard des contraintes du bâtiment à savoir : un bâtiment très peu compact à la géométrie complexe avec de nombreux décrochés, dont les travaux sont soumis au regard d'un ABF et de l'architecte Yves Lion.

Nous proposons d'étudier deux scénarios de travaux dont la variante principale est l'isolation par l'intérieur ou par l'extérieur du bâtiment. Ces scénarios seront variantés avec différentes productions de chaleur et de froid, et deux systèmes de ventilation (simple flux et double flux) afin de présenter des scénarios allant crescendo vers une amélioration de la performance énergétique du bâtiment. La décomposition des scénarios au regard des contraintes techniques et architecturales permettra ainsi que choisir le scénario le plus réaliste une fois les retours des différents acteurs obtenus.

DECRET ECO ENERGIE TERTIAIRE

Le respect du décret éco énergie tertiaire est réglementaire. Nous veillerons donc à ce que les scénarios de travaux proposés permettent de le respecter.

Les travaux envisagés étant conséquents, il nous semble cohérent de viser une réduction des consommations de 60% à l'horizon 2050 par rapport à 2019. L'année de référence, 2019, a été fixée par la Direction de l'Immobilier de l'Etat (DIE). Il s'agira de notre année de référence pour le calcul.

Les objectifs de consommations sont détaillés ci-dessous.

CONSOMMATIONS EXISTANTES

Les consommations de l'année 2019 issues des factures d'électricité et de gaz sont les suivantes :

Consommations année 2019	kWh _{EF}
Electricité - Compteur TJ	300348
Electricité - Compteur CARPA	8799
Total Gaz (PCS)	607922

Les consommations totales sont les suivantes :

Consommations année 2019	kWh _{EF}
TOTAL ELEC + GAZ	917069

SURFACE DU BÂTIMENT

La surface de référence du décret tertiaire est la surface de plancher. Le tableau de surface transmis par la MOA en date du 29/12/21 indique les surfaces de planchers suivantes :

Etage	Surface de plancher (m²)
R-1	707.92
RDC	3078.18
R+1	2228.74
R+2	2729.59
R+3	720.58
TOTAL SDP	9465.01 m²

OBJECTIF DE CONSOMMATIONS

	kWh _{EF}
Consommations existantes (2019)	917069
Objectif de consommations (-60%)	366828

Objectif de consommations du bâtiment pour respecter le décret tertiaire à horizon 2050 : 366828 kWh_{EF}/an, soit **38.75 kWh_{EF}/m².an**

PRECONISATIONS DE TRAVAUX

Les préconisations de travaux sont récapitulées dans le tableau suivant. Chaque préconisation sera ensuite détaillée dans une fiche présentant :

- Une description précisant les travaux prévus
- Le gain énergétique associé
- Le coût des travaux
- Le montant estimé des Certificats d'Economie d'Energie, basé sur une valeur de 6.67€/MWh cumac (valeur juillet 2022)

Les études de faisabilité complémentaires et autres études ne sont pas comprises dans les coûts de travaux annoncés.

Les coûts liés au déménagement des usagers ne sont pas pris en compte. Le coût de location de 60 m² de bungalow (installation et désinstallation incluses) est donné à titre indicatif : 4000 €/mois.

Préconisation	Numéro	Description
Amélioration de l'enveloppe	1a	Isolation par l'intérieur des façades
	1b	Solution mixte isolation par l'intérieur / isolation par l'extérieur
	2	Isolation des planchers bas
	3	Isolation des toitures
	4	Reprise des joints périphériques des menuiseries
Eclairage	5	Luminaires basse consommation Détection de présence et sonde de luminosité Sensibilisation des usagers
Régulation des consignes	6	Amélioration de la régulation et révision des consignes de température pour le chauffage et le rafraîchissement
Amélioration de la ventilation	7a	Rénovation de l'installation de ventilation simple flux, mise aux normes des débits de ventilation
	7b	Mise en œuvre d'une installation de ventilation double flux avec récupération de chaleur
Bureautique	8	Travail sur les consommations de bureautique (usage et sensibilisation)
Remplacement de la production	9a	Mise en œuvre d'une PAC aérothermique
	9b	Mise en œuvre d'une PAC géothermique
	9c	Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse
Production d'électricité	10	Mise en place de 130 m² de panneaux photovoltaïques en toiture
Travaux hors rénovation énergétique	11	Selon fiches désordres transmises en phase 1

PRECONISATION 1A : ISOLATION DES FAÇADES PAR L'INTERIEUR

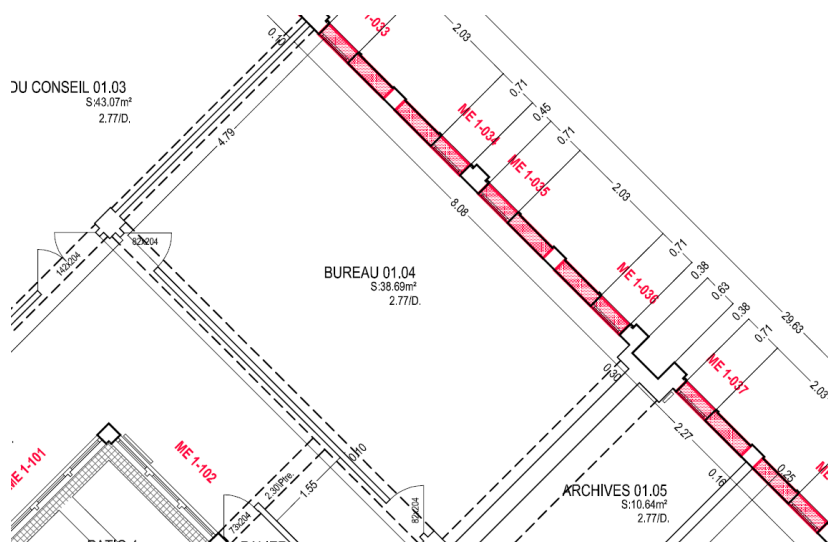
DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre d'une isolation par l'intérieur sur les façades du bâtiment, comprenant les finitions au droit des tableaux de menuiseries, le doublage et l'adaptation des ouvrages existants (radiateurs, éléments muraux divers).

BASE : laine minérale, épaisseur 20cm, $\lambda = 0.036 > R=5.5 \text{ m}^2.K/W$

OPTION : biosourcé (fibre de bois, ouate de cellulose)

NOTA important : la mise en œuvre d'une isolation par l'intérieur sur la façade située rue Pierre Clément est délicate. L'emprise des menuiseries est indiquée en rouge sur le plan DOE ci-dessous, sur un bureau type du R+1. L'espace restant en linéaire de mur est très insuffisant pour mettre en œuvre une isolation uniquement sur les murs.



- Pour assurer une isolation plus efficace, il serait nécessaire soit de remplacer les menuiseries en supprimant les parties opaques en tôle peu isolée pour mettre en œuvre des doublages isolés. Ces dernières datent de 2016, il n'est donc pas raisonnable de prévoir leur remplacement
- soit d'isoler devant les parties opaques

Nous avons retenu la deuxième solution en proposant une isolation par l'intérieur sur ossature des parties opaques menuisées.

GAIN ENERGETIQUE

L'isolation par l'intérieur des façades (or façade rue Pierre Clément) permet une réduction des besoins de chauffage de **13%** par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Isolation par l'intérieur des façades en laine minérale	538 000 €
Isolation par l'intérieur des façades (biosourcé)	597 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
Isolation par l'intérieur des façades	30 700 €

PRECONISATION 1B : ISOLATION DES FAÇADES MIXTE PAR L'INTERIEUR ET PAR L'EXTERIEUR

DESCRIPTION DES TRAVAUX



Mise en œuvre d'une isolation mixte par l'intérieur et par l'extérieur sur les façades du bâtiment. Notre analyse du bâtiment nous a orienté vers une isolation mixte car nous avons jugé, pour certaines zones, que la restitution de l'aspect existant aurait été trop onéreuse et trop complexe.

Pour les zones isolées par l'extérieur, il est supposé que l'aspect du bâtiment est restitué, par la mise en œuvre d'un bardage supportant de la céramique ou de la pierre agrafée.

Les travaux prennent également en compte le traitement des aciers corrodés et l'adaptation des éléments extérieurs à déplacer suite à la modification des dispositions extérieures du bâtiment (grilles, équipements techniques etc.).

BASE : Isolant d'épaisseur 21cm, $\lambda 0.036 > R=5.5 \text{ m}^2.K/W$

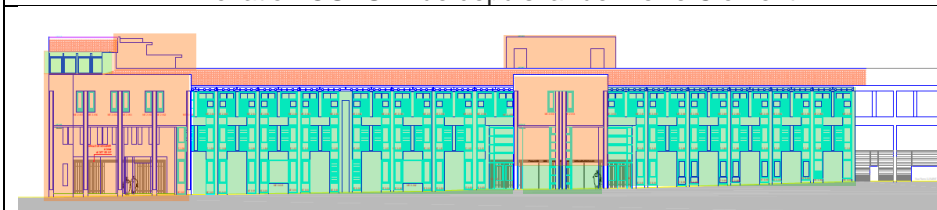
Le type d'isolation considéré est repéré sur les élévations ci-dessous.

