

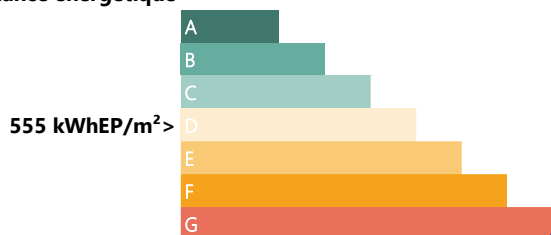


Audit énergétique

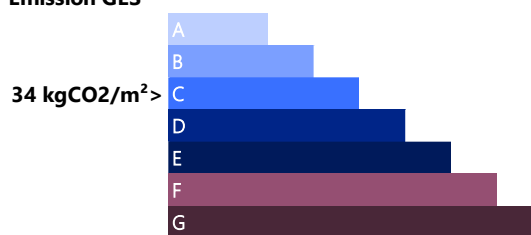
DOSSIER ENERGETIQUE – Etat des lieux

TNN012 – TENON – Bâtiment CASSIODORE

Performance énergétique



Emission GES



EMETTEURS

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

Historique des versions émises :

Nom	Date	Modifications principales
APHP_TENON_Etat des lieux_CASSIODORE_V1	31/07/2025	-

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 Cassiodore	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 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
3.5.	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
3.5.5.	Mesures de débit de ventilation	28
3.5.6.	Climatisation	29
3.5.7.	Eclairage intérieur	31
3.5.8.	Relevés d'intensité lumineuse intérieure	31
3.5.9.	Eclairage extérieur	31
3.5.10.	Gestion Technique Centralisée	32
4.	Analyse de la performance thermique et énergétique	34

	4.1. Analyse courbe de charge SMART Impulse	34
4.1.1.	Contexte.....	34
4.1.2.	Analyse de la courbe de charge électrique.....	34
4.1.3.	Analyse de la répartition d'usage de la consommation électrique.....	35
	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.....	40
	4.6. Besoin des locaux.....	41
	4.7. Données météorologiques	41
	4.8. Consommations de Réseaux de chaleur urbain	41
	4.9. Consommations d'électricité	42
5.	Etat des lieux Décret Tertiaire.....	43
	5.1. Détermination de la référence et des objectifs	43
Contact		45
Annexe		47
	5.2. Répartition des zones	47
	5.3. Détail de l'ajustement climatique	49

Présentation et objectifs



1. PRESENTATION ET OBJECTIFS

1.1.CONTEXTE DE L'AUDIT ENERGETIQUE

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

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

1.2.RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA PRESTATION

1.2.1. Etapes et livrables

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

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

Type	Nom	Périmètre	Objectif
Livable 1	Etat des lieux	Bâtiment	Etablir l'état initial du bâtiment d'un point de vue des équipements et du bâtiment.
Livable 2	Livret des systèmes énergétiques et des équipements	Site	Disposer d'un outil de listing d'équipements permettant une recherche rapide et efficace des informations. Améliorer la connaissance des équipements présents sur site.
Livable 3	Audit énergétique	Bâtiment	Préconiser un plan d'actions scénarisé
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	11/04/25- 5/05/2025	Instrumentation Smart-Impulse
Parois	12/02/2025	Relevés d'épaisseurs de parois et de compositions non destructifs
Température ambiance intérieure	18/02/2025	Relevés de températures zone par zone (accessibles)
Débit de ventilation	18/02/2025	Relevés de débits de ventilations zone par zone (accessibles)
Vues thermiques	08/01/2025	Prise de vues à la caméra thermique
Luminosité	18/02/2025	Relevés d'intensité lumineuse zone par zone (accessibles)
Humidité	26/06/2025	Relevés d'humidité 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 Cassiodore

Le bâtiment Cassiodore est la pharmacie centrale du site de Tenon. Le bâtiment accueille le public en journée dans des zones de consultation et d'examen situées au premier étage, qui accueille également des machines d'imagerie médicale. Au RDC se trouve les locaux de la pharmacie, qui prépare les médicaments pour tout l'hôpital. Au sous-sol se trouvent des réserves liées à cet usage. Enfin au R+2 on retrouve des logements, pour la plupart inoccupés, ainsi que les locaux des organisations syndicales.

