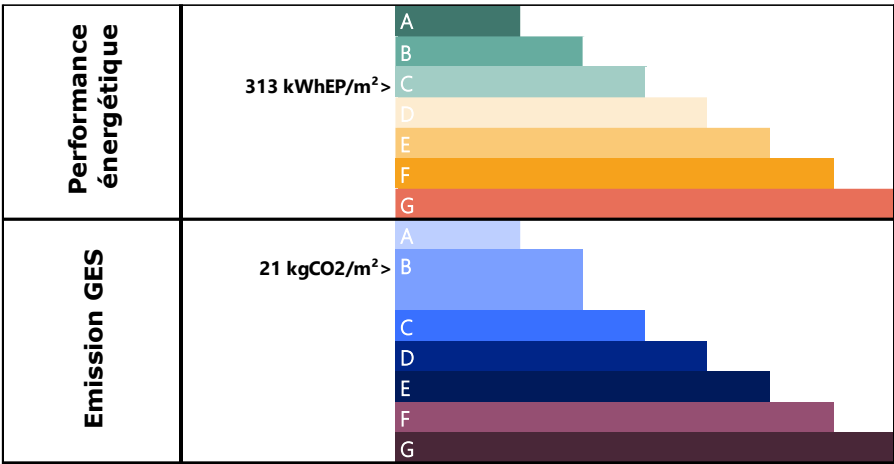




Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – Etat des lieux

Tenon – GABRIEL



EMETTEURS

Zoé PLUYAUD
Energy Manager – Advizeo

Bastien RINGES
Expert STD – Advizeo

Clarisse MANTEAU
Directrice de projet – Advizeo



DESTINATAIRE

Régis PATRAT
Ingénieur énergies et construction durable

Direction des Investissements et des Services Numériques

AP-HP Sorbonne Université

Production et vérification du document

Le présent document a été rédigé et validé par les personnes suivantes :

Prénom & Nom	Fonction	Rôle
Zoé Pluyaud	Energy Manager	Rédaction
Bastien Ringès	Expert STD	Rédaction/Validation
Clarisse Manteau	Directrice de projet	Validation

Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_Etat des Lieux_TENON_GABRIEL_V1	25/07/2025	-

Sommaire

1.	Présentation et objectifs	6
1.1.	Contexte de l'audit énergétique	6
1.2.	Rappel des objectifs de la prestation	6
1.2.1.	Etapes et livrables	6
1.2.2.	Calendrier et réalisation de l'audit.....	7
1.2.3.	Campagnes de mesures	7
1.3.	Données d'entrées transmises pour la réalistaion du diagnostic	8
1.4.	Périmètre de l'audit énergétique.....	8
1.4.1.	Bâtiment GABRIEL	8
1.5.	Description synthétique du PERIMETRE	9
1.5.1.	Vues et plans du bâtiment	9
1.5.2.	Caractéristiques principales	11
1.5.3.	Occupation	12
1.5.4.	Détail des surfaces du site.....	12
2.	SYNTHESE DE L'ETAT DES LIEUX.....	14
2.1.	Synthèse générale du diagnostic – Etat des lieux enveloppe thermique	14
2.2.	Synthèse générale du diagnostic – Etat des lieux systemes	16
3.	Etat des lieux	20
3.1.	Indicateurs énergétique - enveloppe	20
3.2.	Indicateurs energétique - équipements.....	20
3.3.	barème énergétique général.....	21
3.4.	Performance de l'enveloppe	23
3.4.1.	Parois opaques	23
3.4.2.	Menuiseries extérieures.....	24
3.4.2.1.	Prises de vue à la caméra thermique.....	25
3.5.	Performance des installations énergétiques	26
3.5.1.	Chauffage.....	26
3.5.2.	Relevés de températures ambiantes	30
3.5.3.	ECS	31
3.5.4.	Ventilation.....	33
3.5.5.	Mesures de débit de ventilation	38
3.5.6.	Climatisation	40
3.5.7.	Eclairage intérieur	43
3.5.8.	Relevés d'intensité lumineuse intérieure	43
3.5.9.	Eclairage extérieur	43
3.5.10.	Gestion Technique Centralisée	44

4. énergétique

Analyse de la performance thermique et 46

4.1. Analyse courbe de charge SMART Impulse	46
4.1.1. Contexte.....	46
4.1.2. Analyse de la courbe de charge électrique.....	46
4.1.3. Analyse de la répartition d'usage de la consommation électrique.....	47
4.1.4. Analyse par usage.....	48
4.1.5. Profil type de consommation	50
4.2. Analyse des consommations thermiques du reseau de chaleur	50
4.3. Simulation thermique dynamique.....	50
4.4. Notes méthodologiques.....	52
4.5. Détails de consommations issues de la STD	53
4.6. Déperditions thermiques.....	54
4.7. Besoin des locaux.....	55
4.8. Données météorologiques	55

5. Etat des lieux Décret Tertiaire..... 56

5.1. Détermination de la référence et des objectifs	56
--	-----------

Contact..... 59

Annexe 61

5.2. Répartition des zones	61
5.3. Surfaces des différentes zones thermiques	67
5.4. Détail de l'ajustement climatique	68

Présentation et objectifs



1. PRESENTATION ET OBJECTIFS

1.1.CONTEXTE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

Dans le cadre de la loi ELAN du décret tertiaire et de la politique interne de sobriété énergétique mise en place par le GHU Sorbonne Université, et dans l'objectif de réduction de la consommation d'énergie finale, une campagne d'audits énergétiques des bâtiments et des installations techniques est déployée sur l'ensemble des hôpitaux composant le GHU Sorbonne.

Le présent rapport, réalisé pour le bâtiment GABRIEL du site de Tenon, s'inscrit dans cette dynamique. Les différentes étapes du projet et livrables associés sont décrits dans la section suivante.

1.2.RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA PRESTATION

1.2.1. Etapes et livrables

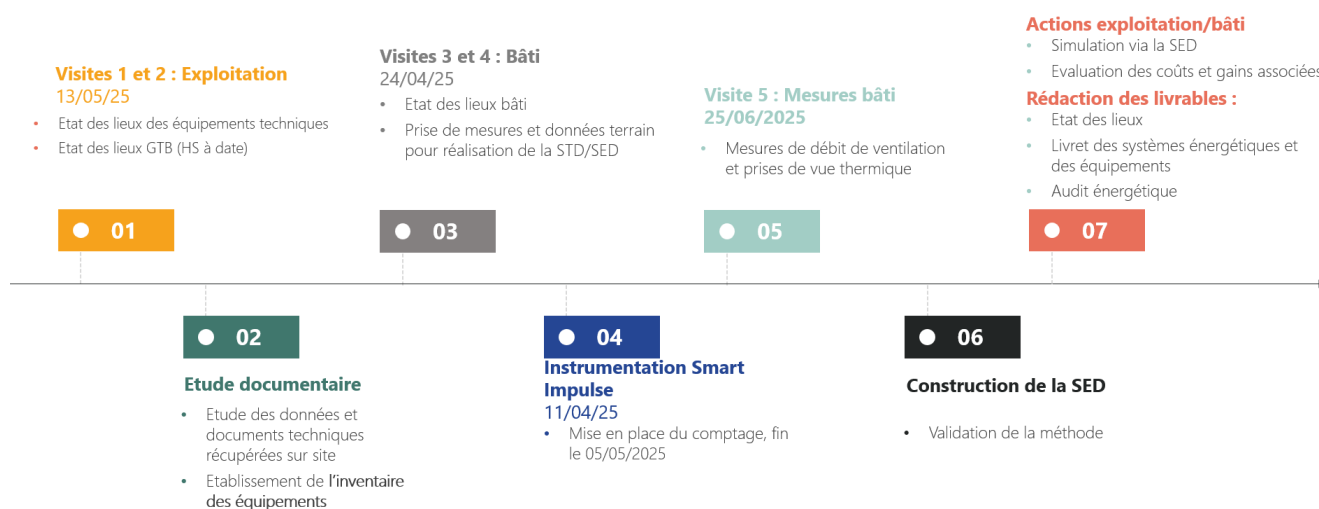
L'ensemble de la prestation vise à apporter une vision d'ensemble de la performance énergétique actuelle des sites et de leurs bâtiments. De plus, elle a pour objectif de dégager les principaux leviers d'action permettant l'amélioration de la performance énergétique et environnementale tout en assurant une cohérence avec les contraintes économiques et opérationnelles de l'AP-HP.

Les principaux objectifs et les livrables associés à cet audit énergétique sont :

Type	Nom	Périmètre	Objectif
Livable 1	Etat des lieux	Bâtiment	Etablir l'état initial du bâtiment d'un point de vue des équipements et du bâtiment.
Livable 2	Livret des systèmes énergétiques et des équipements	Site	Disposer d'un outil de listing d'équipements permettant une recherche rapide et efficace des informations. Améliorer la connaissance des équipements présents sur site.
Livable 3	Audit énergétique	Bâtiment	Préconiser un plan d'actions scénarisé à l'échelle du bâtiment
Livable 4	Feuille de route énergie	Site	Etablir un bilan global de la consommation du site et proposer des scénarios à l'échelle du site pour l'atteinte des objectifs du décret tertiaire
Livable 5	Audit BACS	Site	Etablir l'écart à la conformité au décret BACS des systèmes de régulation existant

1.2.2. Calendrier et réalisation de l'audit

La réalisation de la prestation d'audit énergétique, comprenant les différentes mesures et la simulation énergétique dynamique (SED) a suivi le planning suivant :



1.2.3. Campagnes de mesures

La prestation couvre également la réalisation de campagnes de mesures électrique et thermique sur les bâtiments des sites.

Tableau 1 - Mesures réalisées

Type de mesure	Date	Commentaires
Electricité	11/04/2025 au 05/05/2025	Instrumentation Smart-Impulse
Parois	24/04/2025	Relevés d'épaisseurs de parois et de compositions non destructifs
Température ambiance intérieure	24/04/2025	Relevés de températures zones par zones
Débit de ventilation	25/06/2025	Relevés de débits de ventilations zones par zones (accessibles)
Vues thermiques	07/01/2025	Prise de vues à la caméra thermique
Luminosité	25/06/2025	Relevés d'intensité lumineuse zone par zone

1.3. DONNEES D'ENTREES TRANSMISES POUR LA REALISATION DU DIAGNOSTIC

Pour la réalisation du diagnostic énergétique, les données d'entrées suivantes ont été transmises par l'APHP :

Données d'entrée	Commentaires
Historique des factures énergétiques (minimum 12 mois)	Sur l'année 2023, à l'échelle du site, dans le fichier GH-SU_Outil Energies
Sous-comptage bâtiment	Non exploitable
Plans des bâtiments	Oui
Courbe de charge électrique (points 10 min)	Oui, à l'échelle du site
Equipements CVC	Oui, inventaire incomplet
DOE/Fiches techniques	Non
Electricité	Synoptique électrique général du site (caduque)
DOE Bâtiment	Non
Barème énergétique	Template barème énergétique à compléter Plan d'action GH-SU_ TNN - V1
Régulation	GTB (Trend + Iconics) non accessibles sur la période d'audit. Régulation locale accessible uniquement.

1.4. PERIMETRE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

1.4.1. Bâtiment GABRIEL

Le bâtiment GABRIEL accueille des services de consultation (néphrologie, urologie, médecine générale), d'hospitalisation classique (médecine interne, gériatrie) et ambulatoire mais également la moitié des 12 blocs opératoires situées au 1^{er} sous-sol, commun avec le bâtiment Meyniel. Le bâtiment accueille du public en permanence (horaires de bureaux pour les services de consultations, et en permanence pour les autres services. Il a été construit dans les années 2000. Il se dresse sur 7 étages et comporte deux niveaux de sous-sol dont un de parking.

Le bâtiment présente deux vecteurs énergétiques : il est alimenté en électricité et en chaleur par le réseau de chaleur du site de TENON, lui-même alimenté par la CPCU.

Cependant, le bâtiment ne possédant pas de sous-comptage effectif, tant sur l'électricité que sur le chaud, les consommations spécifiques à l'échelle du bâtiment ne sont pas connues.

L'analyse énergétique sur la consommation électrique du bâtiment, présente dans ce rapport, se fera à partir des mesures réalisées avec les compteurs Smart impulse du 14/04/2025 au 05/05/2025 ainsi que de la modélisation STD.

Les estimations des consommations sont basées sur une méthode explicitée dans le présent document.

1.5. DESCRIPTION SYNTHETIQUE DU PERIMETRE

1.5.1. Vues et plans du bâtiment

Le bâtiment objet du diagnostic énergétique est situé à l'adresse : 4 Rue de la Chine, 75020 Paris. Les photos suivantes présentent une vue aérienne et plan de masse du site, ainsi que de la façade du bâtiment.

