

INSEE TOULOUSE | DECRET TERTIAIRE



AMO DECRET TERTIAIRE – AUDIT
ENERGETIQUE

Janvier 2025

MAITRE D'OUVRAGE

INSEE | 36, rue des Trente-Six Ponts – BP 94217, 31054 TOULOUSE Cedex 4

BET FLUIDES

SOCONER | 3 allées Jules Guesde - 31000 Toulouse

Indice	Etabli par	Date	Commentaires
0	Claire GUYON Camille BOUCHER	09/12/2024	Première diffusion
1	Claire GUYON Camille BOUCHER	13/01/2025	Mise à jour chap. 5/6 + thermographie
2			
3			



SOMMAIRE

1	OBJET DE LA PRESENTE ETUDE	5
2	GENERALITES	6
2.1	RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF	6
2.2	PRESENTATION DU BATIMENT	6
3	PRESENTATION DU DIAGNOSTIC	7
3.1	PRESENTATION GENERALE	7
3.2	BÂTI	7
3.3	CHAUFFAGE	11
3.3.1	CHAUFFERIE	11
3.3.2	RESEAUX	12
3.3.3	ÉMETTEURS	12
3.4	RAFRAICHISSEMENT	14
3.4.1	GROUPE FROID	14
3.4.2	RESEAUX	15
3.4.3	ÉMETTEURS	17
3.5	EAU CHAUDE SANITAIRE	17
3.6	CLIMATISATION	18
3.6.1	LOCAUX SERVEURS	18
3.6.2	CLIMATISATION CUISINE	20
3.7	VENTILATION	21
3.7.1	CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR	21
3.7.2	VMC	21
3.7.3	RESEAUX DOUBLE FLUX	22
3.7.4	AMENEES D'AIR NEUF	23
3.8	ECLAIRAGE	23
3.9	GTC	23
4	DIAGNOSTIC INFRAROUGE	24
4.1	PRINCIPE	24
4.2	TOITURE	25
4.3	ENTREE	26
4.4	FACADES	27
4.5	CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIF INFRAROUGE	29
5	SIMULATION ENERGETIQUE DYNAMIQUE	30

5.1	PRINCIPE	30
5.2	OUTILS	30
5.3	GRANDEURS OBSERVEES	31
6	ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	32
6.1	CONSOMMATIONS DE REFERENCE	32
6.1.1	ANALYSE DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE	32
6.1.2	ANALYSE DE LA CONSOMMATION DE GAZ	33
6.1.3	OBJECTIF DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	34
6.1.4	CONCLUSION SUR LES CONSOMMATIONS DE REFERENCE	34
6.2	FICHER METEO	35
6.3	MODELE NUMERIQUE	36
7	PRECONISATIONS	37
7.1	PRESENTATION GENERALE	37
7.2	PRECONISATION ENERGETIQUES	37
7.2.1	TRAVAUX D'AMELIORATION DEJA EFFECTUES	38
7.2.2	ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	39
8	CONCLUSION	44



1 OBJET DE LA PRESENTE ETUDE

La Direction Régionale de l'INSEE d'Occitanie (Maître d'Ouvrage) a mandaté SOCONER pour réaliser une étude énergétique de son bâtiment situé à Toulouse afin de répondre aux objectifs de réductions des consommations énergétiques fixés par le décret tertiaire.

L'objectif peut être calculé de 2 manières :

- Objectif en valeur relative : il correspond à une réduction des consommations énergétiques des bâtiments de 40% d'ici 2030, 50% d'ici 2040 et 60% d'ici 2050 par rapport à une situation de référence choisie entre 2010 et 2019.
- Objectif en valeur absolue : cette méthode de calcul se base sur des ratios surfaciques de consommations liées d'une part au chauffage, à la ventilation et à la climatisation et d'autre part à l'usage du bâtiment. La somme de ces deux postes de consommation donne l'objectif à atteindre d'ici 2030 (de nouveaux ratios de consommations seront définis en 2030 et 2040 pour les objectifs de 2040 et 2050). Ces ratios sont définis dans les arrêtés relatifs au décret tertiaire et ce pour chaque type de bâtiment. A noter qu'à ce jour seuls les ratios de certains types de bâtiments sont disponibles, les autres étant en cours de développement.

Il est suffisant d'atteindre l'un des deux objectifs pour répondre aux exigences du décret tertiaire.

Ce rapport présente les résultats de l'étude menée sur le bâtiment de l'INSEE Toulouse.

Le présent audit comprend, la réalisation des études suivantes :

- Visite du bâtiment et relevés sur le bâti et les équipements ;
- Analyse des factures énergétiques ;
- Présentation de préconisations et des gains énergétiques.
- Proposition de solutions techniques permettant une meilleure efficacité énergétique du bâtiment et une adaptation au contexte et aux possibilités du site ;
- Évaluation sommaire des gains énergétiques dégagés par les différentes solutions envisagées ;

Ce diagnostic énergétique permettra au maître d'ouvrage d'avoir en sa possession un outil de suivi et d'analyse des consommations, ainsi qu'un outil d'aide à la décision concernant les interventions prioritaires à réaliser sur son bâtiment et ses installations techniques dans le cadre du décret tertiaire.

Nota :

L'objectif de cette étude est d'aider le maître d'ouvrage dans ses choix, mais elle n'entre en aucune mesure dans le cadre d'une mission d'ingénierie type maîtrise d'œuvre. A ce titre, les coûts d'investissement proposés sont destinés à appréhender l'importance des travaux, mais ils ne peuvent être considérés comme des coûts objectifs. Ces coûts ne comprennent pas les honoraires liés à la maîtrise d'œuvre de ces travaux (bureaux d'études et/ou Architecte). De la même manière, les bilans de consommations réalisés ne sont pas contractuels. Ce diagnostic énergétique est essentiellement orienté vers la recherche des objectifs de réduction des consommations tel qu'exigés par le décret tertiaire.

2 GENERALITES

2.1 RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF

Commanditaire	Direction Régionale de l'INSEE d'Occitanie
Interlocuteur	Mr. GOUGET Yann
Adresse	36 rue des Trente-Six Ponts à Toulouse

2.2 PRESENTATION DU BATIMENT

L'INSEE Toulouse est situé au 36 rue des Trente-Six Ponts à Toulouse. Ce bâtiment en R+3 avec un niveau en sous-sol, accueille un effectif de 218 personnes environ pour une capacité maximale de 400 personnes. Le bâtiment est composé principalement de bureaux (RDC à R+3), de locaux de stockage (archives) et d'un restaurant d'entreprise.

Localisation	Toulouse
Altitude	110 m
Zone Climatique	H2c
Température extérieure de base	Hiver : - 5°C
Surface chauffée/rafraichie	5005 m ²
Année de construction	1979



Localisation géographique de l'INSEE Toulouse

3 PRESENTATION DU DIAGNOSTIC

3.1 PRESENTATION GENERALE

Cette étude a été réalisée sur la base des indications fournies par le Maître d'Ouvrage, des plans fournis et des relevés sur site.

La méthode de diagnostic utilisée comporte trois étapes :

- **Visite des bâtiments et des installations sur site** : Nous avons visité le bâtiment le 08/10/2024 et le 07/11/2024.
- **Exploitation et traitement des données en vue de l'élaboration du bilan thermique.**
Les documents mis à notre disposition sont les suivantes :
 - o Consommations d'électricité et de gaz de 2010 à 2024
 - o Plans des niveaux datant de 2021
 - o Dossiers des ouvrages exécutés (DOE) en lien avec les différents travaux réalisés
- **Elaboration du rapport de synthèse** : Ce rapport résume les données recueillies au cours des deux premières étapes, indique les résultats du bilan de consommation et présente les propositions d'améliorations au Maître d'Ouvrage.

3.2 BÂTI

Nous synthétisons ci-dessous les caractéristiques énergétiques des éléments du bâti qui nous ont permis de mettre au point le modèle de simulation énergétique dynamique correspondant à l'état existant. Ces caractéristiques sont issues des différents rapports que la maîtrise d'ouvrage a mis à notre disposition et des constatations que nous avons pu faire sur place lors de nos visites.

Les compositions sont décrites de l'extérieur vers l'intérieur.

Mur extérieur			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Béton	25	0,14	0,58
Isolant polystyrène	6	1,54	
Plâtre	1,3	0,04	
TOTAL	32,3	1,72	

Plancher intermédiaire et plancher bas sur terre-plein			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Béton	20	0,09	11,11
TOTAL	20	0,09	

Plancher bas sur sous-sol, locaux techniques et vide sanitaire			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Béton	20	0,09	0,32
Flocage th40	12	3,00	
TOTAL	26	3,09	

Plancher haut sur extérieur sous-sol (archives)			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Béton	20	0,09	0,73
Isolant polystyrène	5	1,28	
TOTAL	25	1,37	

Toiture terrasse			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Sable	3	0,02	0,73
Isolation liège	6	1,33	
Béton	20	0,09	
TOTAL	29	1,44	

Plancher bas locaux techniques			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Dalle flottante	5	0,04	0,68
Isolation liège	6	1,33	
Béton	20	0,09	
TOTAL	31	1,46	

Panneaux sandwich façades			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Alliage d'aluminium	0,15	0	1,23 (Donnée DOE)
Polystyrène extrudé	1,7	0,81	
Alliage d'aluminium	0,15	0	
TOTAL	2	0,81	

Mur rideau – panneaux opaques			
Composition	Epaisseur [cm]	Résistance thermique [m².K/W]	U retenue [W/m².K]
Alliage d'aluminium	0,15	0	2,04
Laine de roche	2	0,49	
Alliage d'aluminium	0,15	0	
TOTAL	2,3	0,49	

Menuiseries				
Composition	Ug [W/m².K]*	Sg**	TL***	Localisation
Façade rideau non rénovée - simple vitrage, habillage alu	5,0	0,60	0,80	Au-dessus de l'entrée, R+1 au R+3
Panneaux vitrés rénovés - double vitrage, habillage alu	1,9 (Donnée DOE)	0,53 (Donnée DOE)	0,74 (Donnée DOE)	Façades sur rue et sur parking intérieur, R+1 au R+3
Menuiseries rénovés - double vitrage, habillage alu				Façade sur parking intérieur, Rdc

*Caractéristiques du vitrage sans protection solaire.

**Facteur solaire

***Facteur de transmission lumineuse

Protections solaires des menuiseries		
Composition		Localisation
Façade rideau non rénovée - simple vitrage, habillage alu	Stores intérieurs rouges	Au-dessus de l'entrée, R+1 au R+3
Panneaux vitrés rénovés - double vitrage, habillage alu	Brise-soleils orientables + stores intérieurs blancs côté Sud	Façades sur rue et sur parking intérieur, R+1 au R+3
Menuiseries rénovés - double vitrage, habillage alu	Brise-soleils orientables + stores intérieurs blancs côté Sud	Façade sur parking intérieur, Rdc



Fig.1 – Mur rideau non rénové



Fig.2 – Panneaux sandwich rénovés – côté rue



Fig.3 – Panneaux sandwich et menuiseries rénovés – côté cour



Fig.4 – Occultation par store intérieur – mur rideau

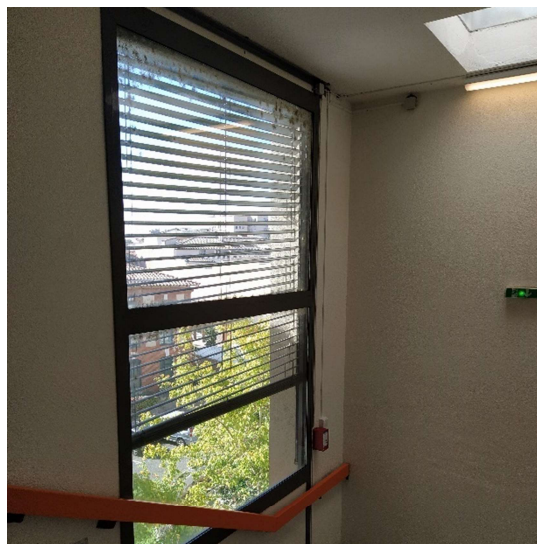


Fig.5 – Occultation par BSO – ensemble des menuiseries rénovées



Fig.6 – Occultation supplémentaire par stores intérieurs – ensemble des menuiseries rénovées orientées Sud

3.3 CHAUFFAGE

3.3.1 CHAUFFERIE

La chaufferie se situe en toiture (R+4) dans un local technique dédié. 5 chaudières gaz à condensation, chauffent le bâtiment. Elles sont de marque TERRIS ENERGY, type T-EASY, de 125kW chacune, pour un total installé de 625kW.

L'ensemble de l'installation a été remplacé en 2022 et est en très bon état.



