

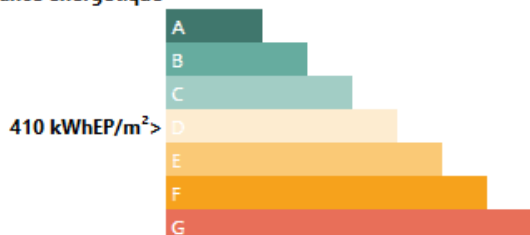


Audit énergétique

DOSSIER ENERGETIQUE – Etat des lieux

TENON – TNN002 - MORIN

Performance énergétique



Emission GES



EMETTEURS

Vincent PIGNON

Energy Manager – Advizeo

Florian WILLERVAL

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
Vincent PIGNON	Energy Manager	Rédaction
Florian WILLERVAL	Energy Manager	Rédaction
Bastien RINGES	Expert STD	Support
Clarisse MANTEAU	Directrice de projet	Validation

Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_TENON_Etat des lieux_MORIN_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 réalisation du diagnostic	8
1.4. Périmètre de l'audit énergétique.....	8
1.4.1. Bâtiment MORIN	8
1.5. Description synthétique du PERIMETRE	9
1.5.1. Vues et plans du bâtiment	9
1.5.2. Caractéristiques principales	10
1.5.3. Occupation	11
1.5.4. Détail des surfaces du site.....	11
2. SYNTHESE DE L'ETAT DES LIEUX.....	13
2.1. Synthèse générale du diagnostic – Etat des lieux enveloppe thermique	13
2.2. Synthèse générale du diagnostic – Etat des lieux systemes	15
3. Etat des lieux	18
3.1. Indicateurs énergétique - enveloppe	18
3.2. Indicateurs énergétique - équipements.....	18
3.3. barème énergétique général.....	19
3.4. Performance de l'enveloppe	21
3.4.1. Parois opaques	21
3.4.2. Menuiseries extérieures.....	22
3.5. Performance des installations énergétiques	23
3.5.1. Chauffage.....	23
Relevés de températures ambiantes	24
3.5.2. ECS	25
3.5.3. Ventilation.....	26
Mesures de débit de ventilation	26
Mesures d'humidité relative	26
3.5.4. Climatisation	27
3.5.5. Eclairage intérieur	29
Relevés d'intensité lumineuse intérieure	29
3.5.6. Eclairage extérieur	30
3.5.7. Gestion Technique Centralisée	31

4. énergétique

Analyse de la performance thermique et 33

4.1. Analyse courbe de charge SMART Impulse	33
4.1.1. Contexte.....	33
4.1.2. Analyse de la courbe de charge électrique.....	33
4.1.3. Analyse de la répartition d'usage de la consommation électrique.....	34
4.2. Simulation thermique dynamique.....	35
4.3. Notes méthodologiques.....	37
4.4. Détails de consommations issues de la STD	38
4.5. Déperditions thermiques.....	39
4.6. Besoin des locaux.....	39
4.7. Données météorologiques	40
4.8. Consommations de Réseaux de chaleur urbain	40
4.9. Consommations d'électricité	41

5.

Etat des lieux Décret Tertiaire..... 42

5.1. Détermination de la référence et des objectifs	42
--	-----------

Contact 44

Annexe 46

5.2. Répartition des zones	46
5.3. Surfaces des différentes zones thermiques	51
5.4. Détail de l'ajustement climatique.....	52

Présentation et objectifs



1. PRESENTATION ET OBJECTIFS

1.1.CONTEXTE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

Dans le cadre de la loi ELAN, du dispositif éco-énergie tertiaire, 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 002 - MORIN 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

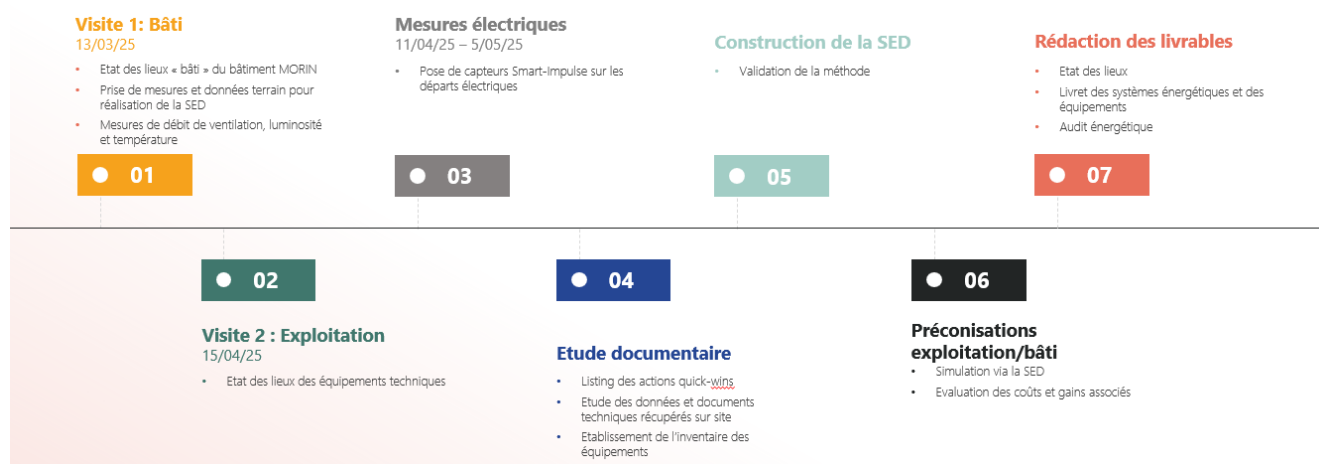
L'ensemble de la prestation vise à apporter une vision d'ensemble de la performance énergétique actuelle des sites et de leurs bâtiments. De plus, elle a pour objectif de dégager les principaux leviers d'action permettant l'amélioration de la performance énergétique et environnementale tout en assurant 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	Définir la liste des actions de sobriété et d'efficacité énergétique, chiffrée et argumentée d'un point de vue technico-économique.
Livable 4	Feuille de route énergie	Bâtiment	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 – 5/05/25	Instrumentation Smart-Impulse
Parois	13/03/2025	Relevés d'épaisseurs de parois et de compositions non destructifs
Température ambiance intérieure	13/03/2025	Relevés de températures zone par zone
Débit de ventilation	13/03/2025	Relevés de débits de ventilations zone par zone (accessible)
Vues thermiques	08/01/2025	Prise de vues à la caméra thermique
Luminosité	13/03/2025	Relevés d'intensité lumineuse zone par zone
Humidité	24/06/2025	Relevés d'humidité 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 Schémas de principe de la production de l'ECS à jour mais caduque pour le chauffage.
DOE/Fiches techniques équipements	Non
Electricité	Synoptique électrique général du site (caduque)
DOE Bâti	Non
Feuille de route	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 MORIN

Le bâtiment MORIN, situé sur le site TENON, abrite les services suivants :

- Cardiologie / Echographie cardiaque / Holter ECG : Consultation
- Dermatologie / Médecine vasculaire / Allergologie : Consultation
- Pneumologie : Hospitalisation
- Services médico-techniques : Laboratoire

Le bâtiment accueille donc du personnel de l'hôpital en journée (consultation, laboratoire et hospitalisation) et en soirée (hospitalisation), ainsi que du public en journée (consultation et hospitalisation) et en soirée (hospitalisation).