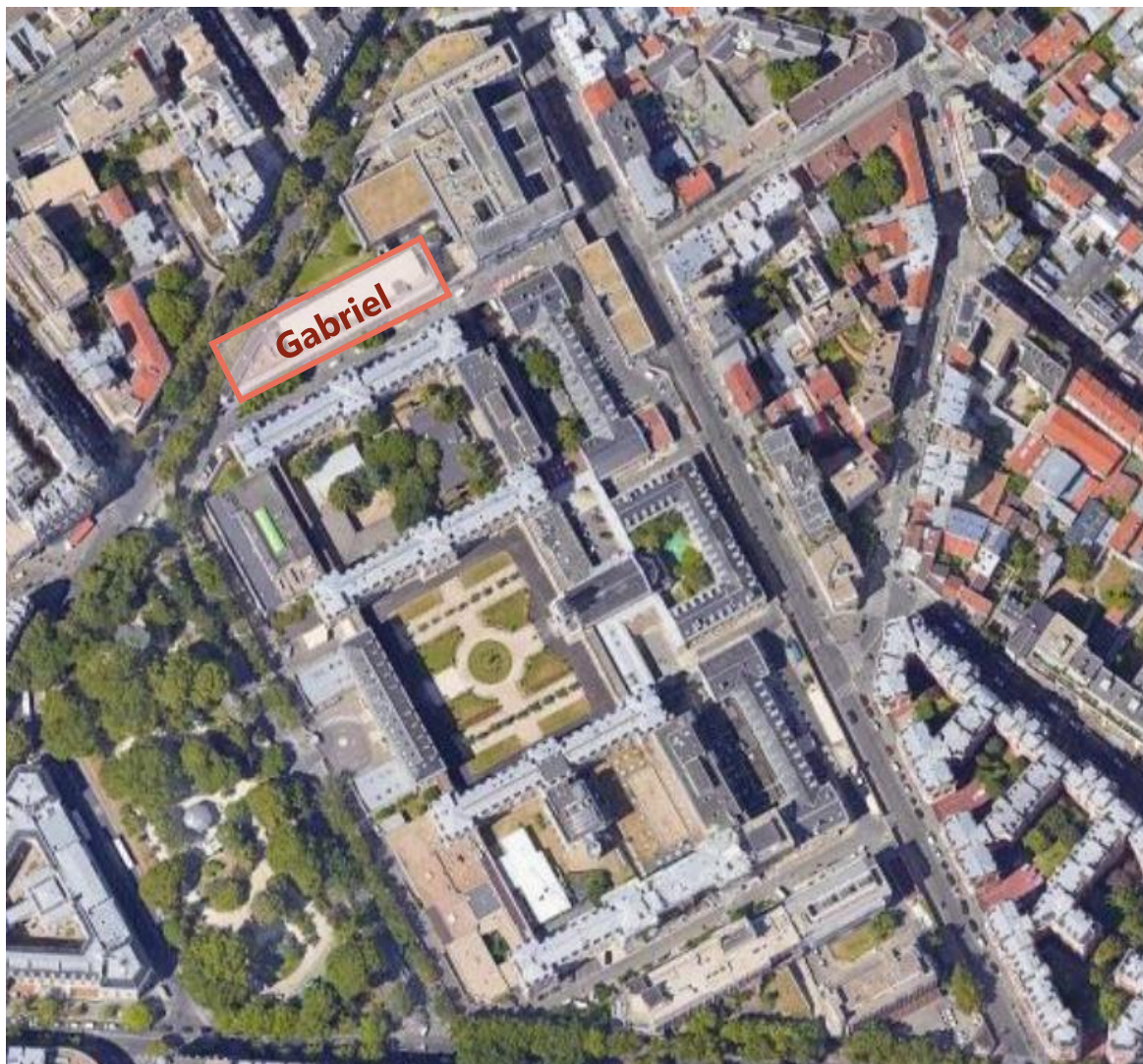


Figure 1 - Vue aérienne du site

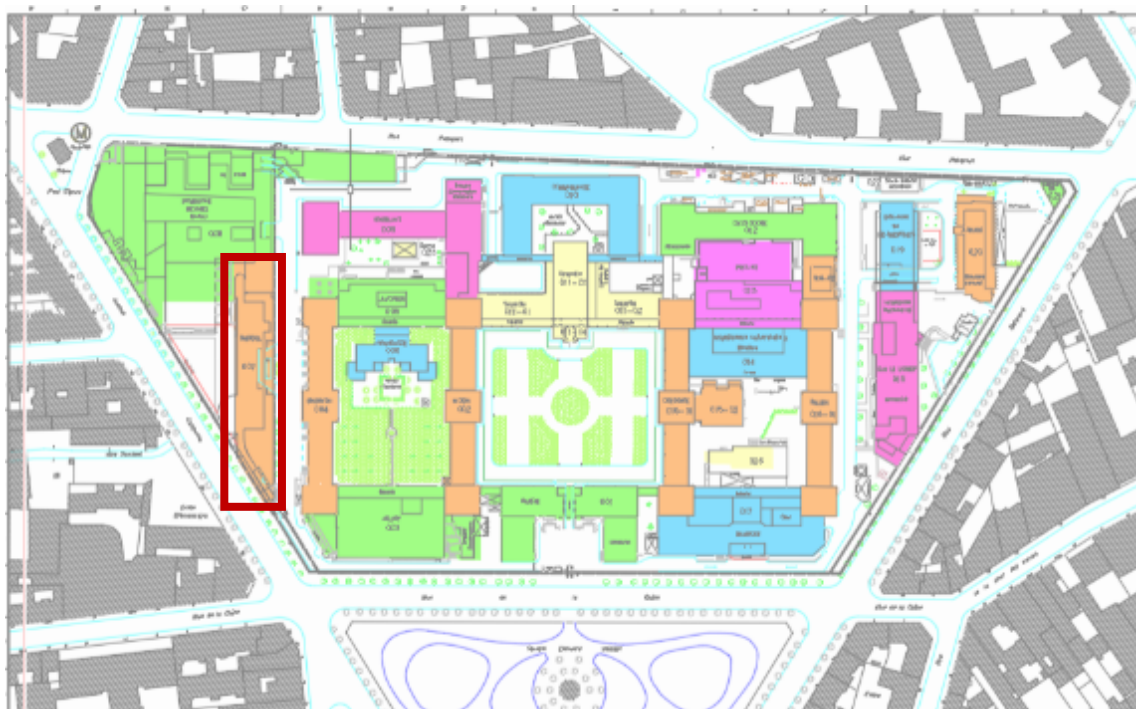


Figure 2 - Plan de masse du site



Figure 3 - Photo de la façade du bâtiment

1.5.2. Caractéristiques principales

Les tableaux suivants synthétisent les caractéristiques générales du site de Tenon et du bâtiment GABRIEL.

Hôpital de Tenon	
Typologie	Hôpital
Nombre de bâtiments	20
Année de construction	1968, 1976, 1995, 2011 et 2021
Surface totale	105 474 m ²

Tableau 2 - Caractéristiques du bâtiment

Bâtiment GABRIEL	
Typologie	Consultations, Hospitalisation standard, ambulatoire, 6 blocs opératoires
Bâtiment classé	Non
Année de construction	2005
Surface totale	12147 m ²
Surface chauffée*	~9034 m ²
Surface refroidie*	4220 m ²
Horaires d'occupation des locaux	24h/24 pour la partie hospitalisation standard, horaires de bureau pour le reste

Tableau 3 - Caractéristiques du site

1.5.3. Occupation

Le bâtiment accueille plusieurs services médicaux, notamment les consultations de néphrologie, d'urologie et de médecine interne, qui fonctionnent sur des horaires de bureau.

Ces secteurs comprennent un espace d'accueil pour les patients ainsi que plusieurs boxes de consultation, assurant une prise en charge adaptée et fluide. Le service de lithotritie y est également implanté, avec une activité programmée en semaine sur des plages horaires similaires.

Le site comprend en outre six blocs opératoires, dont l'activité s'étend du lundi au samedi, en journée et jusqu'en soirée, permettant de répondre à une demande chirurgicale soutenue. L'offre de soins se prolonge avec des unités d'hospitalisation conventionnelle dédiées à la gériatrie et à la médecine interne, ainsi qu'à la prise en charge des suites d'urgences, garantissant une présence médicale et soignante continue, 24h/24 et 7j/7.

Un secteur d'hospitalisation ambulatoire complète le dispositif, avec une activité concentrée sur les jours ouvrés et le samedi, contribuant à une rotation efficace des patients tout en optimisant l'occupation des infrastructures. L'ensemble du bâtiment est ainsi sollicité de manière variable selon les plages horaires, avec une activité plus intense en semaine, notamment en journée.

1.5.4. Détail des surfaces du site

Ce tableau se base sur les données d'entrée GABRIEL - TNN-01-007-00-Tous niveaux.xls et plans du bâtiment ainsi que la visite du site et mesures bâti.

Tableau 4 - Répartition des surfaces suivant les typologies

Typologie	Surface (m ²)	Correspondance DEET
Bureaux	785	Bureaux standards / administration
Consultations	1 003	Consultation
Chambres - hospitalisation	587	Hospitalisation Conventionnelle
Chambres - ambulatoire	236	Hospitalisation Ambulatoire
Blocs opératoires - Risque 2	163	Bloc opératoire
Blocs opératoires - Risque 3	102	Bloc opératoire
Stérilisation	17	Stérilisation
Stockage archives	463	Bureaux standards / administration Bibliothèque, médiathèque et service d'archives
Locaux techniques	3 022	
Circulations horizontales	3 238	
Circulations verticales	721	
Chambres - hospitalisation ac clim	1 810	Hospitalisation Conventionnelle
Bureaux	785	Bureaux standards / administration
Consultations	1 003	Consultation
Chambres - hospitalisation	587	Hospitalisation Conventionnelle
Chambres - ambulatoire	236	Hospitalisation Ambulatoire
Blocs opératoires - Risque 2	163	Bloc opératoire
Blocs opératoires - Risque 3	102	Bloc opératoire
Stérilisation	17	Stérilisation
Stockage archives	463	Bureaux standards / administration Bibliothèque, médiathèque et service d'archives
Locaux techniques	3 022	
Circulations horizontales	3 238	-
Circulations verticales	721	-
Chambres - hospitalisation (climatisées)	1 810	Hospitalisation Conventionnelle

Synthèse de l'état des lieux

2



2. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES LIEUX

2.1. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DU DIAGNOSTIC – ÉTAT DES LIEUX ENVELOPPE THERMIQUE

Siège d'activités du secteur médical (secteur non résidentiel) depuis les années 2000-2005 (date de mise en activité), le bâtiment Gabriel a probablement été construit en respectant les standards de la RT2000. Les rénovations éventuelles seront soumises à la RT Existant, version Élément par élément ou bien globale selon l'ampleur des rénovations énergétiques envisagées.

La composition de l'enveloppe thermique du bâtiment a été établie en l'absence de possibilité de réaliser des relevés destructifs (carottages), à partir de différentes sources d'informations :

- Plans numériques (coupes, façades et étages)
- Relevés non destructifs réalisés lors de la visite (examen de chaque typologie de paroi)

La composition de l'enveloppe présentée dans cette étude est donc déterminée de manière fiable, mais peut légèrement différer de l'état existant. Celle-ci correspond à la composition utilisée pour la réalisation de la modélisation thermique et énergétique du bâtiment.

Planchers bas (et intermédiaires) : Composé de plusieurs niveaux, dont deux niveaux enterrés, le bâtiment Gabriel présente plusieurs types de planchers bas. Les planchers bas doivent présenter, selon la RT2000, un coefficient de transmission surfacique $U < 0.43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ lorsqu'ils donnent sur l'extérieur, des terre-pleins ou des locaux non chauffés.

Construit sur terre-plein, le plancher bas du niveau R-2 (zone de stationnement enterrée) est composé d'une dalle béton d'environ 40 cm d'épaisseur, en contact avec le sol.

Le plancher bas du niveau R-1, donnant sur le niveau R-2 non chauffé, est composé d'une couche mince d'isolant de type ouate de cellulose d'environ 10 cm d'épaisseur, ainsi que d'une dalle béton lourd d'environ 30 cm d'épaisseur.

Les planchers bas donnant sur extérieur (notamment au R+5 côté Est) sont également isolés : très probablement en sous-face de dalle par un isolant type laine de roche d'environ 8-10cm d'épaisseur, sans toutefois que cela soit vérifiable de façon non destructive.

Les planchers bas des autres niveaux occupés (RDC haut à R+7 bas), aussi qualifiés de « planchers intermédiaires », donnent chacun sur un niveau inférieur chauffé. Ceux-ci sont composés majoritairement de faux plafonds en laine minérale d'environ 2 cm d'épaisseur, d'une dalle béton lourd d'environ 30 cm d'épaisseur, d'une couche de mortier d'environ 2 cm d'épaisseur surplombée par du carrelage d'environ 1 cm d'épaisseur.

Planchers hauts (toitures) : Composé de plusieurs zones de toiture, le bâtiment Gabriel présente néanmoins une unique typologie de toiture, de type terrasse isolée avec gravillonnage. La performance thermique de ces parois est estimée à $U = 0.36 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Celle-ci est vraisemblablement composée de faux plafonds en laine minérale d'environ 2 cm d'épaisseur, d'une dalle béton d'environ 20 cm d'épaisseur, d'une couche d'isolant d'environ 10-15 cm d'épaisseur (possibilité que cet isolant soit implanté en sous-face de la dalle ou en extérieur), d'une couche de membrane bitumeuse d'environ 1 cm d'épaisseur et de matière minérale type gravillon.

Murs extérieurs : Présentant une importante surface extérieure verticale, le bâtiment Gabriel est composé de plusieurs types de murs extérieurs. Globalement, la performance thermique de ces parois est estimée à $U = 0.47 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ce qui correspond aux garde-fous de la RT 2000 pour ce type de bâtiment.

Les murs extérieurs du R-1, en contact avec le sol, sont composés de béton lourd d'environ 30 cm d'épaisseur et d'une ITI de faible épaisseur (5-7cm).

Les murs extérieurs du niveau RDC bas, partiellement en contact avec le sol, sont composés de béton lourd d'environ 30 cm d'épaisseur et d'une couche d'enduit intérieur minéral d'environ 1 cm d'épaisseur.

Les murs extérieurs des niveaux RDC et supérieurs sont globalement isolés par l'intérieur (environ 8 cm de laine minérale TH40 soit revêtement plâtre type BA13).

Les étages RDC et R+1 côté Est sont enduits côté extérieur, tandis que les niveaux au-dessus présentent un bardage métallique.

Menuiseries : Doté d'une surface vitrée élevée, le bâtiment Gabriel présente des types de menuiseries de performances thermiques relativement homogène. Globalement, la performance des menuiseries du bâtiment est correcte. La vétusté des joints de certains ouvrants peut induire d'importantes infiltrations d'air et provoquer de l'inconfort, mais cela reste assez marginal.

Les fenêtres des façades Est et Ouest de la totalité du bâtiment sont composées d'un cadre en aluminium (absence probable de rupture de pont thermique) et d'un double vitrage d'épaisseur 4 mm séparé par une lame d'air d'épaisseur 4 mm. Ces vitrages présentent, pour une large proportion, des films solaires et des stores intérieurs.

A noter : la présence d'un large mur rideau au R+1 et R+2 côté Ouest. Ce mur rideau, en aluminium thermolaqué, présente à peu près les mêmes caractéristiques que le reste des menuiseries du bâtiment. Globalement la performance du vitrage sur le bâtiment Gabriel peut être estimée à $U_w = 2.9 \text{ W} \cdot (\text{M}^2 \cdot \text{K})$

Renouvellement d'air : Lieu d'activités médicales de typologies variables (salles d'opérations, chambres d'hospitalisation, locaux de consultation, circulations ...), le bâtiment Gabriel présente, en plus des infiltrations d'air, plusieurs typologies de renouvellement d'air de performances variables. Le renouvellement d'air du bâtiment représente une part importante de la consommation d'énergie de chauffage.

Les locaux non sensibles (chambres d'hospitalisation, circulations horizontales sont équipés de systèmes de ventilation de type simple flux.

Les locaux sensibles (salles d'opération et locaux associés, salles de réveil, désinfection matérielle etc.) et les bureaux/salles de consultations sont équipés de systèmes de ventilation de type double flux, induisant un taux de renouvellement d'air élevé. Dans le cas des locaux sensibles une récupération de chaleur sur air extrait est présente, ce qui n'est pas le cas sur les CTA traitant les bureaux et salles de consultations et d'examen.

Enveloppe thermique : L'enveloppe thermique du bâtiment est conforme aux standards du début des années 2000. L'isolation est présente, des planchers hauts aux planchers bas en passant par les murs extérieurs, mais elle est relativement faible. Les menuiseries suivent la même logique, elles sont en double vitrage mais assez anciennes donc moins efficaces que les standards d'aujourd'hui.

Conclusion : La performance de l'enveloppe thermique du bâtiment Gabriel reste modeste, en cohérence avec les standards de la RT 2000. L'isolation est présente sur l'ensemble des parois (planchers, murs, toiture), mais elle demeure globalement insuffisante au regard des exigences actuelles. Les menuiseries, en double vitrage ancien et sans rupture de pont thermique, participent aux déperditions, tout comme certaines infiltrations d'air relevées ponctuellement. Bien que le bâtiment soit équipé de systèmes de ventilation adaptés à la typologie des locaux – simple flux pour les zones standards et double flux avec récupération sur les zones sensibles – l'absence de récupération de chaleur sur les CTA des bureaux et consultations, combinée aux performances limitées de l'enveloppe, contribue à une consommation énergétique relativement élevée.

2.2. SYNTHESE GENERALE DU DIAGNOSTIC – ETAT DES LIEUX SYSTEMES

2.2.1. Chauffage

Le site de Tenon est raccordé au réseau de chaleur de la ville de Paris (CPCU) via une sous-station principale alimentée par le réseau vapeur basse température. Un réseau secondaire interne assure ensuite la distribution vers les différentes sous-stations du site.

Le bâtiment Gabriel est approvisionné par la sous-station SST n°16, située au niveau S-1 de ce dernier. Cette sous-station est équipée de trois échangeurs thermiques de 693 kW unitaire. Couvrant les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS) du bâtiment.

La diffusion du chauffage au sein du bâtiment s'effectue majoritairement par des radiateurs en acier dans les zones de circulation, d'accueil et les chambres, ainsi que dans une part non négligeable des zones de consultations. Dans les blocs opératoires, la majeure partie des bureaux et salles d'examen et certains locaux annexes, le chauffage est assuré par les centrales de traitement d'air (CTA), complétées par des batteries terminales à eau chaude.

Des manquements ont été relevés sur le réseau d'eau chaude, notamment sur l'isolation au niveau de la sous-station ainsi qu'en amont et aval des batteries chaudes CTA.

