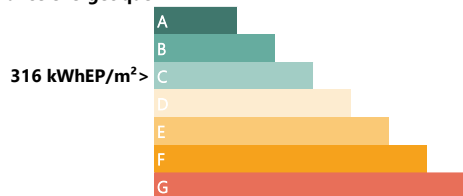


Audit énergétique

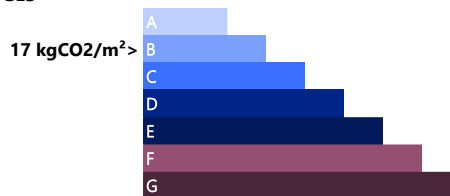
DOSSIER ENERGETIQUE – Etat des lieux

TNN019 – Hôpital de TENON – Bâtiment RECHERCHE

Performance énergétique



Emission GES



EMETTEURS

Vincent PIGNON

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
Bastien RINGES	Expert STD	Validation
Clarisse MANTEAU	Directrice de projet	Validation

Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_TENON_Etat des lieux_RECHERCHE_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 RECHERCHE	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	15
3.	Etat des lieux	18
3.1.	Indicateurs énergétique - enveloppe	18
3.2.	Indicateurs energétique - 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
3.4.3.	Prises de vue à la caméra thermique.....	23
3.5.	Performance des installations énergétiques	24
3.5.1.	Chauffage.....	24
3.5.2.	Relevés de températures ambiantes	25
3.5.3.	ECS	26
3.5.4.	Ventilation.....	27
3.5.5.	Mesures de débit de ventilation	29
3.5.6.	Climatisation	30
3.5.7.	Eclairage intérieur	32
3.5.8.	Relevés d'intensité lumineuse intérieure	32
3.5.9.	Eclairage extérieur	33
3.5.10.	Gestion Technique Centralisée	34

4. énergétique

Analyse de la performance thermique et 36

4.1. Analyse courbe de charge SMART Impulse	36
4.2. Simulation thermique dynamique.....	36
4.3. Notes méthodologiques.....	37
4.4. Détails de consommations issues de la STD	39
4.5. Déperditions thermiques.....	41
4.5.1. Détails des déperditions thermiques.....	41
4.6. Besoin des locaux.....	42
4.7. Données météorologiques	43
4.8. Consommations de Réseaux de chaleur urbain	43
4.9. Consommations d'électricité	44

5.

Etat des lieux Décret Tertiaire..... 45

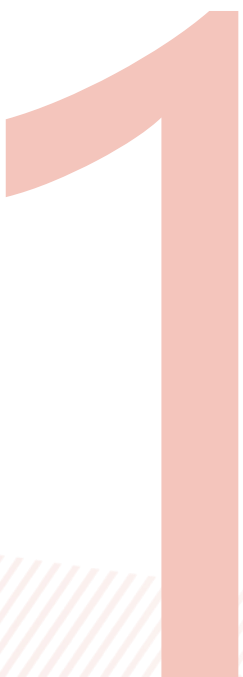
5.1. Détermination de la référence et des objectifs	45
---	----

Contact 47

Annexe 49

5.2. Répartition des zones	49
5.3. Surfaces des différentes zones thermiques	54
5.4. Détail de l'ajustement climatique.....	55

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 Recherche 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

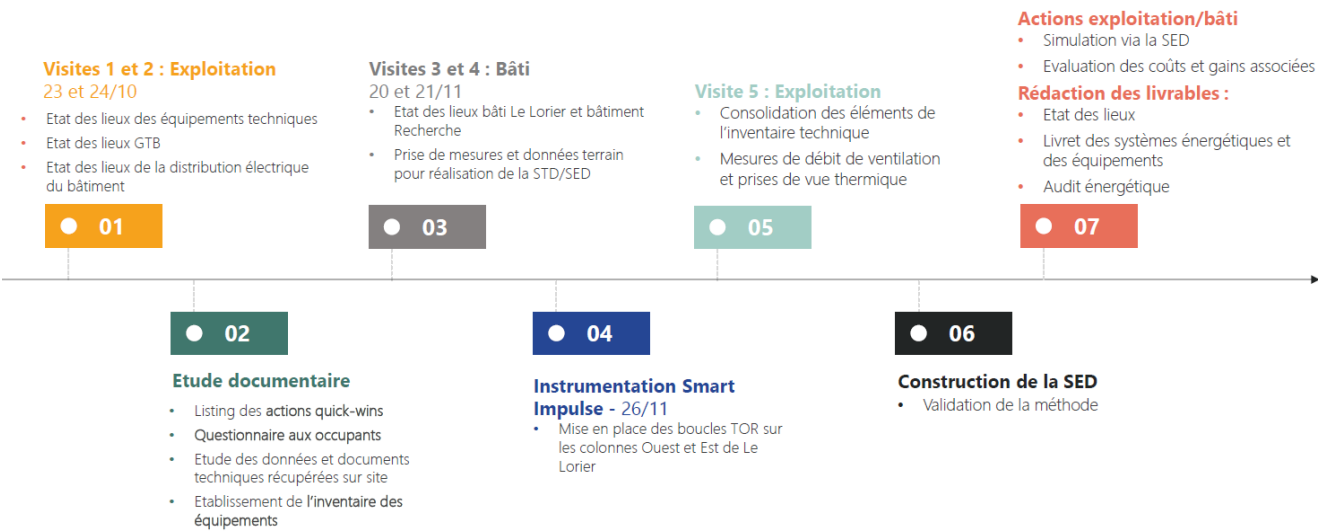
L'ensemble de la prestation vise à apporter une vision d'ensemble de la performance énergétique actuelle des sites et de leurs bâtiments. De plus, elle a pour objectif de dégager les principaux leviers d'action permettant l'amélioration de la performance énergétique et environnementale tout en assurant 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 + site	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	/	Instrumentation Smart-Impulse non réalisable
Parois	21/11/2024	Relevés d'épaisseurs de parois et de compositions non destructifs
Température ambiance intérieure	21/11/2024	Relevés de températures zones par zones
Débit de ventilation	07/01/2025	Relevés de débits de ventilations zones par zones (accessibles)
Vues thermiques	07/01/2025	Prise de vues à la caméra thermique
Luminosité	21/11/2024	Relevés d'intensité lumineuse zone par zone
Hygrométrie	25/06/2025	Relevés d'hygrométrie zone par zone (accessibles)

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 RECHERCHE

Le bâtiment RECHERCHE est un bâtiment situé sur le site de TENON, dédié à la recherche médicale. Le bâtiment accueille des employés ayant un accès libre aux divers locaux du bâtiment usuellement de 8h00 à 20h00 en semaine.

Le bâtiment RECHERCHE 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 un RCU (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 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

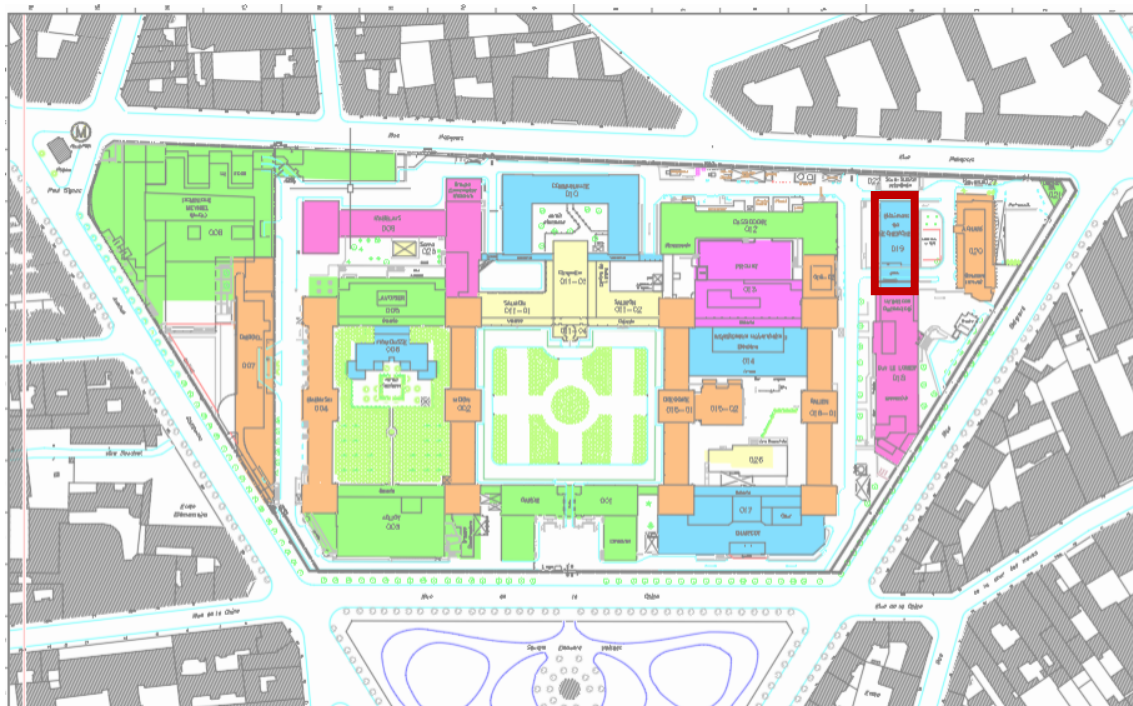


Figure 2 - Plan de masse du site



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 RECHERCHE.