Fig.7 – Modules chaudières TERRIS ENERGIE T-EASY 5x125kW

Les chaudières alimentent 2 réseaux distincts :

- Un réseau change-over en mode chaud à 70/50°C qui alimente les ventilo-convecteurs de la zone bureaux
- Un réseau à 70/50°C qui alimente les ventilo-convecteurs et CTA de la zone restaurant et salles de réunion au sous-sol (salles Lautrec et Concorde)

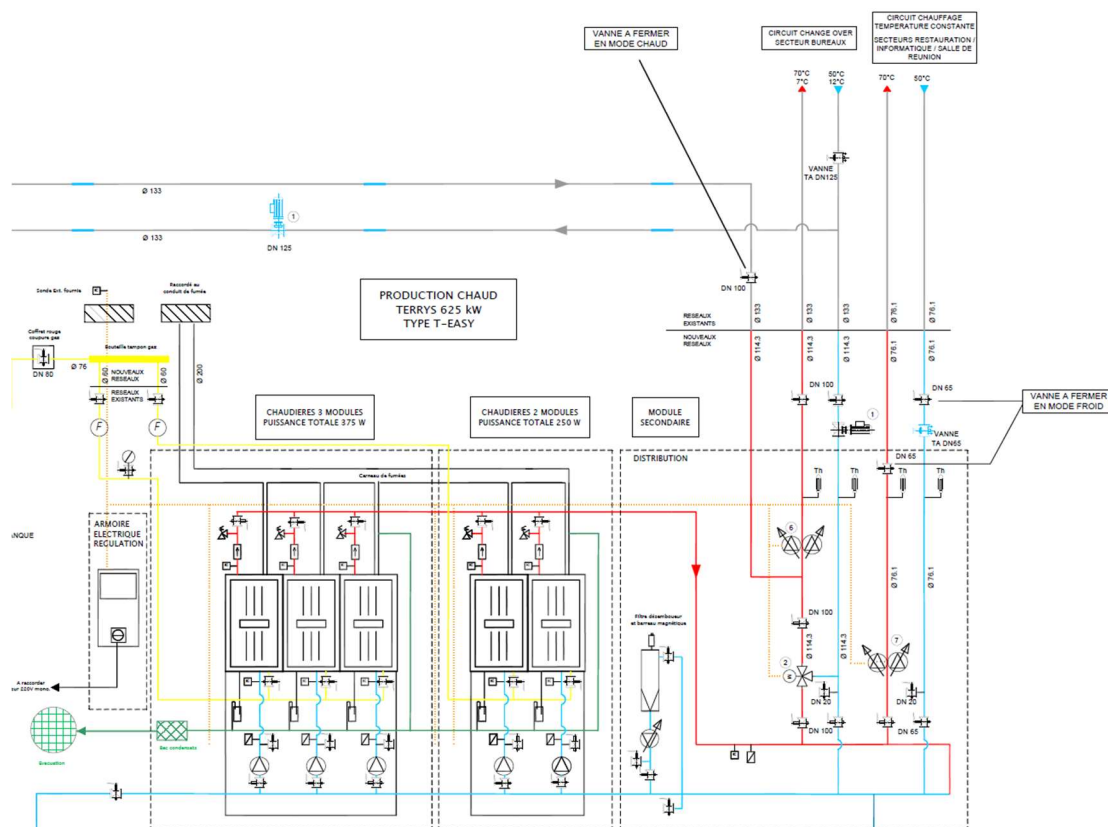


Fig.8 – Extrait du synoptique production calorifique et frigorifique

3.3.2 RESEAUX

La panoplie hydraulique est constituée de 2 départs directs :

- Le départ change-over en mode chaud à 70/50°C (VC bureaux) est équipé d'une pompe à débit variable, d'une vanne 3 voies en amont et d'une vanne 2 voies sur le retour, permettant d'assurer un départ à température variable et débit variable.
- Le départ à 70/50°C (VC/CTA restaurant et salles de réunion au sous-sol) est équipé d'une pompe à débit variable assurant un départ à température constante et débit variable.

L'installation est protégée par un module de filtration et de distribution équipé d'un système de désembouage magnétique.

L'ensemble des équipements a été remplacé en 2022 et est en très bon état.



Fig.9 – Départs des circuits de chauffage et change-over

Les réseaux de distribution dans le bâtiment datent de la construction, soit 1979. On observe une corrosion avancée à l'extérieur des réseaux. Nous n'avons pas d'analyse d'eau mais nous supposons un état de vétusté important de ceux-ci.

3.3.3 ÉMETTEURS

Les émetteurs de chaleur de l'INSEE sont principalement des ventilo-convecteurs :

- Les bureaux sont équipés de ventilo-convecteurs en allège avec prise d'air neuf en façade, alimentés en 2 tubes (réseau change-over 70/50°C et 7/12°C), qui ont tous été remplacés en 2011.
- La zone de restauration est équipée de ventilo-convecteurs gainables en faux plafond, alimentés en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales. Ces ventilo-convecteurs n'ont pas été remplacés lors de la campagne de 2011.
- Les salles Lautrec et Concorde situées en sous-sol sont équipées de ventilo-convecteurs gainables en faux plafond, alimentés en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales, et qui ont été remplacés en 2020.
- Les CTA traitant l'air de la zone de restauration et cuisine sont aussi alimentées en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales.

Les bureaux sont régulés par des thermostats d'ambiance permettant la modulation de la vitesse de ventilation (Auto-Off-V1-V2-V3) et le décalage de la consigne de température à $\pm 3^{\circ}\text{C}$. La régulation est paramétrée local par local via la GTC permettant de plafonner la consigne à une température haute en hiver ($19^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) et basse en été ($26^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$). Des sondes de présence permettent la mise en mode inoccupation des ventilo-convecteurs.

L'état des ventilo-convecteurs est correct. Toutefois, les performances de ces équipements décroissent lorsqu'ils s'approchent de la 15^{ème} année de vie, avec une recommandation de remplacement entre 15 et 20 ans.



Fig.10 – Ventilo-convecteurs 2 tubes dans les bureaux



Fig.11 – Thermostat Distech



Fig.12 – Ventilo-convecteur gainable 4 tubes dans la salle Lautrec

3.4 RAFRAICHISSEMENT

3.4.1 GROUPE FROID

Le bâtiment de l'INSEE est rafraîchi par 2 groupes froids localisés en toiture (R+4). Un groupe froid est de marque LENNOX, type ECOLEAN EAC 1003SM de 88.2kW, situé à l'extérieur. Le second est de marque CARRIER, type 30 RBS 090 de 90kW et situé dans un enclos technique.

Le GF LENNOX date de 2011, le GF CARRIER de 2013. Leur état est correct. Leur régulation est remontée sur la GTC.



Fig.13 –Groupe froid LENNOX



Fig.14 – Groupe froid CARRIER

Les groupes froids fonctionnent en parallèle. Le groupe froid CARRIER possède son propre circulateur en primaire vers un ballon tampon situé dans le local chaufferie. La distribution secondaire se fait comme suit :

- Un réseau change-over en mode froid à 7/12°C qui alimente les ventilo-convecteurs de la zone bureaux
- Un réseau à 7/12°C qui alimente les ventilo-convecteurs et CTA de la zone restaurant et salles de réunion au sous-sol (salles Lautrec et Concorde)

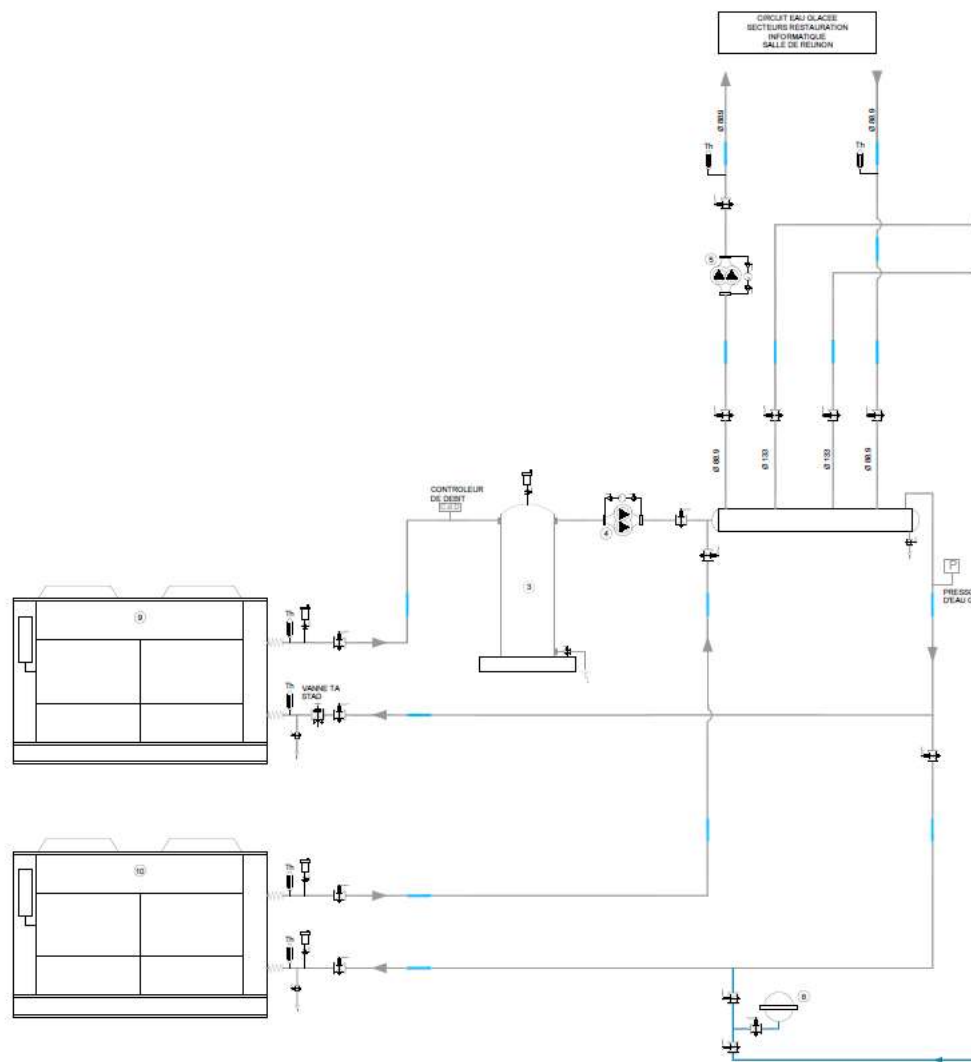


Fig.15 – Extrait du synoptique production calorifique et frigorifique

3.4.2 RESEAUX

La panoplie hydraulique est constituée de 2 départs directs :

- Le départ change-over en mode froid à 7/12°C (VC bureaux) est équipé d'une pompe à débit variable, d'une vanne 3 voies en amont et d'une vanne 2 voies sur le retour, permettant d'assurer un départ à température variable et débit variable
- Le départ à 7/12°C (VC/CTA restaurant et salles de réunion au sous-sol) est équipé d'une pompe sans variateur assurant un départ à température constante et débit constant.

Les réseaux de distribution dans le bâtiment datent de la construction soit 1979. On observe une corrosion avancée à l'extérieur des réseaux. Nous n'avons pas d'analyse d'eau mais nous supposons un état de vétusté important de ceux-ci.



Fig.16 – Départs des circuits de refroidissement



Fig.17 – Ballon tampon eau glacée



Fig.18 – Réseau primaire du GF Carrier



Fig.19 – Réseau primaire du GF Lennox

3.4.3 ÉMETTEURS

Les émetteurs de froid sont communs avec les émetteurs de chaleur, à savoir :

- Les bureaux sont équipés de ventilo-convecteurs en allège avec prise d'air neuf en façade, alimentés en 2 tubes (réseau change-over 70/50°C et 7/12°C), qui ont tous été remplacés en 2011.
- La zone de restauration est équipée de ventilo-convecteurs gainables en faux plafond, alimentés en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales. Ces ventilo-convecteurs n'ont pas été remplacés lors de la campagne de 2011.
- Les salles Lautrec et Concorde situées en sous-sol sont équipées de ventilo-convecteurs gainables en faux plafond, alimentés en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales, et qui ont été remplacés en 2020.
- Les CTA traitant l'air de la zone de restauration et cuisine sont aussi alimentées en 4 tubes (réseau EC 70/50°C et réseau EG 7/12°C), avec des vannes de régulation terminales.