Le bâtiment MORIN 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 la chaleur, les consommations spécifiques à l'échelle du bâtiment ne sont pas connues.

L'analyse des consommations liées au RCU et à l'électricité se fera sur des estimations 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

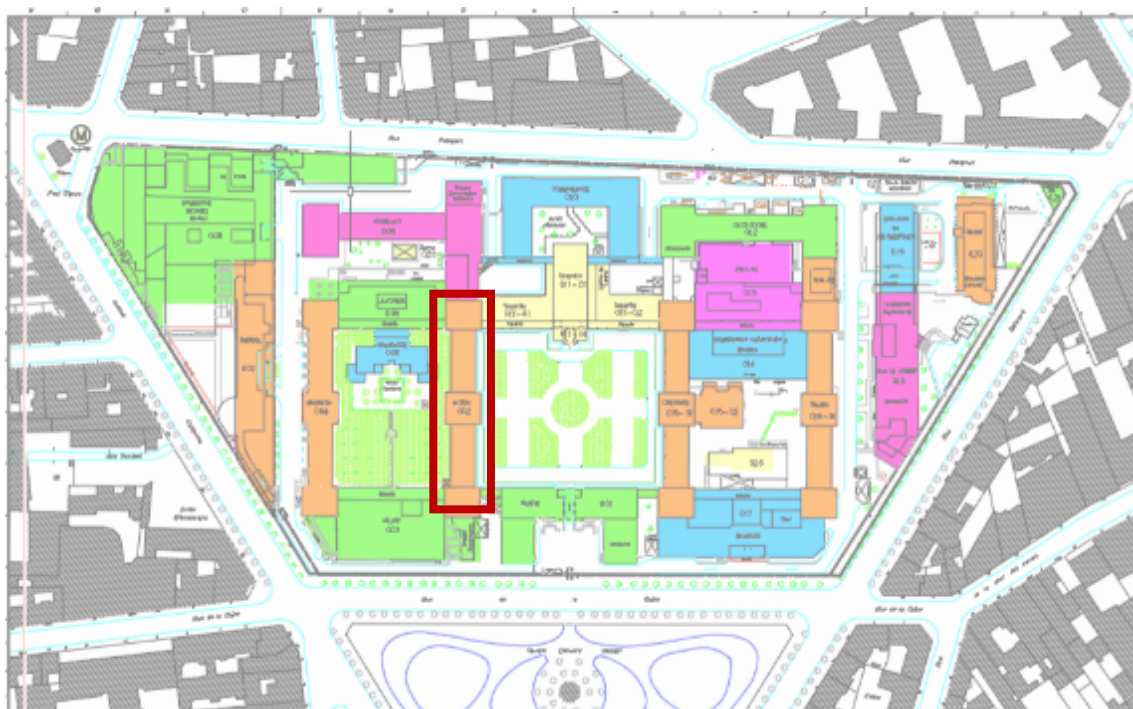


Figure 2 - Plan de masse du site



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 MORIN.

Tableau 2 - Caractéristiques du site

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 3 - Caractéristiques du bâtiment

Bâtiment MORIN	
Typologie	Santé
Bâtiment classé	Non
Année de construction	1900
Surface totale	5 553 m ²
Surface chauffée	~4 650 m ²
Surface refroidie	2 453 m ²
Horaires d'occupation des locaux	- 8h00 – 20h00 (hors hospitalisation) - Occupation permanente (hospitalisation)

1.5.3. Occupation

Le bâtiment abrite les locaux de consultation des services de consultation de « Cardiologie / Echographie cardiaque / Holter » et « Dermatologie / Médecine vasculaire / Allergologie ». Ces locaux sont occupés par du personnel de l'hôpital et des patients publics du lundi au vendredi de 8h00 à 20h00.

De même, le bâtiment abrite les locaux de laboratoire du service « Médico-technique ». Ces locaux sont occupés par du personnel de l'hôpital de lundi au vendredi de 8h00 à 20h00.

De plus, le bâtiment abrite les locaux d'hospitalisation du service de « Pneumologie ». Ces locaux sont occupés par du personnel de l'hôpital et des visiteurs publics en permanence.

1.5.4. Détail des surfaces du site

Ce tableau se base sur les données issues des plans transmis ainsi que les mesures effectuées pendant les visites bâti.

Tableau 4 - Répartition des surfaces suivants les typologies

Sous-catégorie DEET	Surface (m ²)
Hospitalisation Conventionnelle	1 951
Chambre froide	15
Bureaux standards / administration	1 720
Consultation	1 177
Laboratoire courant	1 023
Zone d'accueil au public	278
Laverie	24

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 la fin du 19^{ème} siècle (date de mise en activité), le bâtiment MORIN n'est concerné par aucune réglementation thermique (date de dépôt de permis de construire antérieure à 1976).

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) : Construit sur plusieurs niveaux, le bâtiment MORIN est composé de plusieurs types de planchers bas (et intermédiaires). Ne présentant aucune épaisseur d'isolation, les performances thermiques de ces parois sont donc très faibles.

Le plancher bas du niveau R-1 (sous-sol), en contact avec le sol, est composé d'une dalle de béton lourd d'environ 40 cm d'épaisseur.

Le plancher bas du niveau RDC, en contact avec le niveau R-1, est composé d'une dalle de béton lourd d'environ 40 cm d'épaisseur, d'une couche de mortier d'environ 2 cm d'épaisseur et de carreaux de carrelage d'environ 1 cm d'épaisseur.

Les planchers bas des autres niveaux occupés (R+1 à R+6), aussi qualifiés de « planchers intermédiaires », donnant chacun sur un niveau inférieur chauffé, sont composés de faux plafonds en liège 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 et de carreaux de carrelage d'environ 1 cm d'épaisseur.

Planchers hauts (toitures) : Composé d'un seul niveau de toiture, le bâtiment MORIN présente un unique type de plancher haut, sur combles non aménagés. Présentant une importante épaisseur d'isolation, la performance thermique de cette paroi est donc très élevée.

Le plancher haut, en contact avec l'extérieur, est composé de carreaux de faux plafonds en liège d'environ 2 cm d'épaisseur, d'une dalle de béton d'environ 20 cm d'épaisseur, d'une couche d'isolant d'environ 30 cm d'épaisseur et d'une toiture métallique d'environ 0,5 cm d'épaisseur.

Murs extérieurs : Composé de plusieurs façades, le bâtiment MORIN présente plusieurs types de murs extérieurs. Ne présentant aucune épaisseur d'isolation, les performances thermiques de ces parois sont donc très faibles.

Les murs extérieurs du niveau R-1, en contact avec le sol, sont composés de béton lourd d'environ 40 cm d'épaisseur.

Les murs extérieurs des autres niveaux occupés (RDC au R+6), en contact avec l'extérieur ou avec d'autres bâtiments chauffés, sont composés de pierre calcaire d'environ 50 cm d'épaisseur et d'une couche de revêtement intérieur d'environ 1 cm d'épaisseur.

Menuiseries : Composé de plusieurs façades, le bâtiment MORIN présente plusieurs types de menuiseries. Ne présentant aucun système de rupture thermique ou de traitement de vitrage, les performances thermiques de ces parois sont très faibles à moyennes.

Les portes-fenêtres du niveau RDC sont composées de cadres en bois et de vitrages simples de 6 mm d'épaisseur sans traitement. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc très faible.