Tableau 2 - Caractéristiques du site

Hôpital de TENON	
Typologie	Hôpital
Bâtiment classé	Non
Nombre de bâtiments	20
Année de construction	1968, 1976, 1995, 2005, 2011 et 2021
Surface totale	105 474 m ²

Tableau 3 - Caractéristiques du bâtiment

Bâtiment RECHERCHE	
Typologie	Centre de recherche
Bâtiment classé	Non
Année de construction	2005
Surface totale	4 317 m ²
Surface chauffée*	4 317 m ²
Surface refroidie*	~3 467 m ²
Horaires d'occupation des locaux	Lundi-vendredi, 8h00-20h00

1.5.3. Occupation

Le bâtiment, siège d'activités de recherche, est composé de locaux dédiés aux usages suivants :

- Local non chauffé (local stationnement)
- Locaux techniques
- Locaux d'expérimentation animale
- Locaux d'expérimentation médicale
- Locaux de laboratoire
- Locaux de bureaux
- Locaux de réunion
- Locaux de détente
- Locaux sanitaires (sanitaires, vestiaires équipés de douches)
- Locaux de circulation (verticales, horizontales)

L'activité sur le site est discontinue (occupation du lundi au vendredi, de 8h00 à 20h00). Toutefois, le personnel ayant accès au bâtiment occupe partiellement (gardes) celui-ci durant les week-ends.

1.5.4. Détail des surfaces du site

Ce tableau se base sur les données issues des plans transmis et des relevés effectués lors des visites « bâti ».

Tableau 4 - Répartition des surfaces suivant les typologies

Typologie	Surface (m ²)	Correspondance DEET
Local stationnement	624	Ventilé sur les activités principales
Laboratoire animalier - Locaux critiques	317	Laboratoire classé
Laboratoire animalier - Locaux non critiques	56	Laboratoire courant
Locaux techniques sous-sol non chauffés	198	Hors DEET
Circulations verticales	12	Ventilé sur les activités principales
Circulations horizontales	673	Ventilé sur les activités principales
Locaux techniques intérieurs non chauffés	286	Hors DEET
Locaux divers (stockage_ archives_ ...)	105	Bureaux standards / administration
Locaux d'expérimentation	225	Laboratoire classé
Local informatique	8	Salle serveur
Vestiaires	6	Vestiaires
Bureaux	867	Bureaux standards / administration
Laboratoires	720	Laboratoire courant
Sanitaires	64	Ventilé sur les activités principales
Locaux de détente	97	Bureaux standards / administration
Locaux de réunion	84	Bureaux standards / administration
Chambres froides	10	Chambre froide
SAS entrée	7	Ventilé sur les activités principales

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 de la recherche médicale (secteur non résidentiel) depuis 2007 (date de mise en activité), le bâtiment RECHERCHE est concerné par la réglementation thermique (tertiaire) de 2005.

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 définie pour la réalisation de la modélisation thermique et énergétique du bâtiment.

Planchers bas (sur local non chauffé) : Composé d'un local de stationnement enterré, le bâtiment RECHERCHE présente une unique typologie de plancher bas (sur local non-chauffé). Composé d'une épaisseur de 8 cm d'isolant (projeté), d'une épaisseur de 40 cm de béton et de matériaux de surface, cette typologie de paroi présente une performance thermique moyenne.

Planchers hauts (sur toiture-terrasse) : La toiture-terrasse est composée d'une épaisseur de 20 cm de béton et d'une épaisseur de 10 cm d'isolant (en faux plafond), de faux plafonds d'épaisseur 3 cm, cette typologie de paroi présente une performance thermique moyenne.

Murs extérieurs : Les murs extérieurs du bâtiment (homogènes du R-1 au R+6) sont composés de 1 cm d'enduit extérieur, de 30 cm de béton, de 8 cm d'isolant et de 1 cm d'enduit intérieur. Cette typologie de paroi présente une performance thermique moyenne.

Menuiseries : Le bâtiment présente différentes typologies de menuiseries de performances homogènes. Composée de cadres en aluminium exempts de rupteurs thermiques, de double vitrage d'épaisseur variable (4 mm à 10 mm) et d'une lame d'air de 16 mm, cette typologie de paroi présente une performance thermique moyenne.

Malgré des performances thermiques moyennes satisfaisantes, les occupants du bâtiment ont fait part d'une sensation de fraîcheur en hiver liée à des infiltrations d'air extérieur froid induites par une faible étanchéité de certaines menuiseries, ainsi qu'une sensation de chaleur en été liée à un rayonnement solaire élevé transmis aux locaux intérieurs via les menuiseries.

Renouvellement d'air : Composée d'une enveloppe aérodynamique moyennement étanche aux infiltrations d'air et de systèmes de ventilation double flux à récupération d'énergie, cette typologie d'enveloppe aérodynamique présente des performances moyennes.

Malgré une étanchéité aux infiltrations d'air extérieur moyenne, certaines menuiseries du bâtiment présentent des défauts d'étanchéité, induisant une hausse des déperditions thermiques.

Conclusion : Globalement, la performance thermique globale du bâtiment RECHERCHE est moyenne. En effet, l'enveloppe thermique du bâtiment est composée de parois opaques et vitrées de performances moyennes (bâtiment assujéti à la RT2005). La performance thermique de l'enveloppe aérodynamique du bâtiment est moyenne. En effet, malgré l'utilisation localisée de systèmes de ventilation à récupération d'énergie, certaines menuiseries présentent des défauts d'étanchéité, induisant des déperditions thermiques.

2.2. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DU DIAGNOSTIC – ÉTAT DES LIEUX SYSTÈMES

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 RECHERCHE est approvisionné en amont par la sous-station SST n°2, située au niveau R-1 du bâtiment LORIER. Cette sous-station est équipée de deux échangeurs thermiques de 475 kW unitaire. En plus de couvrir les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS) du Lorier, le réseau secondaire alimente également le bâtiment Recherche, attenant au Lorier, ainsi que le bâtiment Achard, situé en face.

La diffusion du chauffage au sein du bâtiment RECHERCHE s'effectue par des radiateurs en fonte dans les zones de circulation, d'accueil et les chambres. Dans les blocs opératoires, 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 que des fuites récurrentes signalées. Par ailleurs, un système de récupération de chaleur a été installé sur la bache de condensats. Ce dispositif, qui vise à améliorer les performances énergétiques, est en attente de mise en service.

2.2.2. ECS (Eau Chaude Sanitaire)

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est directement assurée par le réseau de chaleur urbain, via un échangeur présent en sous-station de chauffage de Recherche.

2.2.3. Climatisation

Trois groupes de froid sont installés en toiture du bâtiment de recherche et desservent les bâtiments de recherche, du Lorier et d'Achard. Un réseau secondaire connecte ces groupes de froid aux batteries froides des centrales de traitement d'air (CTA) pour assurer la climatisation des différents espaces.

Les systèmes de production de froid ont été remplacés en début d'année 2025.

En complément, le bâtiment est doté de 9 systèmes à détente directe réversibles, qui assurent la climatisation de certains espaces spécifiques tels que les zones de recherche et autres locaux avec des équipements générant de la chaleur dissipée.