 ISOLATION EXTERIEURE	 ISOLATION INTERIEURE
---	---

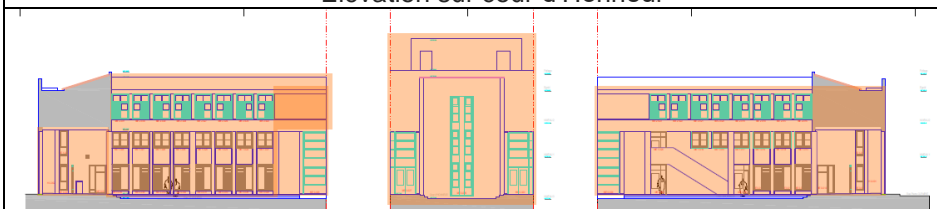
Elévation NORD



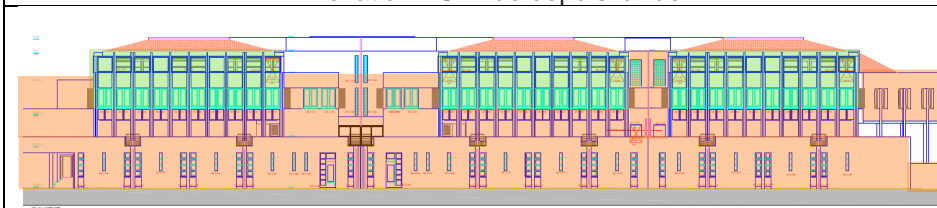
Elévation OUEST vue depuis la rue Pierre Clément



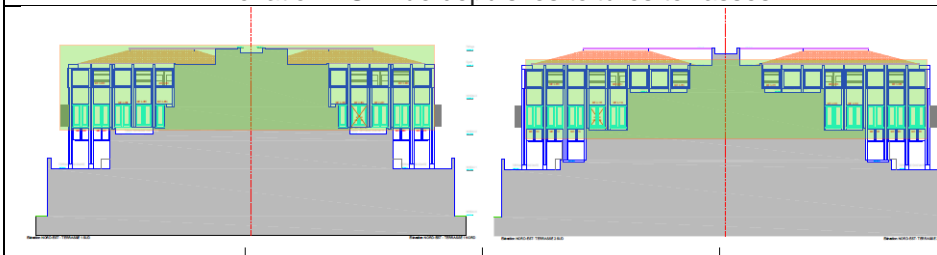
Elévation sur cour d'Honneur



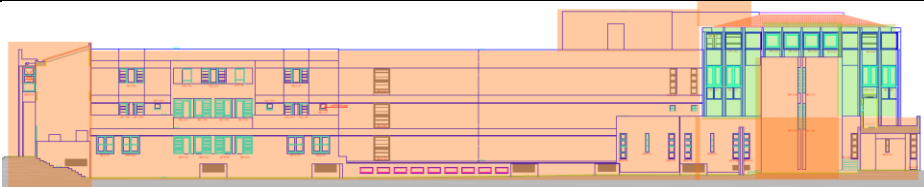
Elévation EST vue depuis la rue



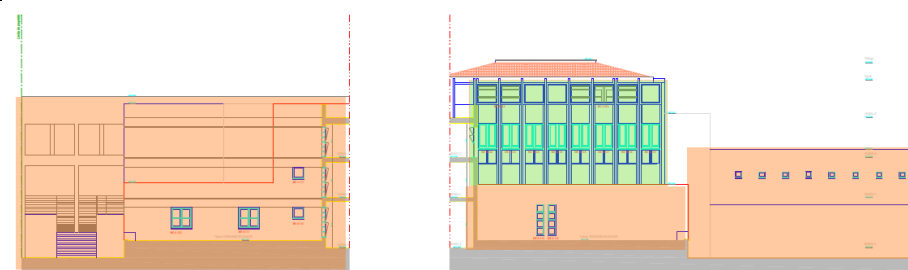
Elévation EST vue depuis les toitures terrasses



Elévation SUD orientation Boulevard Jean Jaurès



Elévation SUD vue depuis le cœur d'îlot



GAIN ENERGETIQUE

L'isolation mixte par l'intérieur et l'extérieur proposée permet une réduction des besoins de chauffage de **20%** par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Isolation par l'extérieur des façades	1 593 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
Isolation par l'intérieur et par l'extérieur des façades	40 600 €

PRECONISATION 2 : ISOLATION DES PLANCHERS BAS

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Isolation des planchers bas, suivant les cas de figures :

- Plancher bas donnant sur l'extérieur : isolation par plaques, $R > 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ épaisseur 15cm $\lambda 0.036 \text{ W/m/K}$
- Plancher bas donnant sur le parking : isolation par projection, $R > 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ épaisseur 15cm $\lambda 0.036 \text{ W/m/K}$

Les planchers bas donnant sur l'extérieur pris en compte sont repérés en rouge sur le plan ci-dessous (R+2) :



FIGURE 36 PLAN DE REPERAGE DES PLANCHERS BAS DONNANT SUR L'EXTERIEUR

GAIN ENERGETIQUE

L'isolation des planchers bas donnant sur l'extérieur permet une réduction des besoins de chauffage de **11%** par rapport à l'existant.

L'isolation des planchers haut et des planchers bas permet une réduction des besoins de chauffage de **37%**.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Isolation des planchers bas	75 577 €

Travaux prévus	Montant CEE
Isolation des planchers bas	9700 €

PRECONISATION 3 : ISOLATION DES TOITURES

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Isolation des planchers hauts, suivant les cas de figures :

- Toiture terrasse sous étanchéité : isolation en PSE, $R > 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ épaisseur 29cm
- Toiture terrasse végétalisées : isolation $R > 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ épaisseur 29cm
- Combles sous rampants de toiture : isolation en laine minérale, $R > 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ épaisseur 29cm

Les travaux prévus comprennent la dépose du revêtement existant (pour les toitures terrasses), la mise en œuvre de l'isolant et la réfection de l'étanchéité pour les zones de toiture terrasse.

NOTA important : l'isolation des planchers des coursives extérieures en dalle sur plot situées au R+3 (en rouge sur le plan ci-dessous) n'est pas intégrée au projet.

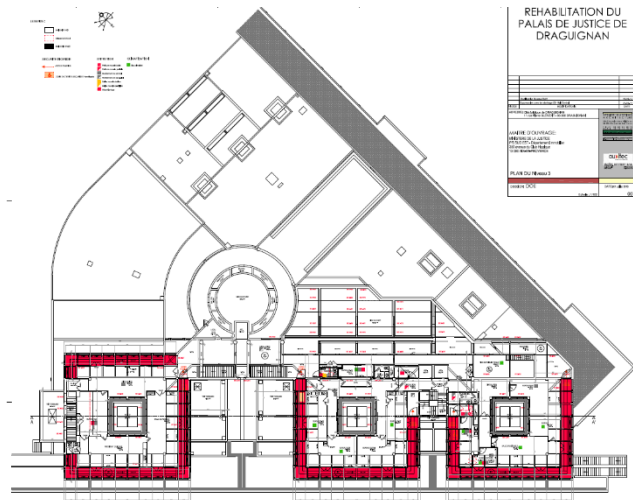


FIGURE 37 PLAN DE REPERAGE DES COURSIVES NON ISOLEES

En effet, ces travaux nécessiteraient de rehausser les dalles sur plots, et par conséquent de remplacer toutes les menuiseries donnant sur la coursive ce que nous ne jugeons pas pertinent car elles sont récentes et cela réduirait la hauteur de passage.

Le rapport de JOVAL transmis en phase 1 indique que l'étanchéité de ces coursives a été refaite récemment mais qu'une révision de la hauteur des dalles sur plot est nécessaire (risque actuel de chute). Une provision a été prévue dans le chiffrage en ce sens.

GAIN ENERGETIQUE

L'isolation des planchers haut et des planchers bas permet une réduction des besoins de chauffage de 37%.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Isolation des toitures	701 900 €

Travaux prévus	Montant CEE
Isolation des toitures	17 000 €

PRECONISATION 4 : REPRISE DES JOINTS PERIPHERIQUES DES MENUISERIES

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Les services techniques ont signalé des problèmes d'étanchéité à l'air de certaines menuiseries remplacées en 2016. Cela peut venir d'un calfeutrement insuffisant entre le dormant et la paroi et/ou d'un mauvais réglage des huisseries.

Ces travaux sont associés à l'isolation des façades.

GAIN ENERGETIQUE

Le gain énergétique associé est de **5%**. Il est calculé sur la base d'une amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment, allant de pair avec l'isolation de la façade. Le taux d'infiltration d'air est amélioré, passant de 0.22 vol/h (hypothèse de modélisation de l'état existant) à 0.13 vol/h.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Reprise étanchéité menuiseries	20 000 €

PRECONISATION 5 : AMELIORATION DE L'ECLAIRAGE

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Relamping avec mise en œuvre de luminaires LED dans le tribunal.