Les fenêtres du niveau RDC sont composées de cadres en bois sans rupture thermique et de vitrages simples de 6 mm d'épaisseur sans traitement. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc très faible.

Certaines fenêtres du niveau R+1 sont composées de cadres en bois et de vitrages simples de 6mm d'épaisseur sans traitement. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc très faible.

Certaines fenêtres du niveau R+1 sont composées de cadres en aluminium avec rupture thermique et de vitrages simples de 6 mm d'épaisseur avec traitement. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc faible - moyenne.

Les fenêtres du niveau R+2 sont composées de cadres en bois et de vitrages simples de 6 mm d'épaisseur sans traitement. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc très faible.

Les fenêtres du niveau R+3 sont composées de cadres en bois et de vitrages doubles de 8 mm d'épaisseur sans traitement espacés par une lame d'air de 10mm. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc moyenne.

Certaines fenêtres du niveau R+4 sont composées de cadres en bois et de vitrages simples de 6 mm d'épaisseur sans traitement. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc très faible.

Certaines fenêtres du niveau R+4 sont composées de cadres en bois et de vitrages doubles de 8 mm d'épaisseur sans traitement espacés par une lame d'air de 10mm. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc moyenne.

Les fenêtres du niveau R+5 sont composées de cadres en bois et de vitrages doubles de 8 mm d'épaisseur sans traitement espacés par une lame d'air de 10mm. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc moyenne.

Les fenêtres du niveau R+6 sont composées de cadres en PVC sans rupture thermique et de vitrages doubles de 6 mm d'épaisseur sans traitement espacés par une lame d'air de 10mm. Certains vitrages présentent des films solaires. La performance thermique de ce type de menuiserie est donc faible à moyenne.

Renouvellement d'air : Partiellement composé de menuiseries vétustes présentant une faible étanchéité aux infiltrations d'air extérieur et abritant des occupants ouvrant régulièrement les menuiseries équipées de systèmes d'ouverture, le bâtiment MORIN présente d'importantes infiltrations d'air. La performance thermique de ce type d'étanchéité est faible.

Le système de ventilation du bâtiment MORIN est composé d'extracteurs sans système de récupération d'énergie (simple flux). La performance énergétique de ce type de système de renouvellement d'air est très faible.

En effet, l'absence de fonctionnement des équipements de ventilation dans plusieurs zones, en particulier les chambres hospitalisées, induit l'utilisation des ouvertures manuelles des fenêtres pour réguler le taux d'humidité ambiante dans les locaux.

Cet apport d'air extérieur de température faible en hiver et élevée en été, induit une consommation d'énergie dédiée au chauffage et au refroidissement des locaux particulièrement importante.

Conclusion : Globalement, la performance de l'enveloppe thermique du bâtiment est particulièrement faible. En effet, l'absence d'isolation de la majorité de la surface des parois en contact avec l'extérieur induit des déperditions particulièrement élevées, de même que les faibles - moyennes performances thermiques des menuiseries et la présence d'importantes infiltrations d'air.

De plus l'utilisation ponctuelle de systèmes de ventilation très faiblement performants assurant le renouvellement d'air de certains locaux (chambres hospitalisées) induit des déperditions importantes.

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 Morin est alimenté pour la sous-station principale du site. Il est ensuite distribué en chauffage via sa propre sous-station située au sous-sol du bâtiment Morin. Cette sous-station est équipée de deux échangeurs thermiques de 208 kW unitaire. La sous-station couvre les besoins de chauffage pour le bâtiment. Cette sous-station est régulée par un automate Trend.

Le bâtiment est également équipé de systèmes à détente directe qui peuvent fonctionner en mode chauffage.

La diffusion du chauffage au sein du bâtiment MORIN s'effectue, dans les locaux d'occupation, quasi-exclusivement par des radiateurs en fonte et anecdotiquement les émetteurs soufflants reliés aux systèmes réversibles à détente directe.

2.2.2. ECS (Eau Chaude Sanitaire)

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est directement assurée par le réseau de chaleur urbain, via deux échangeurs Atlantic de 152kW présents dans la sous-station située sous le bâtiment Joliot et pilotée par des automates autonomes.

2.2.3. Climatisation

Ce bâtiment est principalement refroidi par 13 systèmes à détente directe réversible, qui assurent le chauffage et la climatisation de certains espaces spécifiques tels que des locaux administratifs, des locaux de consultation, et des chambres d'hospitalisation.

Un groupe froid Carrier, qui fonctionne de façon autonome, est installé pour les besoins process du service de Biochimie au R+6 et est piloté via un automate local. Les sondes de températures remontent sur l'automate Trend.

Un groupe froid Tecumseh, qui fonctionne de façon autonome, est installé pour les besoins de stockage froid du service de Biochimie et est piloté via une commande locale par le service concerné.

2.2.4. Eclairage

L'éclairage intérieur du bâtiment est assuré par un mix de système d'éclairage de type fluocompacte (90%) peu performants et de type LED (10%) performants. Les éclairages de type LED sont quasi-exclusivement situés dans les circulations (reliés à des détecteurs de présence) et les chambres d'hospitalisation (et d'opération, mais non accessible). Globalement la performance du système d'éclairage est faible.

2.2.5. Ventilation

La ventilation est assurée par des systèmes de ventilation de type simple flux (extraction) situés dans les combles. Ces systèmes ne sont pas pilotés.

L'absence de système de renouvellement d'air induit une accumulation d'humidité dans l'air ambiant des locaux d'occupation, induisant l'ouverture manuelle des fenêtres par le personnel (forte augmentation des déperditions).

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.

Sur ce bâtiment, les sondes du groupe froid Carrier, la production d'ECS et l'automate de la sous-station sont raccordées à des automates locaux TREND, néanmoins ceux-ci ne communiquent pas avec la supervision générale TREND. La GTB Iconics n'est pas utilisée.

2.2.7. Usages spécifiques

Des équipements spécifiques en lien avec les activités pratiquées au sein des différents services sont présents. Ceux-ci sont composés d'équipements médicaux, d'équipements de recherche et d'équipements informatiques. Le fonctionnement permanent de ceux-ci induit des consommations d'énergie élevées.

2.2.8. Conclusion

Globalement, le bâtiment MORIN est équipé de systèmes CVC faiblement à moyennement performants dont le pilotage par les divers systèmes de régulation peut être optimisé. **L'absence de systèmes de ventilation adaptés aux divers usages du bâtiment deviendra problématique si des travaux sur l'enveloppe sont effectués.**

Les systèmes d'éclairages sont globalement peu performants, induisant une consommation d'électricité élevée.

Les équipements spécifiques en lien avec les activités du bâtiment induisent aussi une consommation d'électricité particulièrement importante.

Etat des lieux

3



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 17122024 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 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	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 locaux de 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 opaques	Composition	Surface (m ²)	Résistance thermique surfacique (m ² .K/W)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
Mur sur extérieur	Pierre calcaire (50 cm), revêtement intérieur (1 cm)	3524	0,29	>3,7	>3,7	1	4
Plancher haut sur combles perdus	Faux plafond (2 cm), dalle béton (30 cm), isolant (30 cm), toiture zinc (0.5 cm)	1067	7,1	>6	>6	5	4
Plancher bas sur sous-sol	Carrelage (1 cm), mortier (2 cm), dalle béton (30 cm)	967	0,23	>3	>3	1	2



L'examen non destructif des parois opaques de l'enveloppe thermique montre une absence d'isolation des planchers bas et des murs sur extérieur, mais une isolation du plancher haut. Cette absence d'isolation induisant des déperditions particulièrement élevées est caractérisée par une notation de performance faible, permettant de s'orienter sur les postes de travaux de rénovation les plus urgents.