2.2.4. Éclairage

L'éclairage du bâtiment Recherche est assuré par deux typologies de systèmes d'éclairage. En effet, l'éclairage des circulations horizontales, des sanitaires du bâtiment et, ponctuellement, de certains locaux (30% de la surface occupée) est assuré par un système de luminaires à LED pilotés par des détecteurs de présence (performance élevée). L'éclairage des locaux restants (70% de la surface occupée) est assuré par un système de luminaires à tubes fluorescents pilotés par des interrupteurs manuels (performance faible).

La performance globale des systèmes d'éclairage du bâtiment est donc faible/moyenne.

2.2.5. Ventilation

La ventilation est assurée principalement par des systèmes de ventilation de type simple flux pour la zone grise et la zone « Introduction ». Les autres CTA présentent du double-flux.

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.

Une partie des équipements concernés par cette étude sont supposés être remontés sur la GTB Iconics. Les GTB étant en panne pendant la durée de l'audit, nous n'avons pas pu le constater.

2.2.7. Usages spécifiques

Siège d'activités de recherche, le bâtiment est équipé de nombreux équipements spécifiques en lien avec cette activité, en particulier au sous-sol. Ces équipements, tels que les équipements d'imagerie, de refroidissement et de stérilisation, induisent une consommation d'énergie électrique particulièrement élevée.

2.2.8. Conclusion

Le bâtiment RECHERCHE, siège d'activités du secteur de la recherche médicale, est équipé de nombreux systèmes CVC de performances énergétiques moyennes dont la régulation n'est pas optimisée (consignes de température de fonctionnement, planning de fonctionnement, etc).

En effet, en lien avec les activités ayant lieu en son sein, le bâtiment RECHERCHE est particulièrement ventilé, à l'aide de systèmes de ventilation performants équipés de systèmes de récupération d'énergie, mais fonctionnant en régime permanent, induisant une consommation d'énergie électrique élevée.

Le système d'éclairage global du bâtiment est concerné par un relamping LED en régime continu, lors de l'arrêt de fonctionnement localisé de systèmes à tubes fluorescents.

Le fonctionnement de nombreux équipements spécifiques particulièrement consommateurs d'énergie électrique induit un besoin de refroidissement élevé, mais limite le besoin de chauffage du bâtiment.

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 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 locaux de recherche sensibles	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 de laboratoire	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
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

Indicateurs de performance énergétique				
	1	2	3	4
				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

Localisation	Type de paroi	Composition (extérieur vers intérieur)	Surface (m ²)	Résistance thermique surfaccique (m ² .K/W)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
RECHERCHE	Plancher bas (sur local non chauffé) : R-1	Isolant (ouate de cellulose, 10 cm), dalle béton (béton branché, 40 cm), revêtement plastique (plastique, 3 cm)	690	2.9	>3	>3	3	3
	Murs sur extérieur : R-1 à R+6	Enduit extérieur (matière minérale, 1 cm), mur béton (béton branché, 30 cm), isolant (indéterminé, 8 cm), enduit intérieur (matière minérale, 1 cm)	7113.12	1.36	>3.7	>3.7	2	3
	Plancher haut (sur toiture-terrasse) : R+6	Galets (matière minérale, 5 cm), membrane bitumineuse (matière bitumineuse, 1 cm), dalle béton (béton branché, 30 cm), isolant (indéterminé, 15 cm), faux plafond (fibre minérale, 3 cm)	690	4.24	>4.5	>4.5	3	3

Le relevé de composition non destructif des parois opaques du bâtiment montre la présence d'isolation sur la totalité de celles-ci, en lien avec la réglementation thermique de 2005. Globalement, la performance thermique des parois opaques est moyenne, permettant de limiter les déperditions thermiques.



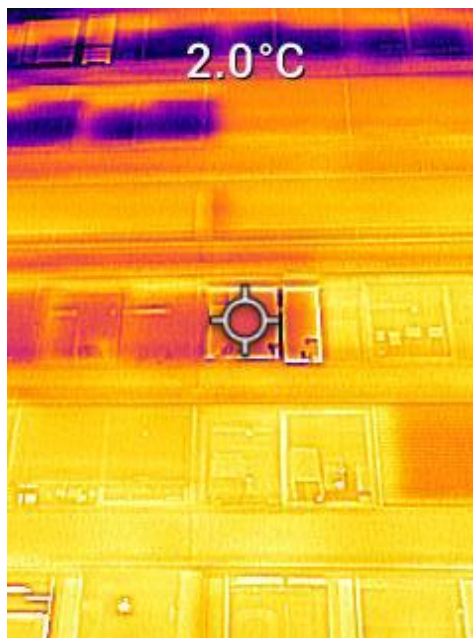
3.4.2. Menuiseries extérieures

Localisation	Type de vitrage	Composition (mm)	Protection solaire	Surface (m ²)	Conductance thermique surfacique (W/K.m ²)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté	Durée de vie résiduelle
RECHERCHE	Portes vitrées : Cadre aluminium, absence de rupture thermique, simple vitrage (RDC)	6	Aucune	5.23	6.05	1.9	1.4	1	3	15 ans
	Fenêtres : Cadre aluminium, absence de rupture thermique, double vitrage (RDC)	8-10-8	Store intérieur	159.66	2.59	1.9	1.4	2	3	15 ans
	Fenêtres : Cadre aluminium, absence de rupture thermique, double vitrage (R+1-R+6)*	8-10-8	Store extérieur	736.78	2.91	1.9	1.4	2	3	15 ans

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

Le relevé de composition non destructif des menuiseries du bâtiment montre la présence de menuiseries moyennement performantes, en lien avec la réglementation thermique de 2005. Globalement, la performance thermique des menuiseries est moyenne, permettant de limiter les déperditions thermiques.

3.4.3. 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 07/01/2025 entre 18h et 19h.

La prise de vue est réalisée en extérieur (façade). Il est possible d'observer la température importante des murs extérieurs, de même que celles des vitres et des cadres, d'autant plus déperditifs que les murs extérieurs.

3.5. PERFORMANCE DES INSTALLATIONS ENERGETIQUES

3.5.1. Chauffage

Localisation	Etiquette	Équipement	Marque	Modèle	Nombre	Année	Puissance max unitaire (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
S01	TNN-REC-S01-344_21GPOM P04/POMP07	Circulateurs	GRUNDFOS	UPSD 32-120/2 F	2	NC	0,4	1	1
S01	-	Circulateurs	GRUNDFOS	UPSD 32-120/2 F	2	NC	0,4	1	1
S01	-	Circulateurs	GRUNDFOS	UPSD 50 120/2 F	2	NC	0,72	1	1
S01	-	Pompes charge échangeurs	GRUNDFOS	MAGNA 1D 65	2	NC	1,2	4	4
Sous-station chauffage Recherche	-	Echangeurs	BAELZ	106-27-45-FN	2	2006	475	3	3

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 Recherche comprend l'arrivée vapeur dans les deux échangeurs vapeur/eau puis un réseau secondaire constitué de 4 départs :

- Un départ radiateurs Zone Sud régulé par une vanne 3 voies (V3V),
- Un départ radiateurs Zone Nord régulé par une vanne 3 voies (V3V),
- Un départ CTA non régulé,
- Un départ primaire ECS non régulé vers un échangeur

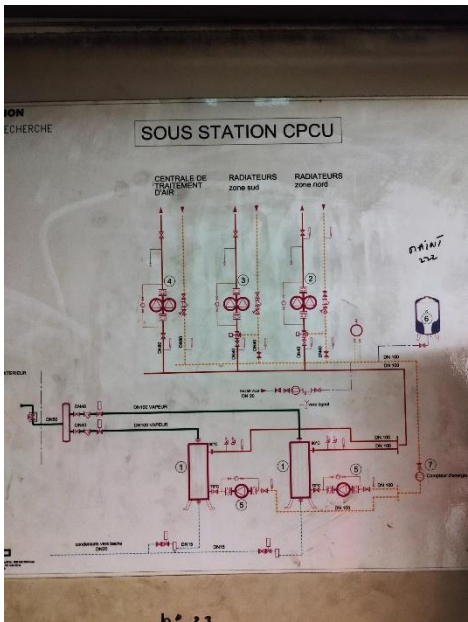
Ces départs alimentent tous les émetteurs de chaleur du site : radiateurs, batteries chaudes des CTA et échangeurs ECS. Ces départs sont équipés de V3V (sauf ceux des CTA et de l'ECS) et sont pilotés par la GTB.