Mise en œuvre de détection de présence associée à une sonde de luminosité pour les locaux suivants : circulations, sanitaires (sonde de luminosité pour les sanitaires pourvus de lumière naturelle), salles de réunion et salles d'audience.

Pour les bureaux : actions de sensibilisation des usagers pour les inciter à couper l'éclairage le midi, et amener une prise en compte de l'évolution de la luminosité au cours de la journée, afin de juger si l'éclairage artificiel est vraiment nécessaire.

GAIN ENERGETIQUE

L'amélioration de la régulation et de la gestion de l'éclairage permet une réduction des consommations d'électricité de **21%** par rapport à l'existant.

Il est important de noter qu'une partie du gain estimé est lié à la sensibilisation des usagers.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Relamping LED	361 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
Relamping LED	6 000 €

PRECONISATION 6 : REGULATION DES CONSIGNES

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Amélioration de la régulation de l'installation de chauffage selon les orientations du bâtiment, et de la régulation terminale. Réduction des consignes de température de chauffage à 19°C pour les locaux chauffés hormis les circulations, à 16°C.

Bridage des consignes pour le rafraîchissement à 26°C.

GAIN ENERGETIQUE

La régulation des consignes de température en chaud et froid permettrait de réduire les besoins de chaud de **8%** et les besoins de froid de **25%** par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Ce montant de travaux est intégré dans la rénovation de la production de chaleur du tribunal (régulation, robinets thermostatiques.)

PRECONISATION 7A : VENTILATION SIMPLE FLUX

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Reprise de l'installation de ventilation simple flux : extracteurs, réseaux, bouches et équilibrage pour assurer le respect des débits réglementaires.

Les caissons d'extraction sont placés en toiture à la place des caissons existants. Les réseaux aérauliques et les bouches sont dimensionnés au regard des débits réglementaires.

L'étude suppose que les équipements récents sont conservés et que les CTA des salles d'audience 1 et 2 sont remises en fonctionnement. La liste des équipements existants considérés comme conservés est la suivante :

- CTA double flux des salles d'audience 1 et 2
- CTA double flux Ordre des Avocats [nomenclature : CVDF06]
- Extracteur JAP [nomenclature : CVE06 bis]

Il est supposé que les caissons de ventilation se coupent lorsque le bâtiment est inoccupé. Fonctionnement de la ventilation : 8h – 18h.

La consultation des FT des équipements CVDF06 et CVE06 bis nous permet de constater que les débits en jeu sont insuffisants pour assurer un renouvellement d'air réglementaire pour tous les locaux. L'ajout d'un extracteur est par conséquent prévu pour compenser les débits manquants.

⇒ **Des études de conception devront être réalisées pour préciser le cheminement des réseaux, l'emplacement des caissons et les reprises de gros œuvre et second œuvre nécessaires à l'augmentation des débits d'air.**

GAIN ENERGETIQUE

Il s'agit pour ce cas particulier d'une augmentation des besoins de chauffage et des consommations électriques car les débits à l'état existant sont jugés insuffisants : la mise en œuvre d'une installation assurant les débits réglementaires engendre une augmentation des débits de ventilation, et par

conséquent une augmentation des déperditions liées au renouvellement d'air et des consommations électriques des ventilateurs.

Ce poste de travaux engendre une augmentation des besoins de chauffage de l'ordre de 4% par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Rénovation ventilation SF	449 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
Ventilation SF	2 000 €

PRECONISATION 7B : VENTILATION DOUBLE FLUX

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre d'une installation de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait pour l'ensemble des locaux à l'exception des scellés, conservés en simple flux.

L'étude se base sur les hypothèses de conception décrites ci-dessous :

- Mise en œuvre d'une CTA double flux par bloc en toiture pour la ventilation des bureaux, sanitaires, salles de réunion et archives (selon plan de repérage ci-dessous)
- Mise en œuvre d'une CTA double flux pour les bureaux JAP permettant également de compenser le manque de débits de la CTA existante dans les bureaux de l'ordre des avocats, en toiture
- Mise en œuvre d'une CTA double flux dédiée pour la salle d'audience 3 et les salles d'audience 4 et 5
- Les CTA existantes des salles d'audience 1 et 2, et de l'ordre des avocats sont conservées

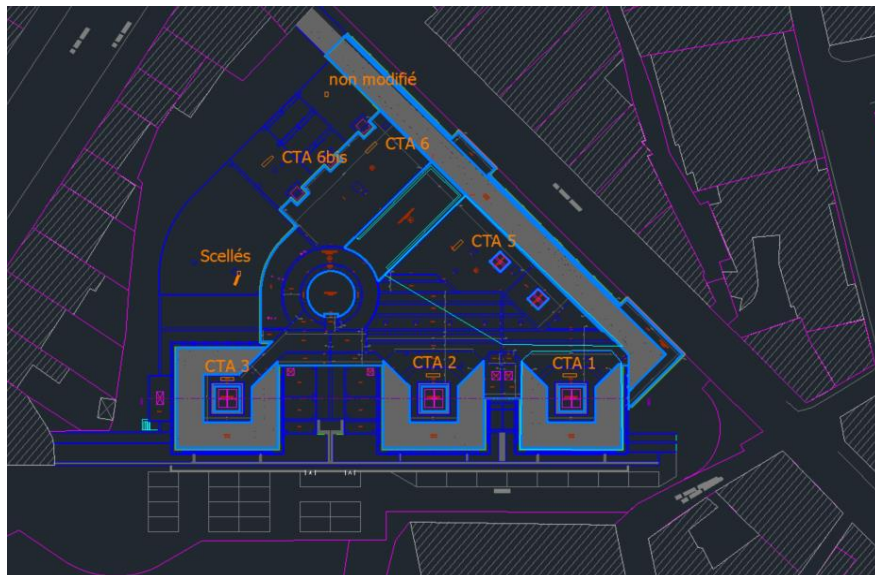


FIGURE 39 PLAN DE REPERAGE DES CTA

Il est supposé que les CTA se coupent lorsque le bâtiment n'est pas occupé. Fonctionnement de la ventilation : 8h – 18h.

La mise en œuvre d'une ventilation double flux engendre d'importants travaux pour permettre le cheminement des gaines de soufflage et de reprise.

Une étude en coupe a été réalisée pour évaluer l'impact de la mise en œuvre de réseaux supplémentaires hors gaine technique sur la hauteur sous plafond dans les locaux. Les deuxième et troisième étage présentent de faibles hauteurs sous plafond, les gaines devront être placées judicieusement pour ne pas gêner les occupants.



FIGURE 38 ETUDE EN COUPE DU CHEMINEMENT DES GAINES

NOTA important : des études de conception poussées sont requises afin de valider la faisabilité technique de ces travaux vis-à-vis des éléments suivants : cheminements verticaux et horizontaux des gaines de soufflage, étude structurelle pour confirmer que les toitures peuvent supporter le poids des équipements.

GAIN ENERGETIQUE

La mise en œuvre d'un système de ventilation double flux permettrait une réduction des besoins de chauffage de **5%** par rapport à l'existant, tout en assurant les débits réglementaires dans les différents locaux et l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et du confort thermique.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Rénovation ventilation DF	942 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
Ventilation DF	7 000 €

PRECONISATION 8 : BUREAUTIQUE**DESCRIPTION DES TRAVAUX**

Sensibilisation des usagers sur la nécessité d'éteindre les appareils de bureautique le soir, et mise en veille durant la pause de midi.

Faciliter l'extinction par la mise en œuvre de multiprises.

GAIN ENERGETIQUE

La sensibilisation des usagers permettrait un gain d'électricité d'environ **1%**, **sans investissement.**

MONTANT DES TRAVAUX

Nous n'avons pas associé de montant travaux à cette préconisation.

PRECONISATION 9A : MISE EN ŒUVRE D'UNE PAC AÉROTHERMIQUE

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre d'une pompe à chaleur aérothermique permettant d'assurer la production de chauffage et de froid.

La pompe à chaleur pourrait être implantée dans le parking ventilé à proximité de la sous-station secondaire ce qui permettrait d'une part de conserver les départs secondaires de chauffage et d'autre part de supprimer les importants linéaires de réseaux primaires, sources de déperditions et de consommations énergétiques supplémentaires.

Les caractéristiques de la pompe à chaleur prises en compte dans l'étude sont les suivantes :

- PAC aérothermique air / eau
- Part du chauffage assurée : 100% (nous supposons que les appoints par unités intérieure réversibles ne sont plus nécessaires grâce à l'amélioration de la régulation et à l'isolation du bâtiment)
- Régime de température : 50 / 40 °C
- COP : 2.84, prenant en compte les conditions réelles d'utilisation

La reprise des réseaux endommagés et l'amélioration du calorifuge sur l'ensemble des réseaux en sous-sol par la mise en œuvre d'un calorifuge de classe 4 sont pris en compte dans l'étude.

Le réseau primaire de chauffage situé dans la chaufferie est déposé et remis à neuf à proximité de la pompe à chaleur.