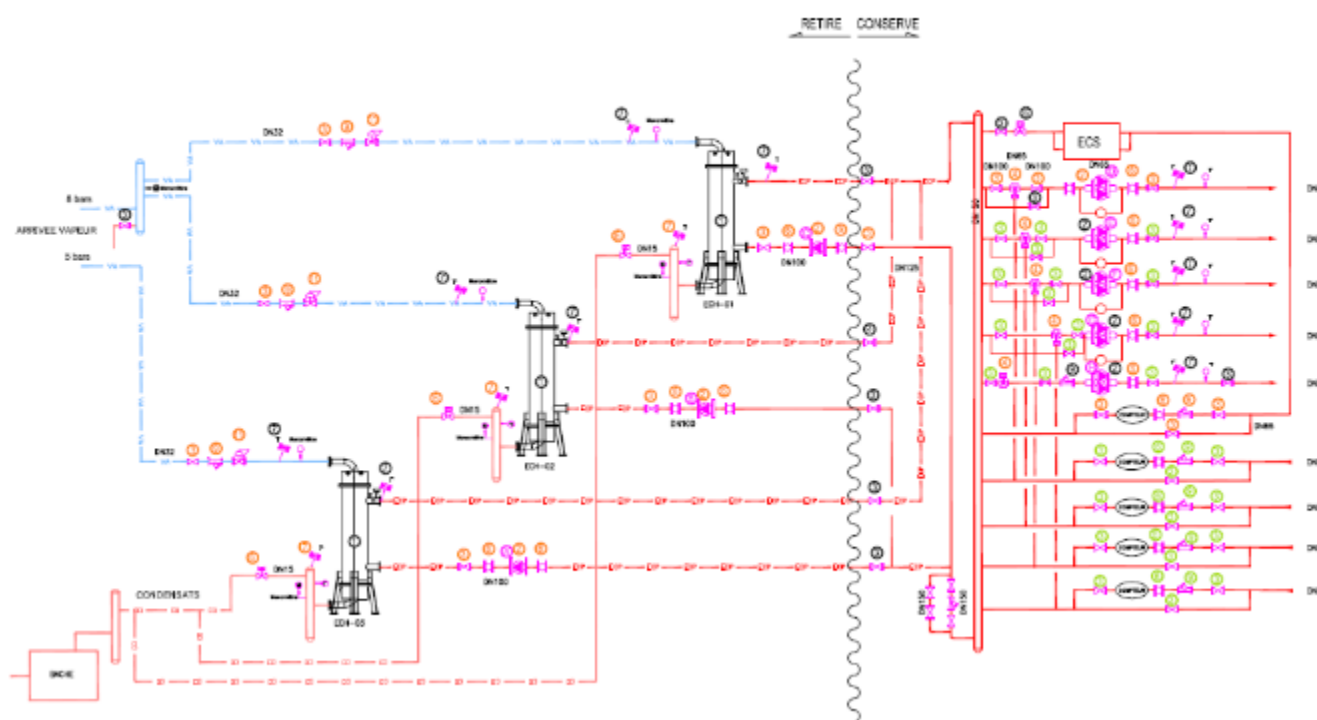


Figure 4 - PID sous-station Gabriel

2.2.2. ECS (Eau Chaude Sanitaire)

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est directement assurée par le réseau de chaleur urbain, via des échangeurs instantanés Spirec présents dans la sous-station SST n°16, sans recours à un système de stockage.

2.2.3. Climatisation

Deux groupes de froid sont installés en toiture du bâtiment (R07) et alimentent le réseau de froid, qui dessert les batteries froides des centrales de traitement d'air (CTA) pour assurer la climatisation des différents espaces. Ces groupes froids, datant de 2013, ne sont pas équipés de systèmes de récupération de chaleur ni d'HP/BP flottantes.

En complément, le site est doté de 9 systèmes à détente directe réversibles, qui assurent la climatisation certains espaces spécifiques tels que des box, bureaux, des laboratoires et des salles médicales.

2.2.4. Eclairage

L'éclairage du bâtiment varie selon les zones.

Les blocs opératoires sont entièrement équipés en LED, tandis que la lithotritie combine tubes fluorescents en circulation et LED ailleurs, avec commande manuelle.

Les niveaux R+1 et R+2 utilisent des LED non gradables en circulation, même en zones vitrées, et du fluo dans les bureaux et espaces de consultation.

L'hospitalisation (R+3 à R+6) présente un mix : têtes de lit fluorescentes, spots LED en salles de bain, et circulations éclairées en continu (60 % LED, 40 % fluo).

2.2.5. Ventilation

La ventilation est assurée principalement par des systèmes de ventilation de type simple flux (extraction) pour les chambres, bureaux et zones non sensibles et par ventilation naturelle.

Dans les zones médicales sensibles, un ensemble de centrales de traitement d'air (CTA), détaillé dans la section dédiée à la **Ventilation**, prend en charge l'extraction et le renouvellement de l'air, ainsi que le conditionnement en température et hygrométrie.

Une partie des CTA sont équipées d'un système de récupération de chaleur sur l'air extrait, par batterie à eau. Pour les autres CTA, l'ajout de batteries de récupération de chaleur pourrait être envisagé.

La régulation des CTA est assurée par la Gestion Technique du Bâtiment (GTB) Iconics. Toutefois, cette dernière étant non fonctionnelle pendant la visite, les informations des GTC locales ont été relevés.

2.2.6. GTB

Deux GTB sont présentes sur site, une GTB Trend et une GTB Iconics. Une revue du système GTB fait l'objet d'un livrable à part entière dans le cadre de la prestation.

Les équipements concernés par cette étude sont remontés sur les GTB Trend et Iconics.

2.2.7. Usages spécifiques

Les usages spécifiques de ce bâtiment concernent surtout les blocs opératoires. Cette zone, située au R-1, est constituée de 12 blocs, mais se répartit en deux groupes de 6 blocs : les 6 plus anciens, rattachés d'un point de vue des utilités (chauffage refroidissement, ventilation, électricité, fluides médicaux etc.) à Gabriel, et les 6 plus récents qui eux dépendent de Meyniel. Ces locaux nécessitent un renouvellement d'air très important (entre 15 et 50 vol/heure selon les typologies de blocs) et induisent des consommations électriques spécifiques liés aux équipements des blocs. La stérilisation proprement dite dépend de Meyniel, mais un module détaché est compris dans la zone dépendant de Gabriel. Cette pièce permet un pré-conditionnement des matériels à stériliser avant leur envoi en lavage.

2.2.8. Conclusion

Globalement, le bâtiment est considéré comme assez performant. Les systèmes techniques présentent néanmoins des vétustés variables et ne sont pas tous optimisés.

Le site, dédié à des activités médicales exigeantes, nécessite des régulations spécifiques, notamment pour la ventilation, la climatisation et les températures intérieures, afin de répondre aux normes sanitaires et aux besoins des patients et du personnel. Ces exigences incluent une ventilation contrôlée dans les zones sensibles, des températures constantes de jour comme de nuit dans les blocs opératoires et les chambres, ainsi que l'utilisation d'équipements spécifiques qui, bien que nécessaires, contribuent à une augmentation significative de la consommation énergétique.

Enfin, l'enveloppe thermique est moyennement performante, avec la présence d'isolant, d'une étanchéité correcte et des menuiseries en double vitrage. Ce constat amène à relativiser la pertinence d'actions sur le bâti, qui auraient moins d'effet que sur des bâtiments à l'enveloppe beaucoup moins performante.

Etat des lieux



3. ETAT DES LIEUX

L'état des lieux du site s'établit en deux parties :

- Descriptif de l'enveloppe thermique, afin de lister et d'avoir un point de vue global, des déperditions statiques puis dynamiques.
- Descriptif des principaux équipements, afin de lister les parties énergivores du site, telles que les équipements de chauffage, climatisation, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage etc... de façon à prévenir en cas d'anomalie quelconque ou de surconsommation.

L'état des lieux sera le support pour la construction du bâtiment sur le logiciel Pléiades.

3.1. INDICATEURS ENERGETIQUE - ENVELOPPE

L'évaluation des éléments constitutifs de l'enveloppe sera définie selon les niveaux suivants :

Tableau 5 - Indicateurs de performance de l'enveloppe

	PERFORMANCE RT existant	VETUSTE
5	Conforme au niveau RT 2012 ou supérieur	Neuf sous GPA ou décennale (moins de 10 ans)
4	Conforme à la RT existant	Bon état sans désordres apparents
3	Niveau d'isolation proche de la RT existant	En état correct mais réputé vétuste
2	Isolé faiblement (inférieur ou égale à 50% de la RT existant)	Quelques désordres apparents
1	Non isolé	En mauvais état et/ou vétusté avancée

3.2. INDICATEURS ENERGETIQUE - EQUIPEMENTS

L'évaluation des équipements techniques sera définie selon les niveaux suivants :

Tableau 6 - Indicateurs de pérennité et de performance des équipements

	PERENNITE	PERFORMANCE
5	15 ans Neuf et/ou sans dysfonctionnement	Très bonne adéquation au besoin et réglé correctement
4	10 ans récent et sans dysfonctionnement	Bonne adéquation au besoin
3	5 ans Faible dégradation et/ou dysfonctionnement non récurrent	Moyenne Fonctions manquantes ou inadaptées
2	2 ans Vétusté avancée et/ou dysfonctionnements majeurs	Mauvaise Matériels non utilisés à plus de 70% de ses capacités ou pouvant être remplacé par un choix plus fonctionnel
1	A remplacer dans les plus brefs délais	Très mauvaise Inutilisé et /ou totalement inadapté
Sans objet	Sans objet	Sans objet

3.3. BAREME ENERGETIQUE GENERAL

Un barème énergétique sur les principaux systèmes a été mis en place dans le cadre du projet de feuille de route sur les établissements de l'APHP. Il est repris dans le document APHP TENON Barème énergétique V1.

Tableau 7 - Barème énergétique, feuille de route APHP

Indicateurs de performance énergétique				
	1	2	3	4
Enveloppe				
Murs extérieurs	Aucune isolation ($U > 0,8$)	Faible isolation ($0,36 < U < 0,8$)	Isolation moyenne ($0,25 < U < 0,36$)	Isolation performante ($U > 0,25$)
Toitures	Aucune isolation ($U > 0,8$)	Faible isolation ($0,2 < U < 0,8$)	Isolation moyenne ($0,12 < U < 0,2$)	Isolation performante ($U > 0,12$)
Planchers bas	Aucune isolation (sur vide-sanitaire ou local non chauffé)	Aucune isolation (sur terre-plein)	Isolation moyenne (< 10 cm)	Isolation performante ($U < 0,27$)
Menuiseries	Simple vitrage et/ou double vitrage à défaut d'étanchéité important	Double vitrage – faible épaisseur ($U_w > 2$)	Double vitrage standard	Triple vitrage ou Double vitrage après 2016 ($U_w < 1,6$)
Etanchéité à l'air	Traces d'humidité ou fuites identifiées	Etanchéité moyenne	Etanchéité correcte	Etanchéité réglementaire
Confort d'été	Très inconfortable	Inconfortable	Inconfort ponctuel	Aucun problème d'inconfort
Systèmes énergétiques				
Chauffage: Production	Ancienne chaudière gaz, fioul Ancienne production électrique non régulée	Chaudière gaz classique ou basse température Convecteurs électriques en bon état	Chaudière gaz à condensation PAC et DRV en bon état Echangeur sur réseau de chaleur	PAC et DRV performants et récents (< 5 ans) Echangeur sur réseau de chaleur et bonne régulation
Chauffage: Distribution	Réseau emboué, non isolé et circulateurs à débit constant	Au moins une des caractéristiques suivantes : Réseau bien entretenu, réseau calorifugé, circulateurs à débit variable	Au moins deux des caractéristiques suivantes : Réseau bien entretenu, réseau isolé, circulateurs à débit variable	Réseau bien entretenu, réseau calorifugé, circulateurs à débit variable
Chauffage: Emission et Régulation	Ancien émetteur sans régulation terminale	Ancien émetteur avec simple régulation terminale (ex : robinet manuel)	Emetteur équipé de robinet thermostatique (relativement anciennes)	Emetteur récent avec une bonne régulation terminale ou sur GTC/GTB Emetteur basse température
Refroidissement - en relation avec le confort d'été	Equipement absent mais nécessaire	Equipement peu performant* - Type split sans régulation	Equipement performant et régulé	Equipement très performant et bien régulé
Ventilation des blocs opératoires/soins et support	Aucun équipement	VMC simple flux	CTA double flux sans récupération de chaleur et régulateur de débit	CTA double flux avec récupération de chaleur et régulateur de débit dédiée
Ventilation locaux biomédicaux/ZEM	Aucun équipement	VMC simple flux	CTA double flux sans récupération de chaleur et régulateur de débit	CTA double flux avec récupération de chaleur et régulateur de débit dédiée
Ventilation hospitalisation	Aucun équipement ou équipements dysfonctionnels induisant l'ouverture de menuiseries	VMC simple flux	CTA double flux sans récupération de chaleur et régulateur de débit	CTA double flux avec récupération de chaleur et régulateur de débit dédiée

Indicateurs de performance énergétique				
	1	2	3	4
Ventilation autres locaux	Ventilation naturelle et mauvaise étanchéité à l'air	Ventilation mécanique simple flux	VMC ou CTA double flux	VMC ou CTA double flux équipée de récupérateur de chaleur et de régulateur de débit Ventilation naturelle avec une bonne étanchéité à l'air
ECS			ECS Centralisée avec bouclage	ECS Centralisée : Thermodynamique ou solaire
Eclairage	Halogène ou éclairage vétuste (>10 ans)	Eclairage majoritairement fluorescent ou néon sans régulation (détection/horloge)	Eclairage majoritairement fluorescent ou néon avec régulation (détection/horloge) Eclairage LED sans régulation	Eclairage LED avec régulation (détection/horloge/sonde de luminosité/gradable)

3.4. PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE

3.4.1. Parois opaques

Parois verticales	Composition	Surface (m ²)	Résistance thermique surfacique (m ² .K/W)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
Plancher béton isolé	Béton isolé en sous face par flocage 10 cm	2391	2.2	3	3	3	2
Toit terrasse isolé	Béton isolé par l'extérieur	2298	2.9	5.2	6	2	2
Murs extérieurs béton isolé - ITI	Béton isolé par l'intérieur avec parement plâtre	4280	2.1	3.7	3.7	2	3



L'examen non destructif des parois opaques de l'enveloppe thermique montre une isolation par l'intérieur, d'environ 7-8cm. Cela correspond à une isolation plutôt moyenne $U = 0.47 \text{ W.(m}^2\text{.K)}$, les standards actuels étant plutôt autour des $0.27 \text{ W.(m}^2\text{.K)}$. Cependant les transferts thermiques conductifs n'évoluant pas de façon linéaire avec l'épaisseur d'isolant, une isolation même peu performante entraîne des économies très importantes.

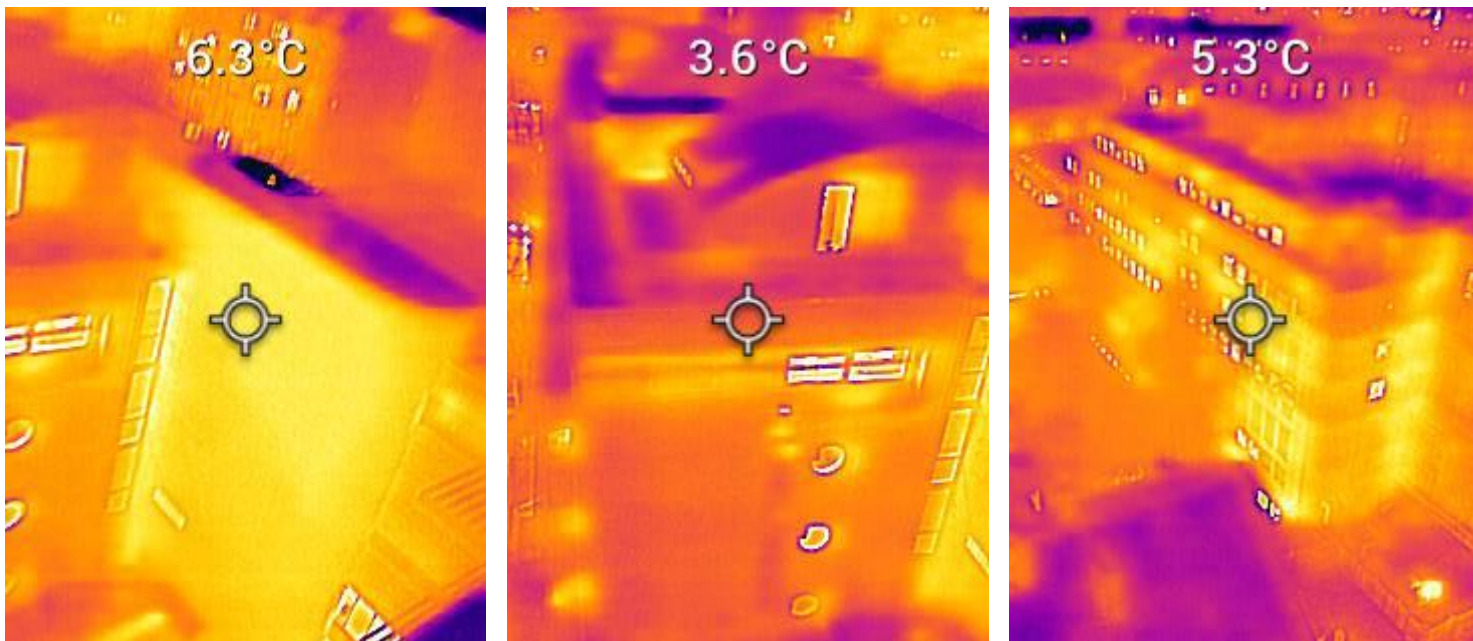
3.4.2. Menuiseries extérieures

Menuiseries extérieures	Composition	Surface (m²)	Transmission thermique surfacique (W/m².K)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
Double vitrage - aluminium non rupté	Double vitrage aluminium thermolaqué non rupté	1168	2.2	1.9	1.5	3	2
Porte opaque isolée	Porte isolée thermiquement	26	2	1.9	1.5	3	3
Porte opaque non isolée	Porte non isolée thermiquement	7	4	1.9	1.5	1	2



Le bâtiment Gabriel, fortement vitré, est équipé de menuiseries globalement homogènes et de performance thermique correcte. Les fenêtres en aluminium sans rupture de pont thermique sont en double vitrage 4/4 mm, souvent associées à des films solaires et des stores. Quelques infiltrations d'air liées à la vétusté des joints sont observées, mais restent marginales. Un mur rideau en aluminium thermolaqué est présent côté Ouest (R+1/R+2), avec des performances similaires aux autres menuiseries. Le vitrage affiche une performance estimée à $U_w = 2,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

3.4.2.1. Prises de vue à la caméra thermique



Les prises de vue ci-dessus ont été réalisées par temps froid, en l'absence de pollution lumineuse significative, le 08/01/2025.