Nous avons pu observer une interface Saia dans la sous-station de chauffage, celle-ci est censée remonter sur la GTB Iconics mais nous n'avons pas pu le constater (GTB en panne pendant la durée de l'audit).

L'interface Saia présentait les réseaux régulés (radiateurs), ainsi que leurs températures et ouverture de V3V, néanmoins la loi d'eau reliée n'était pas accessible (accès bloqué).

L'émission est assurée par les CTA et des radiateurs équipés en partie de robinets thermostatiques.

Le réseau de chauffage présente des points singuliers non isolés au niveau des organes de régulation.



3.5.2. Relevés de températures ambiantes

Zones	Températures mesurées
Locaux d'expérimentation animale	23°C-24°C
Locaux d'expérimentation médicale	22°C-23°C
Locaux de laboratoire	22°C-23°C
Locaux de bureaux	21°C-22°C
Locaux de réunion	20°C
Locaux de détente	21°C-22°C
Locaux sanitaires	21°C-22°C
Locaux de circulation	20°C-22°C

Les relevés de températures ambiantes effectués dans plusieurs zones d'activité du bâtiment montrent des températures maîtrisées relativement aux activités pratiquées dans ces locaux.

3.5.3. ECS

Localisation	Etiquette	Équipement	Marque	Modèle	Nombre	Année	Puissance unitaire (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
S01	TNN-REC-S01-344_21GCUVE01	Ballon ECS	-	-	1	NC	-	3	2
S01	TNN-REC-S01-344_21GECH01	Échangeurs	Uranus	UBSV 11100	1	2006	71	3	2
S01	TNN-REC-S01-344_21GPOMP01 à POMP03	Circulateurs	GRUNDFOS	90LC2-24FT115-D1	3	NC	2,2	3	4
S01	TNN-REC-S01-344_21GPOMP04/POMP05	Circulateurs	GRUNDFOS	MAGNA 1D 32-80180	2	NC	0,151	2	4

L'ECS (Eau Chaude Sanitaire) du bâtiment est produite via le réseau de chaleur et un échangeur Uranus, datant de 2006. La distribution se fait directement via un réseau bouclé desservant l'ensemble du bâtiment. L'échangeur n'est pas isolé.



3.5.4. Ventilation

Étiquettes de lignes	Etiquette	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Nombre	Année	Puissance électrique max unitaire (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
R03	TNN-REC-R03-CEX04	CEX	Introduction	HYDRONIC	CCM 125	1	2006	8	3	3
R03	TNN-REC-R03-CEX06	CEX	NC	HYDRONIC	CCM125	1	2006	6	3	3
R03	TNN-REC-R03-CTA03	CTA	NC	HYDRONIC	AXM 65	1	2006	2	3	3
R03	TNN-REC-R03-CTA04	CTA	Introduction	HYDRONIC	CCM 125 INTRO	1	2006	7	3	3
R03	TNN-REC-R03-CTA06	CTA	NC	HYDRONIC	AXM 65	1	2006	6	3	3
R03	TNN-REC-R03-CTA07	CTA	NC	HYDRONIC	AXM 45	1	2008	2	3	3
R03	TNN-REC-R03-VEX03	VEX	EXT A03	HYDRONIC	AXM 45	1	2006	2	3	3
R03	TNN-REC-R03-VEX04	VEX	Introduction	HYDRONIC	CCM 125	1	2006	9	3	3
R03	TNN-REC-R03-CEX05	CEX	Bureaux Recherche	HYDRONIC	CCM 125	1	2006	6	3	3
R03	TNN-REC-R03-CTA05	CTA	Bureaux Recherche	HYDRONIC	CCM 125	1	2006	6	3	3
S01	TNN-REC-S01-CEX01	CEX	Zone blanche	HYDRONIC	CCM 20	1	2008	2	3	3
S01	TNN-REC-S01-CEX02	CEX	Zone grise	HYDRONIC	CCM 65	1	2006	6	3	3
S01	TNN-REC-S01-CTA01	CTA	Zone blanche	HYDRONIC	AXM 20	1	2006	2	3	3
S01	TNN-REC-S01-CTA02	CTA	Zone grise	HYDRONIC	AXM 65	1	2006	6	3	3
S01	TNN-REC-S01-VEX02	VEX	Zone grise	HYDRONIC	AXM 45	1	2006	4	3	3
R07	TNN-REC-R07-VEX05	VEX	NC	NC	NC	1	NC	NC	1	1
R07	TNN-REC-R07-VEX06	VEX	NC	HYDRONIC	CCM 45	1	2006	3	NC	NC
R07	TNN-REC-R07-VEX07	VEX	Sorbonne labos	AMBERT MOTEUR	MS7112	1	NC	NC	1	1
R07	TNN-REC-R07-VEX08	VEX	Sorbonne labos	AMBERT MOTEUR	MS7112	1	NC	NC	1	1
R07	TNN-REC-R07-VEX09	VEX	SAS chimique	ALMO	MTA 71K2	1	NC	NC	1	1

Les batteries sont alimentées en eau chaude/froide via les productions centralisées du bâtiment. Les CTA 1 et 2 desservent les zones de laboratoires de recherche ayant des traitements particuliers (zone blanche et zone grise). Leur niveau de vétusté est en lien avec leur année de mise en service 2006, néanmoins, nous n'avons pas constaté de dégradation liée au vieillissement lors de l'état des lieux.

Les CTA sont supposées remonter sur la GTB Iconics et pilotées par celle-ci. Néanmoins, nous n'avons pas pu le confirmer, étant donné qu'elle était en panne pendant la période de l'audit. Les CTA 2/4 fonctionnent en double flux, le reste fonctionne en simple flux. Toutes les CTA ainsi que leurs extracteurs présentent de la variation de vitesse.

Les sorbonnes étaient à l'arrêt lors de notre visite.



3.5.5. Mesures de débit de ventilation

Zones	Débits de ventilation mesurés
Locaux d'expérimentation animale	Mesure non réalisable
Locaux d'expérimentation médicale	40 m ³ /h - 186 m ³ /h
Locaux de laboratoire	144 m ³ /h - 324 m ³ /h
Locaux de bureaux	50 m ³ /h - 58 m ³ /h
Locaux de réunion	80 m ³ /h - 86 m ³ /h
Locaux de détente	108 m ³ /h - 122 m ³ /h
Locaux sanitaires	34 m ³ /h
Locaux de circulation	161 m ³ /h

Les mesures de débits de ventilation montrent un fonctionnement optimal des différents systèmes de ventilations du bâtiment.

3.5.6. Climatisation

Localisation	Etiquette	Type	Marque	Modèle	Nombre	Année	Puissance électrique unitaire (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
ESCALIER EXTERIEUR	TNN_REC_RCB_CLIM06	Détente directe	AIRWELL	GC 12 DC INV R410	1	NC	1,17	NC	NC
ESCALIER EXTERIEUR	TNN_REC_RCB_CLIM07	Détente directe	AIRWELL	GC 12 DC INV R410	1	NC	1,17	NC	NC
GALERIE	TNN_REC_S01_CLIM01	Détente directe	TECHNIBEL	GRF188L5TAA	1	NC	1,7	NC	NC
GALERIE	TNN_REC_S01_CLIM02	Détente directe	DAIKIN	RXS50L2V1B	1	NC	1,7	NC	NC
GALERIE	TNN_REC_S01_CLIM03	Détente directe	DAIKIN	RZQ6Q71L3V1B	1	NC	2,3	NC	NC
GALERIE	TNN_REC_S01_CLIM04	Détente directe	MITSUBISHI ELECTRIC	PUHZ-RP71VHA4	1	NC	2,4	NC	NC
GALERIE	TNN_REC_S01_CLIM05	Détente directe	MITSUBISHI ELECTRIC	PUHZ-RP71VHA4	1	NC	2,4	NC	NC
EXTERIEUR RECHERCHE	TNN_REC_RCB_CLIM08	Détente directe	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG24KATA	1	2019	2,3	2	1
EXTERIEUR RECHERCHE	TNN_REC_RCB_CLIM09	Détente directe	FUJITSU GENERAL LIMITED	AOYG24KATA	1	2019	2,3	2	1
COURSIVE	TNN_REC_R03_GF04	Centrale froid	HK REFRIGERATION	MTZ28JE4AVE	1	2007	2,55	NC	NC
COURSIVE	TNN_REC_R03_GF05	Centrale froid	HK REFRIGERATION	MTZ28JE4AVE	1	2007	2,55	NC	NC
LOCAL CTA	TNN_REC_R03_GF06	Détente directe	TECUMSEH	LPA 32	1	NC	NC	NC	NC
LOCAL CTA	TNN_REC_R03_GF07	Détente directe	TECUMSEH0	LPA 32	1	NC	NC	NC	NC
Toit Recherche	NC	Groupe à condensation par air	CIAT	POWERCIAT LX-LXC	3		300	1	1
S/station EC/EG Le Lorier	NC	Pompes	GRUNDFOS	TPD 125-110/4	2	NC	4	3	1