Les circulateurs des réseaux secondaires à vitesse constante sont remplacés par des circulateurs à vitesse variable.

Les radiateurs sont équipés de robinets thermostatiques permettant d'améliorer la régulation terminale du chauffage et l'équilibrage global de l'installation est prévu.

NOTA important : nous avons considéré que les émetteurs existants sont conservés, en supposant que la rénovation thermique permet de réduire les

besoins de chauffage, et donc de compenser la perte de puissance par émetteurs due à la baisse du régime de température.

Une étude de faisabilité devra confirmer que la puissance des radiateurs, après abaissement de la température, permet de couvrir les besoins, local par local.

NOTA bis : Un bilan de puissance électrique devra être effectué afin de s'assurer que la puissance électrique disponible permet de couvrir les besoins de puissances de la pompe à chaleur.

La mise en œuvre d'une pompe à chaleur permet de bénéficier de sa production de froid en période estivale. Nous avons ainsi considéré que les unités intérieures alimentées en détente directe sont remplacées par des unités intérieures à eau glacée. En effet, nous avons pu constater lors du diagnostic qu'un certain nombre d'unités intérieures sont en mauvais état, elles risquent donc d'être remplacées prochainement à l'identique. Il est préférable de proposer la mise en œuvre d'un système de rafraîchissement à eau glacée plus efficace d'un point de vue énergétique et plus vertueux car limitant le recours aux fluides frigorigènes.

GAIN ENERGETIQUE

La mise en œuvre d'une PAC aérothermique permet une réduction des consommations de chauffage de 196% par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Mise en œuvre d'une PAC air eau, amélioration de la régulation, rafraîchissement par unité intérieure à eau glacée	666 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
PAC air / eau	14 000 €

La prime « coup de pouce chauffage » permettrait de multiplier par 3 le gain des CEE en cas de remplacement d'une chaudière gaz non performante.

PRECONISATION 9B : MISE EN ŒUVRE D'UNE PAC GEOTHERMIQUE

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre d'une pompe à chaleur géothermique permettant d'assurer la production de chauffage et de froid.

Le potentiel de géothermie a été étudié en première approche grâce aux données du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières).



Ressources géothermiques de surface sur système ouvert (nappe) et sur système fermé (sonde) en Provence-Alpes-Côte-d'Azur



Le potentiel géothermique hors nappe est jugé favorable aux alentours du tribunal.

A ce stade, nous supposons une implantation de la PAC géothermique au niveau du parking Bontemps situé à proximité immédiate du tribunal. Des sondes verticales seraient mises en œuvre au niveau du parking. La surface estimée de l'emprise des sondes est de 5000 m², ce qui serait compatible avec la surface du parking.



FIGURE 40 REPERAGE DE L'IMPLANTATION DES SONDES DE GEOTHERMIE

NOTA important : Une étude de faisabilité spécialisée devra être menée afin de préciser la puissance disponible, le type de sondes, l'emprise de l'installation etc.

Les caractéristiques de la pompe à chaleur sont les suivantes :

- PAC géothermique sur sonde
- Part du chauffage assurée : 100% (nous supposons que les appoints par unités intérieure réversibles ne sont plus nécessaires grâce à l'amélioration de la régulation et à l'isolation du bâtiment)
- Régime de température : 50 / 40 °C
- COP : 3.8, prenant en compte les conditions réelles d'utilisation

Les autres postes de travaux prévus sont identiques à ceux détaillées pour la préconisation de travaux 9A.

NOTA important : nous avons considéré que les émetteurs existants sont conservés, en supposant que la rénovation thermique permet de réduire les besoins de chauffage, et donc de compenser la perte de puissance par émetteurs due à la baisse du régime de température.

Une étude de faisabilité devra confirmer que la puissance des radiateurs, après abaissement de la température, permet de couvrir les besoins, local par local.

NOTA bis : Un bilan de puissance électrique devra être effectué afin de s'assurer que la puissance électrique disponible permet de couvrir les besoins de puissances de la pompe à chaleur.

GAIN ENERGETIQUE

La mise en œuvre d'une PAC géothermique permet une réduction des consommations de chauffage de 295% par rapport à l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Mise en œuvre d'une PAC eau eau, amélioration de la régulation, rafraîchissement par unité intérieure à eau glacée	986 000 €

Travaux prévus	Montant CEE
PAC eau / eau	14 000 €

La prime « coup de pouce chauffage » permettrait de multiplier par 3 le gain des CEE en cas de remplacement d'une chaudière gaz non performante.

PRECONISATION 9C : MISE EN ŒUVRE D'UNE CHAUFFERIE BIOMASSE

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse pour assurer la production de chauffage.

Une pré-étude de faisabilité a été réalisée afin d'évaluer l'emprise de l'installation. L'emplacement de la chaufferie existante serait conservé. Un silo de stockage devra être implanté. Le parking situé au-dessus de la chaufferie (entrée du parking) pourrait accueillir le stockage du bois, ce qui permettrait de réaliser l'approvisionnement par le boulevard Jean Jaurès.



FIGURE 41 PLAN DE REPERAGE DU PARKING

Les chaudières bois seraient mises en œuvre dans la chaufferie existante.

Les travaux de rénovation des réseaux de distribution et d'amélioration de la régulation sont les mêmes que pour la préconisation 9A.

La production de chaleur ne serait pas réversible. Nous supposons que les installations de production de froid existante sont conservées. Une provision est prévue dans le chiffrage pour le remplacement de 20 unités extérieures à détente directe.

Les caractéristiques techniques de la chaufferie prise en compte sont les suivantes :

- Deux chaudières bois granulés en cascade permettant d'assurer une modulation de puissance
- Rendement des chaudières : 92%
- Régime de température : 60/40°C

La panoplie primaire est remise à neuf, et les travaux de rénovation de la distribution et d'amélioration de la régulation sont ceux décrits dans la préconisation 9A.

NOTA important : nous avons considéré que les émetteurs existants sont conservés, en supposant que la rénovation thermique permet de réduire les besoins de chauffage, et donc de compenser la perte de puissance par émetteurs due à la baisse du régime de température.

Une étude de faisabilité devra confirmer que la puissance des radiateurs, après abaissement de la température, permet de couvrir les besoins, local par local.

GAIN ENERGETIQUE

Cette solution est équivalente à la production existante en énergie finale mais permet d'améliorer le bilan carbone de la production de chauffage (voir graphique Comparaison des émissions de CO₂).

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Mise en œuvre d'une chaufferie biomasse, amélioration de la régulation	568 000 €

Pour la chaudière biomasse, le montant des CEE dépend de la chaleur produite par l'équipement, qui dépend donc des travaux de rénovation prévus. Plus les besoins en chauffage sont élevés, plus le montant des CEE est élevé.

Travaux prévus	Montant CEE
Biomasse, SF et ITI	5300 €
Biomasse, DF et ITI	4200 €
Biomasse, SF et ITE	4800 €
Biomasse, DF et ITE	6300 €

La prime « coup de pouce chauffage » permettrait de multiplier par 3 le gain des CEE en cas de remplacement d'une chaudière gaz non performante.

PRECONISATION 10 : MISE EN ŒUVRE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Mise en œuvre de panneaux photovoltaïques sur les toitures terrasses du bâtiment. Une étude de faisabilité a été réalisée afin d'identifier les zones de toiture judicieuses pour accueillir des panneaux photovoltaïques et d'évaluer la production annuelle.

Trois zones sont identifiées comme pouvant accueillir des panneaux PV, notées 1, 2 et 3.

Le reste de la toiture présente des éléments empêchant une installation : extracteurs, conduites, combles, circulations, toiture en escalier...