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

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

L'analyse énergétique sur la consommation électrique du bâtiment, présente dans ce rapport, se fera à partir des mesures réalisées avec les compteurs Smart impulse du 27/11/2024 au 18/12/2024 et selon une méthode explicitée.

L'analyse des consommations liées au RCU 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

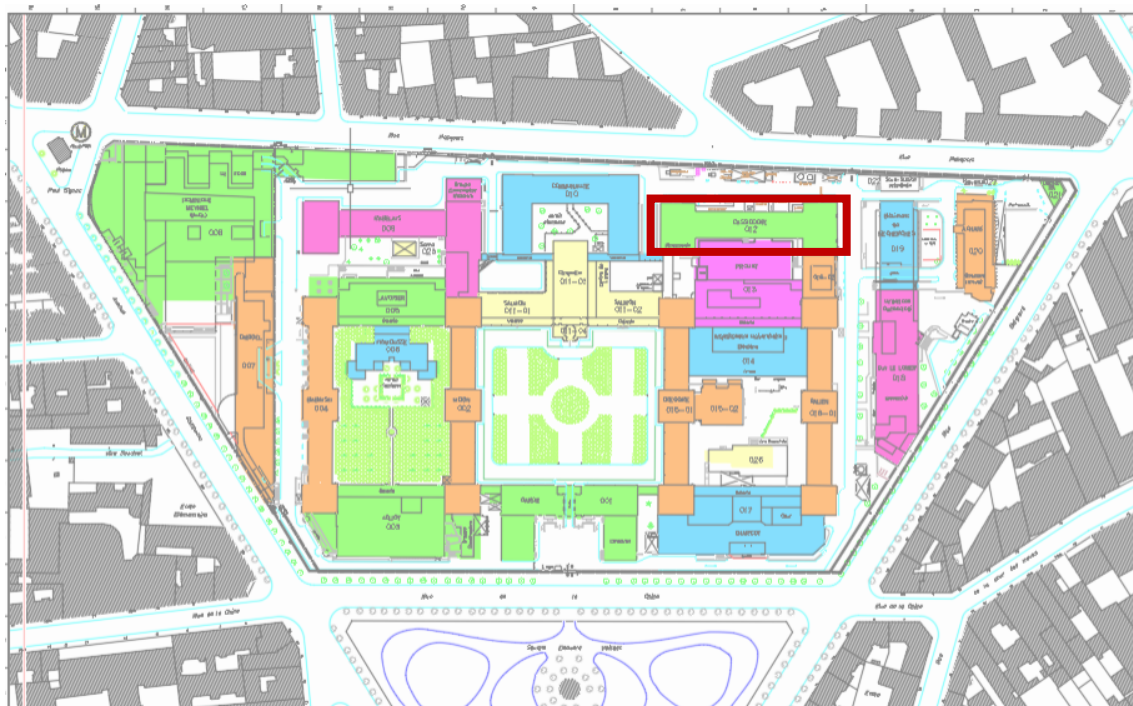


Figure 2 - Plan de masse du site



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 CASSIODORE.

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 Cassiodore	
Typologie	Pharmacie - imagerie TEP scan - consultation - logement
Bâtiment classé	Non
Année de construction	XIXe siècle
Surface totale	3 337 m ²
Surface chauffée*	~2 100 m ²
Surface refroidie*	1 000 m ²
Horaires d'occupation des locaux	Horaires de bureau + interne de garde pharmacie H24

1.5.3. Occupation

Le bâtiment Cassiodore, en tant que pharmacie centrale, joue un rôle particulier dans le fonctionnement de l'établissement. Il s'organise sur plusieurs niveaux, chacun dédié à des usages spécifiques.

Le rez-de-chaussée abrite les locaux de la pharmacie, où sont préparés les médicaments destinés à l'ensemble de l'hôpital. Ce service fonctionne du lundi au vendredi, de 8h30 à 17h30, avec une présence réduite assurée par deux personnes de garde durant la nuit et les week-ends, garantissant une continuité de service.

Au premier étage, le bâtiment accueille le public dans des zones de consultation et d'examen, ainsi que des équipements d'imagerie médicale et un service de médecine nucléaire. Ces espaces sont actifs du lundi au vendredi, de 7h30 à 18h30, ce qui implique une occupation soutenue en journée, avec des besoins importants en confort thermique, en éclairage et en ventilation.