Les clichés montrent que les parois verticales sont plus déperditives que les toitures, cela probablement en raison d'une isolation de toiture plus importante que celles des murs extérieurs.

3.5. PERFORMANCE DES INSTALLATIONS ENERGETIQUES

3.5.1. Chauffage

Bâtiment	Emplacement	Nom	Qté.	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-ECH03/04	3	ECHANGEUR	A PLAQUES	Primaire	BARRIQUE AND	BAS*65*700*C*P*904 ML73	2010	693	-	-	-	4	3
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP09	1	CIRCULATEUR	POMPE	Pot à bout réseau chaud	GRUNDF OS	MGE90SD 4-FF165-IA	>2010	-	-	1,1	oui	4	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP01/02	2	CIRCULATEUR	POMPE	Circuit Ch. Nord-Ouest permanent	GRUNDF OS	MGE90SD 4-FF165-IA	>2010	-	-	1,1	oui	4	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP03/04	2	CIRCULATEUR	POMPE	Circuit Ch. Sud-Est permanent	GRUNDF OS	MGE90SD 4-FF165-IA	>2010	-	-	1,1	oui	4	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP05/06	2	CIRCULATEUR	POMPE	Circuit Ch. Nord-Ouest intermittent	GRUNDF OS	MGE90SD 4-FF165-IA	>2010	-	-	1,1	oui	4	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	Pompes S-E intermittent	2	CIRCULATEUR	POMPE	Circuit Ch. Sud-Est intermittent	GRUNDF OS	MGE90SD 4-FF165-IA	>2010	-	-	1,1	oui	4	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP07/08	2	CIRCULATEUR	POMPE	Circuit BC CTA	SIEMENS	1PC30061 AB534TA0	>2005	-	-	3	non	3	2
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP14	1	CIRCULATEUR	POMPE	Echangeur Barriquand	GRUNDF OS	MG90LC4 - 24FF1658 7220399	>2010	-	-	1,5	oui	4	4

Le site est alimenté par le réseau de chaleur de la ville de Paris (CPCU). Il fonctionne principalement avec la valorisation des déchets ménagers (46%), au centrale gaz thermique ou de cogénération (39%) ainsi qu'en pourcentage plus faibles au charbon, à la biomasse solide, au biométhane et biocombustible liquide et à la géothermie. Son facteur d'émission de GES est de 143 g CO₂/kWh (données 2022, source : brochure CPCU).

Le bâtiment Gabriel est alimenté en chauffage par le réseau de chaleur urbain de la CPCU via la sous-station SST, située en niveau technique. Cette sous-station reçoit la vapeur depuis la sous-station générale CPCU et la transfère, par l'intermédiaire de trois échangeurs à plaques Barriquand (réf. BAS65700CP*90 4 ML73, mis en service en 2010, puissance unitaire 693 kW), aux réseaux secondaires du bâtiment. Ces échangeurs couvrent l'ensemble des besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

La distribution se fait ensuite via un ensemble de pompes GRUNDFOS (modèle MGE90SD 4-FF165-IA) ou équivalent, pour la majorité des circuits. Six circuits sont identifiés :

- Un départ en DN65, Nord-Ouest permanent, régulé par une vanne 3 voies (V3V),
- Trois départs en DN50, Sud-Est permanent et Nord-Ouest et Sud-Est intermittents régulés par des vannes 3 voies (V3V),
- Un départ en DN50, alimentant les batteries chaudes des CTA, des V3V assure la régulation au niveau de chaque batterie chaude.
- Un départ ECS, en DN65

Le découpage des départs de chauffage en circuits permanents (fonctionnant 24h/24, 7j/7) et en circuits intermittents (pour lesquels une réduction nocturne est envisageable) permet une gestion optimisée du chauffage du bâtiment. L'ensemble des départs de chauffage est équipé de vannes trois voies (V3V), à l'exception de ceux dédiés aux centrales de traitement d'air (CTA). Ces vannes sont pilotées par le système de gestion technique du bâtiment (GTB) Iconics, lequel s'appuie sur une interface Trend accessible depuis l'armoire électrique de la chaufferie.

L'analyse de l'interface GTB révèle que la régulation des réseaux secondaires régulés en sous-station est assurée selon une loi d'eau, en fonction de la température extérieure, ce qui permet d'adapter la température de départ en fonction des conditions climatiques. Lors de la visite, la température remontée par la sonde de température extérieure était en bonne corrélation avec la température réelle. La loi d'eau suivante est appliquée :

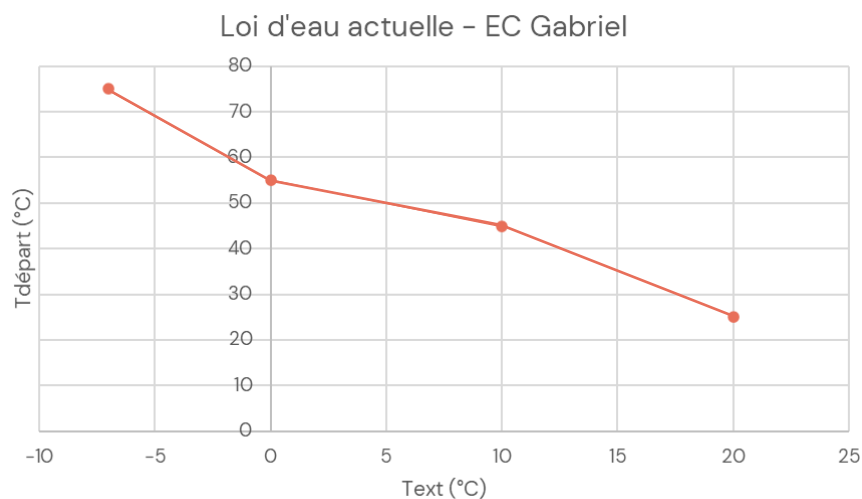


Figure 5 - Loi d'eau appliquée sur le réseau secondaire de chauffage

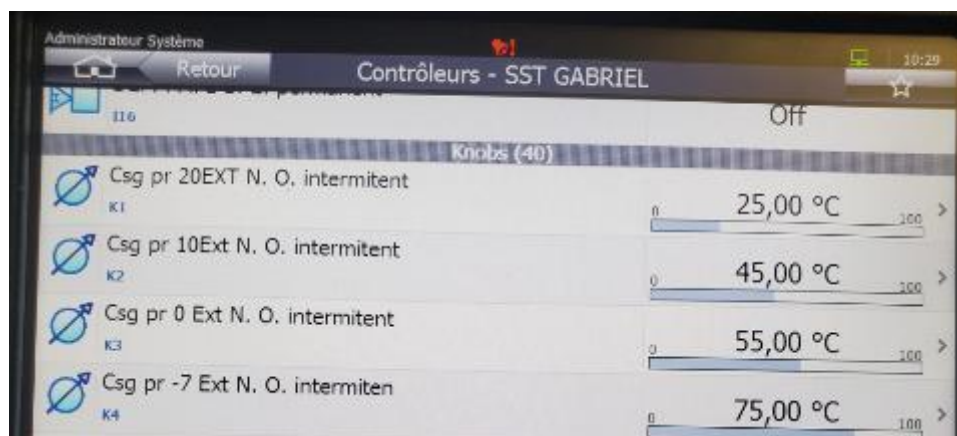


Figure 6 - Contrôleur loi d'eau sur la console Trend

La température de consigne pour le départ CTA est constante, elle était de 73,92°C lors de la visite.

En GTB, on retrouve également les programmes suivants :

Départ	Plage horaire confort	Différence réduit de nuit	TNC / Diff TNC
Nord-Ouest intermittent	6h – 22h, lundi - dimanche	0,00 °C	20,00 °C / 2,00 °C
Nord-Ouest permanent	6h – 22h, lundi - dimanche	0,00 °C	20,00 °C / 2,00 °C
Sud-Est intermittent	6h – 22h, lundi - dimanche	0,00 °C	20,00 °C / 2,00 °C
Sud-Est permanent	6h – 22h, lundi - dimanche	0,00 °C	20,00 °C / 2,00 °C

L'émission de chaleur est assurée par les CTA dans les zones sensibles (salles techniques, blocs...) ainsi que dans la majeure partie des bureaux et des salles de consultations, tandis que les zones standards telles que les circulations et les chambres sont équipées de radiateurs en acier, partiellement munis de robinets thermostatiques anciens ou de robinets simples.

On note toutefois des défauts d'isolation sur le réseau d'eau chaude, notamment au niveau de la sous-station et en amont/aval des batteries chaudes.

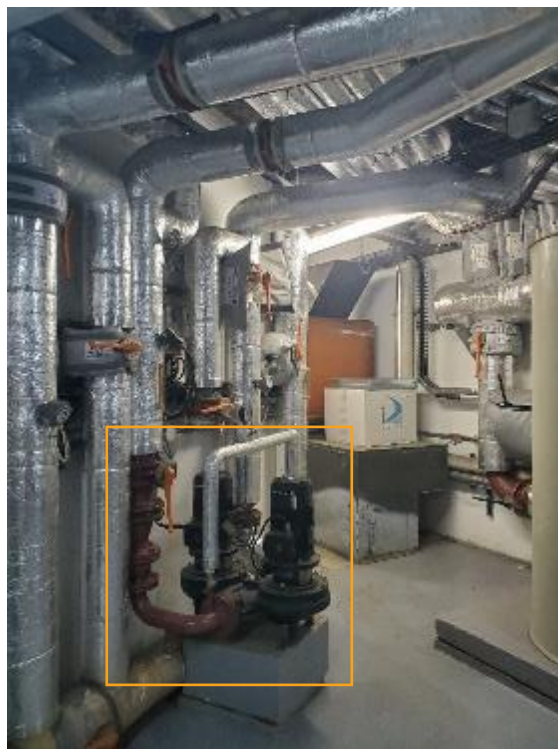


Figure 7 - Départ EC CTA, SST

3.5.2. Relevés de températures ambiantes

Zone	Plage températures (°C)
RDC - Lithotritie	22
R+1 et R+2	22
RDC - blocs + ambulatoire	21
R+3 au R+6 - hospitalisation	23

Ce tableau révèle des températures cibles globalement supérieures à l'attendu (20-21°C). Seule la zone blocs + ambulatoire respecte cette consigne. Les autres espaces, en particulier les niveaux d'hospitalisation (jusqu'à 23°C), sont au-dessus, ce qui peut impliquer une surconsommation énergétique ou un défaut de régulation thermique.

3.5.3. ECS

Bâtiment	Emplacement	Nom	Qté	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-ECH01/02		ECHANGEUR	plaque enroulée	ECS	SPIREC	SPI700I21 72.4 MAXI	>2020	~700	-	0,92	oui	5	5
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP10	1	POMPE		ECS	GRUNDFOS	MAGMA 1	>2010	-	-	1,7	oui	5	5
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	NC	1	POMPE		ECS	GRUNDFOS	TPD 50-60/2 A-F-A-BQQE-DW1	>2010	-	-	0,5	oui	3	4
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP11	1	POMPE		Retour ECS	WILO	STRATOS MAXO-Z 32/0,5-12	>2010	-	-	0,315	oui	5	5
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP12	1	POMPE		Maintien pression ECS	LOWARA	SM80RB1 4/1075	>2005	-	-	0,75	non	3	2
GABRIEL	LOCAL TECHNIQUE SST	TNN-GAB-S01-073_182-POMP15	1	POMPE		Maintien pression ECS	GRUNDFOS	CR3-9-A-A-A-E-HQQE	>2010	-	-	0,75	non	3	3

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) du bâtiment est assurée à partir de la sous-station, via deux échangeurs thermiques SPIREC SPI700I2172.4 MAXI. Ces échangeurs, récemment installés et en très bon état, assurent la préparation de l'ECS en récupérant la chaleur depuis le réseau primaire vapeur, via le réseau secondaire de chauffage.

L'acheminement de l'eau chaude sanitaire est assuré par plusieurs pompes, dont une pompe principale de circulation ECS (GRUNDFOS MAGMA 1), une pompe de bouclage (WILO STRATOS MAXO-Z 32/0,5-12) garantissant la température uniforme du réseau, ainsi que deux pompes de maintien de pression (LOWARA SM80RB14/1075 et GRUNDFOS CR3-9) pour stabiliser la pression du circuit ECS.

La régulation est assurée par la GTB, permettant un pilotage centralisé des équipements en fonction des besoins. La majorité des pompes sont équipées de variateurs de vitesse.

La production d'ECS est instantanée, sans ballon de stockage.

Enfin, tout comme sur le réseau de chauffage, des manquements d'isolation ont été relevés sur le réseau ECS, notamment au niveau de plusieurs points singuliers (vannes, brides, coudes, etc.).



Figure 8 - Echangeurs Spirex ECS

3.5.4. Ventilation

Bâtiment	Emplacement	Nom	Qté	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 01	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 02	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 03	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 04	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 05	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CEX 06	1	CTA	EXTRACTEUR	bloc	HYDRONIC	AXM 20	2015	-	-	2,2	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°0	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°1	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°2	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°3	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°4	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4

Bâtiment	Emplacement	Nom	Qté	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Bloc n°5	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	2,5	OUI	5	4
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	CTA Locaux annexes	1	CTA	SOUFFLAGE	bloc	HYDRONIC	AXM 45	2015	NC	NC	5,4	OUI	2	2
GABRIEL	Rdc Hall	CTA 21	1	CTA	SOUFFLAGE	Soufflage Hall	WOLF CLIMATECN IK	KG25	>2017	NC	NC	0,55	non	2	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	CTA 14	1	CTA	SOUFFLAGE	Soufflage Consultation	WOLF CLIMATECN IK	KG100	>2018	30,8	29,7	4	non	3	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	CTA 15	1	CTA	SOUFFLAGE	Soufflage Hébergement	WOLF CLIMATECN IK	KG63	>2019	43,2	16	1,4	non	3	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	CTA 16	1	CTA	SOUFFLAGE	Soufflage Néphrologie	WOLF CLIMATECN IK	KG40	>2020	16,95	11	0,75	non	3	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	VE14	1	CTA	EXTRACTEUR	Extraction Consultation	WOLF CLIMATECN IK	KG100	>2021	-	-	4	non	3	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	VE28	1	CTA	EXTRACTEUR	Extraction Local Technique	WOLF CLIMATECN IK	KG63	>2022	-	-	1	non	3	2
GABRIEL	7 Etage L.Technique	CTA 11 ARCHIVES	1	CTA	SOUFFLAGE	Archive	WOLF CLIMATECN IK	KG25	2005	9,3	-	0,25	non	2	2

Bâtiment	Emplacement	Nom	Qté	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
GABRIEL	7 Etage L.Technique	CTA 13	1	CTA	SOUFFLAGE	Archive	WOLF CLIMATECN IK	KG63	2005	43,5	16,1	1,5	non	2	2
GABRIEL	Sous/Station Climatisation S01	INCONNU	1	CTA	SOUFFLAGE	NC	WOLF CLIMATECN IK	NC	2005	-	-	2,2	non	2	2

**Les puissances en italiques sont estimées.*

Le bâtiment dispose d'un parc conséquent de Centrales de Traitement d'Air (CTA) réparties par zones fonctionnelles (blocs opératoires, consultations, hébergement, archives, etc.), des marques Wolf Climatecnik et Hydronic, assurant les fonctions de soufflage et d'extraction. Les CTA hydronic sont installés au S01 et les Wolf Climatech au R07.