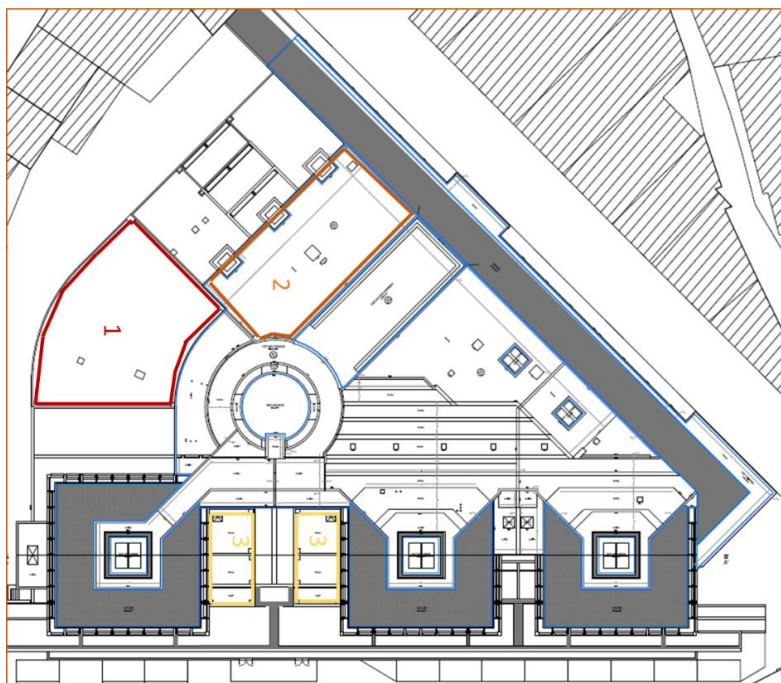
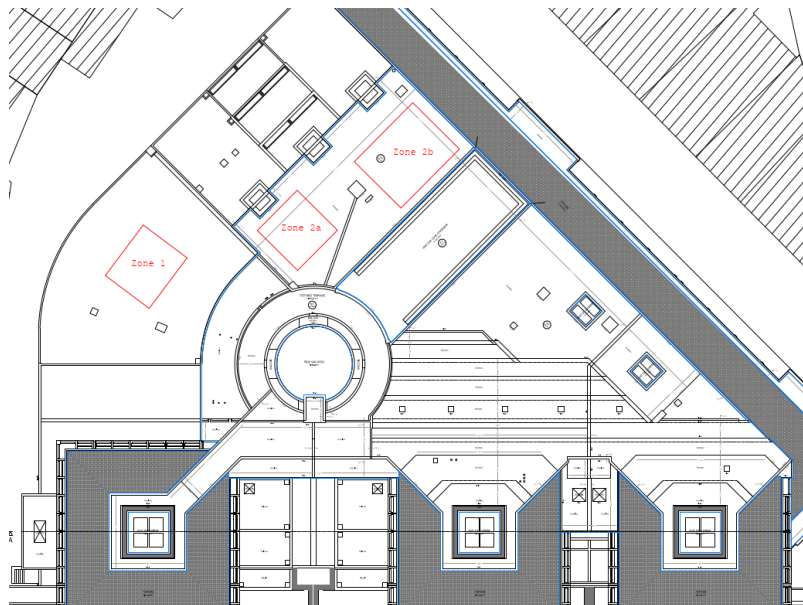


FIGURE 42 ÉTUDE DES TOITURES POUVANT ACCUEILLIR DES PV

	<p>Zone 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ombre côté Sud par les bâtiments environnants en hiver et intersaison - Ombre côté Est en été en première partie de matinée (cf. photo) - Ombre côté Ouest en deuxième partie d'après-midi en été et intersaison <p><u>Conclusion :</u> beaucoup d'ombres sur cette zone, éventuellement possibilité d'en mettre au centre de la zone</p>
	<p>Zone 2 :</p> <p>Aucun masque la quasi-totalité de la journée, quelle que soit la saison ; présence d'un extracteur (CVE6) et d'une conduite</p> <p><u>Conclusion :</u> zone propice au PV mais sur une partie restreinte à cause des conduites et extracteurs</p>
	<p>Zone 3 :</p> <p>Masque en début (partie Sud) ou fin (partie Nord) de journée, toute l'année ; difficulté d'accès et faibles surfaces</p> <p><u>Conclusion :</u> zone non-propice</p>

Dimensions des zones propices au PV :

- Zone 1 : 43m²
- Zone 2a : 5.7m x 5.7m soit 32m²
- Zone 2b : 8.4m x 6.7m soit 56m²

➔ Environ 130 m² de panneaux PV peut être envisagé

Calcul du taux de remplissage :

Il est estimé à 52%.

GAIN ENERGETIQUE

Le productible est estimé à **18 MWh annuel**. D'après la présentation lors du rendu des phases 1 et 2, la consommation électrique annuelle moyenne s'élève à 297 MWh. Ainsi la part potentielle d'autoconsommation représente environ 5% de l'état existant.

MONTANT DES TRAVAUX

Travaux prévus	Coût
Installation PV 130 m ²	40 000 €

ANNEXE : ANALYSE DES OMBRAGES SUR LES TOITURES

L'analyse des ombrages sur les toitures a permis d'identifier les zones les plus propices à la mise en œuvre de panneaux photovoltaïques.

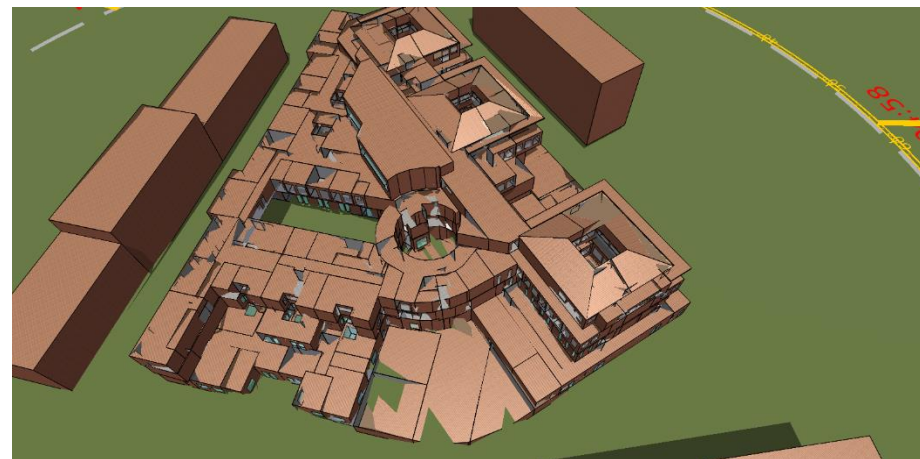
HIVER
A gauche 12h – à droite 16h



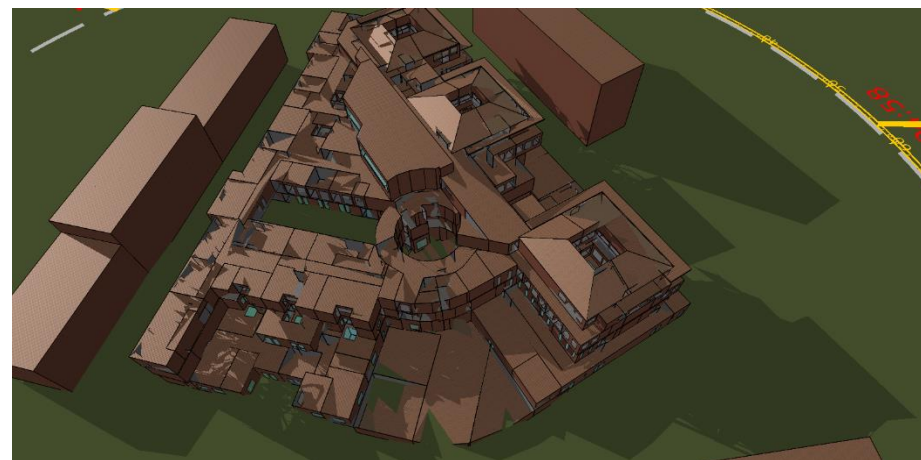
EQUINOXE
A gauche 12h – à droite 16h



ETE
A gauche 8h – à droite 12h



ETE
A gauche 16h – à droite 18h



PRECONISATION 11 : TRAVAUX HORS RENOVATION ENERGETIQUE

L'audit du clos et couvert de Joval réalisé en partie 1 a permis de souligner les travaux urgents à réaliser.

Les travaux relatifs à la pérennisation des façades extérieures sont pris en compte dans le poste de travaux « Isolation par l'extérieur » et « isolation par l'intérieur ».

Les postes de travaux non traités dans les préconisations de travaux précédemment présentées ci-dessous. Il s'agit :

- Réparation de la fissuration du joint de dilatation (toiture terrasse 3^{ème} étage)
- Remplacement du vitrage défectueux source de condensation
- Traitement du seuil de la porte de sortie de secours côté assise bloc 4

La quantification des surfaces concernées par les fissures et épaufrures est délicate et nécessiterait une purge, qui permettrait d'évaluer les surfaces réellement concernées (supérieures aux surfaces visibles). Nous nous sommes basés sur le diagnostic structure réalisé par AKILA en 2021 qui propose une estimation de ces surfaces pour intégrer ce montant de travaux.

Travaux prévus	Coût
Travaux hors rénovation énergétique	20 000 €

SCENARIOS DE TRAVAUX

Les scénarios de travaux étudiés dans le cadre de l'analyse en coût global sont récapitulés ci-dessous. Ils sont constitués de combinaisons de préconisations de travaux présentées précédemment.