Audit Energétique APHP – TENON – RECHERCHE

La principale production de froid est assurée par les groupes de froid présents en toiture et desservant les bâtiments Recherche, Le Lorier et Achard. Le dimensionnement prévoit une puissance thermique délivrée sur le bâtiment Recherche de 353,8 kW. Les groupes de froid étaient en cours de remplacement pendant la période d'audit.

Les climatiseurs à détente directe permettent le refroidissement de certaines zones de labos ainsi que de pièces présentant des équipements spécifiques générant beaucoup de chaleur dissipée.



3.5.7. Eclairage intérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Ensemble tube fluocompacte	Estimé à 300	3	3	5 ans
Tube LED	Estimé à 50	5	5	10 ans
Ampoule fluocompacte	Estimé à 100	3	3	5 ans
Dalle LED	Estimé à 75	5	5	10 ans



Différents types de luminaires intérieurs composent le système d'éclairage global du bâtiment. Le ratio d'équipements d'éclairage de type LED / équipements au total est d'environ 30 %.

3.5.8. Relevés d'intensité lumineuse intérieure

Zones	Intensités lumineuses mesurées
Locaux d'expérimentation animale	Mesure non réalisable
Locaux d'expérimentation médicale	400 lux – 600 lux
Locaux de laboratoire	500 lux – 700 lux
Locaux de bureaux	300 lux – 600 lux
Locaux de réunion	400 lux
Locaux de détente	200 lux – 600 lux
Locaux sanitaires	300 lux – 500 lux
Locaux de circulation	100 lux – 400 lux

Les relevés de niveaux d'intensité lumineuse effectués dans plusieurs zones d'activité du bâtiment montrent des niveaux corrects relativement aux activités pratiquées dans ces locaux.

3.5.9. Eclairage extérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Spot fluocompacte	Estimé à 10	2	2	5 ans
Lampadaire extérieur général	Indéterminé (échelle site)	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 de Recherche, la **GTB Iconics** est supposée permettre de piloter tous les CTA et la régulation des réseaux de chauffage, néanmoins, nous n'avons pas pu le constater (GTB en panne).

Analyse de performance thermique, énergétique et paramétrage



4. ANALYSE DE LA PERFORMANCE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

4.1. ANALYSE COURBE DE CHARGE SMART IMPULSE

L'instrumentation des départs électriques du bâtiment Recherche n'a pas pu être réalisée, en raison de danger d'électrocution important en travail sous-tension (jeux de barres).

4.2. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

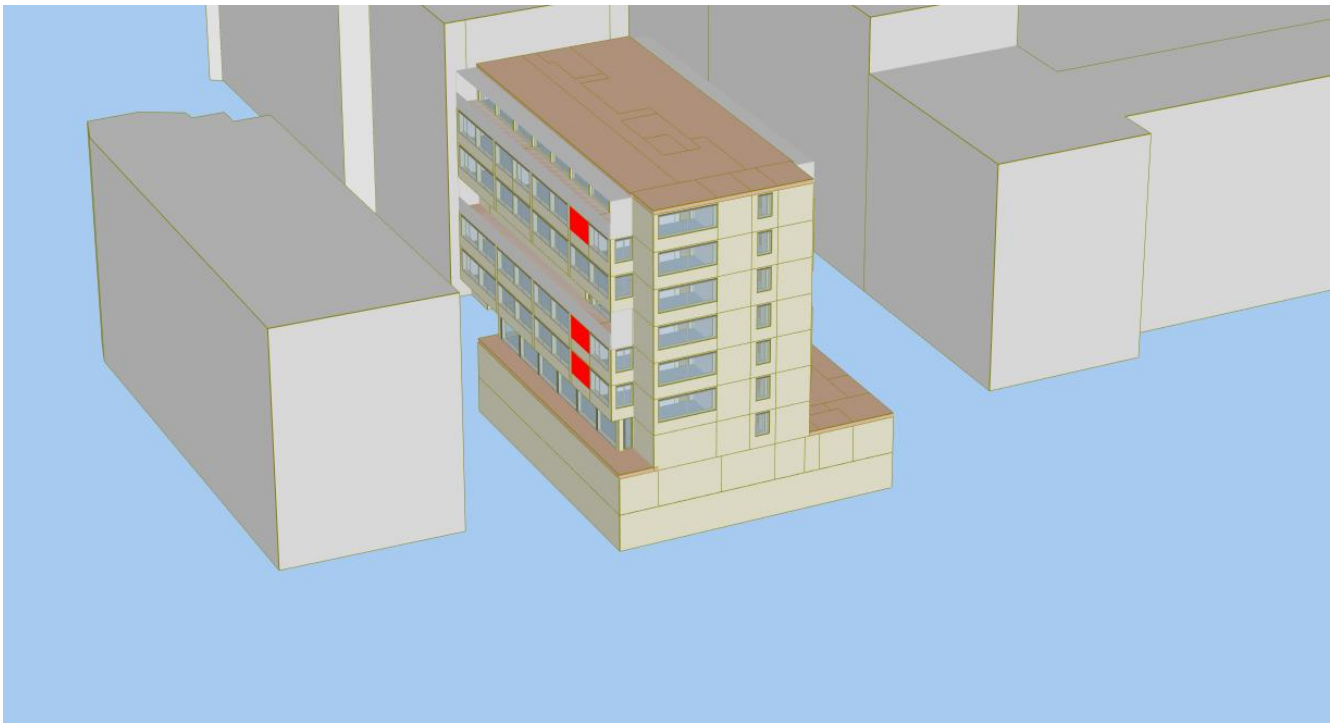
Afin de calculer les résultats des préconisations, et d'identifier les déperditions, nous avons réalisé une Simulation Thermique Dynamique (STD) ainsi qu'une Simulation Energétique Dynamique (SED).

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.

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 :

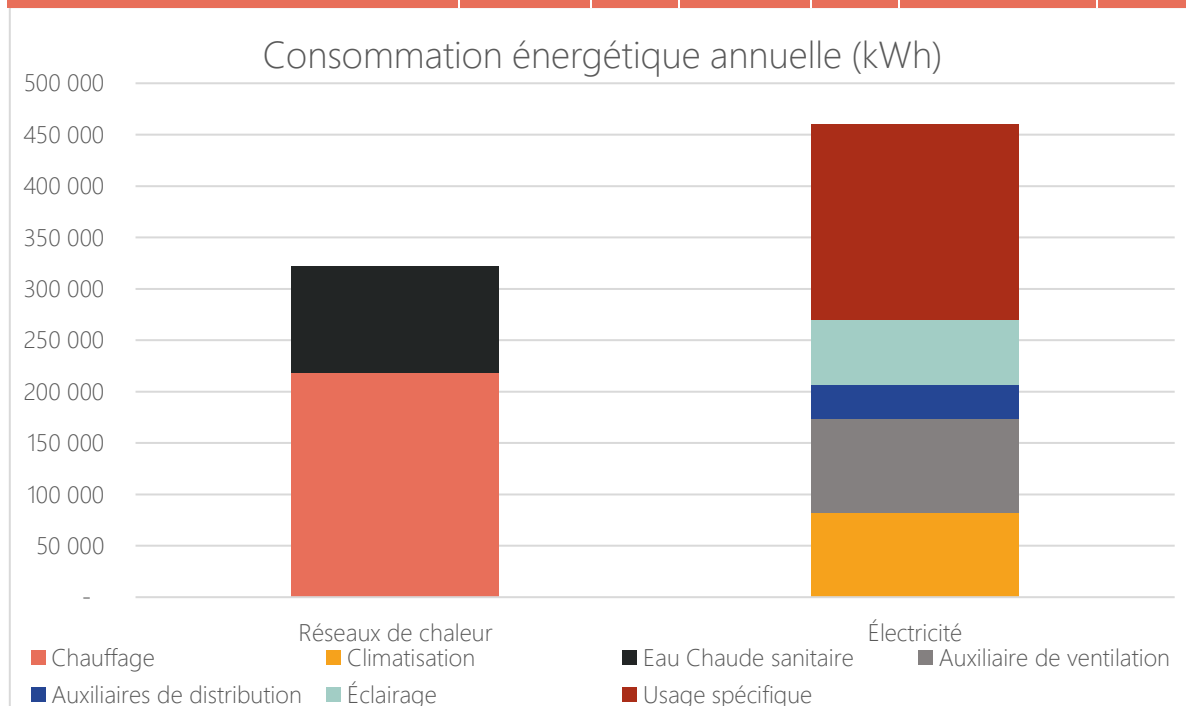
- Les consommations prises en compte pour la validation du modèle numérique sont les consommations d'énergie à l'échelle du site de l'année 2023 et les données de consommation d'énergie électriques fournies par l'étude de Smart Impulse.
- Les fiches techniques des luminaires n'ayant pas été transmises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