Le sous-sol est dédié aux réserves liées à l'activité pharmaceutique, probablement peu fréquenté mais nécessitant des conditions de conservation spécifiques. Enfin, le deuxième étage (R+2) comprend des logements de type studio, actuellement inoccupés, ainsi que les locaux des organisations syndicales. Ces derniers sont principalement utilisés en semaine, autour de la pause méridienne et en soirée, ce qui implique une occupation intermittente.

Enfin un amphithéâtre est présent au sein du bâtiment, mais n'a pu être visité. Son occupation semble être assez ponctuelle.

Cette organisation spatiale et fonctionnelle du bâtiment entraîne des profils de consommation énergétique très variés selon les zones, avec des besoins thermiques et électriques différenciés en fonction des horaires d'occupation, des équipements présents et des usages.

1.5.4. Détail des surfaces du site

Ce tableau se base sur les données des plans transmis ainsi que les mesures effectuées lors des visites « bâti »

Tableau 4 - Répartition des surfaces suivant les typologies

Typologie	Surface (m ²)
Bureaux	415,15
Consultations	162,44
Imagerie	89,42
Laboratoires	332,33
Stockage archives	1 213,41
Vestiaires	72,46
Locaux techniques	50,45
Circulations horizontales	342,98
Circulations verticales	84,81
Amphi	124,87
Logements	240,14
Circulation climatisée	257,77
Bureaux climatisés	182,93

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 le XIX^e siècle (date de mise en activité), le bâtiment Cassiodore 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) : Composé de plusieurs niveaux, dont un niveau enterré comprenant des réserves et des locaux de stockage, le bâtiment Cassiodore est composé d'un seul type de planchers bas, celui du RDC donnant sur les locaux non chauffés du sous-sol ; ce plancher n'est pas isolé.

Construit sur terre-plein, le plancher bas du niveau R-1 est composé d'une dalle béton d'environ 40 cm d'épaisseur, en contact avec le sol.

Le plancher bas du niveau RDC, donnant sur le niveau R-1 non chauffé, est composé d'une dalle béton lourd d'environ 30 cm d'épaisseur, d'une couche de mortier d'environ 2 cm d'épaisseur surplombée par du carrelage ou autre revêtement de sol d'environ 1 cm d'épaisseur.

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

Planchers hauts (toitures) : Il a été pris l'hypothèse que sur le modèle des autres bâtiments anciens du site une isolation de toiture de type fibrastyrène ou laine de roche, d'épaisseur 10 cm a été posée relativement récemment sous rampants. La charpente est par ailleurs en bois, avec une couverture en ardoise.

Murs extérieurs : les murs extérieurs ne comportent aucune isolation. Ce sont des murs en pierre de taille, d'épaisseur 30 à 50 cm, avec un placage intérieur type BA13 (pas partout). Ces murs présentent donc une excellente inertie thermique, mais une conductivité thermique importante, ce qui en fait une composition de paroi très peu performante thermiquement.

Menuiseries : Le bâtiment présente différents types de menuiseries de performances thermiques homogène. Globalement, la performance des menuiseries du bâtiment est assez satisfaisante.

Sur tout le bâtiment on trouve du double vitrage bois plutôt ancien (épaisseur de lame d'air basse type 4-4-4), de performance néanmoins correcte.

Renouvellement d'air : Le bâtiment Cassiodore présente, en plus des infiltrations d'air, plusieurs typologies de renouvellement d'air de performances variables. Le renouvellement d'air du bâtiment représente une part importante de la consommation d'énergie de chauffage.

Les locaux de bureaux syndicaux, de stockage ainsi que les logements sont soit équipés de systèmes de ventilation de type simple flux par extraction sans récupération de chaleur, de débit assez faible, soit ne sont tout simplement pas ventilés.

Les locaux liés à la pharmacie et au service d'imagerie médicale du R+1 ainsi que l'amphithéâtre (non accessible lors de la visite) sont équipés de systèmes de ventilation de type double flux avec récupération de chaleur. Ceux-ci induisent un renouvellement d'air particulièrement élevé dans les zones de laboratoire ou d'imagerie, mais la présence de systèmes de récupération de chaleur permet de limiter les déperditions liées.

Conclusion : Le bâtiment Cassiodore, mis en service au XIXe siècle, n'est soumis à aucune réglementation thermique.

Son enveloppe présente des performances globalement moyennes : la toiture est isolée, mais les murs extérieurs en pierre de taille et le plancher bas sur sous-sol non chauffé, non isolés, constituent un point faible majeur.