Les bureaux sont régulés par des thermostats d'ambiance permettant la modulation de la vitesse de ventilation (Auto-Off-V1-V2-V3) et le décalage de la consigne de température à +/- 3°C. La régulation est paramétrée local par local via la GTC permettant de plafonner la consigne à une température haute en hiver (19°C +/-3°C) et basse en été (26°C +/-3°C). Des sondes de présence permettent la mise en mode inoccupation des ventilo-convecteurs.

L'état des ventilo-convecteurs est correct. Toutefois, les performances de ces équipements décroissent lorsqu'ils s'approchent de la 15^{ème} année de vie, avec une recommandation de remplacement entre 15 et 20 ans.

3.5 EAU CHAUDE SANITAIRE

Les chauffe-eaux électriques dans les sanitaires du bâtiment de l'INSEE Toulouse ont été déconnectés. Il n'y a désormais plus que de l'eau froide dans les sanitaires.

Un ballon ECS électrique de 750L de marque ATLANTIC est situé en local technique en sous-sol et alimente les cuisines et les vestiaires du sous-sol en eau chaude sanitaire. Lors de la visite il nous a été précisé que les douches des vestiaires au sous-sol n'étaient que peu voire pas utilisées.



Fig.20 – Ballon ECS cuisine 750L

Deux ballons ECS électriques THERMOR de 300L ont été installés en 2023 pour alimenter des douches en RDC. Un seul ballon semble suffire pour l'usage actuel des douches car l'un des ballons était éteint lors de notre visite.

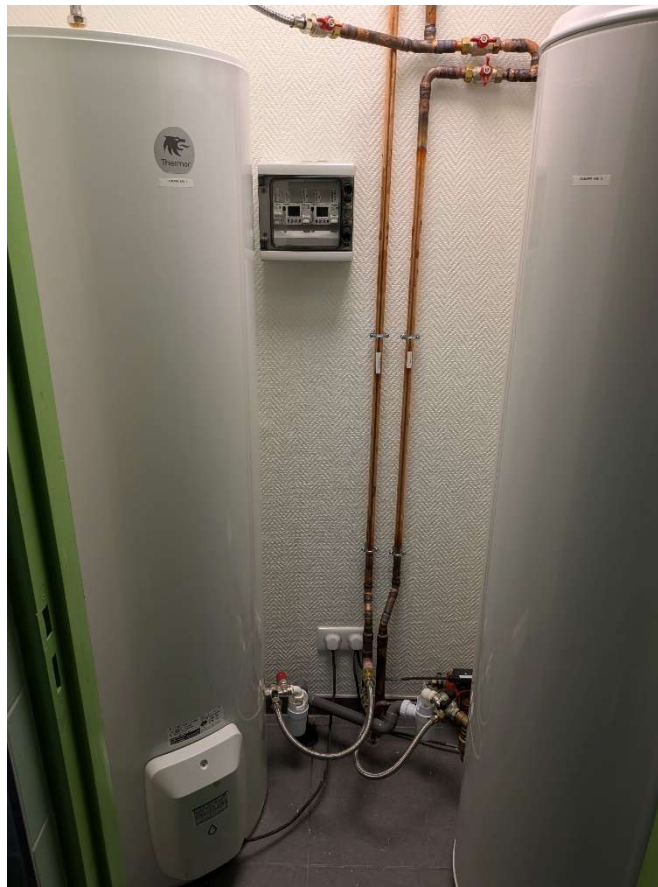


Fig.21 – Ballons ECS douches RDC 300L

De manière générale les production d'ECS sont en bon état. Il serait intéressant de vérifier l'état des réseaux de distribution en sous-sol, l'époque de mise en œuvre n'étant pas connu il est possible que ceux-ci soient dégradés.

3.6 CLIMATISATION

3.6.1 LOCAUX SERVEURS

La climatisation du local serveur au R+1 est assurée par un système mono-split avec une unité extérieure au niveau de l'escalier extérieur et une unité intérieure murale de la marque DAIKIN. Le système à sa propre régulation sur thermostat d'ambiance.

L'installation semble correctement dimensionnée, aucun problème de surchauffe du local n'a été constaté.

Cette climatisation a été installée pour permettre l'arrêt des groupes froid en dehors de la saison de rafraîchissement des bureaux.

Le local serveur dispose également de 2 ventilo-convecteurs régulés via la GTC (bureau 146).



**Fig.22 – Unité extérieure local serveur
R+1**



**Fig.23 – Unité intérieure local serveur
R+1**

Des locaux dits « locaux serveurs » sont aussi présents aux R+2 et R+3 mais ne sont pas équipés de climatisation.

Depuis la GTC nous avons relevés les températures de consigne suivant les différents modes (cf figures ci-après). Les consignes en climatisation semblent très basses et pourraient être optimisées pour une régulation sur l'année à 24°C.

Information divers du ventilo-convecteur	
Température ambiante:	22,40 °C
Décalage de consigne sur le thermostat :	0,00 Δ°K
Etat de la demande actuelle de la pièce :	Auto
Consigne d'ambiance en chauffage en occupation :	17,80 °C
Consigne d'ambiance en chauffage hors détection :	16,00 °C
Consigne d'ambiance en chauffage en inoccupation:	15,50 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement en occupation :	20,00 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement hors détection :	20,50 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement en inoccupation:	21,00 °C
Consigne de fonctionnement du ventilo- convecteur :	20,50 °C

Fig.24 – Vue GTC salle serveur R+1 (bureau 146)

Information divers du ventilo-convecteur	
Température ambiante:	25,19 °C
Etat d'occupation de la pièce:	Standby
Etat de la demande actuelle de la pièce :	Auto
Consigne d'ambiance en chauffage en occupation :	18,80 °C
Consigne d'ambiance en chauffage hors détection :	16,00 °C
Consigne d'ambiance en chauffage en inoccupation:	15,50 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement en occupation :	19,00 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement hors détection :	19,50 °C
Consigne d'ambiance en rafraichissement en inoccupation:	20,00 °C
Consigne de fonctionnement du ventilo- convecteur :	19,50 °C

Fig.25 – Vue GTC salle serveur R+2

3.6.2 CLIMATISATION CUISINE

3 unités extérieures sont installées dans le vide sanitaire pour climatiser les locaux cuisine (local poubelle, préparation froide). Des VMC permettent d'évacuer la chaleur du vide sanitaire vers l'extérieur.

La climatisation de la préparation froide fonctionne en permanence pour maintenir une température de 12°C. Cela pourrait être optimisé à l'aide d'une régulation pour remonter la consigne de température en dehors de la plage d'utilisation du local. Cette action est déjà planifiée par la MOA.



Fig.26 – Unité intérieure PROFROID préparation froide cuisine



Fig.27 – Unités extérieures climatisation cuisine



Fig.28 – Unité extérieure climatisation cuisine

Les réseaux frigorifiques sont en bon état et correctement protégés.

3.7 VENTILATION

3.7.1 CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR

Salles de réunion au sous-sol

Le renouvellement d'air neuf de la salle Lautrec et la salle Concorde est assuré par une CTA située en toiture (R+4). C'est une CTA double-flux à récupération d'énergie avec un échangeur contre-flux. Elle est de marque ALDES, type DFE+ micro-watt 800, avec un débit maximum de 840m³/h. Le rendement affiché sur les fiches techniques de l'échangeur est de 90%.

La CTA a été installée en 2011. Une commande centrale a été ajoutée en 2020 mais n'est pas remontée à la GTC. La régulation se fait par détection de présence.

D'après nos échanges avec la MOA lors des visites, la salle Lautrec est très inconfortable. Les débits semblent également sous dimensionnés puisqu'ils permettent de couvrir un débit hygiénique jusqu'à 28 personnes alors que la salle rencontre une occupation ponctuelle de 40 personnes. La salle étant assez basse de plafond, les flux d'air inhérents aux ventilo-convecteurs provoquent un inconfort important. Lorsque les équipements sont en fonctionnement l'acoustique de la salle est également dégradé.



Fig.29 – CTA Double flux ALDES – salles de réunion sous-sol

Restaurant et cuisine

Deux CTA simple flux assurent le renouvellement d'air de la zone restaurant et cuisine. Elles sont localisées en faux-plafond au niveau du restaurant et sont de marque France Air, type Odessa 3 ECM, avec des batteries chaudes et froides alimentées en 4 tubes. Ces équipements ont été remplacés en 2020. Le débit maximum de chaque CTA est de 2500 m³/h.

La régulation des CTA est remontée à la GTC.

3.7.2 VMC

Les locaux humides (sanitaires) sont équipés d'une ventilation mécanique simple flux. Les 5 caissons d'extraction situés en toiture ne sont plus en état de fonctionnement. La ventilation des sanitaires n'est pas assurée.



Fig.30 – Caissons d'extraction en toiture

Deux caissons d'extraction sont présents dans le vide sanitaire pour ventiler le local où se situent les unités extérieures des climatisations.



Fig.31 – Caissons d'extraction dans le vide sanitaire

3.7.3 RESEAUX DOUBLE FLUX

Les réseaux semblent en bon état malgré une zone enfoncée en toiture.

Le calorifugeage est obligatoire dans le cas de CTA équipées de batterie froide pouvant engendrer sinon des phénomènes de condensation

3.7.4 AMENEES D'AIR NEUF

Au pied des ventilo-convecteurs un « trou » dans la façade permet l'alimentation en air neuf des bureaux. Ces entrées d'air ne sont pas gainées mais sont situées au niveau de la reprise des ventilo-convecteurs afin de réchauffer ou refroidir l'air extérieur. En cas d'inoccupation les ventilo-convecteurs fonctionnent en mode réduit, l'amenée d'air est donc permanente. De plus, la dépression créée par les extractions sanitaires (lorsque celles-ci fonctionnent) induit un flux d'air de l'extérieur vers l'intérieur.

Les locaux traités par les CTA (restaurant, cuisine, salles de réunion sous-sol) sont quant à eux alimentés en air neuf par les centrales. Des bouches de soufflage et reprise positionnées en plafond permettent la ventilation des locaux.

3.8 ECLAIRAGE

Une campagne de relamping a été réalisée en 2021. Tous les équipements d'éclairage sont de type LED. L'éclairage des bureaux est piloté par la GTC. Des sondes multi-métiers permettent une régulation par détection de présence et gradation lumineuse.

L'éclairage des locaux techniques et cuisines est géré manuellement. L'éclairage des circulations s'actionne par détection de présence.

3.9 GTC

Un système de Gestion Technique Centralisée (GTC) a été installé en 2021. Il pilote la production de chauffage et de rafraîchissement, les ventilo-convecteurs dans les bureaux ainsi que l'éclairage, et les CTA de l'espace de restauration.

Nous avons pu retrouver dans le DOE des travaux GTC l'analyse fonctionnelle qui expose les modes de fonctionnement suivants :

- Gestion de température :
 - o Mode occupation : la sonde de présence détecte un occupant pendant la période travaillée (7h-20h), le ventilo-convecteur (et donc la vanne) s'actionne pour maintenir 21°C en hiver et 23°C en été (+/- 3°C).
 - o Mode standby : en période de travail (7h-20h) si la pièce est inoccupée, la consigne diminue à 19°C en hiver et 25°C en été.
 - o Mode inoccupation : hors période travaillée (20h-7h) et sans détection de présence les consignes sont abaissées à 16°C en hiver et 28°C en été. Sur détection le mode occupation est relancé pendant une période d'une heure.
- Gestion d'éclairage :
 - o Mode occupation : durant la période travaillée (7h-20h) si détection, une consigne à 300 lux est envoyée au Dali. Dérogation possible en manuel
 - o Mode standby : en horaire travaillé, extinction de l'éclairage en l'absence de détection
 - o Mode inoccupation : en dehors des horaires d'occupation les éclairages sont éteints, si détection ils sont relancés pour une période d'une heure

Ces consignes sont modifiables et lors de nos visites nous avons identifié des écarts entre les données DOE et les valeurs réelles. Les consignes semblent avoir été corrigé pour une base de 19°C en hiver et 26°C en été en période d'occupation, ce qui plus optimisé du point de vue énergétique.

4 DIAGNOSTIC INFRAROUGE

4.1 PRINCIPE

Cette partie a pour objectif de mettre en évidence les points faibles de l'enveloppe du bâtiment et de consolider les hypothèses prises lors de la simulation thermique dynamique. Il s'agit ici d'une approche qualitative et non quantitative.

Le diagnostic a été réalisé le 27/12/24, tôt le matin, afin de bénéficier des gradients de températures importants entre l'extérieur et l'intérieur. Cela permet en effet d'identifier les éléments de façade déperditifs, laissant s'échapper la chaleur interne du bâtiment. Pour cette opération, il a été demandé que l'ensemble des protections solaires soient fermées et que le dernier niveau (R+3) soit maintenu en température de confort pour mieux étudier les déperditions en toiture.