Parmi les installations notables :

- Les CTA des blocs opératoires (n°0 à 5), de marque Hydronic AXM 45 installées en 2015, assurent le soufflage et l'extraction des zones critiques depuis la sous-station. Ces équipements sont en bon état général, et leur régulation est assurée par un système Trend. Le fonctionnement est adapté selon les usages (en continu ou sur plages horaires réduites).
- D'autres CTA situées en étage technique (CTA 14 à 16), de marque Wolf Climatecnik KG, assurent la ventilation des espaces de consultation, hébergement et néphrologie. Elles sont commandées via des automates Saia, mais l'analyse détaillée de leur régulation n'a pas pu être réalisée, l'accès étant verrouillé par mot de passe.
- L'extraction d'air est assurée par plusieurs extracteurs, associés aux équipements de soufflage.

Sur l'ensemble des CTA Hydronic, une récupération de chaleur est présente, permettant de préchauffer ou pré-refroidir l'air neuf à partir de l'air extrait. Des pompes dédiées sont installées pour chaque CTA Hydronic. Il s'agit notamment de pompes GRUNDFOS MAGMA 40-120 F affectées à chaque unité (CTA n°0 à CTA n°5), ainsi que d'une pompe Salmson Priux Master 32-65 dédiée à la récupération sur les locaux annexes.

Ce dispositif contribue significativement à la performance énergétique du système de ventilation. En revanche, les CTA de marque Wolf ne sont pas équipées de récupération de chaleur.

Dans l'ensemble, l'état des équipements est satisfaisant, avec des ventilateurs et régulations bien entretenus côté Hydronic. Des optimisations pourraient être envisagées sur la programmation horaire de certains équipements.

Les batteries de conditionnement d'air sont alimentées en eau chaude et en eau froide depuis les productions centralisées du bâtiment. Elles sont pilotées par des vannes 3 voies motorisées (V3V). Toutefois, des défauts d'isolation thermique ont été constatés, notamment au niveau de certaines portions de réseaux, et autour des points singuliers, ce qui engendre des pertes thermiques non négligeables.

Un contrôle a été réalisé sur les régulations des CTA Hydronic. Le détail de ces réglages est présenté ci-dessous.

CTA	T entr ée BC1	T sort ie BC1	T entr ée BC2	T sort ie BC2	T entr ée BF	T sort ie BF	Récupérat ion chaleur/fr oid	T consigne préchauf fe/	T consign e occupat ion	T consigne inoccupat ion
Bloc n°0	72	70	73	71.5	9	10	Oui (vanne à 100%)	21	19	
Bloc n°1	72	71.5	74	73	10.5	10	Oui (vanne à 0%)	14	17,5	
Bloc n°2	72	71.7	73	72.7	9	11	Oui (vanne à 0%)	12	23	
Bloc n°3	72	70.5	73.8	71	10	10.5	Oui (vanne à 0%)	12	17	
Bloc n°4	22	21.5	75	74	9	10	Oui (vanne à 0%)	13	18.5	
Bloc n°5	NC	NC	NC	NC	10	10	Oui (T aller à 21,4	8	18.5	

							retour à 27,4)			
Local annexe (08)	73	71	66	65	NC	NC	Oui (vanne à 0%)	8	22	21

Depuis la supervision Saia des CTA Wolf Climatecnik, nous avons pu relever les informations suivantes :

CTA n°	Commentaires
CTA 14	Soufflage à 21.6
CTA 15	Soufflage à 27.6
CTA 16	Humidificateur, Problème sur le capteur de Température en amont de la batterie chaude 2, avec une valeur à 200°C
CTA 28	Soufflage à 20°C

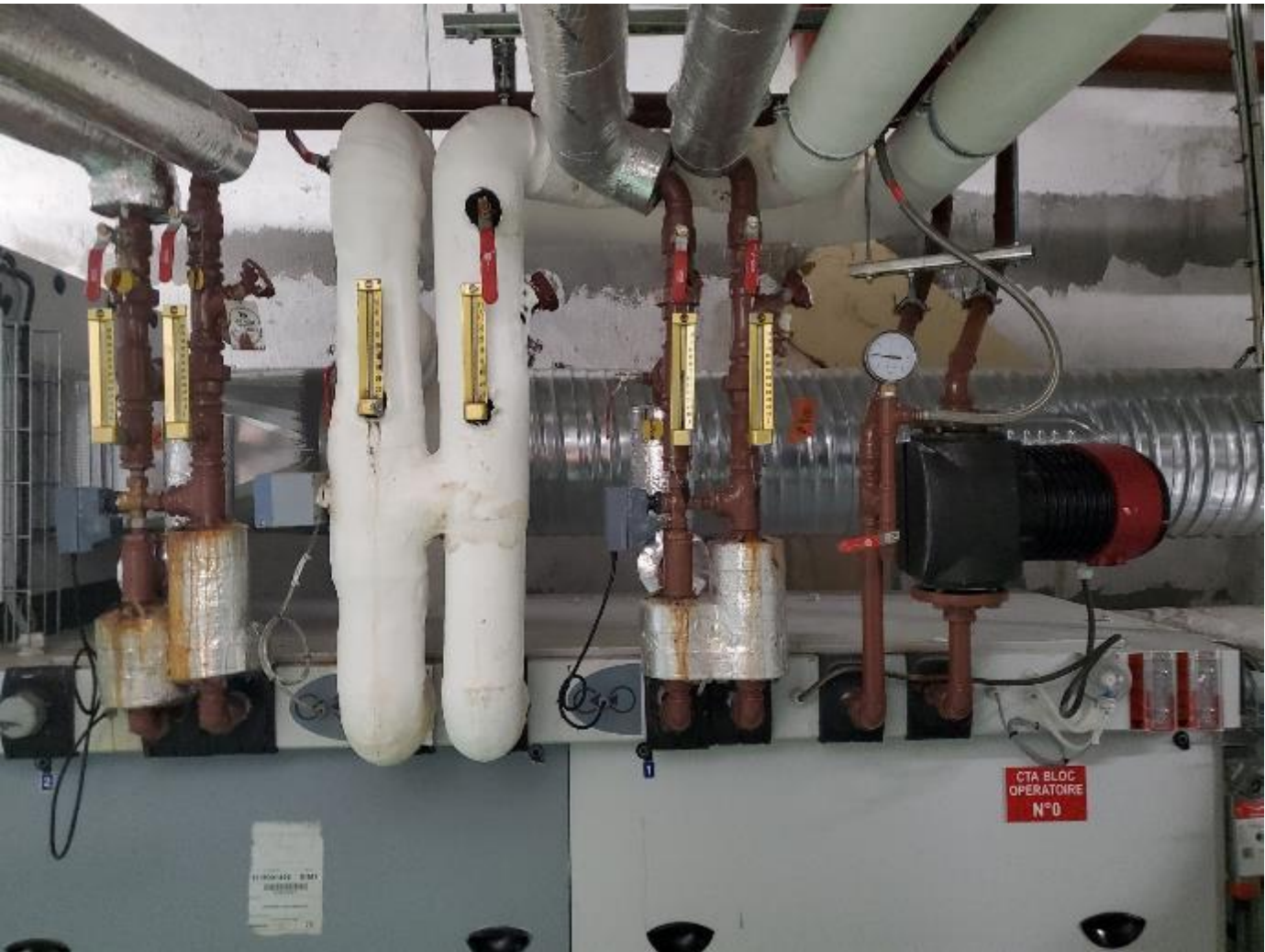


Figure 9 - CTA

De droite à gauche on trouve, la batterie de récupération sur l'air extrait, la 1^{ère} batterie chaude, la batterie froide et la 2^{ème} batterie chaude.

3.5.5. Mesures de débit de ventilation

Zone	Type	Débit (m ³ /h)
6e étage petites bouches sanitaires et salles de pause	Reprise	32,4
6e étage grandes bouches de soufflage	Soufflage	90
4e étage toutes les bouches (soufflage et reprise)		0
2e étage sanitaires	Reprise	12,96
2e étage autres bouches (soufflage et reprise)		0

Les relevés de débits de ventilation ont mis au jour une absence de fonctionnement d'un certain nombre de bouches d'extractions, majoritairement situées dans les locaux de types chambre et consultation. Ce défaut de renouvellement d'air induit une accumulation d'humidité dans l'air ambiant des pièces concernées, induisant l'ouverture manuelle des fenêtres par le personnel (forte augmentation des déperditions) et l'apparition de moisissures au niveau des ponts thermiques (cadres des fenêtres).

3.5.6. Climatisation

Nom	Qté	Équipement	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	P thermique chaud (kW)	P thermique froid (kW)	P électrique max (kW)	Présence variateur (oui/non)	Performance	Vétusté
TNN_007_C LIM04	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	ATLANTIC	AJY072LELAH	2019	22,4	22,4	6,3	oui	4	4
TNN_007_C LIM05	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	ATLANTIC	AJY108LELAH	2019	33,5	33,5	10,42	oui	4	4
TNN_007_C LIM06	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	FUJITSU GENERAL LIMITED	AYJO90LELAH	2019	28	28	8,59	oui	4	4
TNN_007_C LIM07	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	R03	FUJITSU GENERAL LIMITED	AYJO90LELAH	2019	28	28	8,59	oui	4	4
TNN_007_C LIM08	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	FUJITSU GENERAL LIMITED	AJY072LELBH	2019	22,4	22,4	6,3	oui	4	4
TNN_007_C LIM09	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	FUJITSU GENERAL LIMITED	AJY090LELBH	2020	28	28	8,59	oui	4	5
TNN_007_C LIM10	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	NC	FUJITSU GENERAL LIMITED	AJY108LELBH	2020	33,5	33,5	10,42	oui	4	3
TNN_007_G F3	2	Groupe froid	Refroidisseur de liquide à condensation par air	BF CTA	CARRIER	30RB0262	2013	-	258	129	oui	2	3
TNN_007_C LIM12	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	Local onduleur TNN-01-007-00-S01-096_167	AIRWELL	GC 18 DC INV R410	2007	5,6	5	1,8	oui	3	2
TNN_007_C LIM13	1	Détente directe	Détente directe - unité extérieure	Local groupe de vide	AIRWELL	AWAU-YIF012-H11	2007	3,6	3,5	1,2	oui	2	2

Audit Energétique APHP – TENON – GABRIEL

Le site est équipé de systèmes de climatisation à détente directe principalement installés sur le bâtiment Gabriel. Ces unités, majoritairement de marque Fujitsu General et Atlantic, ont été mises en service entre 2019 et 2020. Elles affichent une puissance thermique moyenne de 22 à 33,5 kW, avec des rendements EER variant de 3,21 à 3,56, ce qui les classe dans un bon niveau de performance énergétique. Toutes sont équipées de variateurs de vitesse et pilotées via des consoles murales. Leur état général est jugé satisfaisant, avec une vétusté faible à modérée.

Deux unités plus anciennes de marque Airwell (2007), installées en zone parking, assurent la climatisation de locaux techniques (local onduleur et local groupe de vide). Bien que fonctionnelles, ces équipements présentent une vétusté plus avancée et des rendements EER plus faibles (2,78 et 2,92), ce qui pourrait motiver un remplacement à moyen terme pour améliorer l'efficacité énergétique. Certaines unités, notamment celles du parking, présente un fort encrassement.

Une gestion décentralisée par zone est en place pour les équipements à détente directe. Cependant, un pilotage global ou une supervision technique centralisée, permettrait d'optimiser davantage les consommations énergétiques en fonction des besoins réels.

En production centralisée, deux groupes froids CARRIER 30RB0262 de 2013, d'une puissance frigorifique unitaire de 263 kW, assurent la production d'eau glacée pour le rafraîchissement via les batteries froides des CTA. Leur EER de 2,04 reflète un rendement modéré typique de leur génération. Leur régulation est fonctionnelle, bien qu'elle soit vétuste. De plus, les deux groupes présentent un encrassement important, limitant l'échange de chaleur avec l'extérieur et entraînant une perte significative d'efficacité.

La distribution hydraulique du froid est assurée par trois pompes GRUNDFOS MG132MB4-38FF265-H3, localisées au R07CT. Ces pompes, d'une puissance électrique de 7,5 kW chacune, sont en fonctionnement sans variateur et présentent un niveau de vétusté intermédiaire. Elles ne sont pas pilotées automatiquement, ce qui limite les possibilités d'optimisation du fonctionnement global.



Figure 10 - Groupes Froid Carrier



Figure 11 - Unité extérieure TNN_007_CLIM13

3.5.7. Eclairage intérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Luminaire 4 tubes fluocompacts	Estimé à 150	3	3	5 ans
Downlight LED	Estimé à 120	5	5	10 ans
Ampoule fluocompacte	Estimé à 100	3	3	5 ans
Dalle LED	Estimé à 170	5	5	10 ans



Différents types de luminaires intérieurs composent le système d'éclairage global du bâtiment. Le ratio d'équipements d'éclairage type fluocompacte / LED est estimé à environ 50 %.

3.5.8. Relevés d'intensité lumineuse intérieure

Zone	Intensité (cd)
Circulations 6e étage	150
Salles 6e étage	300
Circulations 4e étage	250
Circulations 1er étage	500
Salles 1er/2e étage	300

3.5.9. Eclairage extérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Spot fluocompacte	Estimé à 15	2	2	5 ans



L'éclairage extérieur est piloté par une sonde crépusculaire et s'éteint entre 23h et 4h.

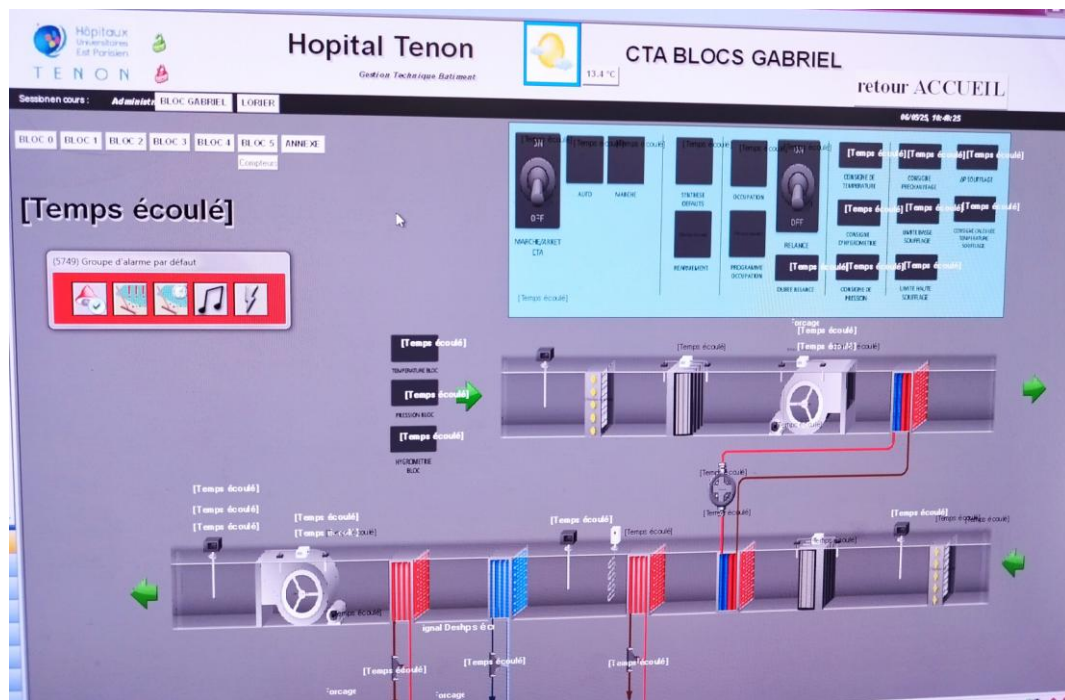
3.5.10. Gestion Technique Centralisée

Marque	Quantité	Typologie	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Trend	1	GTB	2	2	5 ans
Iconics	1	GTB	2	2	5 ans

Deux GTB sont installées sur le site.