Afin d'alléger la nomenclature des scénarios, les codes suivants sont utilisés :

- ITI : isolation par l'intérieur / ITE : isolation mixte par l'intérieur et l'extérieur
- SF : Ventilation simple flux / DF : double flux
- A : Production de chaleur par PAC air / eau
- G : Production de chaleur par PAC géothermique
- B : Production de chaleur par chaufferie bois

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
	ITI – SF - A	ITI – SF - G	ITI – SF - B	ITI – DF - A	ITI – DF - G	ITI – DF - B
Enveloppe						
Isolation	Isolation par l'intérieur					
	Isolation des planchers bas Isolation des toitures Etanchéité à l'air					
Menuiseries	Vérification de l'étanchéité à l'air Etude de la rénovation des menuiseries non remplacées en 2016					
Systèmes						
Chauffage	Travail sur les consignes et la régulation chaud/froid (usage + technique : régulateurs terminaux et sensibilisation des usagers)					
Ventilation	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux
Eclairage	Reprise des luminaires + régulation					
Electricité spécifique						
Bureautique	Travail sur les consommations de bureautique (usages et sensibilisation)					
Production de chaleur						
Production de chaleur	Variante a : Production de chaleur par PAC aérothermique	Variante b : Production de chaleur par PAC géothermique	Variante c : Chaufferie biomasse	Variante a : Production de chaleur par PAC aérothermique	Variante b : Production de chaleur par PAC géothermique	Variante c : Chaufferie biomasse
PV						
Photovoltaïque	Mise en œuvre de panneaux photovoltaïques					

	Scénario 1 bis	Scénario 2 bis	Scénario 3 bis	Scénario 4 bis	Scénario 5 bis	Scénario 6 bis
	ITE – SF - A	ITE – SF - G	ITE – SF - B	ITE – DF - A	ITE – DF - G	ITE – DF - B
Enveloppe						
Isolation	Isolation par mixte par l'intérieur et par l'extérieur (suivant configuration possible)					
	Isolation des planchers bas Isolation des toitures Etanchéité à l'air					
Menuiseries	Vérification de l'étanchéité à l'air Etude de la rénovation des menuiseries non remplacées en 2016					
Systèmes						
Chauffage	Travail sur les consignes et la régulation chaud/froid (usage + technique : régulateurs terminaux et sensibilisation des usagers)					
Ventilation	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Reprise de la ventilation : extracteurs, réseaux et équilibrage en simple flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux	Mise en œuvre d'une ventilation double flux
Eclairage	Reprise des luminaires + régulation					
Electricité spécifique						
Bureautique	Travail sur les consommations de bureautique (usages et sensibilisation)					
Production de chaleur						
Production de chaleur	Variante a : Production de chaleur par PAC aérothermique	Variante b : Production de chaleur par PAC géothermique	Variante c : Chaufferie biomasse	Variante a : Production de chaleur par PAC aérothermique	Variante b : Production de chaleur par PAC géothermique	Variante c : Chaufferie biomasse
PV						
Photovoltaïque	Mise en œuvre de panneaux photovoltaïques					

CALCULS DE CONSOMMATIONS, GAINS ENERGETIQUES, COUTS DE TRAVAUX ET TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Cadrage de l'étude en coût global :

- Durée de l'étude : 25 ans
- Taux d'actualisation : il permet de mesurer la rentabilité d'un projet selon l'évolution des flux financiers. Nous avons choisi un taux d'actualisation de 2.5%, conformément aux préconisations du rapport Quinet (2013) pour les politiques publiques.
- Prix unitaire de l'énergie à t0 : l'analyse des factures énergétiques du tribunal nous a permis de constater l'écart très important des contrats énergétiques du tribunal avec les tarifs pratiqués actuellement. D'autre part, l'analyse des prévisions de la fluctuation des prix unitaires de l'énergie permet de conclure qu'une hausse est attendue durant 2 ans, suivie d'une baisse. Afin de prendre en compte une révision future des contrats d'énergie du tribunal, et la durée des travaux, nous avons considéré à t0 les prix unitaires du marché prévus à n+3 (données du site Enerprix ¹).
- Evolution des prix de l'énergie : l'évolution des prix unitaires de l'énergie est tirée des hypothèses formulées sur le site Enerprix.
- Contrat de maintenance : les prix des contrats P2 et P3 sont basés sur le montant des travaux

- Contrat de maintenance P2 : données transmises par la MOA
- Contrat de maintenance P3 : les montants relatifs aux travaux urgents identifiés par JOVAL en phase 1 sont ventilés dans le poste P3 afin de prendre en compte le fait que ces travaux seront inévitablement faits dans les 25 années à venir.

Les postes pris en compte sont les suivants : purges des éléments présentant un risque de chute en façade, reprise d'étanchéité de la toiture terrasse R+1, rénovation de l'étanchéité de la toiture terrasse R+3, passivation des aciers apparents.

Les hypothèses de calcul sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tarif unitaire de l'énergie	
Bois granulé en vrac	5.5 c€ / kWh PCS TTC
Electricité	37 c€ / kWh TTC
Gaz	16 c€ / kWh PCS

Taux d'inflation du coût unitaire de l'énergie / an	
Bois granulé	1.9 %
Electricité	3.5 %
Gaz	3.5 %

Le temps de retour sur investissement de chaque solution est calculé en comparant leur coût cumulé sur 25 ans au coût cumulé sur 25 ans de l'état existant.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Consommations de gaz et d'électricité en énergie finale issue de la STD (pour avoir une répartition par poste)
- Prix unitaire de l'énergie basé sur les données Enerprix

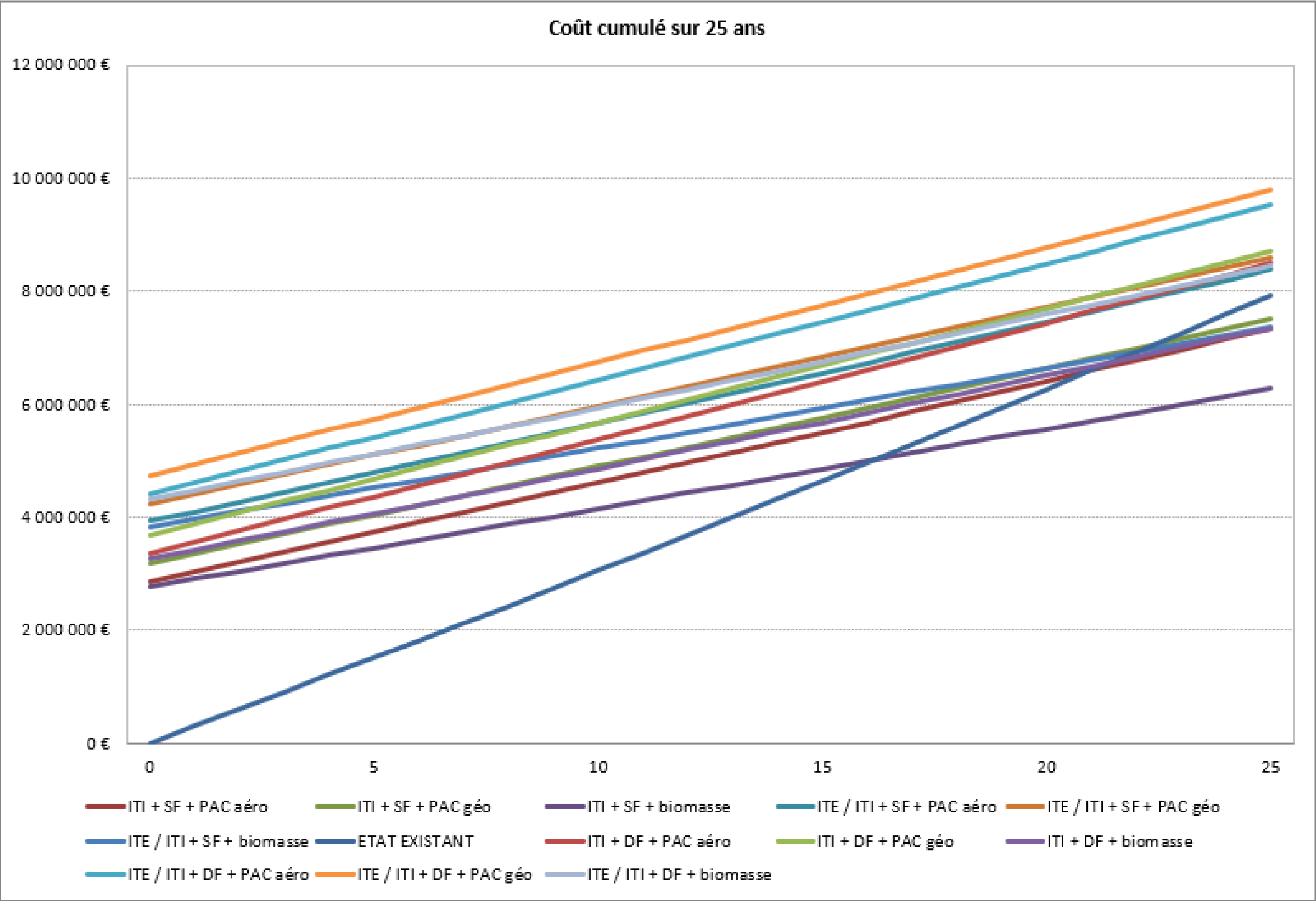
¹ <https://enerprix.association-ico.fr/connexion?redirect=%2F>