Ce diagnostic infrarouge a été réalisé dans les conditions et avec les équipements suivants :

Images thermographiques INSEE Toulouse	
Date	27/12/2024
Distance de prise moyenne	20m
Taux d'humidité moyen	30%
Emissivité moyenne	0.90
Température de réflexion moyenne	0°C
Modèle de drone	MAVIC2-ENTERPRISE-A
Longueur focale	8.9mm
Ouverture	f/1.1
Résolution	640X512

Aide à l'interprétation des images infrarouges :

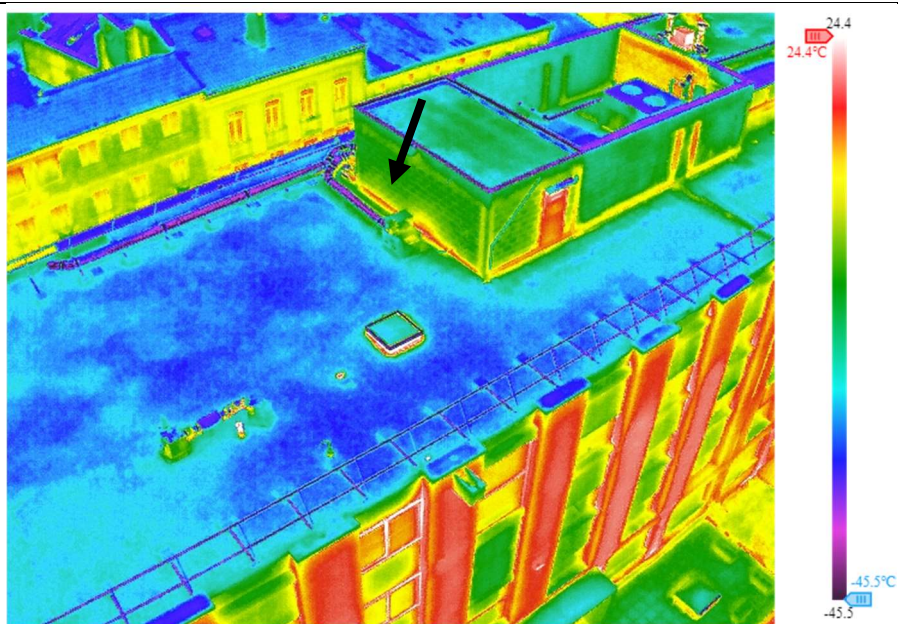
Le spectre de couleurs est propre à l'image et dépend des températures minimale et maximale enregistrées sur les éléments présents sur celle-ci. Ainsi, un même élément peut apparaître de couleur différente suivant les images. Les valeurs absolues n'ont donc qu'un faible intérêt dans l'analyse et il faut plutôt s'intéresser aux contrastes de couleur :

- Les zones en couleur foncée (violet, bleu) représentent les éléments les plus froids de l'image
- Les zones en couleur clair (rouge, jaune) représentent les éléments les plus chauds de l'image

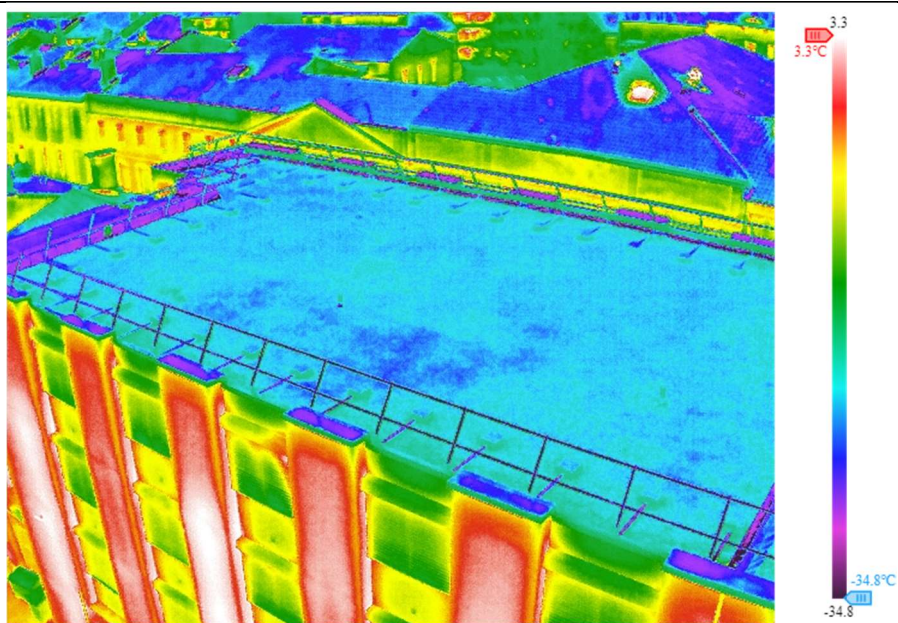
Par ailleurs, la température enregistrée à la surface des éléments dépendant de leur type, il faut comparer les éléments de même type (menuiseries, structure, ...).

L'ensemble des images infrarouges est mis à disposition de l'INSEE dans un dossier en complément de ce chapitre.

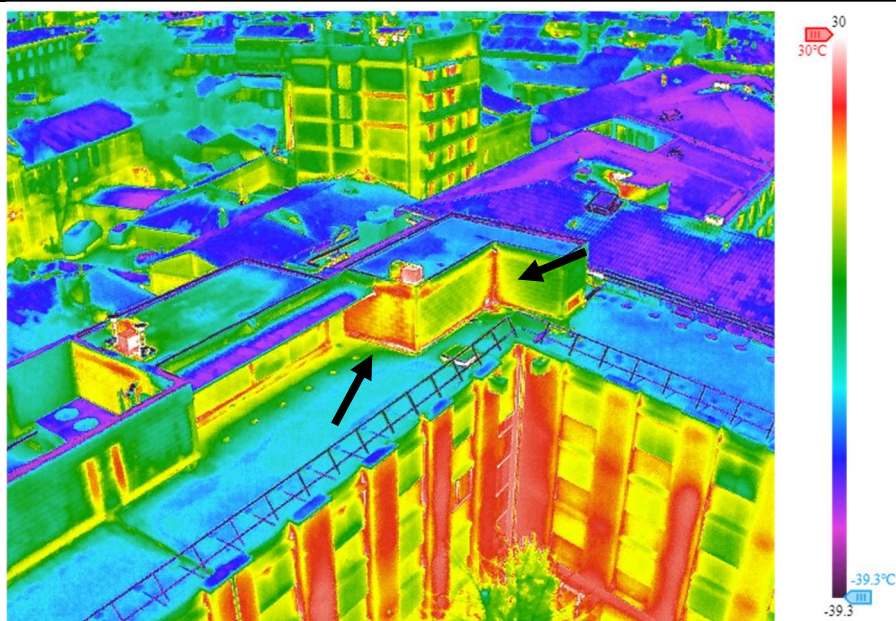
4.2 TOITURE



DJI_0166_T_JPG__2025_01_05_18_14_55



DJI_0158_T_JPG__2025_01_05_18_14_54

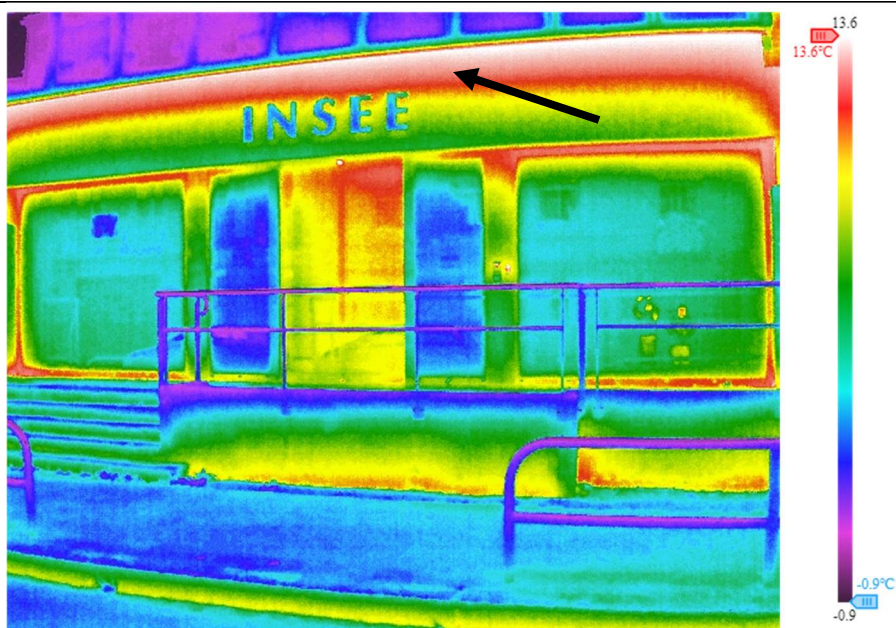


DJI_0180_T_JPG__2025_01_05_18_14_56

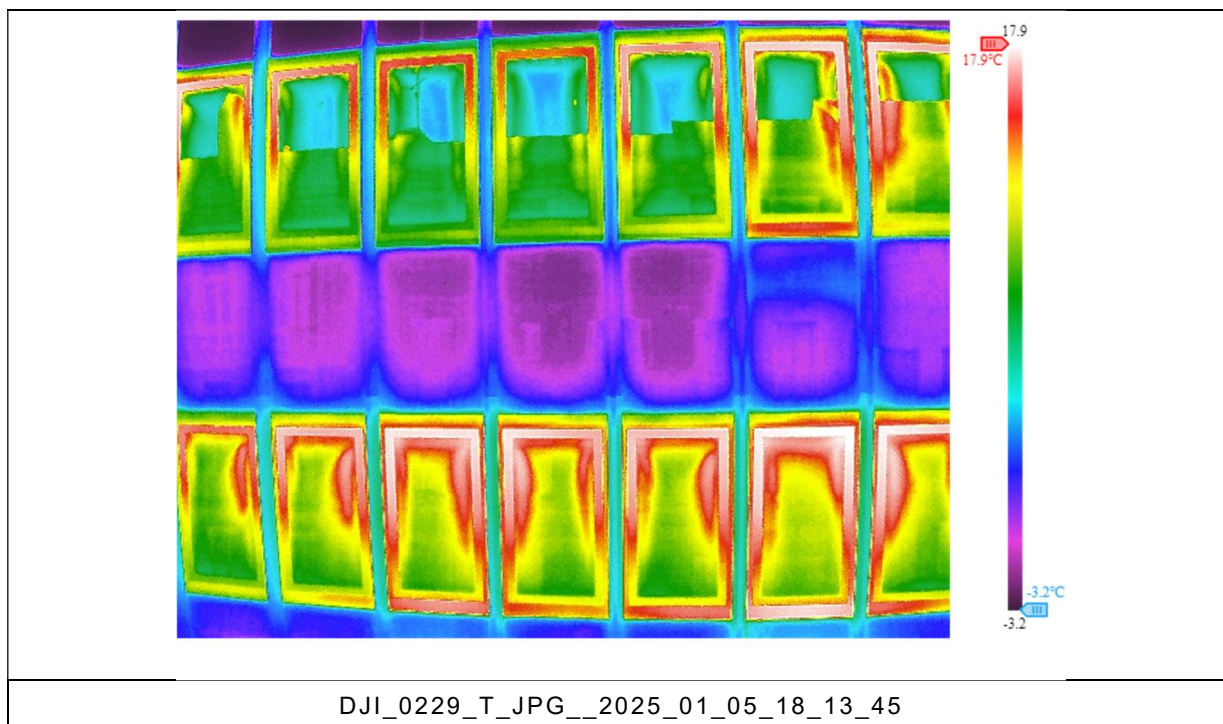
Analyse :

Les déperditions en toiture sont globalement homogènes. Il n'y a pas de points de faiblesse particuliers mis en évidence. Les tâches apparaissant plus foncées sont liées à de l'humidité accumulée.

Les locaux techniques ascenseurs et escalier d'accès à la toiture montrent des déperditions de chaleur, en façade et plus particulièrement au niveau des ponts thermiques (flèches noires). Ces locaux ne sont pas isolés mais l'incidence sur les consommations énergétiques est faible car ils n'ont pas d'émetteurs de chaleur.