Sur le bâtiment Gabriel, la **GTB Trend** permet de piloter tous les CTA et les batteries terminales.

La GTB Iconics permet de piloter les circuits de chauffage.



Analyse de performance thermique, énergétique et paramétrage



4. ANALYSE DE LA PERFORMANCE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

4.1. ANALYSE COURBE DE CHARGE SMART IMPULSE

4.1.1. Contexte

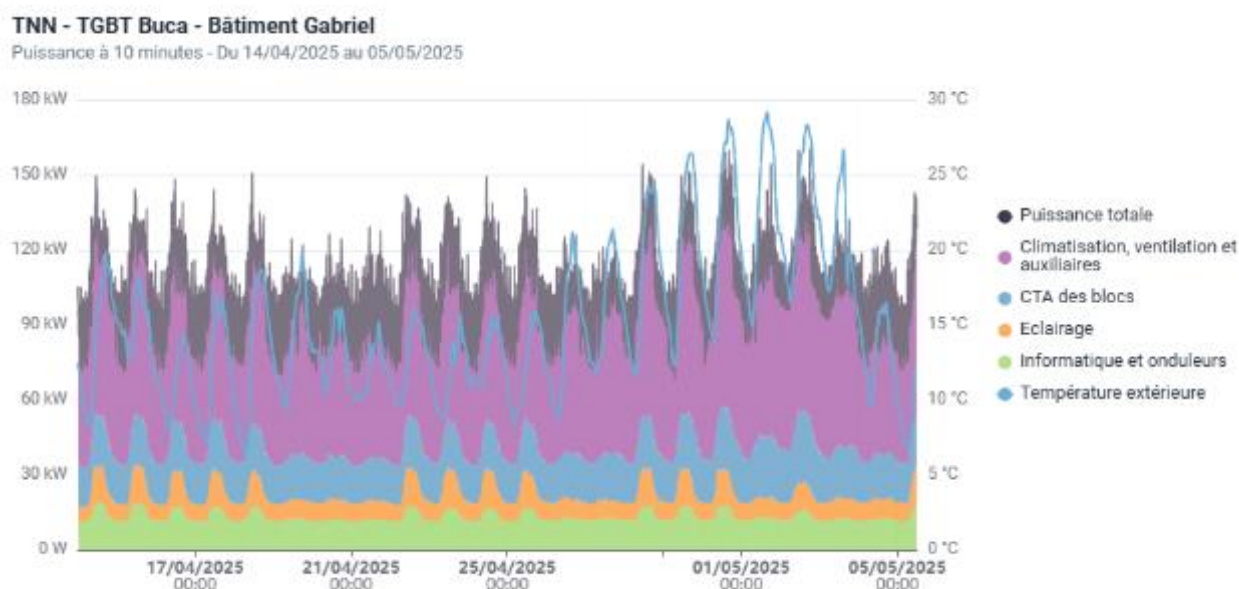
L'instrumentation des deux départs électriques du bâtiment GABRIEL du 14/04/2025 au 05/05/2025 a permis d'obtenir les puissances appelées au pas de temps de 5 minutes.

D'après les données de la campagne de mesure et suivant l'hypothèse d'un fonctionnement constant sur l'année, l'intensité électrique du bâtiment est d'environ $100 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ soit environ 950 MWh/an .

Pendant la période de mesure, l'activité du bâtiment a suivi son fonctionnement normal et aucune coupure électrique n'a été constatée sur les relevés. L'instrumentation a été validée à distance par la société Smart Impulse, fournisseur des équipements de mesure sur ce projet.

Cependant, ce relevé de consommation étant effectué en période de mi-saison, la consommation réelle annuelle est à moduler en fonction des besoins de climatisation, notamment au niveau de la consommation de la production de froid, ce point est approfondi dans la partie **Notes méthodologiques**.

4.1.2. Analyse de la courbe de charge électrique



L'analyse de la courbe de charge électrique permet d'établir le profil de consommation hebdomadaire et journalier du site :

- Puissance maximale de 161 kW atteinte sur la période de mesure
- Puissance minimale de 68 kW atteinte sur la période de mesure
- Puissance appelée en journée de 150 kW en moyenne
- Talon de consommation, atteint en période nocturne moyen de 86 kW, soit 57% de la puissance en journée
 - Le talon est variable, de 75 à 90 kW, avec notamment une augmentation en fin de période de mesure, qui semble corrélée à la hausse des températures extérieures.

4.1.3. Analyse de la répartition d'usage de la consommation électrique

L'analyse de la courbe de charge électrique via l'algorithme du système Smart Impulse permet d'établir la répartition de consommation par usage du bâtiment :

- Climatisation, ventilation et auxiliaires (61 %)
- CTA des blocs opératoires (18 %)
- Informatique et onduleurs (13 %)
- Eclairage (9 %)

Répartition en énergie - Du 11/04/2025 au 05/05/2025

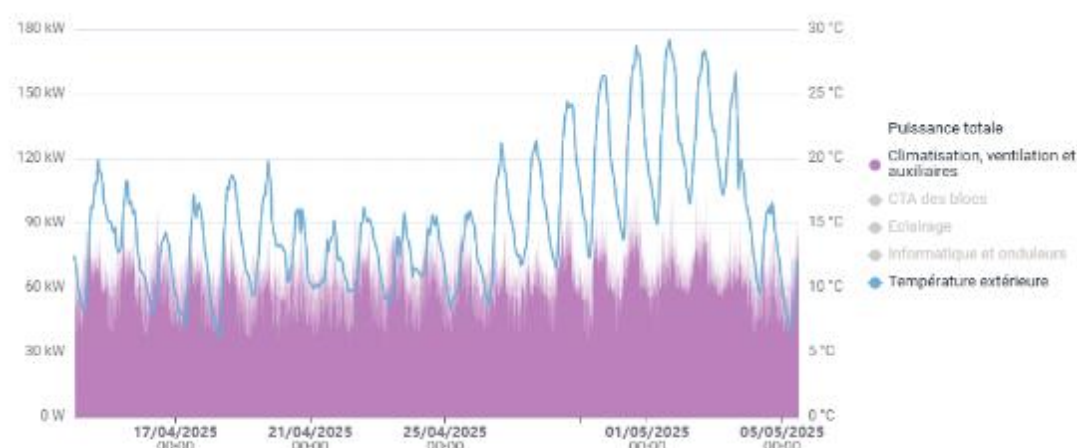


Suivant les profils de charge des équipements spécifiques, ces derniers sont répartis dans les 3 premières catégories.

Les résultats de la part d'éclairage nous semblent légèrement faibles au vu de la surface. Cependant, certaines zones ne sont pas ou peu éclairées, et le bâtiment présente une large surface vitrée et donc une luminosité naturelle correcte, ce qui peut les expliquer.

4.1.4. Analyse par usage

4.1.4.1. Climatisation, ventilation et auxiliaires



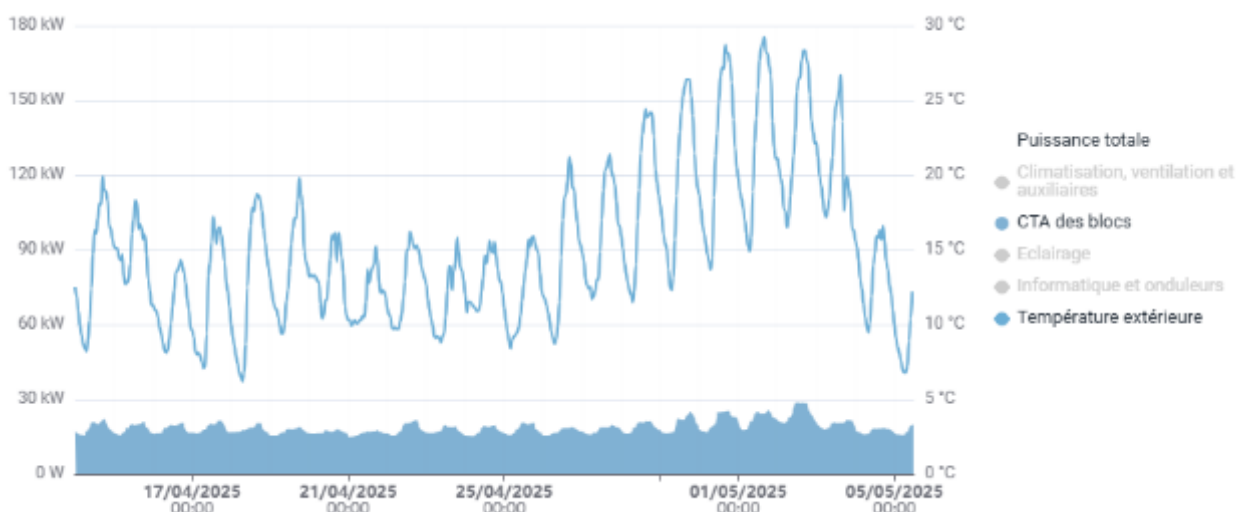
La courbe met en évidence une corrélation directe entre la température extérieure et la consommation d'électricité :

- Entre le 17 et le 25 avril, la consommation est relativement stable avec de légères fluctuations.
- À partir du 25 avril, l'augmentation progressive de la température entraîne une élévation de la puissance consommée, en particulier autour du 1er mai où les pics dépassent 150 kW.
- Dès que la température chute autour du 3-4 mai, la consommation redescend aussi nettement.

Ces augmentations sont dues au fonctionnement des groupes froids pour le refroidissement des blocs, ainsi que des VRV pour le refroidissement des zones climatisées non sensibles du bâtiment. Une amélioration de ces systèmes et de leur pilotage est cruciale. Cela fait l'objet de plusieurs actions, présentées dans le rapport complémentaire d'audit énergétique.

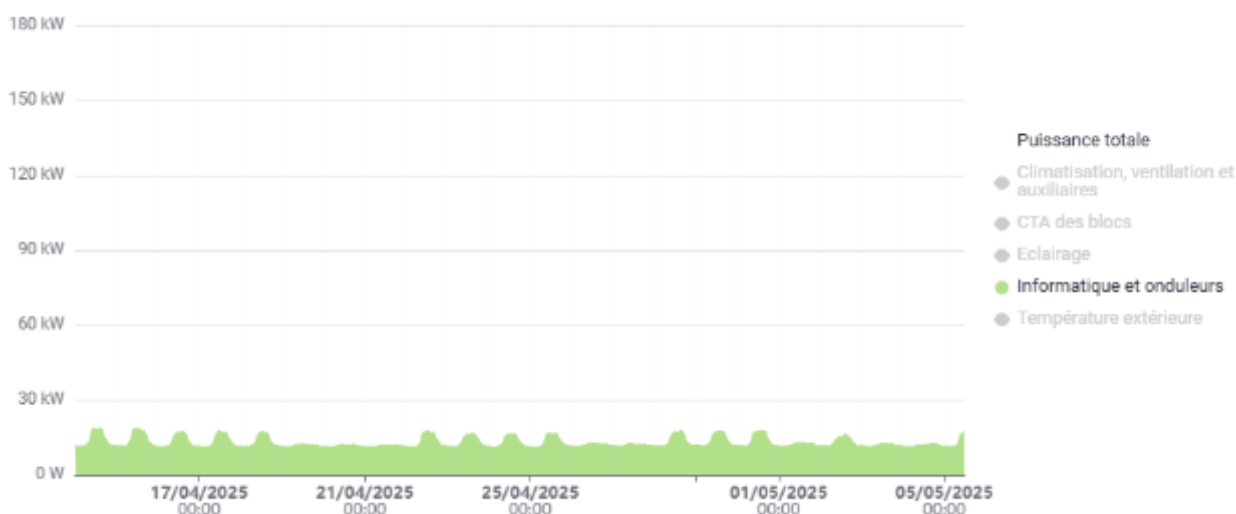
4.1.4.2. CTA Blocs

La courbe de charge correspond bien aux CTA recensées, en termes de puissance et de programme horaire.



On observe une thermo sensibilité de cette consommation, en effet les CTA permettent de maintenir les blocs en température à l'aide des batteries chaudes, froides et de récupération.

4.1.4.3. Informatique, onduleurs et équipements spécifiques



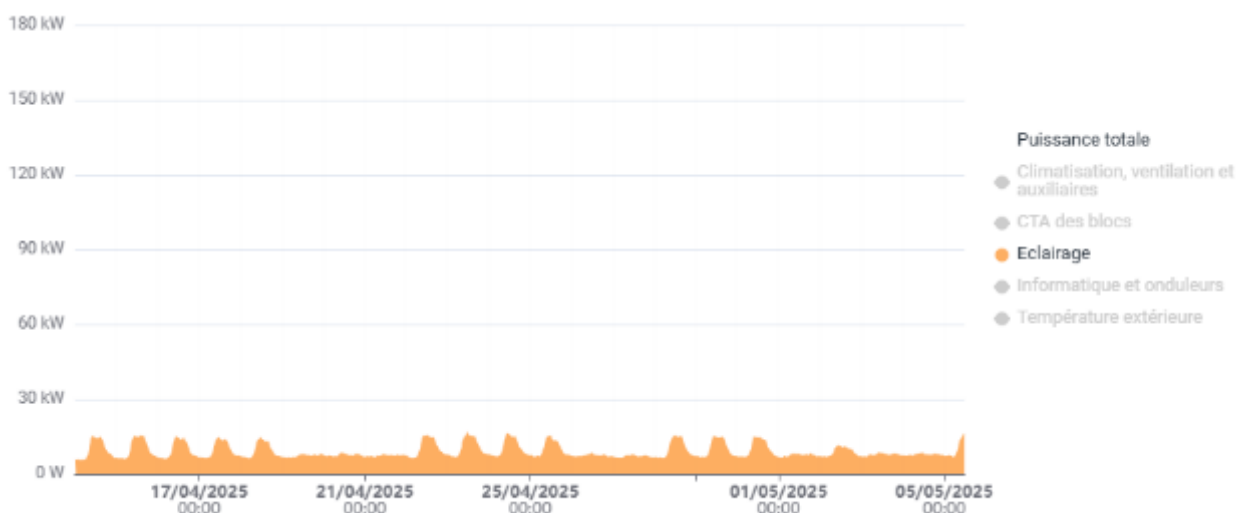
Le profil de consommation observé est stable et caractéristique des équipements informatiques :

- Talon de consommation : 11 kW
- Variations en journée : jusqu'à 18 kW entre 7h et 20h environ avec une diminution lors de la pause déjeuner.

Le levier d'action principal sur cette catégorie est la sensibilisation des occupants sur l'extinction des équipements hors utilisation, tant sur l'informatique que sur les équipements hospitaliers le permettant.

Une extinction automatique des équipements (ordinateurs, imprimantes, écrans, ...) non utilisés la nuit pourrait également être réfléchi en lien avec la DSI.

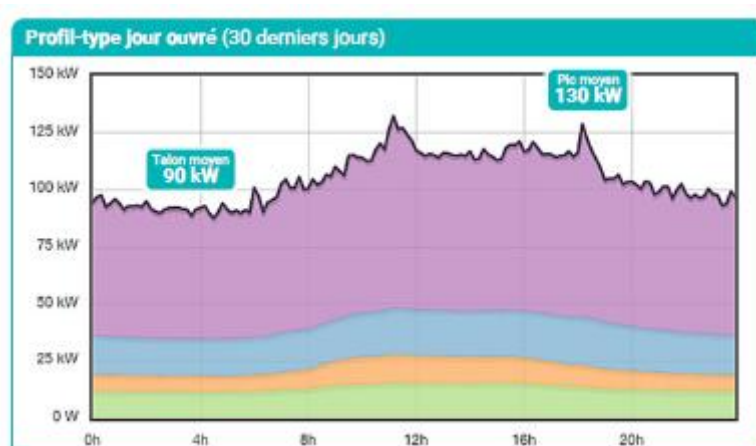
4.1.4.4. Eclairage



On observe une hausse de l'éclairage de 6h30 à 21h40, ce qui semble cohérent avec l'usage du bâtiment. La puissance en journée moyenne relevée est de 15 kW contre 7 kW de talon, soit quasiment la moitié de la puissance en journée. Les jours fériés ont le même profil que les jours de week-end.