4.4. 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.

Par la suite, les différentes actions à mener sur le site ont été simulées depuis la STD afin de déterminer les différentes réductions des consommations énergétiques atteintes. Un bilan de puissance a été réalisé pour certaines actions. L'addition de ces deux méthodes de calculs a permis de réaliser la répartition des consommations qui figure ci-après.

	RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS					
	RCU		ÉLECTRICITÉ		TOTAL	
	kWh	%	kWh	%	kWh/m2.SDP	%
Chauffage	217 945	68%	-	0%	59	28%
Climatisation	-	0%	81 860	18%	22	10%
Eau chaude sanitaire (ECS)	103 591	32%	-	0%	28	13%
Auxiliaires de ventilation		0%	91 848	20%	25	12%
Auxiliaires de distribution		0%	33 616	7%	9	4%
Éclairage		0%	62 289	14%	17	8%
Usage spécifique		0%	189 927	41%	51	24%
Production d'énergie renouvelable	-	0%		0%	-	0%
TOTAL	321 536	100%	459 540	100%	210	100%

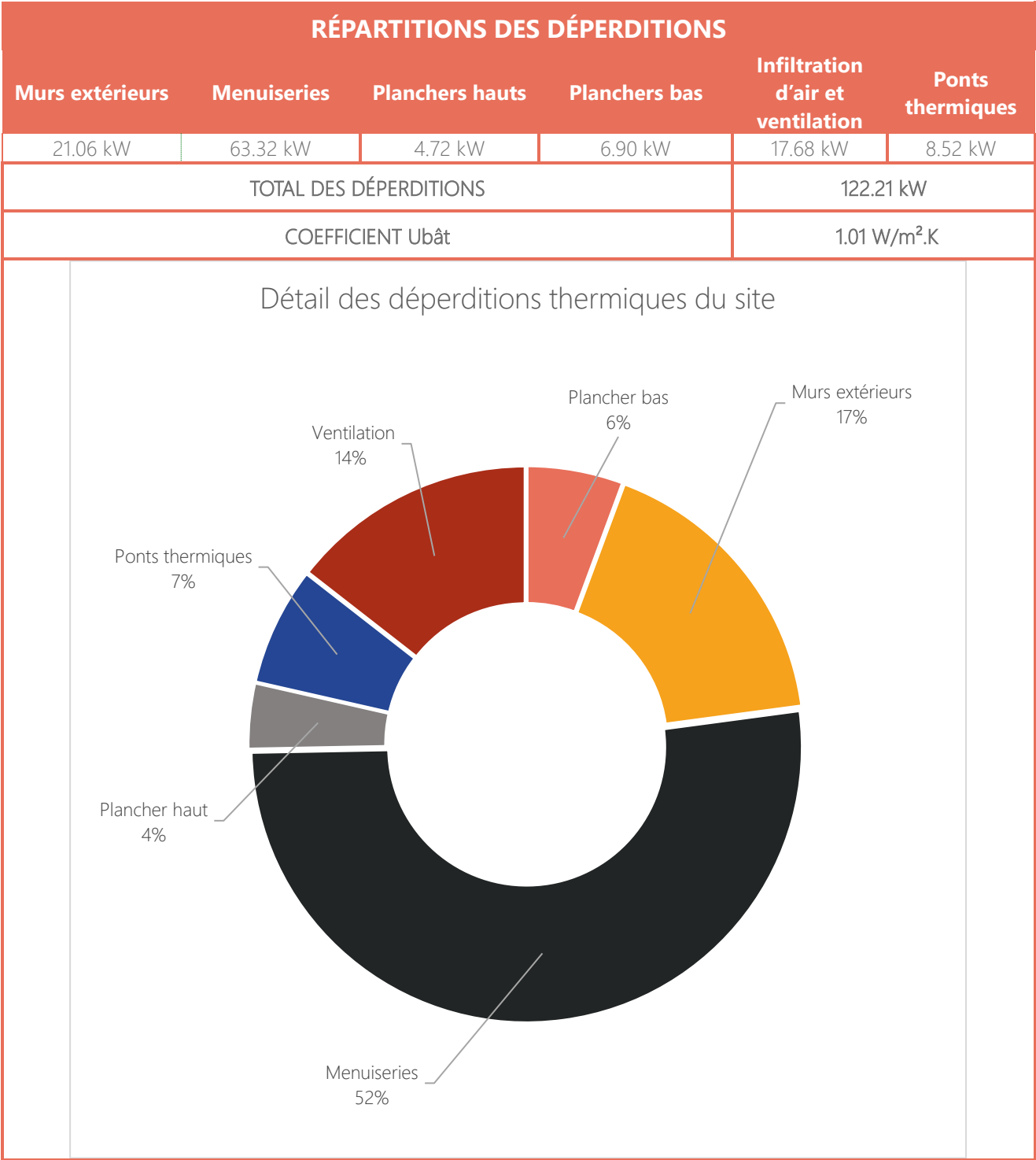


L'analyse des consommations d'énergies associées aux différents usages présente les résultats suivants :

- Chauffage (RCU) : Usage représentant 28 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 217 945 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est relativement faible.
En effet, le bâtiment possédant une enveloppe thermique performante, des systèmes de récupération d'énergie sur air extrait et étant siège d'activités émettant une chaleur importante, le besoin de chauffage du bâtiment est faible.
- Eau Chaude Sanitaire (RCU) : Usage représentant 13 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 103 591 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est particulièrement élevée.
En effet, la production d'un volume d'ECS important lié aux activités ayant lieu dans le bâtiment, associée à l'absence de systèmes de récupération de chaleur, induisent une consommation énergétique élevée.
- Usages Spécifiques (Electricité) : Usage représentant 24 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 189 927 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est particulièrement élevée.
En effet, l'utilisation importante d'équipements de process lié aux activités ayant lieu dans le bâtiment, induisent une consommation énergétique très élevée.
- Ventilation (Electricité) : Usage représentant 12 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 91 848 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est élevée.
En effet, l'utilisation permanente de systèmes de ventilation double flux induit une consommation d'énergie électrique liée élevée.
- Refroidissement (Electricité) : Usage représentant 10 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 81 660 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est modérée relativement à l'usage des locaux du bâtiment.
En effet, l'utilisation de systèmes de refroidissement moyennement à hautement performants, induit une consommation énergétique maîtrisée pour cet usage.
- Eclairage (Electricité) : Usage représentant 8 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 62 289 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est modérée.
En effet, l'utilisation en journée de systèmes d'éclairage moyennement performants, induit une consommation énergétique relativement faible.
- Auxiliaires de distribution (Electricité) : Usage représentant 4 % de la consommation énergétique totale du bâtiment, soit 28 522 kWh, la consommation énergétique associée à celui-ci est modérée.
En effet, l'utilisation limitée du système hydraulique de chauffage et du système hydraulique de production d'ECS, induit une consommation énergétique élevée.