3.4.2. Menuiseries extérieures

Parois verticales	Composition	Surface (m ²)	Résistance thermique surfacique (m ² .K/W)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
Porte-fenêtre – RDC*	Cadre bois, vitrage simple (6 mm)	25	0,198	<0,526	<0,714	1	2
Fenêtre – RDC*	Cadre bois, vitrage simple (6 mm)	124	0,176	<0,526	<0,714	1	2
Fenêtre - R+1 - 1	Cadre aluminium (rupteur), vitrage simple traité (6 mm)	18	0,245	<0,526	<0,714	2	3
Fenêtre - R+1 - 2	Cadre bois, vitrage simple (6 mm)	82	0,186	<0,526	<0,714	1	2
Fenêtre - R+2	Cadre bois, vitrage simple (6mm)	143	0,188	<0,526	<0,714	1	2
Fenêtre - R+3	Cadre bois, vitrage double (8/10/8)	65	0,314	<0,526	<0,714	3	3
Fenêtre - R+4 - 1	Cadre bois, vitrage simple (6 mm)	189	0,179	<0,526	<0,714	1	2
Fenêtre - R+4 - 2	Cadre bois, vitrage double (8/10/8)	36	0,315	<0,526	<0,714	3	3
Fenêtre - R+5	Cadre bois, vitrage double (8/10/8)	66	0,312	<0,526	<0,714	3	3
Fenêtre - R+6	Cadre PVC (absence rupteur), vitrage double (6/10/6)	203	0,286	<0,526	<0,714	2	3

*Les menuiseries concernées présentent des défauts d'étanchéité à l'air importants

L'examen des menuiseries, parois essentielles de l'enveloppe thermique, montre des typologies de composition différentes, indiquant plusieurs campagnes de remplacement depuis le début de l'activité du bâtiment. La performance globalement faible-moyenne des parois vitrées du bâtiment induit des déperditions thermiques importantes.

3.5. PERFORMANCE DES INSTALLATIONS ENERGETIQUES

3.5.1. Chauffage

Localisation	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance thermique chaud (kW)	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
Chaufferie	Echangeur	Tout le bâtiment	BARRIQUAND	BAS*65*700*C*P	2010	2	208	-	4	2
Chaufferie	Pompes de distribution réseaux radiateurs Nord et Sud	Radiateurs Nord et Sud	GRUNDFOS	MAGNA3D 65-100 F 340	NC	4	-	0,60	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).

La SST de Morin comprend 2 réseaux de distribution :

- Un départ chauffage nord, régulé par une vanne 3 voies (V3V) ;
- Un départ chauffage sud, régulé par une vanne 3 voies (V3V) ;

Ces départs alimentent tous les radiateurs du bâtiment. Ces départs sont équipés de V3V et sont pilotés par l'automate Trend présent en sous-station.

L'examen de l'interface locale TREND montre l'utilisation d'un type de régulation du système de production de chaleur en loi d'eau sur sonde de température extérieure mais pas de programmation horaire, telle que :

- Pour -7°C ext, départ à 80°C
- Pour 0°C ext, départ à 60°C
- Pour 10°C ext, départ à 40°C
- Pour 20°C ext, départ à 20°C

Le réseau de chauffage n'est pas intégralement isolé, au niveau des points singuliers. Des matelas isolants ont été déposés dû à des fuites sur le réseau et n'ont pas été remis en place.

Les systèmes thermodynamiques présents sur le bâtiment peuvent fonctionner en mode chauffage et sont pilotés uniquement avec une télécommande locale par les occupants.



Relevés de températures ambiantes

Zone	Plage températures (°C)
Sanitaires	21 - 22,5
Circulation verticales	20 - 22
Circulations horizontales	22 - 23
Locaux administratifs	22 - 23
Locaux de consultation	22 - 23,5
Chambres d'hospitalisation	22,5 - 23,5
Laboratoires	23 - 24,5

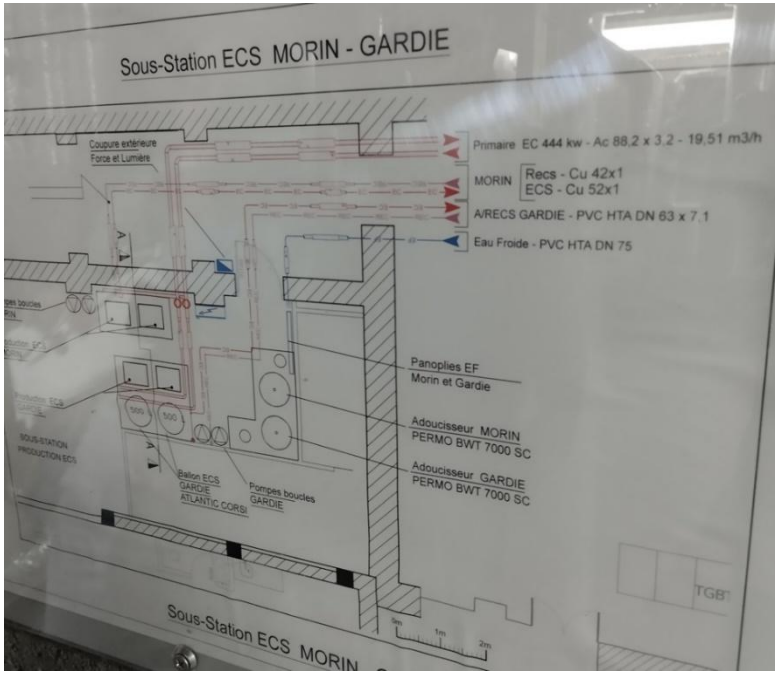
Les relevés de températures ambiantes des locaux chauffés du bâtiment MORIN furent effectués le 13/03/2025. Ceux-ci montrent des températures intérieures particulièrement élevées, indépendamment de l'usage des locaux.

La modification des paramètres de régulation des systèmes de chauffage du bâtiment permettrait de diminuer la température intérieure des locaux non critiques et ainsi, de diminuer la consommation d'énergie induite par le chauffage de ces zones.

3.5.2. ECS

Localisation	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance thermique chaud (kW)	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
Sous station Joliot	Echangeurs ECS	ECS MORIN	Atlantic	100 D	NC	2	152	-	3	4
Sous station Joliot	Pompes bouclage ECS	Bouclage ECS	Grundfos	UPS 25-40	NC	2	-	0,04	3	4
Sous station Joliot	Pompes de distribution ECS	Circulation ECS	WILO	NC	NC	4	-	0,1	4	4

L'ECS (Eau Chaude Sanitaire) du site est produite dans la sous-station du bâtiment MORIN, via le réseau de chaleur et des échangeurs Atlantic de 152 kW chacun, changés récemment. La distribution se fait directement via un réseau bouclé desservant l'ensemble du bâtiment. Le départ est constant, avec une consigne à 63°C. Lors de la visite, nous avons pu constater que la consigne est bien suivie, avec une température réelle de 62,9°C.



3.5.3. Ventilation

Localisation	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
Combles	Extracteur	Sanitaires	Inaccessible	NC	NC	2	0,5	2	2

La ventilation de ce bâtiment dépend principalement de la ventilation naturelle. Toute la ventilation mécanique du bâtiment est située dans les combles. Elle est constituée de deux extracteurs qui ne sont pas pilotés.