4.3 ENTREE

DJI_0238_T_JPG__2025_01_05_18_13_46

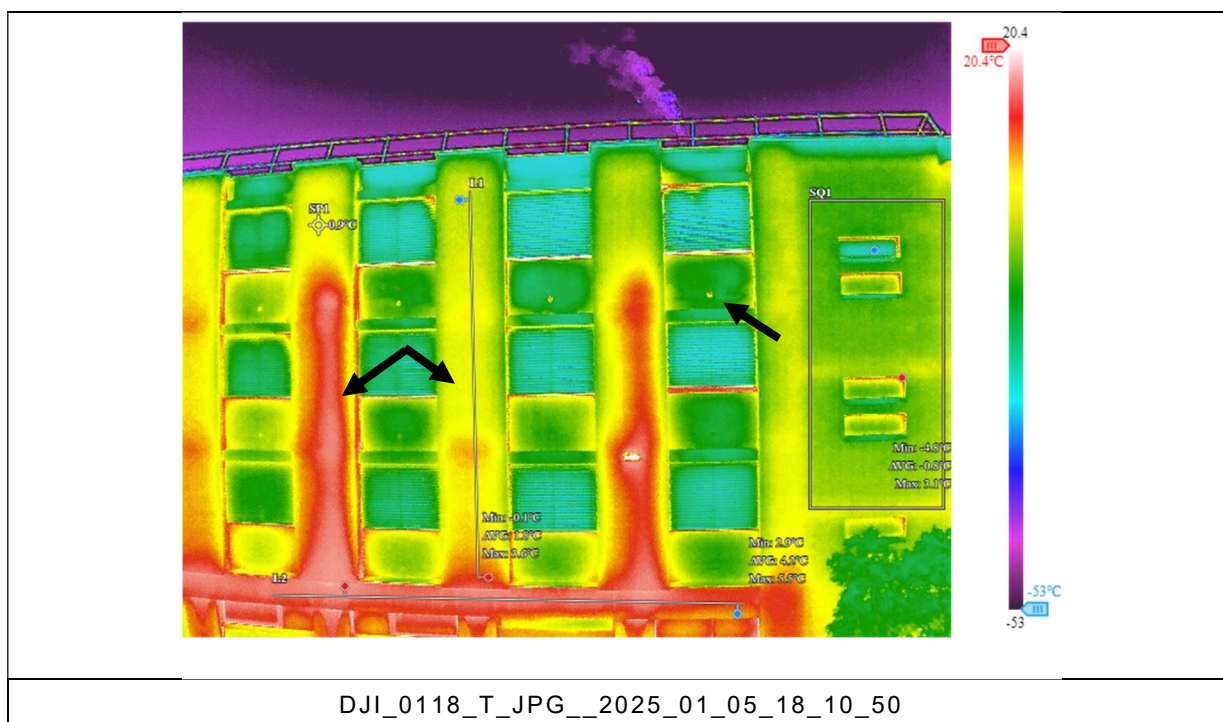


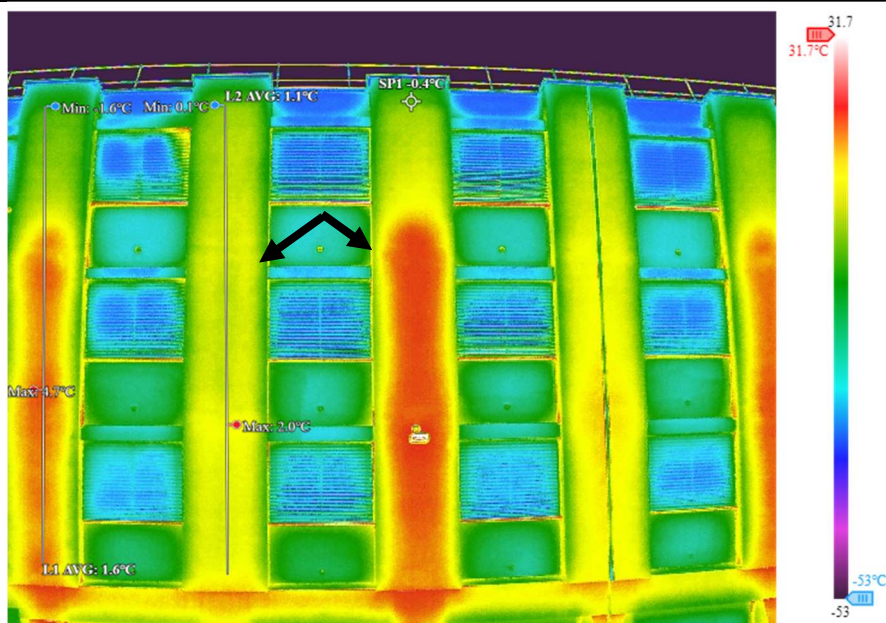
Analyse :

Les déperditions de chaleur sur cette partie vitrée non rénoverée du bâtiment (SAS d'entrée et « mur rideau » sur les niveaux R+1 à R+3) sont bien visibles à travers l'imagerie infrarouge. Elles sont d'autant plus marquées au niveau du cadre des menuiseries.

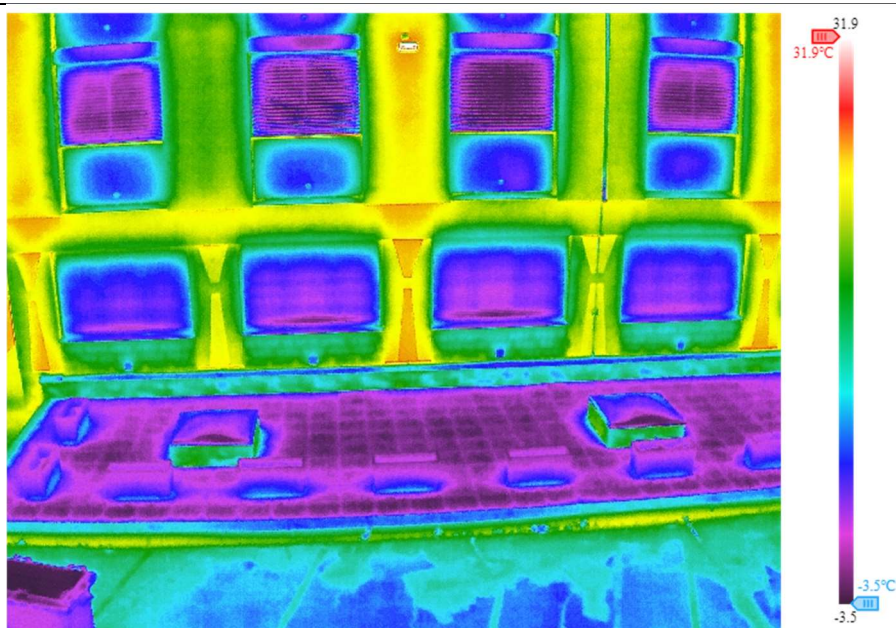
On note aussi une faiblesse au niveau du nez de plancher entre les niveaux RDC et R+1 avec un pont thermique marqué (flèche noire).

4.4 FACADES





DJI_0085_T_JPG__2025_01_05_18_12_56



DJI_0079_T_JPG__2025_01_05_18_12_55

Analyse :

On retrouve le pont thermique de plancher intermédiaire, plus marqué entre les niveaux RDC et R+1 qu'entre les niveaux supérieurs.

Les couleurs de l'imagerie infrarouge au niveau des menuiseries sont très homogènes et démontrent globalement de bonnes performances thermiques, y compris au niveau des cadres.

Les entrées d'air en façade des bureaux constituent des sources de déperditions comme cela a déjà été identifié dans cet audit. Cela est d'autant plus visible au R+3 où le niveau a été maintenu à la température de confort durant le diagnostic infrarouge (flèche noire).

On note par ailleurs une hétérogénéité au niveau du bâti entre les panneaux de menuiseries (doubles flèches noires). Certains linéaires verticaux semblent plus déperditifs que d'autres sans raison apparente puisqu'ils sont de même nature structurelle. Il est donc possible que l'isolation existante soit inégale.

4.5 CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIF INFRAROUGE

L'analyse de ces images infrarouges met en évidence :

- Une isolation homogène de la toiture ;
- Des menuiseries performantes, hormis celles de la façade d'entrée qui n'ont pas été rénovées ;
- Un pont thermique important au nez de plancher entre les niveaux RDC et R+1 ;
- Une isolation thermique du bâti inégale.

Seule une solution en isolation par l'extérieur permettrait de traiter les ponts thermiques et améliorer l'isolation du bâti. Cependant, compte tenu du site, de sa configuration et de son environnement (bâtiments classés), le bâtiment de l'INSEE ne se prête pas à cette solution.

Ce diagnostic infrarouge, qui vient compléter la première version du présent audit énergétique, appuie donc les actions de performance énergétique orientées vers les systèmes. Ces préconisations sont présentées au chapitre 7.

5 SIMULATION ENERGETIQUE DYNAMIQUE

5.1 PRINCIPE

Dans cette étude, la Simulation Energétique Dynamique (SED) a pour principal objectif de valider les propositions de réductions des consommations énergétiques.

La SED a pour objectif d'évaluer le comportement du bâtiment en été en termes de températures intérieures, par rapport à un fonctionnement le plus proche de la réalité faisant intervenir divers scénarios (occupation, consigne de température, débit de ventilation, puissance dissipée par les équipements internes comme l'éclairage ou les appareils liés au process, occultation, etc.).

Pour le présent projet, nous avons recueilli lors de la visite sur site les informations architecturales, techniques et fonctionnelles nécessaires à la réalisation de l'étude.

Afin de produire des estimations fiables, le fonctionnement thermique du bâtiment est approché au plus près de la réalité et tient compte des éléments suivants :

- **Bâti**
Dimensions, orientations, matériaux de construction, surfaces vitrées, etc.
- **Charges internes**
Occupants et équipements électriques produisant des charges thermiques (éclairage, matériel et autres équipements).
- **Usages**
Planning d'occupation et d'utilisation des différents équipements, programmation et régulation des installations thermiques (consigne de température réduite en inoccupation, etc.).
- **Météorologie**
Conditions météorologiques locales en termes de rayonnement solaire et de température selon des plages horaires et sur toute l'année.

Le bâtiment est alors saisi dans sa totalité en tenant également compte des pièces inoccupées et non chauffées (locaux techniques). Il est ensuite découpé en différentes zones thermiquement homogènes afin de suivre pour chacune d'elle l'évolution des besoins de chauffage et des températures.

5.2 OUTILS

La simulation thermique dynamique est réalisée à l'aide du logiciel PLEIADES, version 6.24.7.2 développée par IZUBA ENERGIE.

L'articulation des différents éléments intervenants dans la SED est représentée sur le schéma ci-après, qui permet de mieux appréhender les étapes logiques de la méthode utilisée.

Bâtiment	Environnement	Fonctionnement	Résultats
Architecture <i>Dimensions des parois</i> <i>Orientations des parois</i> <i>Pièces et contacts</i> <i>Masques intégrés</i>	Météo <i>Données météorologiques horaires</i>	Scénarios <i>Consignes de température</i> <i>Occupation</i> <i>Débits de ventilation</i> <i>Ventilation nocturne</i> <i>Ouvertures</i> <i>Puissances dissipées</i> <i>Eclairage</i> <i>Occultations</i> <i>ECS</i>	Températures heure par heure <i>Températures intérieures zone par zone</i> <i>Température extérieure</i>
Caractéristiques des parois <i>Matériaux et épaisseurs mises en œuvre</i>	Site <i>Altitude</i> <i>Température du sol</i> <i>Latitude et longitude</i>		Besoins heure par heure <i>Besoins de chaud</i> <i>Besoins de froid</i>
Caractéristiques des menuiseries <i>Performance thermique, facteur solaire, transmission lumineuse, protections solaires</i>			Puissances heure par heure <i>Puissances de chauffage</i> <i>Puissances de rafraîchissement</i> <i>Puissances dissipées</i>
Ponts thermiques <i>Linéiques importés des règles Th-U</i>			Apports solaires
Ecrans végétaux			
Implantation <i>Masques lointains</i>			
Perméabilité à l'air de l'enveloppe			
Zonage <i>Zones thermiques</i>			

5.3 GRANDEURS OBSERVEES

La SED nous permet d'observer les grandeurs suivantes, qui vont nous aider dans l'optimisation des améliorations des consommations énergétiques du projet :

- Les températures intérieures :

Suivre l'évolution des températures intérieures des différentes pièces permet notamment d'observer la corrélation entre les conditions intérieures, les conditions extérieures et le fonctionnement intrinsèque de chaque zone thermique (puissance dissipée, occupation, ventilation, occultation, etc.). La courbe de température va nous indiquer quel impact, l'occupation, la ventilation, l'éclairage (puissance dissipée) ou encore les occultations auront sur l'évolution de la température, ou bien où se situent les pics de température et à quels phénomènes sont-ils liés.

Toutes les interactions entre ces différents paramètres vont nous permettre de déterminer les causes éventuelles de surchauffe et de trouver la ou les solutions les plus adaptées pour corriger les problèmes rencontrés.