4.5. DEPERDITIONS THERMIQUES

4.5.1. Détails des déperditions thermiques



Principal poste de déperdition, les déperditions par les menuiseries représentent 52 % des déperditions totales. En effet, la surface vitrée importante et les performances moyennes des menuiseries induisent des déperditions élevées.

Second poste de déperdition, les déperditions par les murs extérieurs représentent 17 % des déperditions totales. En effet, la performance thermique moyenne des murs sur extérieur permet de limiter les déperditions.

Troisième poste de déperdition, les déperditions par le renouvellement d'air représentent 14 % des déperditions totales. En effet, malgré l'utilisation de systèmes de ventilation performants permettant une récupération d'énergie thermique élevée, les débits de ventilation particulièrement importants induisent des déperditions élevées.

Quatrième poste de déperdition, les déperditions par les ponts thermiques représentent 7 % des déperditions totales. En effet, les murs sur l'extérieur étant isolés par l'intérieur et les cadres des menuiseries n'étant pas équipés de rupteurs thermiques, les nombreux ponts thermiques induisent des déperditions élevées.

Derniers postes de déperdition, les déperditions par le plancher bas et par le plancher haut représentent respectivement 6 % et 4 % des déperditions. En effet, le plancher bas donnant sur un local non chauffé (parking) est isolé à l'aide d'une épaisseur d'isolant moyenne. Le plancher haut, isolé en faux plafond, est de plus équipé de faux plafonds permettant de limiter les pertes thermiques vers l'extérieur.

4.6. BESOIN DES LOCAUX

La simulation thermique dynamique permet de calculer les besoins climatiques de chauffage et de refroidissement du bâtiment.

	PUISSANCE À INSTALLER (NF EN 12831)	PUISSANCE INSTALLÉE (sur site)	ÉCART
CHAUFFAGE	210 kW	475 kW (avec ECS) 475 kW (secours)	+ 126 %
REFROIDISSEMENT	160 kW	354 kW	+ 128 %

La puissance de chauffage active installée est de 475 kW. Cette puissance correspond à 126 % près à la puissance à installer recommandée. La puissance de chauffage complémentaire nécessaire en situation de secours est de 475 kW. Une partie de cette puissance installée est dédiée à la production d'ECS. La puissance de chauffage installée est donc trop élevée par rapport aux besoins du bâtiment.

La puissance de refroidissement installée est de 354 kW. Cette puissance correspond à 134 % près à la puissance à installer recommandée. La puissance de refroidissement installée est donc élevée, mais permet de subvenir aux besoins de refroidissement ponctuellement très importants du bâtiment.

4.7. DONNEES METEOROLOGIQUES

La simulation énergétique dynamique est basée sur les données météorologiques (températures, hygrométrie, rayonnements solaires) fournies par le jeu de données Meteororm 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 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 RECHERCHE, la surface considérée est de 4 317 m². Cependant, le bâtiment possédant une enveloppe thermique et des systèmes de ventilation particulièrement performants relativement aux autres bâtiments du site, la consommation annuelle simulée est pondérée afin de fournir des résultats fiables à l'échelle du bâtiment.

La valeur de la consommation de chaleur par mètre carré chauffé est de **78 kWh/m².an**.

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

- Consommation annuelle estimée : 332 409 kWh/m².an (DJU de 1 833)
- Consommation annuelle simulée : 368 371 kWh/m².an (DJU de 2 154)
- **Consommation annuelle simulée corrigée : 321 536 kWh/m².an (DJU de 1 833)**

Consommation annuelle corrigée de RCU du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle de RCU estimée [MWh]	Ecart [%]
321,536 MWh	332,409 MWh	- 3.4 %

L'écart de consommation obtenu entre la consommation annuelle corrigée calculée et la consommation annuelle estimée, de 3.4 %, est lié à la minoration volontaire de la consommation du bâtiment pour les raisons décrites précédemment. Cet écart permet néanmoins de valider le modèle SED sur le réseau de chaleur.

4.9. CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ

A 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 estimée (pondérée par l'usage du bâtiment) par mètre carré est de **96 kWh/m².an**.

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

- Consommation annuelle estimée (3 467 m² refroidis) : 455 664 kWh/m².an (DJF de 741)
 - Consommation annuelle simulée (3 467 m² refroidis) : 413 263 kWh/m².an (DJF de 454)
- **Consommation annuelle simulée corrigée (3 467 m² refroidis) : 400 257 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 [%]
400,257 MWh	416,257 MWh	- 4 %

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)	4 316 m ²
Surface chauffée (m²)	4 316 m ²
Surface refroidie (m²)	3 467 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 DEET	Surface considérée (m ²)	Valeur absolue associée (kWhDT/m ² .an)
Chambre froide	10	380
Bureaux standards / administration	1980	87
Laboratoire courant	1052	223
Laboratoire classé	818	540
Salle serveur	8	64
Vestiaires	6	111

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)
220 kWhDT/m²/an	183 kWhDT/m ² /an

Contact



CONTACT

PIGNON Vincent

Auditeur énergétique

Tél

Vincent.pignon@advizeo.io

Clarisse MANTEAU

Directrice de projet

Tél

Clarisse.manteau@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

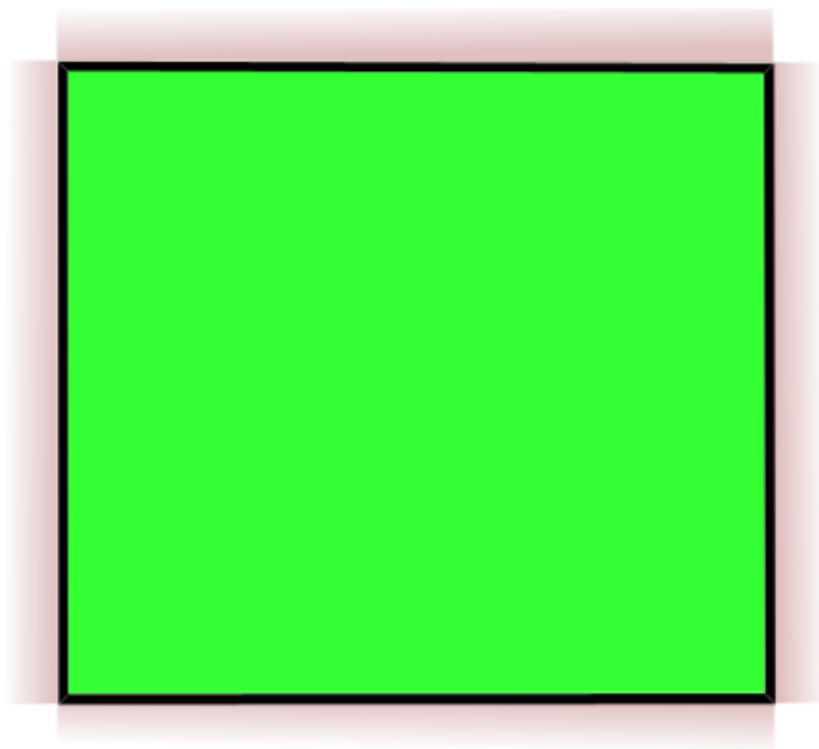
Annexe



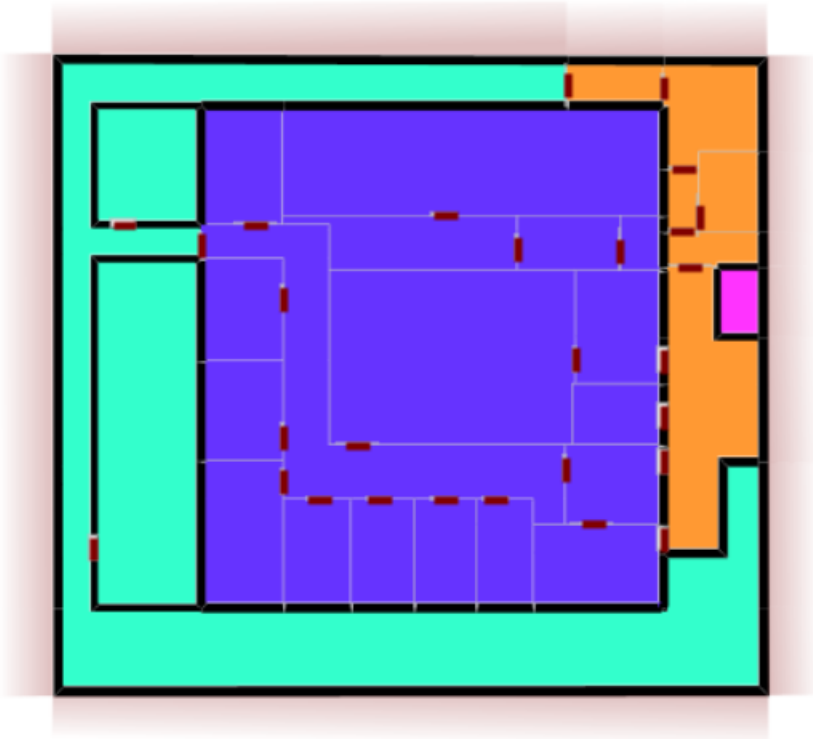
ANNEXE

5.2. REPARTITION DES ZONES

Voici comment sont décomposées les différentes zones du site :