Mesures de débit de ventilation

Zone	Type	Débit (m3/h)
Sanitaires	Reprise	28,6

Mesures d'humidité relative

Zone	Plage d'humidité (%HR)
4e étage	46-50 %
1er étage	47%
Sanitaires 1er étage	55%

Les relevés de débits de ventilation et de taux d'humidité dans certains locaux du bâtiment ont mis au jour la présence d'un faible nombre d'équipements de ventilation motorisés au niveau des sanitaires dont certains sont reliés aux chambres d'hospitalisation. Ce défaut de renouvellement d'air induit une accumulation d'humidité dans l'air ambiant des locaux non ventilés, induisant l'ouverture manuelle des fenêtres par le personnel, et ainsi, une augmentation des déperditions thermiques.

3.5.4. Climatisation

Localisation	Etiquette	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance thermique froid (kW)	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM02	Détente directe	R01	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG36LBLA5	2019	1	10	2,3	2	3
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM03	Détente directe	R01	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG24LAT3	2019	1	6,8	1,6	2	3
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM04	Détente directe	R03	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG36LBLA5	2019	1	10	2,3	2	3
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM05	Détente directe	R01	DAIKIN	5MXS90E3V3B2	NC	1	8,1	2,5	2	3
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM06	Détente directe	S01	DAIKIN	RXF50B2V1B	2020	1	5	1,5	2	3
EXTERIEUR MORIN RDC	TNN_MOR_RDC_CLIM08	Détente directe	Local compresseur S01	DAIKIN	RXS50L2V1B	2020	1	5	1,7	2	3
EXTERIEUR MORIN	TNN_MOR_RDC_CLIM07	Détente directe	R02	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG36LBLA5	2019	1	10	2,3	2	3
EXTERIEUR MORIN	TNN_MOR_RDC_CLIM09	Détente directe	Local électrique S01	DAIKIN	RZAG35A2V1B	NC	1	3,5	0,5	2	3
EXTERIEUR R06	NC	Détente directe	Chambres 5eme	DAIKIN	3MXS68G3V1B2	2018	1	6,8	2,2	2	3
EXTERIEUR R06	NC	Détente directe	R+6 Labos	DAIKIN	RXYSQ6P8V1B	2015	1	15,5	4,5	2	3
EXTERIEUR R06	NC	Détente directe	NC	DAIKIN	RXYSCQ5TMV1B	2019	1	14	3,4	2	3
EXTERIEUR R06	TNN_MOR_R06_GF03	Groupe froid	BIOCHIMIE R06	TECUMSEH	TFH 4531 Z	NC	1	4,4	1,8	2	2
EXTERIEUR S01	TNN_MOR_S01_CLIM01	Détente directe	R01	FUJITSU GENERAL LIMITED	MXZ-3B54VA	NC	1	5,4	1,2	2	3
Terrasse au-dessus Salmon	NC	Détente directe	NC	DAIKIN	NC	NC	2	NC	NC	2	3

Audit Energétique APHP – TENON – MORIN

Terrasse au-dessus Salmon	NC	Groupe froid	BIOCHIMIE (6ème étage)	Carrier	Aqua snap 30RBS - 100B0109-PE	2015	1	100	36	3	2
Terrasse au-dessus Joliot	NC	Détente directe	NC	DAIKIN	RXS50L2V1B	2016	2	5	1,7	2	3
TERRASSE JOLIOT R01	TNN_MOR_R01_CLIM10	Détente directe	Carre sud R03	DAIKIN	RXS50L2V1B	2016	1	5	1,7	2	3
TERRASSE JOLIOT T02	TNN_MOR_T02_CLIM13	Détente directe	R03	DAIKIN	RXS50L2V1B	2016	1	5	1,7	2	3

La climatisation liée au confort est assurée par des systèmes split et est gérée localement par les occupants via des télécommandes.

De même, le groupe froid Tecumseh utilisé pour le process, est géré par les occupants de la zone Biochimie.

Le groupe froid Carrier, situé sur la terrasse de Salmon est pilotée par un automate local à une température de départ constante de 10°C. La sonde de température de départ, visiblement sur une interface Trend, affiche une température à 10,1°C.



3.5.5. Eclairage intérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Tube fluocompacte T8	Estimé à 450	3	3	5 ans
Dalle LED	Estimé à 50	5	5	10 ans

Différents types de luminaires intérieurs composent le système d'éclairage global du bâtiment. Le ratio d'équipements d'éclairage type LED / total est estimé à environ 10 %.

Relevés d'intensité lumineuse intérieure

Zone	Intensité (lux)
Sanitaires	150 - 250
Circulation verticales	150 - 400
Circulations horizontales	100 - 500
Locaux administratifs	350 - 600
Locaux de consultation	200 - 500
Chambres d'hospitalisation	150 - 550
Laboratoires	350 - 650

Les relevés d'intensité lumineuse dans les locaux d'occupation du bâtiment ont mis au jour la présence majoritaire de systèmes d'éclairage de type tube fluocompacte (90 %) faiblement à moyennement performants et de type LED (10 %) hautement performants.

Les intensités lumineuses mesurées semblent cependant être en accord avec les usages des locaux concernés.

3.5.6. Eclairage extérieur

Équipement	Quantité	Performance		Pérennité		Durée de vie résiduelle
Spot fluocompacte	Estimé à 5		2		2	5 ans
Lampadaire extérieur général	Indéterminé (échelle site)	5		5		10 ans



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

3.5.7. Gestion Technique Centralisée

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

Les automates Trend permettent de piloter les circuits radiateurs, la production d'ECS et de remonter la température de départ du groupe froid. Néanmoins, ces automates ne remontent pas sur la supervision globale Trend.

Lors de la période d'audit du bâtiment, la GTB Trend était hors service lié à un problème général de communication. Des travaux étaient en cours pour la remettre en état.



Analyse de performance thermique, énergétique et paramétrage

4



4. ANALYSE DE LA PERFORMANCE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

4.1. ANALYSE COURBE DE CHARGE SMART IMPULSE

4.1.1. Contexte

L'instrumentation du départ électrique du bâtiment Morin du 11/04/25 au 5/05/25 n'a malheureusement pas été concluante.

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 de **20 kWh/m²/an** soit **110 MWh/an**, ce qui est dérisoire compte-tenu de l'activité du bâtiment. La consommation attendue pour ce bâtiment se situe au minimum à 110 kWh/m²/an, soit 4 fois plus que les résultats observés.