Ensuite, chaque solution d'optimisation simulée sera analysée pour en déterminer son impact et surtout sa pertinence. Une phase d'affinage des différents scénarios est alors nécessaire pour arriver à la solution qui permettra un confort thermique des usagers optimal.

- Les consommations d'énergie :

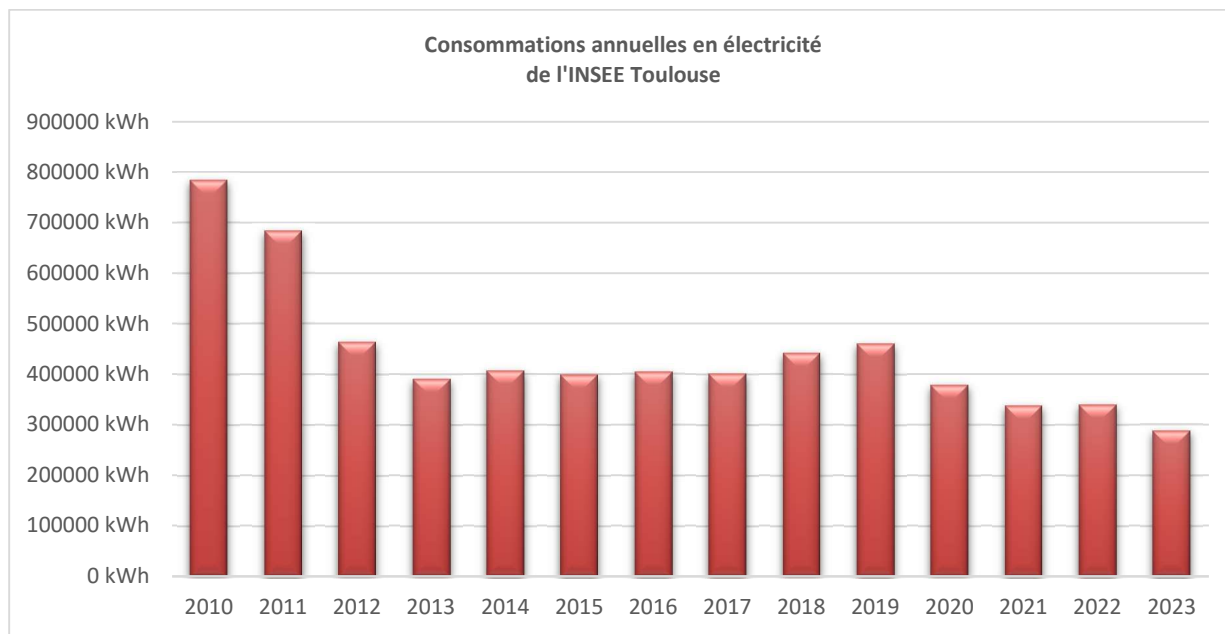
La SED nous permet de calculer les consommations d'énergie du bâtiment, selon les scénarios et le fichier météorologique. Nous simulerons plusieurs variantes sur les systèmes énergétiques afin de valider nos propositions de réduction des consommations d'énergie.

6 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

6.1 CONSOMMATIONS DE REFERENCE

Pour l'analyse des consommations ci-après, nous disposons des consommations électriques et de gaz de 2010 à 2024.

6.1.1 ANALYSE DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE



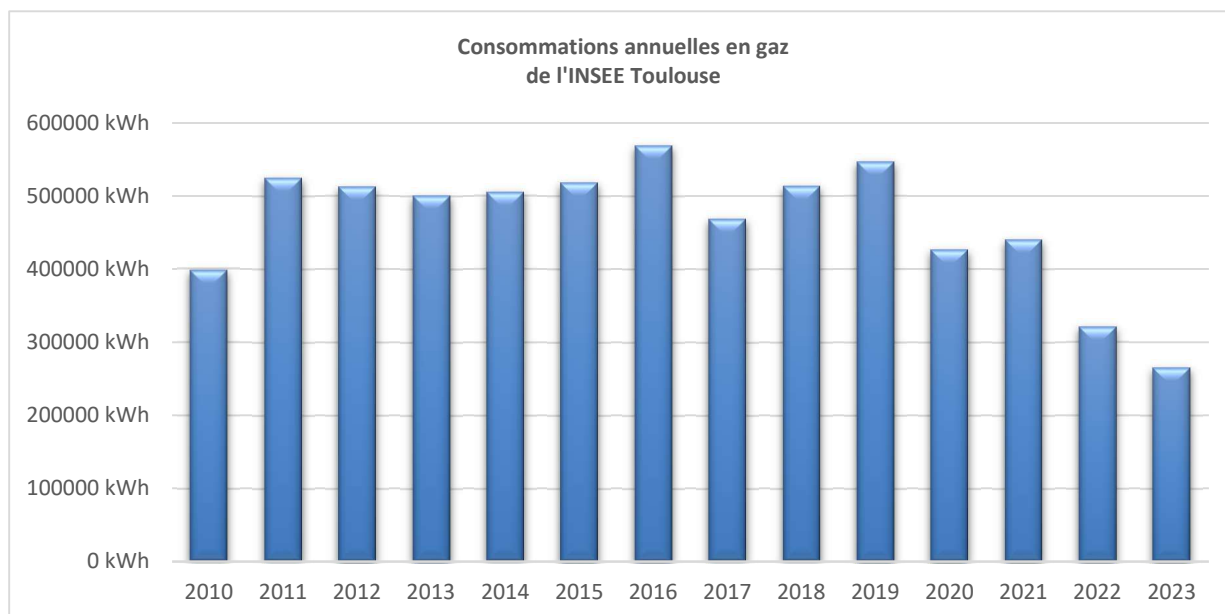
Nous constatons que la consommation électrique a subi une nette diminution entre 2011 et 2012. Cette réduction est en partie due travaux de rénovation entrepris entre 2009 et 2011 pour remplacer les ventilo-convecteurs des bureaux.

Une nouvelle baisse de la consommation électrique est observée à partir de 2019. Elle est essentiellement due aux travaux et actions d'amélioration énergétique réalisés sur cette période :

- Rénovation remplacement des ventilo-convecteurs de la salle Lautrec et des CTA du restaurant,
- Mise en œuvre de la GTC,
- Mise en œuvre d'un éclairage LED dans l'ensemble du bâtiment,
- Optimisation de la consigne de rafraîchissement à 26°C dans les bureaux avec un réduit en inoccupation,
- Arrêt des groupes froid hors été grâce à la pose d'une climatisation indépendante dans le local serveur,
- Suppression de l'eau chaude sanitaire dans les sanitaires.

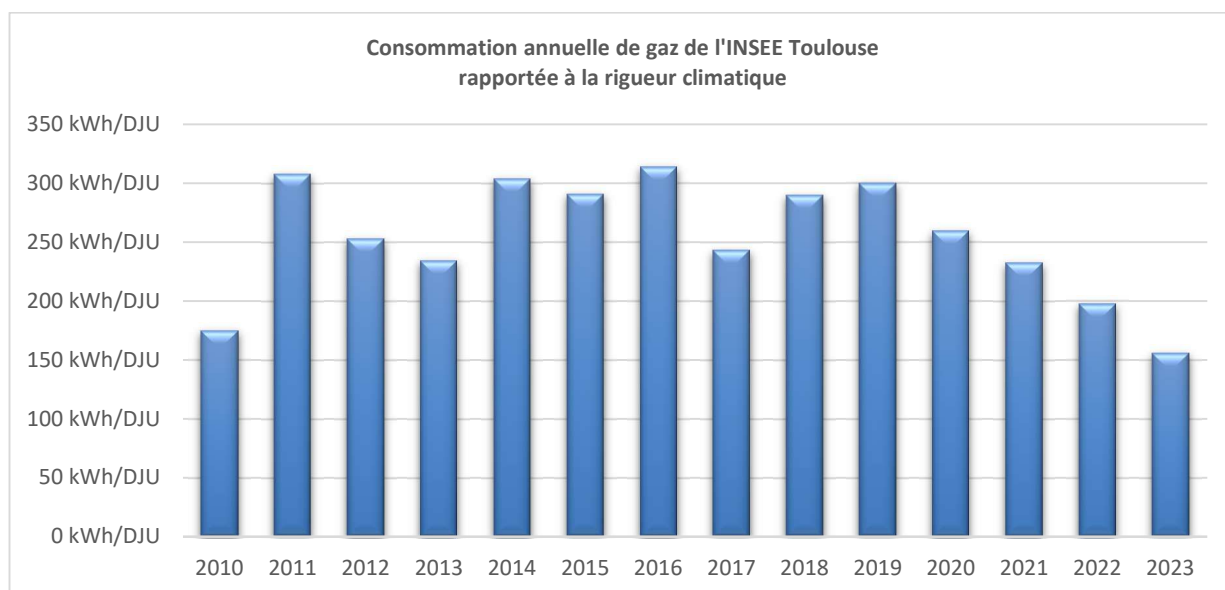
Il est cependant possible que l'évolution de l'activité du bâtiment et du nombre d'occupants durant ces années ait eu un impact sur l'évolution de la consommation électrique. En particulier durant la période du confinement en 2020 et après, avec l'augmentation du télétravail.

6.1.2 ANALYSE DE LA CONSOMMATION DE GAZ



Nous constatons une variabilité de la consommation de gaz avec globalement une baisse à partir de 2019.

La consommation de gaz est exclusivement liée aux besoins de chauffage du bâtiment. Celle-ci varie donc logiquement en fonction de la rigueur climatique. Plus l'hiver est froid, plus la consommation d'énergie liée au chauffage augmente. Il est donc plus pertinent d'analyser la consommation de gaz en la rapportant à l'indice de rigueur climatique : le Degré-Jour-Unifié (DJU). Plus l'hiver est froid, plus les DJU sont élevés.



Nous observons toujours une grande variabilité de la consommation de gaz. Il n'y a pas de corrélation possible entre celle-ci et la rigueur climatique.

Les diminutions constatées sont toutefois dues en partie aux différents travaux d'amélioration réalisés : le remplacement des menuiseries extérieures (hors mur rideau) et des ventilo-convecteurs en 2011, la mise en œuvre de la GTC et la rénovation de la chaufferie à partir de 2021. L'optimisation de la consigne de chauffage à 19°C dans les bureaux avec un réduit en inoccupation a aussi permis un gain sur les consommations de gaz.

Tout comme pour la consommation électrique, il est aussi possible que l'évolution de l'activité du bâtiment et du nombre d'occupants durant ces années ait eu un impact sur la consommation de gaz.

6.1.3 OBJECTIF DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Pour répondre aux exigences du décret tertiaire, l'INSEE Toulouse a déjà amorcé la démarche de déclaration des consommations d'énergie sur OPERAT en fixant la **consommation de référence à celle de l'année 2011**.

D'après notre analyse, cela est cohérent car les consommations sont au global les plus élevées cette année-là. Le choix de l'année 2011 comme année de référence a pour objectif principal de prendre en compte dans la réduction des consommations les travaux d'amélioration déjà effectués sur le bâtiment après 2011.

Au total, nous avons une consommation globale de **1 207 289 kWh** (exprimée en énergie finale).

Le tableau suivant présente l'objectif de performance énergétique en relatif à atteindre d'ici 2030, 2040 et 2050 en fonction de la méthode choisi.

Année	Objectif de consommation	Objectif de réduction des consommation (%)
2030	724 373 kWh/an	-40%
2040	603 645 kWh/an	-50%
2050	482 916 kWh/an	-60%

D'après les consommations de gaz et d'électricité fournies, les objectifs pour 2030 et 2040 sont atteints depuis 2022 pour le bâtiment de l'INSEE Toulouse (cf tableau ci-après).

Année	Consommation de gaz	Consommation d'électricité	Consommation totale (en énergie finale)	Réduction par rapport à l'année de référence
2010	397 582 kWh	783 186 kWh	1 180 768 kWh	-
2011	524 700 kWh	682 589 kWh	1 207 289 kWh	Référence
2012	512 006 kWh	463 868 kWh	975 874 kWh	-19%
2013	500 690 kWh	390 325 kWh	891 015 kWh	-26%
2014	504 840 kWh	406 102 kWh	910 942 kWh	-25%
2015	518 191 kWh	398 798 kWh	916 989 kWh	-24%
2016	569 094 kWh	403 708 kWh	972 802 kWh	-19%
2017	468 586 kWh	400 896 kWh	869 482 kWh	-28%
2018	513 364 kWh	440 700 kWh	954 064 kWh	-21%
2019	546 365 kWh	460 499 kWh	1 006 864 kWh	-17%
2020	426 119 kWh	377 693 kWh	803 812 kWh	-33%
2021	440 077 kWh	337 722 kWh	777 799 kWh	-36%
2022	320 326 kWh	339 078 kWh	659 404 kWh	-45%
2023	264 879 kWh	287 105 kWh	551 984 kWh	-54%

6.1.4 CONCLUSION SUR LES CONSOMMATIONS DE REFERENCE

Une réduction de 54% de la consommation totale est mise en évidence par rapport à l'année de référence : 2011, permettant d'ores et déjà d'atteindre l'objectif pour 2040 du Décret Tertiaire.