Les menuiseries en double vitrage bois sont correctes, bien que vieillissantes.

La ventilation est hétérogène, avec des systèmes double flux performants dans les zones techniques, mais une absence ou une ventilation simple flux peu efficace dans les autres espaces.

Ces caractéristiques entraînent des déperditions notables, principalement par les parois opaques et le renouvellement d'air.

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 Cassiodore 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 Cassiodore. Cette sous-station est équipée de deux échangeurs thermiques de 130 kW unitaire. La sous-station couvre les besoins de chauffage pour le bâtiment. Cette sous-station est régulée par un automate Saia.

La diffusion du chauffage au sein du bâtiment s'effectue par des radiateurs en fonte équipés de vannes thermostatiques plutôt vieillissantes dans les zones de circulation, de bureaux syndicaux, les locaux de la pharmacie hors laboratoires et les chambres. Dans les locaux spécifiques de la pharmacie et le service de médecine nucléaire le traitement se fait sur vecteur air.

Il semble qu'une autre sous station est présente en milieu du bâtiment pour alimenter les radiateurs des boxes TEP, dont la régulation Siemens se trouve dans la salle CTA salle blanche au premier étage. Toutefois, nous n'avons pas pu accéder à cette régulation. D'après le mainteneur, elle n'est probablement pas régulée.

En complément, les CTA du bâtiment sont équipées de cassette d'eau chaude, notamment pour les salles de préparation de pharmacie (salle blanche et isolateurs) ainsi que les locaux TEP (1 et 2) et radio.

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

2.2.2. ECS (Eau Chaude Sanitaire)

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est directement assurée par le réseau de chaleur urbain principal, via un échangeur thermique de 77 kW, alimentant un système d'échangeur instantanés Spirec présent dans la sous-station, sans recours à un système de stockage.

Le primaire de la production d'ECS est géré par l'automate Saia. Le secondaire est géré par un automate Siemens auquel nous n'avons pas eu accès.

A noter que cette sous station alimente également les bâtiments Salmon et Communauté en ECS.

2.2.3. Climatisation

Quatre groupes de froid sont installés au rez de chaussé et desservent 3 réseaux d'eau glacée, dont des cassettes pour le process TEP, des cassettes pour le confort TEP et les CTA du bâtiment qui sont équipées de cassette d'eau glacée. La production se fait en continue, via une régulation locale.

De plus, le site est doté de 2 systèmes à détente directe réversibles, qui assurent le chauffage et la climatisation de certains espaces spécifiques tels que les salles de scan du 1^{er} étage et salle d'interprétation.

Quatre groupes de froid sont également présent pour alimenter les chambres froides de la pharmacie.

2.2.4. Eclairage

L'éclairage du bâtiment Cassiodore varie selon les niveaux. Le R+2 est entièrement équipé de luminaires fluorescents. Au R+1, environ 20 % des luminaires sont des downlights LED, tandis que le reste est composé de downlights fluorescents ou de luminaires carrés fluos. Le rez-de-chaussée a récemment été rénové avec des dalles LED sur la quasi-totalité de la surface, ne conservant que 5 à 10 % de luminaires fluorescents à quatre tubes. Enfin, le niveau R-1 est entièrement équipé de réglettes LED. Cette répartition montre une transition progressive vers des équipements plus performants, bien que des zones restent encore à moderniser, notamment au R+2.

2.2.5. Ventilation

La ventilation est assurée par des systèmes de ventilation de type double flux (insufflation et extraction), principalement pour les locaux liés à la pharmacie (laboratoires, salle blanche, préparation chimio etc.) et le service d'imagerie du R+1. Les autres zones (sanitaires, locaux techniques, bureaux, logements etc.) sont uniquement équipées d'extraction, et encore seulement dans une partie. Les logements et les bureaux syndicaux ne semblent pas présenter de ventilation sanitaire du tout par exemple.

La régulation des CTA est assurée localement, par des automates Siemens. Les extracteurs ne sont pas pilotés

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.

La production d'eau chaude et ECS est supposée remonter sur la GTB Iconics. Les autres équipements sont régulés localement ou non-régulés.

2.2.7. Usages spécifiques

Le principal usage spécifique concerne la pharmacie du RDC. Y sont présent des équipements particuliers, notamment des sorbonnes, des robots préparateurs, des laboratoires placés en surpression permanente et une salle blanche.