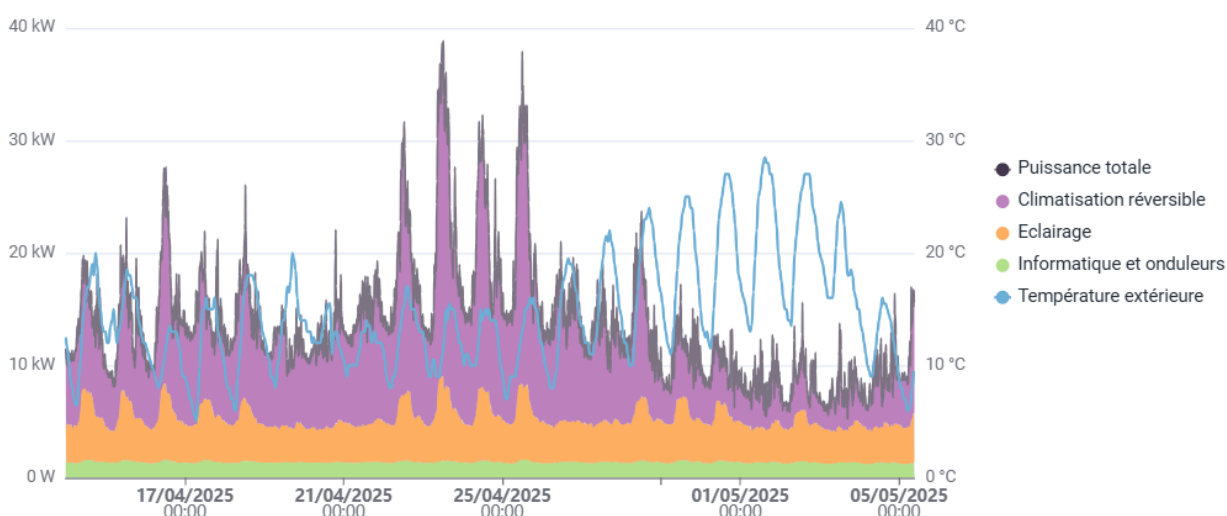
Pendant la période de mesure, l'activité du bâtiment a suivi son fonctionnement normal et aucune coupure électrique n'a été constatée sur les relevés. L'instrumentation a été validée à distance par la société Smart Impulse, fournisseur des équipements de mesure sur ce projet. On peut donc poser l'hypothèse que seule une partie de la consommation électrique a été mesurée, et qu'il devrait exister d'autres départs électriques alimentant le bâtiment Morin. Ceux-ci n'ont pas été identifiés lors de nos échanges avec les interlocuteurs électriques du site, sur les plans électriques ainsi qu'en physique dans les locaux électriques.

Les analyses suivantes sont tout de même réalisées à l'échelle du départ instrumenté, mais les résultats ne représentent pas la totalité du bâtiment.

4.1.2. Analyse de la courbe de charge électrique

TNN - TGBT Tesla - Bâtiment Morin

Puissance à 10 minutes - Du 14/04/2025 au 05/05/2025



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

- Puissance maximale de 39 kW atteinte en journée en semaine
- Puissance maximale de 15 kW atteinte en journée le week-end
- Talon de consommation de 9 kW atteint en période nocturne

On observe que la part de climatisation ne suit pas forcément les variations de température extérieure (augmentation de la puissance appelée en journée de 19 à 39kW sur la semaine du 21 au 27/04, bien que la température extérieure ait augmentée plutôt sur la semaine d'après). Cela peut être due à une augmentation de l'activité sur cette période qui augmente le besoin de climatisation ponctuellement.

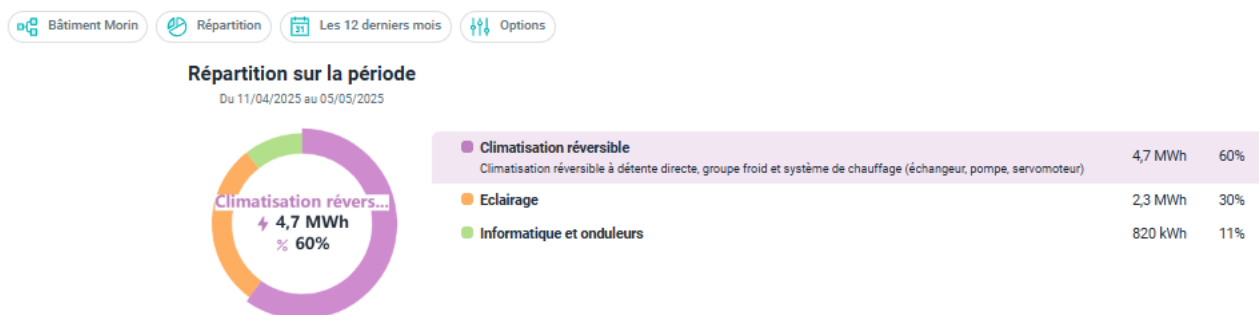
La part d'équipements de process (sous l'usage Informatique et onduleurs) est constante sur la période de mesure.

Les équipements d'éclairage étant utilisés en journée, ceux-ci induisent une variation de la consommation d'énergie électrique visible sur la courbe de charge.

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 départ mesuré :

- Systèmes de production de froid : 60%
- Systèmes d'éclairage : 30 %
- Systèmes informatiques et équipements spécifiques : 11 %



Ces valeurs de puissances appelées ainsi que la répartition par usage ne seront pas utilisées pour le calage de la modélisation du bâtiment du fait de son manque de complétude à l'échelle du bâtiment.

4.2. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

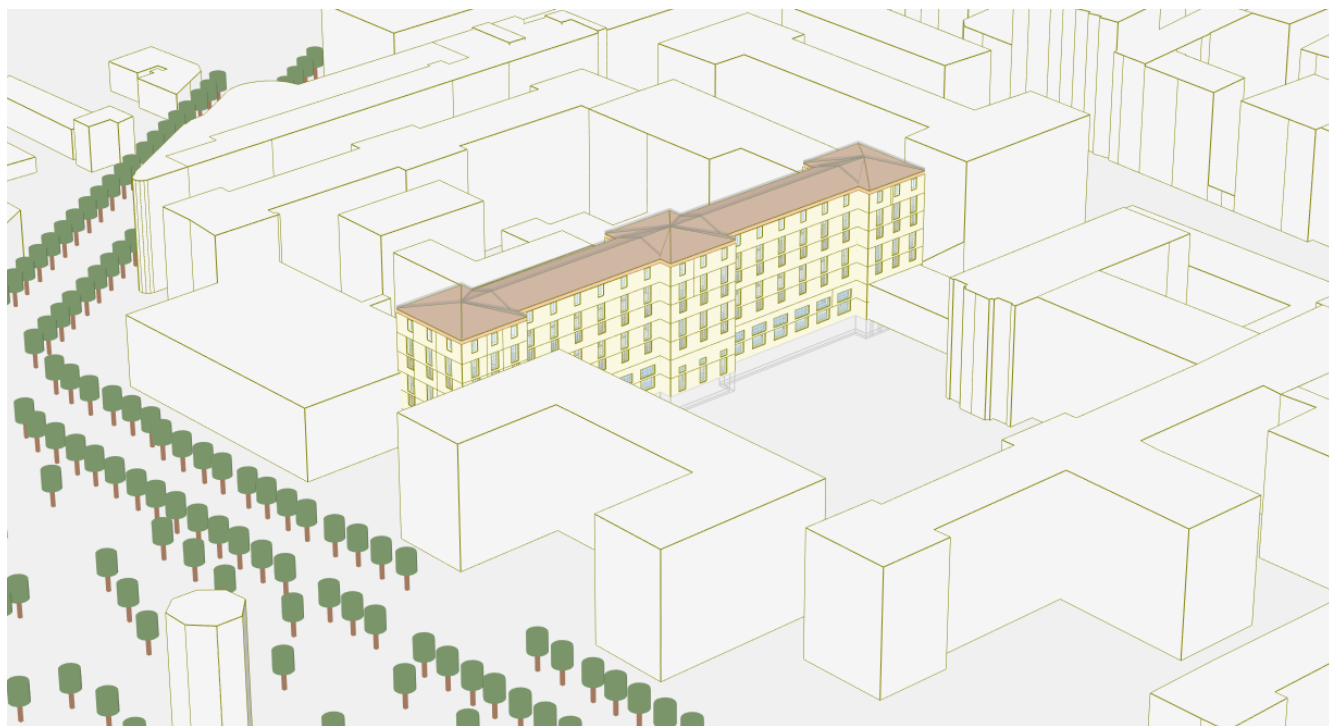
Afin de calculer les résultats des préconisations, et d'identifier les déperditions, nous avons réalisé une Simulation Thermique Dynamique (STD) ainsi qu'une Simulation Energétique Dynamique (SED).