4.1.5. Profil type de consommation

Les profils-types présentés ci-dessous, moyennés sur les 30 derniers jours, permettent de lisser les pics de consommation et de mettre en avant des tendances.



On observe des pics récurrents, d'environ 10 kW d'équipements sans variateur entre 10h50 et 12h ainsi qu'entre 17h50 et 19h. Une investigation sur les équipements responsables et les actions envisageables serait à mener. Cela pourrait être des équipements ménagers, du matériel spécifique, du préchauffage/transport de plat.

4.2. ANALYSE DES CONSOMMATIONS THERMIQUES DU RESEAU DE CHALEUR

En l'absence de données de consommation du bâtiment, un calcul de consommation au mètre a été effectué, permettant une estimation de la consommation du bâtiment. Une première estimation réalisée à partir des relevés de consommation consistant à établir une consommation annuelle moyenne par m² occupé fournit les résultats suivants :

- Consommation réelle totale (2023) = 17 543 800 kWh
- Consommation réelle totale corrigée (2023) = 20 648 546 kWh
- Surface totale occupée (2023) = 115 527 m²
- Surface occupée bâtiment GABRIEL (2023) = 12147 m²
- Consommation calculée bâtiment GABRIEL (2023) = 1 193 000 kWh
- Consommation calculée corrigée GABRIEL (2023) = 1 394 542 kWh

Cette approche permet d'avoir un ordre de grandeur pour le recalage de la maquette. Cependant le bâtiment présente plus d'usages spécifique que le bâtiment moyen de l'hôpital, et il est également relativement mieux isolé.

Il ne s'agit donc que d'une première approche permettant de commencer à ajuster les paramètres de la maquette numérique.

4.3. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

Afin de calculer les résultats des préconisations, et d'identifier les déperditions, nous avons réalisé une Simulation Thermique Dynamique (STD) ainsi qu'une Simulation Energétique Dynamique (SED).

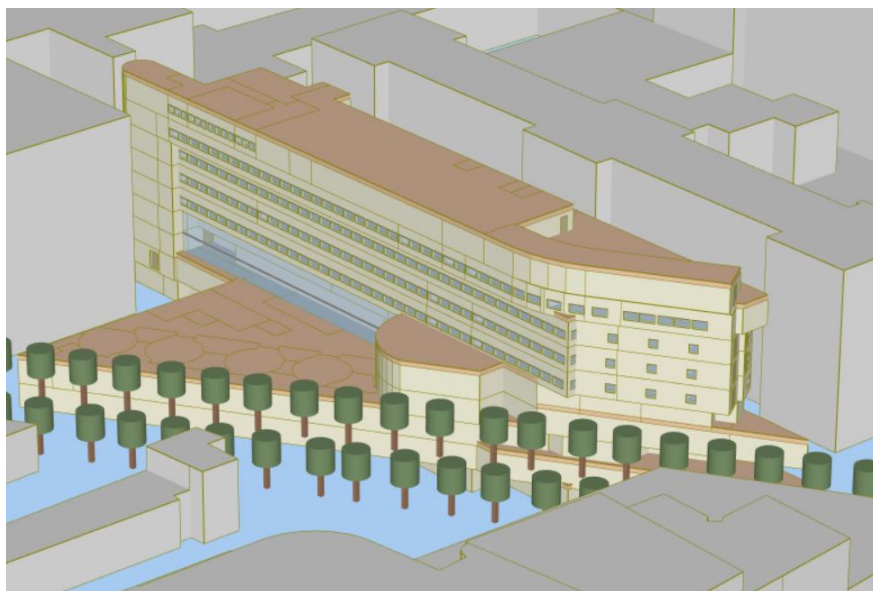
Pour cela, nous avons eu accès aux :

- Plans métrés numériques du bâtiment (façades, étages et coupes)

- Factures énergétiques et relevés de consommations du site (composé de plusieurs bâtiments consommateurs d'énergie)
- Relevés d'estimation de consommation d'électricité global et par usage du bâtiment (étude Smart Impulse)
- Relevés de consommation par usage de plusieurs bâtiments de typologie et d'usage identiques (données fiables issues d'audits énergétiques)
- Les diverses informations récupérées lors de la visite du bâtiment sur site (enveloppe thermique, systèmes énergétiques)

En l'absence de relevés de consommation d'énergie propres au bâtiment étudié (relevés de consommation d'énergie fournies à l'échelle du site), l'estimation de la consommation d'énergie thermique issue du réseau de chaleur urbain (CPCU) a été estimée selon un ratio surfacique, et affinée selon les données de consommation issues d'études d'autres bâtiments de typologie et d'usage identique.

L'étude suivante commence par la réalisation de la maquette numérique du bâtiment étudié et de son environnement proche, influant sur les apports solaires.



Un état dit « initial » est ensuite créé à partir des données fournies (composition de l'enveloppe thermique, données de consommation) et des relevés effectués sur site (composition de l'enveloppe thermique, mesures de température, mesures de luminosité, relevés d'informations techniques des différents systèmes, relevés de paramètres de régulation des différents systèmes). Cet état « initial » a pour objectif de décrire numériquement un bâtiment correspondant à l'état thermique et énergétique actuel réel du bâtiment.

L'établissement de cet état est effectué en réalisant un « calage » des consommations d'énergie simulées sur l'état actuel réel. Durant cette étape, les multiples paramètres de la simulation numérique sont ajustés pour « caller » les consommations d'énergie mensuelles par usage estimées par la simulation numérique aux consommations d'énergie mensuelles par usage réelles (dans la mesure de faisabilité autorisée par la fiabilité des données fournies et utilisables). Le degré de précision usuel à obtenir est de 5%, impliquant une différence de consommation d'énergie annuelle simulée et réelle par source d'énergie considérée (électricité et réseau de chauffage urbain dans cette étude) de 5%.

4.4. NOTES METHODOLOGIQUES

Lors de la visite de site, de nombreux relevés (hauteurs sous plafond, dimension des menuiseries, relevés de composition non destructifs des parois) et mesures (température, luminosité, débits de ventilation) furent effectués. De plus, un inventaire méticuleux des équipements énergétiques et des paramètres de régulation de ces équipements fut effectué. C'est à partir de ces informations récoltées que nous avons pu réaliser une STD (Simulation Thermique Dynamique) et une SED (Simulation Energétique Dynamique) afin d'obtenir une vue d'ensemble sur la part que représentait chaque usage au sein de la facture énergétique.

La saisie de ces données combinée aux données apportées par les autres sources d'informations (étude Smart Impulse, relevés de consommation du site, audits énergétiques de sites correspondants) nous a permis d'obtenir une estimation fiable à +/- 5% de la consommation d'énergie électrique du bâtiment. Les informations fournies concernant la consommation d'énergie thermique issue du réseau de chauffage urbain ne nous permettent malheureusement pas de statuer sur le degré de précision atteint.

Hypothèses

Voici les hypothèses qui ont été prises durant la réalisation de l'audit :

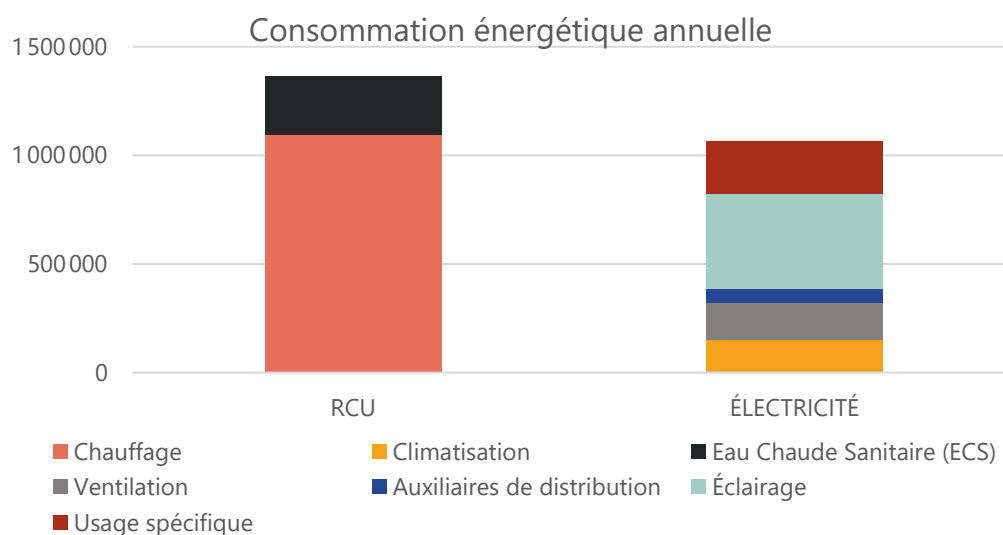
- Les consommations prises en compte pour la validation du modèle numérique sont les consommations d'énergie à l'échelle du site de l'année 2023 et les données de consommation d'énergie électriques fournies par l'étude de Smart Impulse.
- Les fiches techniques des luminaires n'ayant pas été transmises (manque de disponibilité), les puissances électriques des luminaires installés ont été estimées.
- Dépendamment des systèmes de ventilation étudiés, les puissances électriques des équipements de ventilation ont été estimées à 0,30 Wh/m³ d'air ventilé dans le cas des systèmes de ventilation simple flux, et à 0,60 Wh/m³ d'air ventilé dans le cas des systèmes de ventilation double flux.
- Le nombre d'occupants du bâtiment a été estimé suivant les données transmises, les données issues d'études de sites de typologie et d'usages identiques, et les observations réalisées sur site.
- Les horaires d'occupation des différentes zones du bâtiment ont été estimés suivant les données transmises, les données issues d'études de sites de typologie et d'usages identiques, et les observations réalisées sur site.
- De multiples campagnes de relevés d'informations techniques ayant été effectuées et l'étude réalisée par Smart Impulse fournissant des estimations de puissance consommée par usage, les puissances des équipements consommateurs d'énergie électrique ont été considérées pour estimer la valeur des consommations des équipements de circulation (pompes, ...) et des équipements spécifiques (équipements médicaux, postes informatiques, ...).
- Le bâtiment étant équipé de plusieurs systèmes de chauffage (production de chaleur assurée par un échangeur relié au réseau de chaleur urbain, relié à des systèmes d'émission de type CTA, radiateurs) partiellement pilotés par une GTB, des relevés d'information techniques ont été effectués permettant de déterminer les puissances thermiques des divers équipements.
- En l'absence de données de consommation d'eau chaude sanitaire (production assurée par un échangeur relié au réseau de chauffage urbain), la consommation d'énergie thermique de cet usage a été estimée.

4.5. DETAILS DE CONSOMMATIONS ISSUES DE LA STD

La Simulation Thermique Dynamique et la Simulation Énergétique Dynamique ont permis de réaliser le calcul des consommations du site.

L'addition de ces deux méthodes de calculs a permis de réaliser la répartition des consommations qui figure ci-après.

	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	1 092 387	80%	-	0%	90	45%
Climatisation	-	0%	148 566	14%	12	6%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	269 250	20%	-	0%	22	11%
Ventilation	-	0%	175 210	16%	14	7%
Auxiliaires de distribution	-	0%	61 246	6%	5	3%
Éclairage	-	0%	437 048	41%	36	18%
Usage spécifique	-	0%	241 427	23%	20	10%
Production d'énergie renouvelable	-	0%	-	0%	0	0%
TOTAL	1 361 637	100%	1 063 497	100%	199	100%

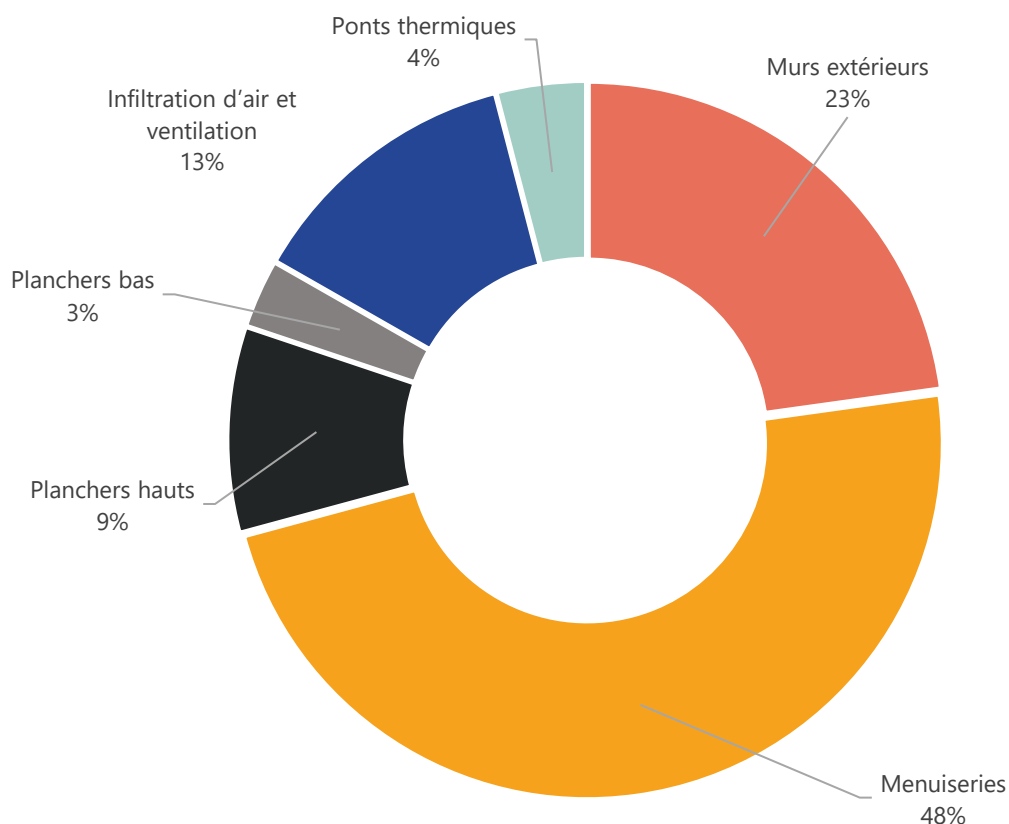


4.6. DEPERDITIONS THERMIQUES

Soit une répartition telle que :

RÉPARTITIONS DES DÉPERDITIONS – bâtiments Lavoisier et Frimousse					
Murs extérieurs	Menuiseries	Planchers hauts	Planchers bas	Infiltration d'air et ventilation	Ponts thermiques
42,64 kW	89,89 kW	17,50 kW	5,8 kW	23,75 kW	7,59 kW
TOTAL DES DÉPERDITIONS				187,07 kW	
COEFFICIENT $U_{bât}$				1,12 W/m².K	

Détail des déperditions thermiques du site



Les déperditions thermiques du bâtiment se répartissent selon les postes suivants :

1 – Déperditions par les menuiseries (48 % des pertes totales)

Principal poste de déperdition, les menuiseries représentent 48 % des pertes thermiques du bâtiment. Cette part importante s'explique par la surface élevée des ouvertures, et par leur composition majoritairement en cadre aluminium non rupté. L'absence de ces rupteurs de pont thermique accroît les ressentis de parois froides.

2 – Déperditions par les murs extérieurs (23 % des pertes totales)

À l'image des menuiseries, les murs extérieurs constituent une surface importante (bâtiment peu compact) et assez peu performante thermiquement. L'ensemble des murs extérieurs et des menuiseries représente plus de 75% des déperditions totales de ces bâtiments.

3 – Déperditions par le renouvellement d'air et les infiltrations (13% des pertes totales)

Le renouvellement d'air et les infiltrations constituent le troisième poste de déperdition. La faible performance des menuiseries engendre d'importantes infiltrations d'air (ressenties par les occupants, notamment en hiver).

4 & 5 – Déperditions par les planchers hauts et bas (9 et 3 % des pertes totales)

Légèrement isolé et avec une surface déperditive moins importante que les façades, les planchers hauts de type toiture terrasse ne représentent que 9% des déperditions totales.

Les planchers bas, eux, ne sont responsables que de 2% des déperditions.

6 – Déperditions par les ponts thermiques (4%)

Les ponts thermiques les plus importants se situent surtout au niveau des dormants des huisseries, des liaisons entre façades et planchers intermédiaires et des refends lourds.

4.7. BESOIN DES LOCAUX

La simulation thermique dynamique permet de calculer les besoins climatiques en chaud et froid du site.