Pour la partie médecine nucléaire / imagerie médicale du R+1 la présence d'une gamma caméra et de deux TEP-TDM (Tomographie par Emission de Positons).

2.2.8. Enveloppe thermique

L'enveloppe thermique du bâtiment Cassiodore présente une performance médiocre. La toiture est isolée, mais les murs en pierre non isolée et le plancher bas non isolé constituent un point faible. Les menuiseries sont globalement correctes. La ventilation, en partie en simple flux sans récupération, accentue les pertes. Malgré ces limites, l'état global reste acceptable, sans situation fortement dégradée.

2.2.9. Conclusion

Le bâtiment Cassiodore est chauffé et alimenté en ECS via le réseau de chaleur urbain, par une sous-station dédiée équipée de deux échangeurs thermiques pour le chauffage et d'un échangeur instantané pour l'ECS, sans stockage.

Le chauffage est diffusé par radiateurs en fonte et par traitement d'air dans les zones techniques, avec une régulation partiellement automatisée.

La climatisation est assurée par quatre groupes de froid et deux systèmes à détente directe réversibles, couvrant les besoins de confort et de process.

L'éclairage est majoritairement en LED, sauf au R+2 encore équipé en fluo.

La ventilation est en double flux avec récupération dans les zones techniques, et en simple extraction ou absente ailleurs. Le bâtiment est partiellement raccordé à la GTB, avec des équipements régulés localement.

Des usages spécifiques liés à la pharmacie et à la médecine nucléaire impliquent des équipements techniques lourds.

L'enveloppe thermique est de performance moyenne : toiture et planchers isolés, murs non isolés, menuiseries correctes mais vieillissantes.

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 correcte	Etanchéité réglementaire
Confort d'été	Très inconfortable	Inconfortable	Inconfort ponctuel	Aucun problème d'inconfort
Systèmes énergétiques				
Chauffage : Production	Ancienne chaudière gaz, fioul Ancienne production électrique non régulée	Chaudière gaz classique ou basse température Convecteurs électriques en bon état	Chaudière gaz à condensation PAC et DRV en bon état Echangeur sur réseau de chaleur	PAC et DRV performants et récents (< 5 ans) Echangeur sur réseau de chaleur et bonne régulation
Chauffage Distribution	Réseau emboué, non isolé et circulateurs à débit constant	Au moins une des caractéristiques suivantes : Réseau bien entretenu, réseau calorifugé, circulateurs à débit variable	Au moins deux des caractéristiques suivantes : Réseau bien entretenu, réseau isolé, circulateurs à débit variable	Réseau bien entretenu, réseau calorifugé, circulateurs à débit variable
Chauffage : Emission et Régulation	Ancien émetteur sans régulation terminale	Ancien émetteur avec simple régulation terminale (ex : robinet manuel)	Emetteur équipé de robinet thermostatique	Emetteur récent avec une bonne régulation terminale ou sur GTC/GTB Emetteur basse température
Refroidissement - en relation avec le confort d'été	Equipement absent	Equipement peu performant - Type split sans régulation	Equipement performant et régulé	Equipement très performant et bien régulé
Ventilation des blocs opératoires/soins et support	Non concerné			
Ventilation locaux biomédicaux/ZEM	Aucun équipement	VMC simple flux	CTA double flux sans récupération de chaleur et régulateur de débit	CTA double flux avec récupération de chaleur et régulateur de débit dédiée
Ventilation hospitalisation	Aucun équipement ou équipements dysfonctionnels induisant l'ouverture de menuiseries	VMC simple flux	CTA double flux sans récupération de chaleur et régulateur de débit	CTA double flux avec récupération de chaleur et régulateur de débit dédiée

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

3.4. PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE

3.4.1. Parois opaques

Parois verticales	Composition	Surface (m ²)	Résistance thermique surfacique (m ² .K/W)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétus té
Planchers bas	Dalle béton isolée en sous face	1223	2.38	>3	>3	3	3
Parois verticales	Pierre de taille sans isolant	1335	0.29	>3,7	>3,7	1	4
Planchers hauts	Toiture isolée sous rampant, charpente bois, couverture ardoise	1576	3.99	>5.2	> 6	2	4



L'examen non destructif des parois opaques de l'enveloppe thermique montre une absence d'isolation générale de celle-ci. Cette absence d'isolation induisant des déperditions particulièrement élevées est caractérisée par une notation de performance très faible, permettant de s'orienter sur les postes de travaux de rénovation les plus urgents.