Nous soulignons toutefois la grande variabilité des consommations de gaz et d'électricité sur la période d'analyse et l'absence de corrélation de la consommation liée au chauffage avec la rigueur climatique.

Entre 2011 et 2019 la MOA rapporte une diminution des effectifs. Et, à partir de 2020, la fréquentation quotidienne du site est devenue plus variable avec l'application du télétravail. Cela a entraîné des répercussions sur les consommations énergétiques du site, qui ont par

ailleurs bien diminuées grâce aux différentes phases de travaux d'amélioration énergétique engagées.

6.2 FICHIER METEO

Le fichier météorologique pris en compte pour la SED a été généré grâce au logiciel METEONORM pour le site de Toulouse Blagnac (31) ; c'est un fichier au pas horaire. Le principe de ce logiciel est basé sur une extrapolation de données météorologiques des stations les plus proches afin de créer un fichier horaire correspondant à une année représentative du climat local.

Caractéristiques générales du fichier météorologique :

- Latitude : 43,37 °N
- Longitude : 1,22 °E
- Altitude : 152 m
- Température du sol (Profondeur de 10 mètres) : 16°C
- Heure légale : GMT +1
- DJU : 1947

Le fichier météorologique ainsi généré renseigne les données de base suivantes :

- Température de l'air extérieur ;
- Flux solaire global, direct et diffus ;
- Humidité relative.

Le tableau et le graphique suivant présente les données principales du fichier météorologique.

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Tmin [°C]	-4,4	-3,2	0,7	3,4	6,0	9,7	11,4	11,8	8,5	3,8	-0,5	-3,5
Tmoy [°C]	5,9	6,6	10,1	12,6	16,1	20,5	23,1	22,8	19,1	15,4	9,7	7,0
Tmax [°C]	15,8	18,2	21,2	23,8	27,8	34,4	36,4	36,3	31,6	28,3	21,6	17,4
HR moy [%]	84	77	71	70	70	66	60	61	67	75	82	83
Fglo max [W]	461	597	806	958	933	958	1014	925	847	678	497	425

Notion de degré jour unifié :

La méthode des DJU nous permet d'utiliser les données météorologiques de températures afin d'estimer les besoins de chauffage d'un bâtiment. La méthode des DJU nécessite les données d'entrée suivante : T_{ref} , T_{max} , T_{min} .

Les DJU sont calculés sur une base $T_{ref} = 18^{\circ}\text{C}$ en température de référence, il s'agit des DJU-base18. Les températures minimum T_{min} maximum T_{max} sont mesurées sur une journée.

Les DJU sont calculés pour chaque jour avec l'expression :

$$DJU = 18 - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

Ces valeurs journalières sont ensuite sommées mois par mois pour mettre en évidence les mois où les besoins de chauffage sont importants.

6.3 MODELE NUMERIQUE

Au travers de la SED, nous avons réalisé un « jumeau numérique » du bâtiment, à partir duquel nous allons tester les effets des préconisations énergétiques. Il convient donc d'apprécier la ressemblance entre le jumeau et le bâtiment réel.

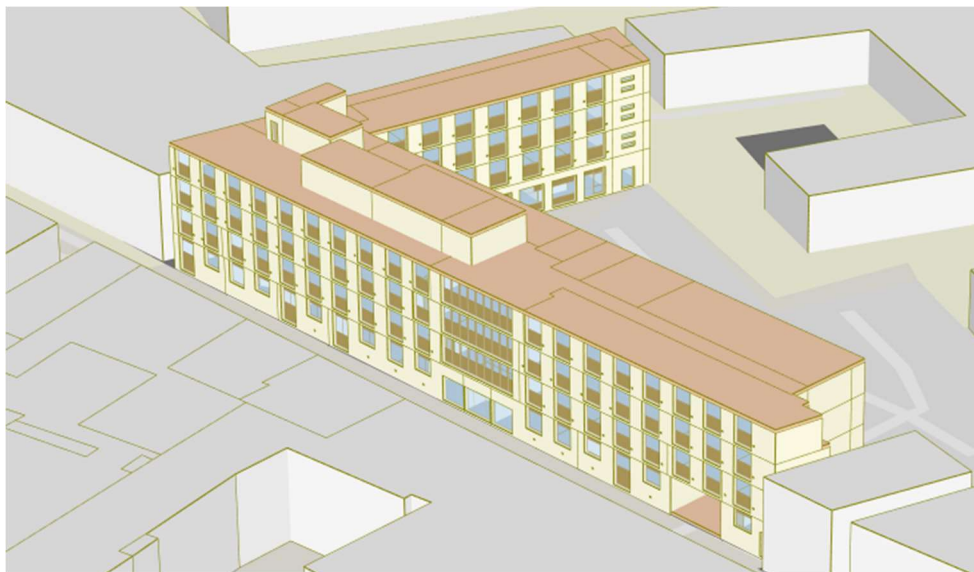


Fig.32 : Modélisation 3D – Vue façade Nord-Est sur rue



Fig.33 : Modélisation 3D - Vue façades Sud-Ouest et Nord sur cour intérieure

Le tableau ci-après présente les résultats du calage.

	CALAGE DU MODELE		
	Consommations réelles 2023	Simulation calée	Écart
Gaz (kWh)	264 879 kWh	261 803 kWh*	-1%
Electricité (kWh)	287 105 kWh	287 204 kWh	0%
Consommations totale (kWh)	551 984 kWh	549 007 kWh	-1%

*Consommation ramenée aux DJU de l'année 2023

Avec un écart inférieur à 5% sur les consommations énergétiques, le modèle numérique peut être considéré comme fidèle au bâtiment, tel qu'il était en 2023 et jusqu'au jour de notre visite.

7 PRECONISATIONS

7.1 PRESENTATION GENERALE

L'étude qui suit présente les différentes actions de performance énergétiques (APE) que nous envisageons de mettre en œuvre à l'échelle du bâtiment. Ces différentes solutions sont détaillées et appréhendées de manière quantitative afin d'estimer les gains dégagés en termes énergétiques.

7.2 PRECONISATION ENERGETIQUES

Cette partie du rapport présente les résultats des préconisations étudiées pour ce bâtiment.

Améliorations existantes	AE 1	Remplacement des menuiseries extérieures hors mur rideau (2011)
	AE 2	Remplacement des ventilo-convecteurs dans les bureaux (2011)
	AE 3	Remplacement d'un groupe froid en toiture (2013)
	AE 4	Mise en place d'une commande centrale sur la CTA des salles de réunion au sous-sol et remplacement des CTA de la zone restauration (2020)
	AE 5	Remplacement des ventilo-convecteurs des salles de réunion au sous-sol (2020)
	AE 6	Remplacement des CTA de la zone restauration et cuisine (2020)
	AE 6	Remplacement de la GTC et relamping (2021)
	AE 7	Remplacement de la chaufferie (2022)
Travaux prévus	APE 1	Mise en place d'une régulation sur la climatisation de la salle de préparation froide
Actions de performance énergétique	APE 2	Mise en place d'une CTA double flux pour le renouvellement d'air des bureaux
	APE 3 (en remplacement de l'APE 2)	Remplacement des extracteurs en toiture et création d'entrées d'air sur les menuiseries des bureaux
	APE 4	Mise en place d'une PAC air/eau avec appoint gaz pour le chauffage et le rafraîchissement
	APE 5	Isolation par l'intérieur du mur mitoyen avec la cité internationale

7.2.1 TRAVAUX D'AMELIORATION DEJA EFFECTUES

Cette simulation permet de prendre en compte les économies d'énergies réalisées grâce aux travaux déjà effectués après l'année de référence : 2011. Ces améliorations sont celles citées dans le tableau ci-dessus (AE1 à AE7).

Améliorations existantes (AE)		
	Année de référence 2011	Année 2023
	kWhEF	kWhEF
Consommation en gaz	524 700	264 879
Consommation électrique	682 589	287 105
Consommation totale	1 207 289	551 984
	Ecart	-655 305
	Ecart relatif	-54,3 %

La simulation tient compte par ailleurs de la remise en état de fonctionnement des VMC (environ +2.5% sur la consommation totale).

Améliorations existantes (AE)		
	Année de référence 2011	SED Rénovation
	kWhEF	kWhEF
Consommation en gaz	524 700	303 446
Consommation électrique	682 589	298 893
Consommation totale	1 207 289	602 339
	Ecart	604 339
	Ecart relatif	-50,1 %

Impact de l'évolution de l'effectif sur les consommations issues de la SED

Lors de la première version de cette étude, l'effectif au sein du bâtiment de l'INSEE Toulouse était de 218 personnes, reparti dans l'ensemble des bureaux.

Grâce à une analyse plus fine de la fréquentation sur 6 mois entre juillet 2024 et décembre 2024 (badgeage du personnel), le modèle numérique a été mis jour avec de nouveaux scénarios d'occupation :

- Effectif max : 118 personnes

- Fluctuation de la fréquentation :

Lundi : 45%

Mardi : 71%

Mercredi : 52%

Jeudi : 65%

Vendredi : 37%

- Hypothèse de 2 personnes/bureaux soit 52% des bureaux inoccupés

Nous avons réalisé une seconde simulation en modifiant les scénarios du modèle numérique afin de prendre en compte une occupation maximale, soit 400 personnes et environ 130 repas par jour.

L'impact sur les consommations est le suivant :

- Consommation en gaz : -10%

- Consommation électrique : +14%

- **Consommation totale : +2%**

Au global, nous pouvons donc affirmer que les actions de performance énergétique proposées en suivant seront pertinentes malgré l'incertitude au regard de l'occupation du site dans les années à venir.

7.2.2 ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Dans le cadre de notre étude, trois simulations d'APE ont été réalisées mais ne sont pas décrites dans le présent document car pas suffisamment pertinentes. Il s'agit des améliorations suivantes :

- Remplacement du mur rideau côté rue. Les économies d'énergie de cette solution (environ +1.5%) ne permettront pas d'amortir l'investissement.
- Rénovation de la toiture avec amélioration de l'isolation. Là aussi, les économies d'énergie de cette solution (environ +2.5%) ne permettront pas d'amortir l'investissement. Par ailleurs, le diagnostic infrarouge a permis de rendre compte d'une isolation en place correcte.
- Le déplacement des unités extérieures des climatisations de la zone cuisine vers l'extérieur pour supprimer l'extracteur en vide sanitaire. Le gain énergétique (environ +1.5%) n'est pas suffisamment significatif par rapport à l'investissement que cela représente. De plus, le fait de positionner les unités en façade pourrait induire des nuisances acoustiques et/ou visuelles pour les usagers.

7.2.2.1 AMELIORATION 1 : MISE EN PLACE D'UNE REGULATION SUR LA CLIMATISATION DE LA SALLE DE PREPARATION FROIDE

A ce jour, la climatisation de la préparation froide fonctionne en permanence pour maintenir une température de 12°C. Cependant, aucun stockage de denrée n'est fait dans cette pièce. Il ne nous paraît donc pas indispensable de la maintenir à un niveau de température si bas 24h/24h.

La MOA a prévu d'installer une horloge sur l'unité extérieure de climatisation du local associé à un bus de communication entre unité intérieure et extérieure afin de remonter la consigne de température à 16°C en dehors de la plage d'utilisation du local (8h-17h).

		AE + APE 1			
		Année de référence 2011	SED Rénovation		
		kWhEF	kWhEF	Gains APE 1	
Consommation en gaz	524 700	303 120	-0,1%	-0,2%	
Consommation électrique	682 589	297 948	-0,3%		
Consommation totale	1 207 289	601 068			
		Ecart	-601 221		
		Ecart relatif	-50,2%		

7.2.2.2 AMELIORATION 2 : MISE EN PLACE D'UNE CTA DOUBLE FLUX POUR LE RENOUVELLEMENT D'AIR DES BUREAUX

Le renouvellement d'air dans les bureaux et salles de réunion des étages est assuré par des « trous » dans la façade au pied des ventilo-convecteurs. Ces amenées d'air permanentes ne permettent pas de garantir le débit d'air hygiénique réglementaire imposé par le code du travail et le règlement sanitaire départemental.