	PUISSANCE À INSTALLER (NF EN 12831)	PUISSANCE INSTALLÉE (sur site)	ÉCART
CHAUFFAGE	425 kW + 85 kW ECS	2779 kW (avec ECS + secours)	+ 9 %
REFROIDISSEMENT	100 kW	720 kW (GF + détente directe)	+ 4 %

La puissance de chauffage active installée est de 2779 kW, comprenant l'ECS et le secours à 100%. La puissance réellement utilisable au maximum est donc 1390 kW. Cette puissance correspond à près de 2.7 fois la puissance maximale appelée dans le bâtiment selon la simulation. Une forte surpuissance est donc présente sur ce bâtiment. Cela étant, ce n'est pas une situation problématique ici, puisque l'on parle d'échangeurs à plaques dont le surdimensionnement n'implique aucune conséquence néfaste pour l'installation.

La puissance de refroidissement installée est de 720 kW. Cette puissance correspond à plus de 7 fois la puissance maximale issue de Pléiades. Là encore les installations semblent surdimensionnées, ou alors certains paramètres de relance ont pu différer entre la réalité et la simulation.

4.8. DONNEES METEOROLOGIQUES

Le fichier météo permettant de simuler les données de températures, hygrométrie, rayonnements solaires, etc. est celui de la ville de Paris – Année 2023. Il correspond donc à la réalité de la météo de l'année de référence des calculs, aucun recalage dédié n'est nécessaire.

5. ETAT DES LIEUX DECRET TERTIAIRE

5.1.DETERMINATION DE LA REFERENCE ET DES OBJECTIFS

Une valeur de référence ainsi qu'un objectif relatif ont été déclarés sur OPERAT à l'échelle du site. Afin d'estimer un état des lieux à l'échelle du bâtiment, un objectif absolu a été calculé à titre indicatif.

N'ayant pas d'historique de consommations à l'échelle du bâtiment (relevés sous-comptage non exploitables), aucun objectif relatif n'a pu être déterminé. La situation sera donc exclusivement comparée à la valeur absolue estimée à l'échelle du bâtiment.

Paramètres considérés pour le calcul de la consommation ajustée :

Paramétrage valeur relative	
Altitude du site	92
Surface totale (m ²)	12147 m ²
Surface chauffée (m ²)	9034 m ²
Surface refroidie (m ²)	4220 m ²
Station météo	Paris Montsouris
Zone	H1a

Paramètres considérés pour le calcul de la référence absolue, basés sur l'arrêté officiel « Valeurs absolues IV » – Secteur de la santé :

Sous-catégorie	Surface	Valeur absolue associée (kWhDT/m ² . an)
Hospitalisation Ambulatoire	350	182
Hospitalisation Conventionnelle	3555	201
Chambre froide	0	380
Restauration collective	0	192
Blanchisserie	0	959
Salle Blanche	0	605
Réanimation	0	389
Bloc opératoire	393	372
Bureaux standards / administration	1852	87
Stérilisation	26	1529
Consultation	1488	85
Imageries médicales (mammographie, tomographie, échographie, radiographie, IRM...)	0	534
Laboratoire courant	0	223
Rééducation (Kiné)	0	149
Zone d'accueil au public	0	78
Balnéo	0	622
Laboratoire classé	0	540
Bibliothèque, médiathèque et service d'archives	4482	65

Soit un objectif estimé en valeur absolue à l'échelle du bâtiment suivant :

Cabs estimée (kWhDT/m ² .an)	Etat des lieux 2023 estimé (kWhDT/m ² .an)
155	174

En comparant cette valeur avec la consommation modélisée pour le bâtiment (basée sur les consommations de 2023 à l'échelle du site), on constate que l'objectif estimé pour 2030 n'est pas encore atteint.

Contact



CONTACT

Bastien RINGES

Expert STD

Bastien.ringes@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Clarisse.manteau@advizeo.io

PLUYAUD Zoé

Auditrice énergétique

Zoe.pluyaud@advizeo.io

advizeo

La Félicité Paris Sully-Morland

2 Cour de l'Ile Louviers

75004 Paris

www.advizeo.io

advizeo

Annexe



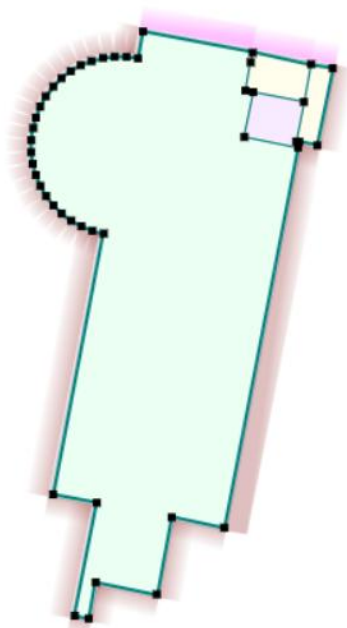
ANNEXE

5.2. REPARTITION DES ZONES

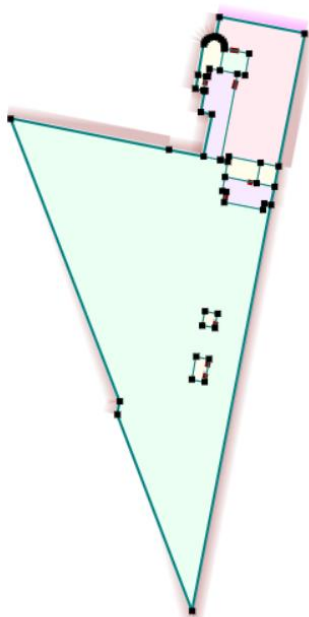
Voici comment sont décomposées les différentes zones du site :

	Circulations horizontales
	Circulations verticales
	Consultations
	Laboratoires
	Vestiaires
	LT
	Archives
	Salle d'opération
	Locaux annexes salles d'op
	Salles d'accouchement
	Chambres hospitalisation
	Sanitaires
	SAS
	Reserves
	LNC
	Service néo.

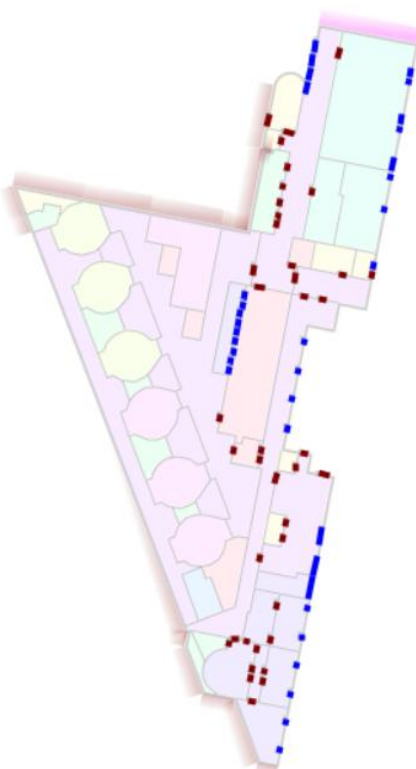
Parking (R-2)



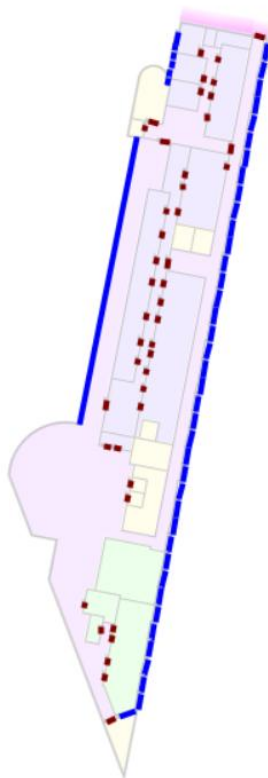
R-1



RDC



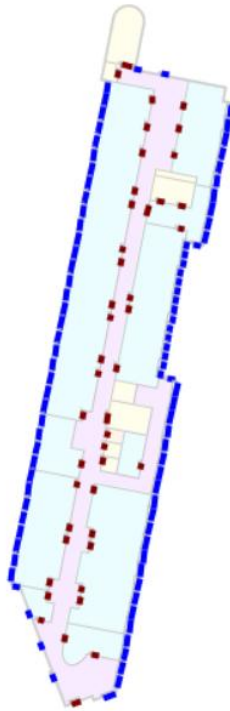
R+1



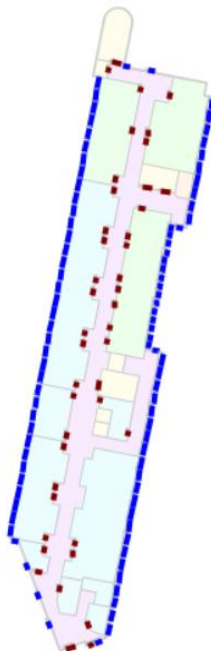
R+2



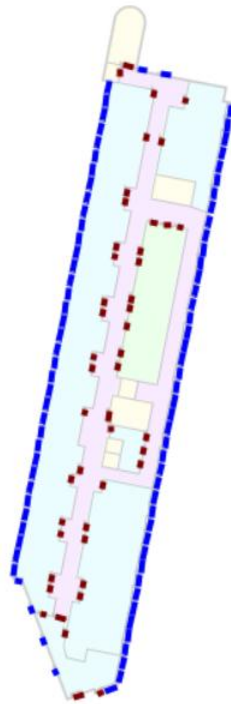
R+3



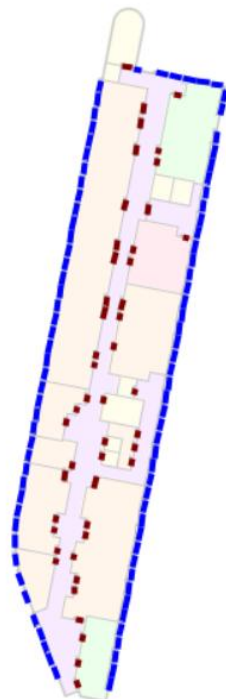
R+4



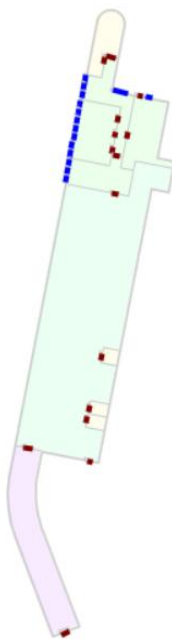
R+5



R+6



R+7



5.3. SURFACES DES DIFFERENTES ZONES THERMIQUES

Zone thermiques STD	Surface de Plancher (m²)
Bureaux	785
Consultations	1 003
Chambres - hospitalisation	587
Chambres - ambulatoire	236
Blocs opératoires - Risque 2	163
Blocs opératoires - Risque 3	102
Stérilisation	17
Stockage archives	463
Locaux techniques	3 022
Circulations horizontales	3 238
Circulations verticales	721
Chambres - hospitalisation ac clim	1 810

5.4. DETAIL DE L'AJUSTEMENT CLIMATIQUE

Pour chaque année choisie, l'ajustement est effectué tel que :

$$\text{Consommation ajustée } (n) = \text{Consommation totale } (n) + \text{AcefChauf}(n) + \text{AcefRedroid}(n)$$

L'ajustement, en fonction des variations climatiques, de la part des consommations d'énergie liées au chauffage, lorsque la consommation de chauffage n'est pas connue, s'effectue selon la méthode suivante :

$$\text{Acef}_{\text{chauff } n} = \sum_{ss-cat} \left(\text{Conso}_{\text{tot } n} * \frac{\text{Cabs}_{ss-cat } n * S_{ss-cat}}{\sum_{ss-cat} \text{Cabs}_{ss-cat } n * S_{ss-cat}} * \frac{S_{\text{chauff } ss-cat}}{S_{ss-cat}} * \min[\text{Coeff}_{\text{ch } ss-cat} * DJ_{\text{ch } n}; 1] \right. \\ \left. * \max\left(-0,5; \min\left[\left(\frac{DJ_{\text{ch } \text{moy}} - DJ_{\text{ch } n}}{DJ_{\text{ch } n}}\right); 1\right]\right)\right)$$

Avec :

- **Acef_{chauff n}** [kWh] : Ajustement dû aux variations météorologiques de la quantité d'énergie finale nécessaire au chauffage pour l'année n. L'ajustement s'effectue sur la consommation contenant le poste chauffage. Il peut être positif ou négatif selon les conditions météorologiques ;
- **DJ_{ch moy}** [° C. jour] : nombre de degrés-jours chauffage moyen statistique sur la période 2001-2020 de la station météo considérée. Si DJ_(ch moy)=0, on prend DJ_(ch moy)=1 dans les formules ci-dessus ;
- **DJ_{ch n}** [° C. jour] : degrés-jours chauffage de l'année n de la station météo considérée. Si DJ_(ch n)=0, on prend DJ_(ch n)=1 dans les formules ci-dessus ;
- **Conso_{tot n}** [kWh] : consommation énergétique totale pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- **Cabs_{ss-cat n}** [kWh/m²/an] : objectif de consommation énergétique exprimé en valeur absolue, le cas échéant modulé, pour l'année n et la sous-catégorie considérée composant l'entité fonctionnelle assujettie ;
- **« S_{ss-cat} »** [m²] : la surface de plancher de la sous-catégorie considérée ; **lci 21 046 m²**
- **« S_{chauff ss-cat} »** [m²] : la surface de plancher chauffée de la sous-catégorie considérée ; **lci 17 326 m²**
- **« Coeff_{ch ss-cat} »** [°C/j] : coefficient permettant d'estimer, en fonction des degrés-jours de chauffage de l'année n, la part de consommations de la sous-catégorie correspondant à des consommations de chauffage. **lci 0,000247 [°C/j]**

L'ajustement en fonction des variations climatiques de la part des consommations d'énergie liées au refroidissement lorsque la consommation liée au refroidissement n'est pas connue à partir de compteurs d'énergie: s'effectue selon la méthode suivante:

$$\text{Acef}_{\text{fr } n} = \sum_{ss-cat} \left(\text{Conso}_{\text{tot } n} * \frac{\text{Cabs}_{ss-cat } n * S_{ss-cat}}{\sum_{ss-cat} \text{Cabs}_{ss-cat } n * S_{ss-cat}} * \frac{S_{\text{refroidie } ss-cat}}{S_{ss-cat}} * \min[\text{Coeff}_{\text{fr } ss-cat} * DJ_{\text{fr } n}; 1] \right. \\ \left. * \max\left(-0,5; \min\left[\left(\frac{DJ_{\text{fr } \text{moy}} - DJ_{\text{fr } n}}{DJ_{\text{fr } n}}\right); 1\right]\right)\right)$$

avec

- **Acef_{fr-n}** [kWh] : Ajustement dû aux variations météorologiques de la quantité d'énergie finale nécessaire au refroidissement des ambiances et des process de production de froid décentralisée pour l'année n. L'ajustement s'effectue sur la consommation contenant le poste refroidissement. Il peut être positif ou négatif selon les conditions météorologiques ;
- **DJ_{fr moy}** [° C. jour] : nombre de degrés-jours refroidissement moyen statistique sur la période 2001-2020 de la station météo considérée. Si DJ_(ch moy)=0, on prend DJ_(ch moy)=1 dans les formules ci-dessus ;

- $DJ_{fr\ n}$ [° C. jour] : degrés-jours refroidissement de l'année n de la station météo considérée. Si $DJ_{fr\ n}=0$, on prend $DJ_{fr\ n}=1$ dans les formules ci-dessus ;
- $Conso_{tot\ n}$ [kWh] : consommation énergétique totale pour l'année n de l'entité fonctionnelle assujettie ;
- $Cabs_{ss-cat\ n}$ [kWh/m²/an] : objectif de consommation énergétique exprimé en valeur absolue, le cas échéant modulé, pour l'année n et la sous-catégorie considérée composant l'entité fonctionnelle assujettie ;
- « S_{ss-cat} [m²] : la surface de plancher de la sous-catégorie considérée ; lci 21 046 m²
- « $S_{refroidie\ ss-cat}$ [m²] : la surface de plancher refroidie de la sous-catégorie considérée ; lci 11 811 m²
- « $Coeff_{fr\ ss-cat}$ [/°C/j] : coefficient permettant d'estimer, en fonction des degrés-jours de chauffage de l'année n, la part de consommations de la sous-catégorie correspondant à des consommations de chauffage. lci 0,0000535 [/°C/j]