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%.

Les données de consommation électrique fournies par l'étude réalisée par Smart Impulse permettent d'atteindre un état « initial » simulé identique à 5 % à l'état actuel selon les consignes de modélisation abordée précédemment.

Cependant, les données de consommation de chaleur étant fournies à l'échelle du site, il ne fut pas possible de réaliser de « calage » sur les données fournies, mais d'obtenir un état estimé proche du réel à l'aide des données de consommation du site et des études réalisées sur d'autres sites.

De même, les données de consommation d'électricité obtenues lors de la période d'instrumentation semblant ne pas correspondre aux données de consommation réelle, une autre méthodologie basée sur des mesures réelles a été privilégiée pour estimer la consommation de bâtiments.

4.3. 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 :

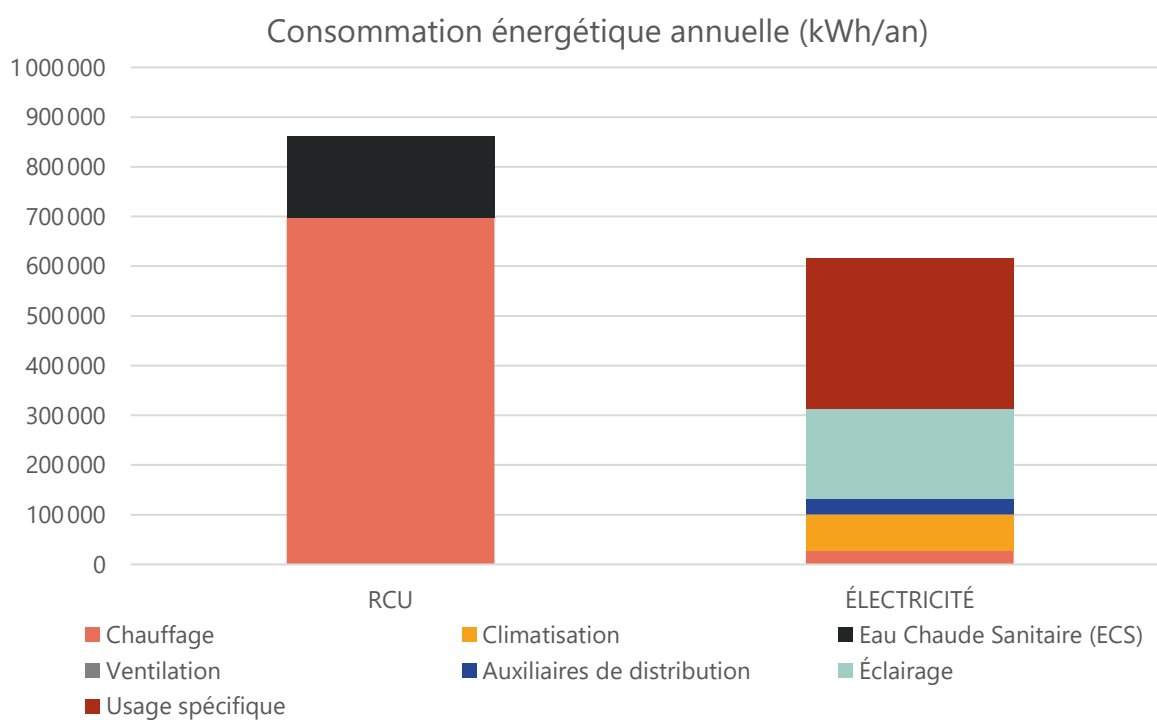
- Les consommations prises en compte pour la validation du modèle numérique sont les consommations d'énergie à l'échelle du site de l'année 2023 et les données de consommation d'énergie électriques fournies par l'étude de Smart Impulse.
- Les fiches techniques des luminaires n'ayant pas été transmises (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 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.

4.4. DETAILS DE CONSOMMATIONS ISSUES DE LA STD

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

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS						
Usages	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	697 863	81%	27587	4%	131	49%
Climatisation	-	-	72 129	12%	13	5%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	164 434	19%	-	-	30	11%
Ventilation	-	-	1 391	-	-	-
Auxiliaires de distribution	-	-	31 357	5%	6	2%
Éclairage	-	-	180 517	29%	33	12%
Usage spécifique	-	-	302 083	49%	54	20%
Production d'énergie renouvelable	-	-	-	-	-	-
TOTAL	862 297	100%	615 064	100%	267	100%

Energie primaire (kWhEP)	862297	1414647	410
Emission CO2 annuelle (TeqCO2/an)	126	35	29

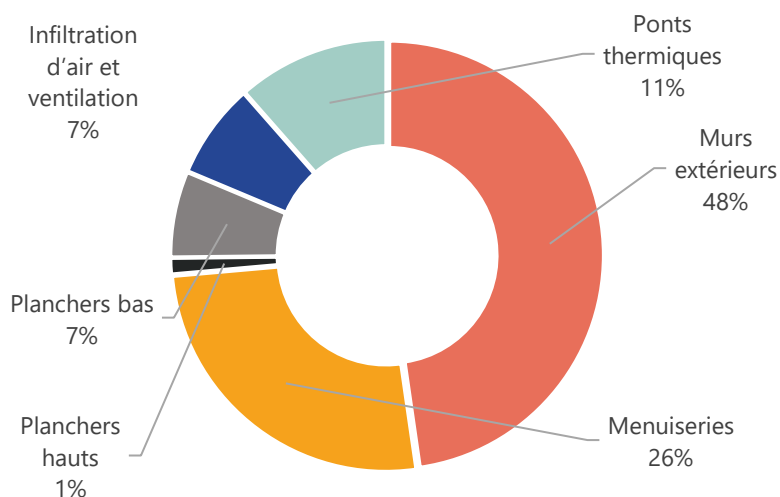


4.5. DEPERDITIONS THERMIQUES

RÉPARTITIONS DES DÉPERDITIONS					
Murs extérieurs	Menuiseries	Planchers hauts	Planchers bas	Infiltration d'air et ventilation	Ponts thermiques
162 kW	89 kW	4 kW	22 kW	24 kW	39 kW
TOTAL DES DÉPERDITIONS				340 kW	
COEFFICIENT $U_{bât}$				1,94 W/m².K	

Soit une répartition tel que :

Détail des déperditions thermiques du site



4.6. 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	340 kW (avec ECS)	360 kW (avec ECS) 360 kW (secours)	+5,5 %
REFROIDISSEMENT	142 kW	225 kW	+ 37 %

La puissance de chauffage active installée est de 360 kW. Une partie de cette puissance installée est dédiée à la production d'ECS. Cette puissance globale correspond à +5,5 % près à la puissance à installer recommandée. La puissance de chauffage supplémentaire installée utilisable en situation de secours est de 360 kW. La puissance de chauffage installée utilisée (hors système de secours) est donc adaptée à l'utilisation actuelle du bâtiment.