Nous proposons ici de condamner ces grilles d'entrée d'air et d'installer un système de traitement d'air par CTA double flux avec échangeur à récupération rotatif. En plus de garantir une bonne qualité d'air, la mise en place d'une centrale avec récupération d'énergie permettra de réduire drastiquement les consommations. En effet, aujourd'hui tout l'air extrait par les VMC n'est pas récupéré et les entrées d'air en façade peuvent générer un inconfort important dû à l'absence de pré-traitement.

Cette amélioration intègre également le fait de remplacer les VMC existantes, HS à ce jour. Ceci permettra d'améliorer le confort dans les zones sanitaires et de limiter l'impact de l'humidité. La centrale double flux sera sélectionnée en prenant en compte les débits d'air extrait par les caissons VMC.

La MOA a fait part de son souhait d'intégrer, dans le cadre de l'amélioration de la qualité d'air du site, la ventilation des espaces au sous-sol où circulent des chariots élévateurs. La mise en place d'une VMC dédiée n'a pas été prise en compte dans les différentes solutions proposées mais pourra être intégrée aux futurs travaux le cas échéant. L'impact sur la consommation électrique est estimé mineur.

Travaux :

Condamnation de l'ensemble des grilles d'entrée d'air en façade dans les bureaux et salles de réunion (RDC à R+3), dépose / repose des ventilo-convecteur, rebouchage à la laine minérale et finition coté intérieur par plaque d'obturation	24 000 €
Mise en place d'une CTA double flux 10 000m3/h en toiture yc supportage	60 000 €
Reprise tableau électrique en local technique pour les batteries de préchauffage de la centrale	15 000 €
Réseaux aéraulique associés	200 000 €
Diffuseurs dans les bureaux et reprise en circulation	36 000 €
Régulation et équilibrage : <ul style="list-style-type: none"> - Régulation des débits par sonde de présence déjà en place dans les bureaux et par sonde CO2 dans les salles de réunion - Remontée à la GTC - Equilibrage et mise en service 	35 000 €
Second œuvre dans les bureaux et circulations : <ul style="list-style-type: none"> - Dépose / repose faux plafond - Protection - Déplacement des meubles - Peinture - Stockage - Remplacement des plafonds endommagés - Percement / rebouchage - Gainex techniques à créer 	290 000 €
Dépose, remplacement, alimentation électrique des VMC simple flux en toiture	25 000 €
Investissement total	685 000 €

Ces prix intègre des travaux dans des bureaux vides avec un déménagement des occupants non inclus.

AE + APE 2				
	Année de référence 2011	SED Rénovation		
	kWhEF	kWhEF	Gains APE 2	
Consommation en gaz	524 700	210 566	-30,6%	-14,2%
Consommation électrique	682 589	306 117	+2,4%	
Consommation totale	1 207 289	516 683		
	Ecart	-690 606		
	Ecart relatif	-57,2%		

7.2.2.3 AMELIORATION 3 : AMELIORATION DE LA VENTILATION SANITAIRE EXISTANTE ET CREATION D'ENTREES D'AIR SUR LES MENUISERIES DES BUREAUX

Le renouvellement d'air dans les bureaux et salles de réunion des étages est assuré par des « trous » dans la façade au pied des ventilo-convecteurs. Ces amenées d'air permanentes ne permettent pas de garantir le débit d'air hygiénique réglementaire imposé par le code du travail et le règlement sanitaire départemental.

Par ailleurs, les 5 caissons d'extraction situés en toiture ne sont plus en état de fonctionnement. La ventilation des sanitaires n'est pas assurée. Nous préconisons de condamner les grilles d'entrée d'air, de rénover le système d'extraction d'air dans les locaux humide et d'installer des entrées d'air autoréglables au niveau des menuiseries.

En augmentant le débit d'air des VMC actuellement en place cela permettrait de répondre aux exigences réglementaires sur les débits. Pour garantir le flux d'air il sera vérifié le bon détalonnage des portes avec intervention sur celles-ci si nécessaire.

Travaux :

Condamnation de l'ensemble des grilles d'entrée d'air en façade dans les bureaux et salles de réunion (RDC à R+3), dépose/ repose des ventilo-convecteur, rebouchage à la laine minérale et finition coté intérieur par plaque d'obturation	24 000 €
Dépose, remplacement, alimentation électrique des VMC simple flux en toiture	25 000 €
Gaine aéraulique	90 000 €
Bouches d'extraction	12 000 €
Création d'entrées d'air autoréglables au niveau des menuiseries coulissantes des bureaux et salles de réunion (RDC à R+3)	20 000 €
Second œuvre dans les bureaux et circulations : <ul style="list-style-type: none"> - Dépose / repose faux plafond - Protection - Peinture - Stockage - Remplacement des plafonds endommagés - Percement / rebouchage - Gaines techniques à créer 	95 000 €
Investissement total	266 000 €

Ces prix intègre des travaux dans des bureaux vides avec un déménagement des occupants non inclus.

non inclus.

AE + APE 3					
	Année de référence 2011	SED Rénovation			
	kWhEF	kWhEF	Gains APE 3		
Consommation en gaz	524 700	213 839	-29,5%	-15,2%	
Consommation électrique	682 589	296 792	-0,7%		
Consommation totale	1 207 289	510 631			
	Ecart	-696 658			
	Ecart relatif	-57,7%			

7.2.2.4 AMELIORATION 4 : MISE EN PLACE D'UNE PAC AIR/EAU AVEC APPOINT GAZ POUR LE CHAUFFAGE ET LE RAFRAICHISSEMENT

Pour optimiser l'efficacité de la production de chaud et de froid sur le bâtiment, nous préconisons de mettre en place une pompe à chaleur réversible en remplacement des groupes froid existants. Celle-ci serait positionnée en toiture, en lieu et place du groupe Carrier. Les chaudières, remplacées récemment, seront conservées pour l'appoint en chauffage en cas de conditions extrêmes en hiver. Cette PAC utilisera le fluide frigorigène R32 pour répondre à la F-gas.

Le réseau d'alimentation des unités terminales sera traité et conservé. Attention toutefois à l'état d'usure avancé des réseaux (voir §3.3.2 et rapport état de maintenance). Les unités terminales existantes seront également conservées. D'un point de vue régulation, la pompe à chaleur possèdera sa propre régulation avec un automate de communication qui sera remonté en GTC.

Travaux :

Conservation des réseaux change-over et désembouage, rinçage et traitement d'eau	45 000 €
<i>Option en plus-value : remplacement des réseaux hydrauliques</i>	<i>250 000 €</i>
Dépose des groupes froid existants yc consignation des réseaux	12 000 €
Dépose et remplacement de la panoplie secondaire (ballon, circulateur, régulation, collecteurs...)	50 000 €
Mise en place d'une PAC air/eau, ballon tampon, panoplie hydraulique, supportage, levage et conservation des chaudières gaz pour l'appoint	85 000 €
Reprise tableau électrique en local technique pour les batteries de préchauffage de la centrale	15 000 €
Régulation et équilibrage : <ul style="list-style-type: none"> - Régulation des débits hydrauliques - Remontée à la GTC - Equilibrage et mise en service 	20 000 €
Investissement total	227 000 €

Ces prix intègre des travaux dans des bureaux vides avec un déménagement des occupants non inclus

AE + APE 4				
	Année de référence 2011	SED Rénovation	Gains APE 4	
	kWhEF	kWhEF		
Consommation en gaz	524 700	34 295	-88,7%	-30,8%
Consommation électrique	682 589	382 573	+28,0%	
Consommation totale	1 207 289	416 868		
Ecart		-790 421		
Ecart relatif		-65,5%		

7.2.2.1 AMELIORATION 5 : ISOLATION PAR L'INTERIEUR DU MUR MITOYEN AVEC LA CITE INTERNATIONALE

A la demande de la MOA, nous avons aussi étudié l'impact d'une isolation par l'intérieure au niveau du mur mitoyen avec la cité internationale (cf repérage ci-dessous). En effet, il est rapporté par les usagers un inconfort dans les locaux attenants à cette paroi, y compris les bureaux pourtant séparés par la circulation.

Une lame d'air sépare les deux murs mitoyens. Elle est calfeutrée sur les périphéries permettant de limiter la circulation d'air mais cet espace crée toutefois une paroi froide contrairement à un mur mitoyen collé. Nous avons donc pris l'hypothèse dans notre modélisation d'une température fixe de la paroi à 15°C.

Nous préconisons la pose d'un doublage isolant de 12cm et un Th32 sur le linéaire mitoyen des 4 niveaux (RDC au R+3).



Travaux :

Dépose des faux-plafonds	10 000 €
Protections des zones d'intervention (sols, plafonds)	5 500 €
Pose d'un doublage isolant 12cm TH32 + placo	121 000 €
Pose de nouveaux faux-plafonds	15 000 €
Adaptation des luminaires	2 500 €
Peinture et finitions (plinthes, ...)	25 500 €
Investissement total	179 500 €

Ces travaux sont soumis à avis du bureau de contrôle au regard de la réduction de l'espace de circulation.

		AE + APE 5			
		Année de référence 2011	SED Rénovation		
		kWhEF	kWhEF	Gains APE 5	
Consommation en gaz	524 700	289 155	-4,7%	-1,9%	
Consommation électrique	682 589	302 805	+1,3%		
Consommation totale	1 207 289	591 071			
		Ecart	-616 218		
		Ecart relatif	-51,0%		

8 CONCLUSION

Le bâtiment de l'INSEE construit en 1979 a fait l'objet de plusieurs phases de rénovations durant les 40 dernières années. Une phase de réhabilitation du bâti entre 2009 et 2011 a permis d'améliorer l'enveloppe thermique du bâtiment en remplaçant les menuiseries extérieures (hors mur rideau). Plus récemment, une GTC a été installée qui pilote la production de chauffage et de rafraîchissement, les ventilo-convecteurs, les CTA de la zone restaurant et cuisine ainsi que l'éclairage. Celle-ci, couplée à un ajustement des consignes de chauffage (19°C) et de rafraîchissement (26°C), a permis d'optimiser la régulation des équipements et ainsi réduire les consommations de gaz et d'électricité. Enfin, la chaufferie a été réhabilitée en 2022.

Ces travaux d'amélioration ont permis d'atteindre l'objectif du Décret Tertiaire pour 2040, avec une réduction de plus de 50% de la consommation totale du bâtiment par rapport à l'année de référence : 2011.

D'un point de vue qualité d'air le problème majeur du bâtiment réside dans l'absence de ventilation fonctionnelle et la non-gestion de l'entrée d'air neuf dans les bureaux. Ces problèmes de fonctionnement engendrent une non-conformité d'un point de vue sanitaire.

D'un point de vue confort thermique, la mitoyenneté entre les bâtiments de l'INSEE et celui de la cité internationale constitue une paroi froide non isolée source d'inconfort pour les usagers.

Pour répondre à ces dysfonctionnements et optimiser les consommations nous proposons 4 types de rénovations énergétiques portant principalement sur les équipements techniques et une isolation par l'intérieur localisée :

- APE 2 : Mise en place d'une CTA double flux pour le renouvellement d'air des bureaux
- APE 3 : Amélioration de la ventilation sanitaire existante et création d'entrées d'air sur les menuiseries des bureaux
- APE 4 : Mise en place d'une PAC air/eau avec appoint gaz pour le chauffage et le rafraîchissement
- APE 5 : Isolation par l'intérieur du mur mitoyen avec la cité internationale

L'**APE 2**, n'apporte pas d'économie d'énergie importante mais a une action directe sur le confort et la qualité d'air dans le bâtiment. Afin d'œuvrer dans le sens des économies d'énergie, la mise en place d'un système de ventilation double flux avec CTA à échangeur rotatif serait plus efficace que l'**APE 3** qui permettrait uniquement d'atteindre les objectifs de débit réglementaires.

L'**APE 4**, reste la moins coûteuse et la moins impactante en termes de chantier. Elle permet également de répondre aux exigences du décret tertiaire avec une diminution des consommations de plus de 60% par rapport à 2011.

A noter toutefois que les réseaux hydrauliques datent de l'époque de construction du bâtiment et que lors de nos visites ils nous ont paru en mauvais état. Il serait donc opportun de s'orienter vers une solution avec remplacement des réseaux.

L'**APE 5**, bien qu'entraînant un gain énergétique plus mesuré, permet d'améliorer notablement le confort des usagers.

De notre point de vue, la solution 4 semble la plus adaptée pour répondre au décret tertiaire. Si l'on souhaite se projeter sur une solution pérenne, l'association des solutions 2 et 4 nous semble être la plus adaptée.