SYNTHESE DES RESULTATS

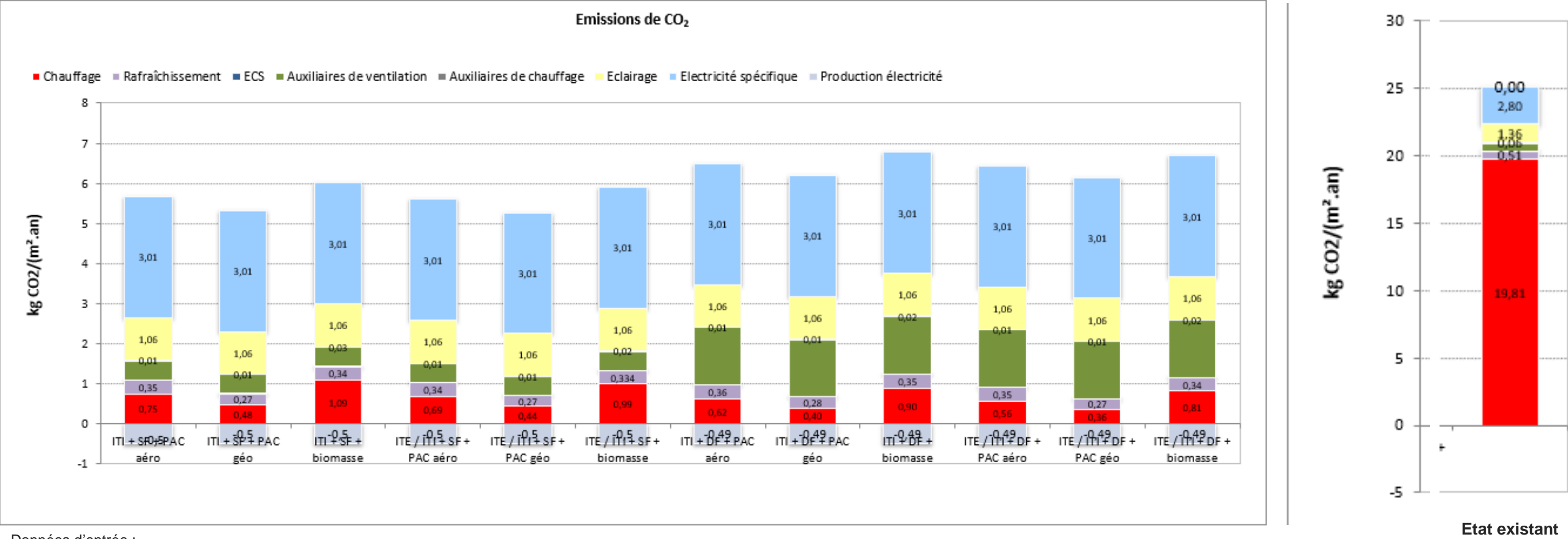
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6																																																																																				
	ITI – SF - A	ITI – SF - G	ITI – SF - B	ITI – DF - A	ITI – DF - G	ITI – DF - B																																																																																				
Consommations énergétiques																																																																																										
<div><div><div>Lister et nommer les variantes à tester</div><div>DONNÉES</div><div>Calcul de consommation par poste</div><table><tr><th></th><th>kWh/ffan</th><th>Type énergie</th><th>kWh/ffan</th><th>Type énergie</th><th>kWh/ffan</th><th>Type énergie</th></tr><tr><td>Chauffage</td><td>80747</td><td>Electricité: Chauffage</td><td>51674</td><td>Electricité: Chauffage</td><td>281458</td><td>Baïr</td></tr><tr><td>Chauffage appoint</td><td></td><td>Electricité: Chauffage</td><td></td><td>Baïr</td><td></td><td>Baïr</td></tr><tr><td>Froid</td><td>44124</td><td>PAC</td><td>34277</td><td>PAC</td><td>42994</td><td>PAC</td></tr><tr><td>Froid</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ECS</td><td>542</td><td>Electricité: ECS</td><td>542</td><td>Electricité: ECS</td><td>542</td><td>Electricité: ECS</td></tr><tr><td>ECS appoint</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Aux. de ventilation</td><td>17311</td><td>Electricité: Electricité</td><td>17311</td><td>Electricité: Electricité</td><td>17311</td><td>Electricité: Electricité</td></tr><tr><td>Aux. de chauffage</td><td>442</td><td>Electricité: Electricité</td><td>371</td><td>Electricité: Electricité</td><td>934</td><td>Electricité: Electricité</td></tr><tr><td>Eclairage</td><td>39168</td><td>Electricité: Eclairage</td><td>39168</td><td>Electricité: Eclairage</td><td>39168</td><td>Electricité: Eclairage</td></tr><tr><td>Spécifique</td><td>111007</td><td>Electricité: Electricité</td><td>111007</td><td>Electricité: Electricité</td><td>111007</td><td>Electricité: Electricité</td></tr><tr><td>Production PV</td><td>18000</td><td>0-36 kWc</td><td>18000</td><td>0-36 kWc</td><td>18000</td><td>0-36 kWc</td></tr></table></div></div>		kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie	Chauffage	80747	Electricité: Chauffage	51674	Electricité: Chauffage	281458	Baïr	Chauffage appoint		Electricité: Chauffage		Baïr		Baïr	Froid	44124	PAC	34277	PAC	42994	PAC	Froid							ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS	ECS appoint							Aux. de ventilation	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité	Aux. de chauffage	442	Electricité: Electricité	371	Electricité: Electricité	934	Electricité: Electricité	Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	Spécifique	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité	Production PV	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc	ITI + SF + PAC aéro	ITI + SF + PAC géo	ITI + SF + biomasse	ITI + DF + PAC aéro	ITI + DF + PAC géo	ITI + DF + biomasse
		kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie																																																																																			
	Chauffage	80747	Electricité: Chauffage	51674	Electricité: Chauffage	281458	Baïr																																																																																			
	Chauffage appoint		Electricité: Chauffage		Baïr		Baïr																																																																																			
	Froid	44124	PAC	34277	PAC	42994	PAC																																																																																			
	Froid																																																																																									
	ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS																																																																																			
	ECS appoint																																																																																									
	Aux. de ventilation	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité																																																																																			
	Aux. de chauffage	442	Electricité: Electricité	371	Electricité: Electricité	934	Electricité: Electricité																																																																																			
	Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage																																																																																			
	Spécifique	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité																																																																																			
	Production PV	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc																																																																																			

	Scénario 1 bis	Scénario 2 bis	Scénario 3 bis	Scénario 4 bis	Scénario 5 bis	Scénario 6 bis
	ITE – SF - A	ITE – SF - G	ITE – SF - B	ITE – DF - A	ITE – DF - G	ITE – DF - B
Consommations énergétiques						
Lister et nommer les variantes à tester	ITE / ITI + SF + PAC aéro	ITE / ITI + SF + PAC géo	ITE / ITI + SF + biomasse	ITE / ITI + DF + PAC aéro	ITE / ITI + DF + PAC géo	ITE / ITI + DF + biomasse
Données						
Calcul de consommation par poste	kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie	kWh/ffan	Type énergie
Chauffage	73889	Electricité: Chauffage	47285	Electricité: Chauffage	257554	Baïr
Chauffage appoint		Electricité: Chauffage		Electricité: Chauffage		Baïr
Froid	43307	PAC	33724	PAC	42155	PAC
Froid						
ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS	542	Electricité: ECS
ECS appoint						
Aux. de ventilation	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité	17311	Electricité: Electricité
Aux. de chauffage	404	Electricité: Electricité	339	Electricité: Electricité	855	Electricité: Electricité
Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage	39168	Electricité: Eclairage
Spécifique	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité	111007	Electricité: Electricité
Production PV	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc	18000	0-36 kWc
% de réduction des consommations (énergie finale) par rapport à l'existant	71.3 %	75.3 %	51.4 %	68.9 %	72.3 %	52.5 %
Montant des travaux						
Montant des travaux	3 926 300,00 €	4 246 300,00 €	3 828 300,00 €	4 419 300,00 €	4 739 300,00 €	4 321 300,00 €
Montant des travaux y compris CEE	3 806 100,00 €	4 126 100,00 €	3 717 300,00 €	4 294 400,00 €	4 614 400,00 €	4 206 700,00 €
Temps de retour sur investissement						
TRI	>25 ans	>25 ans	22 ans	>25 ans	>25 ans	>25 ans
Commentaires [voir graphique p.79]						
Analyse	<p>Cette solution permet de respecter le décret tertiaire.</p> <p>Le surcoût à l'investissement de l'isolation par l'extérieur lié à la géométrie complexe du bâtiment et au partie pris de restituer l'aspect originel du bâtiment n'est pas compensé par le gain énergétique associé ce qui pénalise cette solution par rapport au scénario 1.</p>	<p>Cette solution permet de respecter le décret tertiaire.</p> <p>Mêmes remarques que pour le scénario 2 et que le scénario 1 bis.</p>	<p>Cette solution ne permet malheureusement pas de respecter le décret tertiaire cf remarques scénario 3.</p>	<p>Cette solution permet de respecter le décret tertiaire.</p> <p>Même remarque que le scénario 4 concernant la ventilation double flux.</p> <p>Le surcoût à l'investissement de l'isolation par l'extérieur et de la ventilation double flux font de cette solution la plus défavorable dans l'analyse en coût global.</p>	<p>Cette solution permet de respecter le décret tertiaire.</p> <p>Toutefois, son coût d'investissement est le plus élevé. Son gain énergétique ne permet pas de le compenser. Elle est la solution la plus défavorable dans l'étude en coût global.</p> <p>Même remarque que le scénario 4 concernant la ventilation double flux et que le scénario 2 pour la géothermique.</p>	<p>Cette solution ne permet malheureusement pas de respecter le décret tertiaire.</p> <p>Même remarque que le scénario 4 concernant la ventilation double flux.</p>