La puissance de refroidissement installée est de 225 kW. Cette puissance correspond à +37 % près à la puissance à installer recommandée. En effet, en accord avec les activités pratiquées au sein du bâtiment, le besoin de puissance de climatisation est important. La puissance de refroidissement installée est donc sensiblement surdimensionnée afin d'assurer le refroidissement des zones concernées en cas de dysfonctionnement de certains systèmes ou en cas de contexte climatique particulièrement défavorable (canicule, pics de chaleur,...).

4.7. DONNEES METEOROLOGIQUES

La simulation énergétique dynamique est basée sur les données météorologiques (températures, hygrométrie, rayonnements solaires) fournies par le jeu de données Meteonorm V2. La station de mesure météorologique utilisée pour la simulation est donc celle de Paris – Montsouris (moyennes des températures mensuelles de 2010 à 2019).

L'étude étant basée sur les données de consommation énergétique de l'année 2023, il convient d'étudier celles-ci en considérant le contexte météorologique associé. Les données météorologiques utilisées pour l'étude des consommations énergétiques sont donc celles fournies par la station de mesure météorologique Paris – Montsouris pour l'année 2023.

En effet, la différence de contexte météorologique entre les données utilisées pour la simulation numérique énergétique et les données utilisées pour l'étude des consommations énergétiques obligent à effectuer une correction des consommations énergétiques calculées pour les exprimer dans le cadre du contexte météorologique de l'étude, soit celui des données correspondantes à Paris – Montsouris en 2023.

Les données météorologiques correspondantes sont donc :

- Données météorologiques SED :
 - o DJU : 2 154
 - o DJF : 454
- Données météorologiques étude consommations énergétiques :
 - o DJU : 1 833
 - o DJF : 741

4.8. CONSOMMATIONS DE RESEAUX DE CHALEUR URBAIN

A défaut de disponibilité de données de consommation de chaleur depuis le réseau de chaleur CPCU à l'échelle du bâtiment, une estimation de la consommation a été réalisée à partir des données de consommation à l'échelle du site.

La méthodologie choisie pour estimer la consommation de chaleur du bâtiment est celle de l'estimation par calcul au mètre chauffé via un système de chauffage utilisant le réseau de chaleur comme système de production.

La valeur de la consommation de chaleur par mètre carré chauffé est de **152 kWh/m².an**.

Dans cas de l'étude du bâtiment MORIN, la surface chauffée via le réseau hydraulique alimenté en chaleur par le réseau de chaleur est 5 553 m².

Le détail du calcul de la consommation de chaleur est donc le suivant :

- Consommation annuelle estimée : 844 056 kWh/m².an (DJU de 1 833)
- Consommation annuelle simulée : 953 319 kWh/m².an (DJU de 2 154)
- **Consommation annuelle simulée corrigée : 862 297 kWh/m².an (DJU de 1 833)**

Consommation annuelle corrigée de RCU du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle de RCU estimée [MWh]	Ecart [%]
862,297 MWh	844,056 MWh	+ 2 %

4.9. CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ

Une mesure électrique a été réalisée par l'entreprise Smart Impulse, sur une durée de 30 jours puis ramené sur un ratio mensuel puis annuel. Cette mesure nous a permis d'avoir une estimation globale de la consommation électrique du bâtiment.

Cependant les données de consommation issues de cette instrumentation montrant des résultats particulièrement faibles, il a été décidé de considérer des données de consommation estimées selon une autre méthodologie.

En effet, à défaut de disponibilité de données de consommation d'électricité à l'échelle du bâtiment, une estimation de la consommation a été réalisée à partir des données de consommation à l'échelle du poste électrique desservant le bâtiment.

La méthodologie choisie pour estimer la consommation d'électricité du bâtiment est celle de l'estimation par calcul au mètre, pondérée par l'usage du bâtiment.

La valeur de la consommation d'électricité (pondérée par l'usage du bâtiment) par mètre carré est de **111 kWh/m².an**.

Le détail du calcul de la consommation d'électricité est donc le suivant :

- Consommation annuelle estimée (953 m² chauffés, 2 453 m² refroidis) : 617 964 kWh/m².an (DJU de 1 833, DJF de 741)
- Consommation annuelle simulée (953 m² chauffés, 2 453 m² refroidis) : 595 229 kWh/m².an (DJU de 2 154, DJF de 454)
- **Consommation annuelle simulée corrigée (953 m² chauffés, 2 453 m² refroidis) : 615 064 kWh/m².an (DJU de 1 833, DJF de 741)**

Consommation annuelle d'électricité corrigée du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle d'électricité estimée [MWh]	Ecart [%]
615,064 MWh	617,964 MWh	- 1 %

L'écart est donc inférieur à 5% sur l'année, ce qui permet de valider le modèle SED sur l'électricité.

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 absolue	
Altitude du site	Altitude < 400 m Référence 100 m
Surface totale (m²)	6 187 m²
Surface chauffée (m²)	4650 m²
Surface refroidie (m²)	2453 m²
Station météo	Paris Montsouris
Zone climatique	H1a

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

Usage	Surface considérée	Valeur absolue associée (kWhDT/m². an)
Hospitalisation Conventionnelle	1 936	201
Chambre froide	15	380
Bureaux standards / administration	1 713	87
Consultation	1 177	85
Laboratoire courant	1 023	223
Zone d'accueil au public	276	78
Laverie	24	431
Vestiaires	25	111

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

Cabs estimée (kWhDT/m².an)	Etat des lieux 2023 estimé (kWhDT/m².an)
155 kWhDT/m²/an	207 kWhDT/m²/an

Contact



CONTACT

PIGNON Vincent

Auditeur énergétique

Tél

Vincent.pignon@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Tél

Clarisse.manteau@advizeo.io

WILLERVAL Florian

Auditeur énergétique

Tél

Florian.willerval@advizeo.io

Bastien RINGES

Expert STD

Tél

Bastien.ringes@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 :

	Locaux administratifs
	Ascenseurs
	Circulations verticales
	Sous-sol
	Locaux de consultation
	Sanitaires
	Chambres hospitalisation
	Locaux de stockage
	Circulations horizontales
	Vides sur étages inférieurs
	Locaux informatiques
	Locaux de détente
	Laboratoires
	Vestaires
	Chambres froides
	Laveries

Figure 4 : Descriptif zones SED

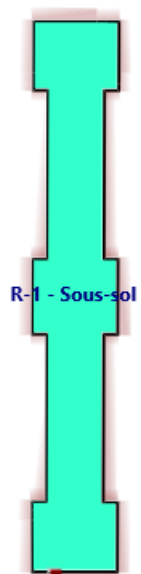


Figure 5 : R-1



Figure 6 : RDC



Figure 7 : R+1



Figure 8 : R+2



Figure 9 : R+3



Figure 10 : R+4



Figure 11 : R+5



Figure 12 ; R+6

5.3. SURFACES DES DIFFÉRENTES ZONES THERMIQUES

Zone thermiques STD	Surface de Plancher (m ²)
Locaux administratifs	870
Ascenseurs	21
Circulations verticales	572
Sous-sol	1 023
Locaux consultation	1 177
Chambres hospitalisation	408
Sanitaires	34
Locaux stockage	266
Circulations horizontales	822
Locaux informatiques	13
Laboratoires	1 023
Vestiaires	24
Chambres froides	15
Laverie	24

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]