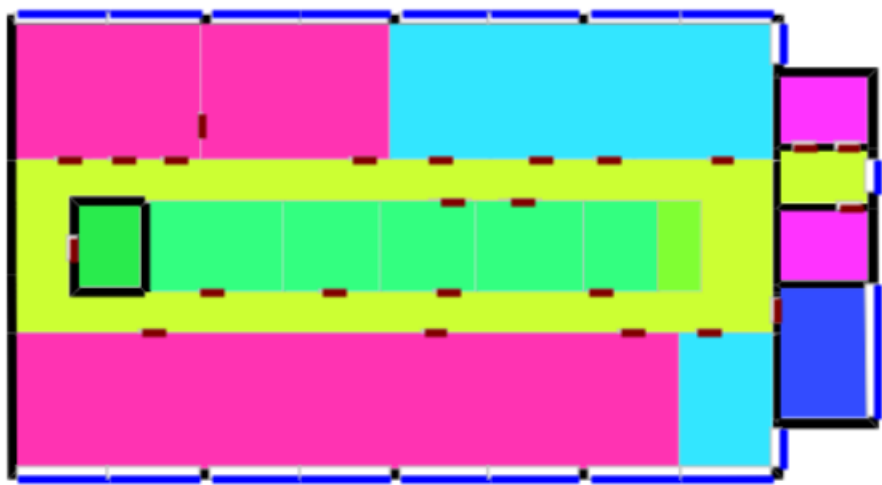
Parking (R-2)



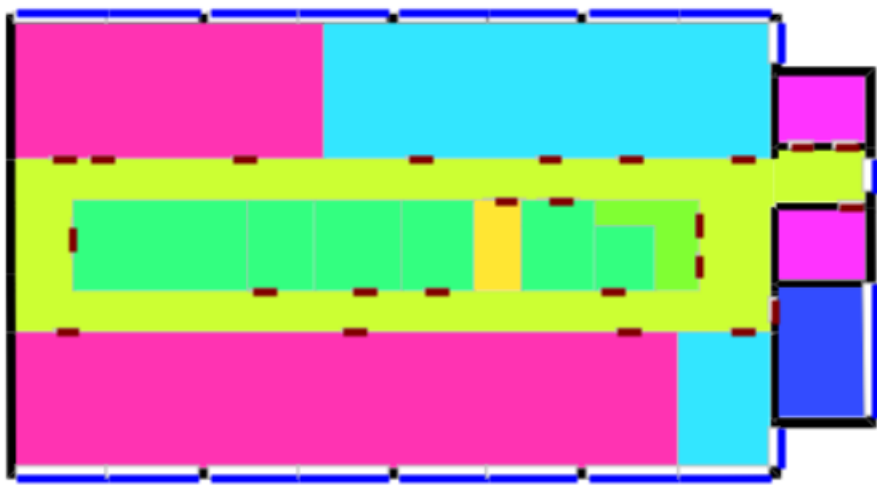
R-1



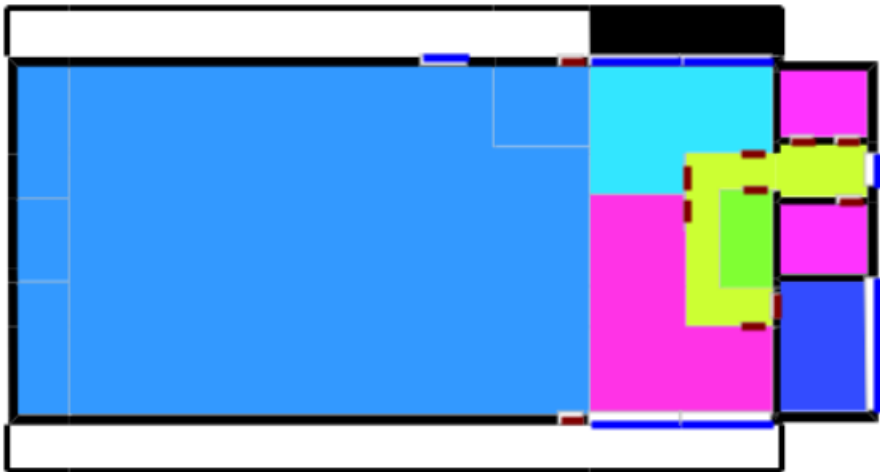
RDC



R+1



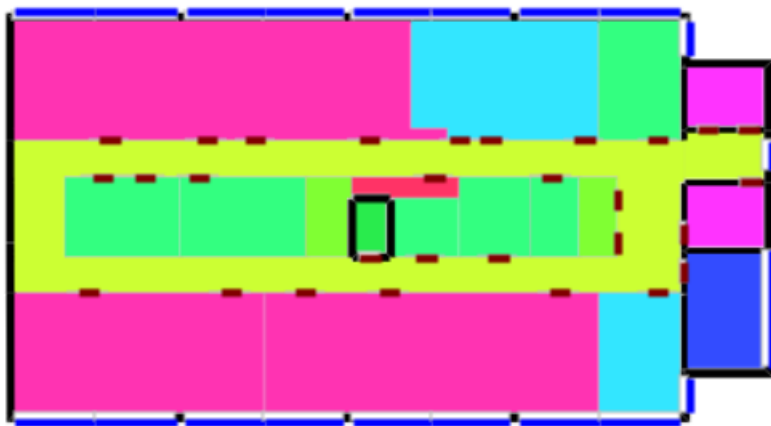
R+2



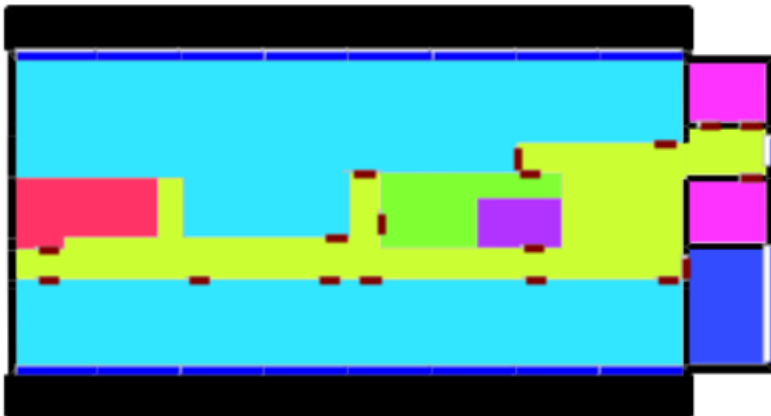
R+3



R+4



R+5



R+6

5.3. SURFACES DES DIFFÉRENTES ZONES THERMIQUES

Zone thermiques STD	Surface de Plancher (m²)
Local stationnement	624,3
Laboratoire animalier - Locaux critiques	317
Laboratoire animalier - Locaux non critiques	56,3
Locaux techniques sous-sol non chauffés	198,1
Circulations verticales	11,9
Circulations horizontales	672,6
Locaux techniques intérieurs non chauffés	286,4
Locaux divers (stockage_ archives_ ...)	104,6
Locaux d'expérimentation	225
Local informatique	7,5
Vestiaires	6
Bureaux	866,7
Laboratoires	719,5
Sanitaires	63,8
Locaux de détente	97
Locaux de réunion	83,6
Chambres froides	9,8
SAS entrée	7,4

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]