RESULTATS EN GRAPHIQUE DE L'ETUDE EN COÛT GLOBAL SUR 25 ANS



COMPARAISON DES EMISSIONS DE CO2 TOUS POSTES CONFONDUS



Données d'entrée :

L'ADEME fournit sur le site Base Carbone (<https://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/choix-categorie/siGras/1>) le poids carbone du mix énergétique français pour la production d'électricité, par usage et par année, ainsi que les émissions liées à la combustion pour le gaz et le bois. Les données d'entrée utilisées sont celles de l'année 2021 :

Energie	kgCO2 / kWh
Gaz naturel	0.214
Bois (granulé)	0.027
Electricité - chauffage	0.0652
Electricité - ECS	0.0553
Electricité - refroidissement	0.0554
Electricité - éclairage	0.0569

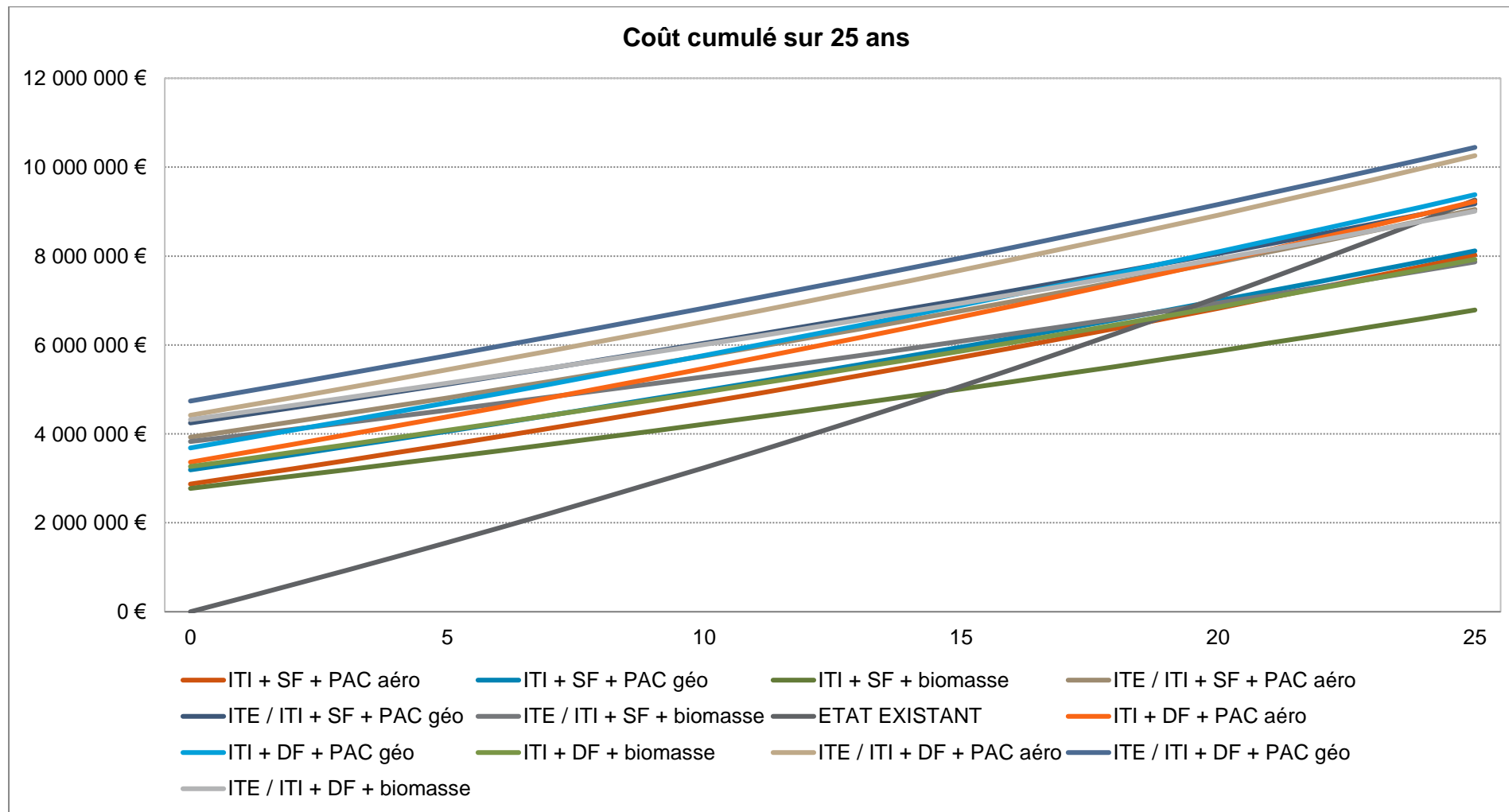
Cette comparaison permet de constater le changement d'échelle entre l'état existant (à droite) et les scénarios étudiés concernant les émissions de CO2.

En effet, les productions de chauffage étudiées sont peu carbonées (électricité et bois), et de manière générale les consommations sont fortement réduites.

ETUDES DE SENSIBILITE

Une étude de sensibilité a été réalisée afin d'évaluer l'impact de la hausse du taux d'inflation sur le temps de retour sur investissement.

Les taux d'inflation suivants sont retenus pour l'étude : 5% pour l'électricité et le gaz.



La modification du taux d'inflation réduit le temps de retour sur investissement à 25 ans ou moins pour tous les scénarios de travaux à l'exception des scénarios 4 bis et 5 bis. Cette étude permet de souligner l'importance de la variation du coût de l'énergie sur une étude en coût global.

CONFORT D'ETE ET BESOINS DE FROID

IMPACT DES TRAVAUX SUR LES BESOINS DE FROID

L'impact sur les **besoins de froid du bâtiment** des préconisations de travaux sur l'enveloppe est présenté ci-dessous.

Préconisation de travaux	Impact sur les besoins de froid par rapport à l'état existant
Isolation des façades	3 %
Isolation des planchers bas	6 %
Isolation des planchers hauts	2.6 %

La mise en œuvre d'une **régulation de l'éclairage** (détection de présence, sonde de luminosité) et la sensibilisation des usagers sur l'extinction des éclairages permettent une réduction des apports internes, et par conséquent une réduction des besoins de rafraîchissement, de l'ordre de **12%**.

La maîtrise des températures de consigne permet également une réduction importante des besoins de froid, de l'ordre de **25%**.

ANALYSE ET PRECONISATIONS

Nous avons pu constater dans l'analyse du comportement thermique du bâtiment en période estivale (sans rafraîchissement) que ce dernier présente des surchauffes dues aux apports solaires et aux apports internes, parfois importants pour des locaux de petites surfaces.

Les actions suivantes sont à mettre en œuvre afin d'améliorer le confort thermique estival du bâtiment.

Utilisation des protections solaires

La majorité des menuiseries du bâtiment est pourvue de volets coulissants extérieurs métalliques et/ou de stores en toile intérieurs.



FIGURE 43 VOLET COULISSANT EXTERIEUR

Les volets constituent une protection solaire extérieure efficace s'ils ont utilisés correctement. Ils doivent être fermés avant que la surchauffe ne se fasse ressentir dans le local.

Isolation thermique par l'extérieur

La mise en œuvre d'isolation thermique par l'extérieur est plus intéressante que l'isolation par l'intérieur car elle permet de conserver l'accès à l'inertie de la structure lourde du bâtiment. Plus un bâtiment est inertielle, meilleur est son confort thermique.

La structure en béton du tribunal offre un potentiel d'inertie important qui est valorisé à l'état existant car les matériaux sont laissés bruts dans les circulations (poteaux, poutres).

Le confort d'été du bâtiment sans rafraîchissement actif sera exposé lors de la réunion de présentation.

PLANNING

L'organisation du planning doit prendre en compte les bouquets de travaux indissociables et les éléments à anticiper, qui sont listés ci-dessous (liste non exhaustive) :

- Amélioration de l'étanchéité à l'air du bâti et amélioration de la ventilation du bâtiment
- L'isolation des façades et des toitures nécessite de déplacer et/ou adapter les équipements techniques > la dépose des équipements techniques concernés doit se faire simultanément
- L'isolation du bâtiment doit intervenir avant ou en même temps que le remplacement du système de chauffage
- Les travaux doivent être effectués en milieu occupé

Dans cette optique, la réalisation d'une **rénovation énergétique globale** nous semble plus pertinente.

Au regard de la complexité de l'opération, de la conjoncture actuelle et des délais sur l'approvisionnement des matériaux, la durée des travaux est estimée à 20 mois dans le cadre d'une rénovation globale dont 3 mois de préparation de chantier.