3.4.2. Menuiseries extérieures

Menuiseries extérieures	Composition	Surface (m ²)	Transmission surfacique (Uw en W/m ² .K)	Norme RT élément par élément	Norme pour CEE	Performance	Vétusté
Porte opaque isolée	Pore isolée thermiquement	21	3.5	< 1.9	< 1.5	3	3
Double vitrage - bois ancien	Double 4-4-4 vitrage cadre bois	258	2.4	< 1.9	< 1.5	3	4

L'examen des menuiseries, parois essentielles de l'enveloppe thermique, montre une typologie de composition homogène, en double vitrage à cadre bois de faible épaisseur. Cette composition induisant des déperditions relativement modérées est caractérisée par une notation de performance moyenne

3.5. PERFORMANCE DES INSTALLATIONS ENERGETIQUES

3.5.1. Chauffage

Localisation	Équipement	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance thermique chaud (kW)	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
ANCIEN LOCAL ELECTRIQUE (SST 21)	Echangeurs primaires	Tout le bâtiment	BARRIQUAND	BAS*32*356*C*P	2010	2	130	-	3	2
ANCIEN LOCAL ELECTRIQUE (SST 21)	Pompes de distribution réseaux Radiateurs	Radiateurs	GRUNDFOS	MAGNA1D 65-60 340	NC	2	-	0,36	4	3
ANCIEN LOCAL ELECTRIQUE (SST 21)	Pompes de distribution réseaux CTA	CTA	wilo	Yonos Maxo-D 40/0,5-12	NC	2	-	0,55	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 Cassiodore comprend une colonne de découplage avec un réseau secondaire constitué de 2 départs :

- Un départ CTA, régulé par une vanne 3 voies (V3V),
- Un départ radiateurs, régulé par une vanne 3 voies (V3V).

Ces départs alimentent tous les émetteurs de chaleur du site : radiateurs et batteries chaudes des CTA. Ces départs sont pilotés par l'automate Saia.

L'examen de l'interface de l'automate Saia n'a pas montré l'utilisation d'une loi d'eau et les consignes semblent fixes, sans programmation horaire, ni température de non-chauffe. Les consignes sont :

- Départ CTA : 65°C
- Départ radiateurs : 45°C

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

Il y a un autre réseau radiateurs pour les « radiateurs box TEP », dont l'automate est situé dans la salle de CTA « salle blanche », au premier étage. Nous n'avons pas pu accéder à cette régulation sans interface disponible mais il est probable qu'elle ne soit pas paramétrée.



Relevés de températures ambiantes

Zone	Plage températures (°C)
R+2	22
R+1	21
RDC	22

Ces valeurs correspondent à ce que l'on peut attendre d'un bâtiment à usage tertiaire.

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
CHAUFFERIE (SST 20)	ECHANGEURS PRIMAIRES	Cassiodore + Communauté + Salmon	BARRIQUAND	BAS*32*656*C*P	2010	2	77	-	2	2
CHAUFFERIE (SST 20)	POMPES DE DISTRIBUTION	Départ secondaire ECS	wilo	IPM32/85-0,37/2- P2	NC	1	-	0,37	2	3
CHAUFFERIE (SST 20)	POMPE DE RELEVAGE	Relevage	LAFERT	M71A2	NC	1	-	0,4	2	2
CHAUFFERIE (SST 20)	POMPES DE BOUCLAGE	Bouclage ECS	GRUNDFOS	MAGNA3D 50-80 F 240	NC	2	-	0,32	3	3
CHAUFFERIE (SST 20)	ECHANGEURS ECS	Cassiodore + Communauté + Salmon	SPIREC	SPI ECO 700	2023	2	NC	-	3	3

L'ECS (Eau Chaude Sanitaire) du site est produite via le réseau de chaleur par deux échangeurs de puissance 77 kW dédiés à l'ECS, alimentant un système Spirec de Gamme Maxi, changé en 2023. La distribution se fait directement via un réseau bouclé desservant l'ensemble du bâtiment ainsi que les bâtiments Salmon et Communauté.

La régulation du secondaire se fait via un automate Siemens auquel le mainteneur du site n'a pas accès. La température de départ mesurée à 65°C.

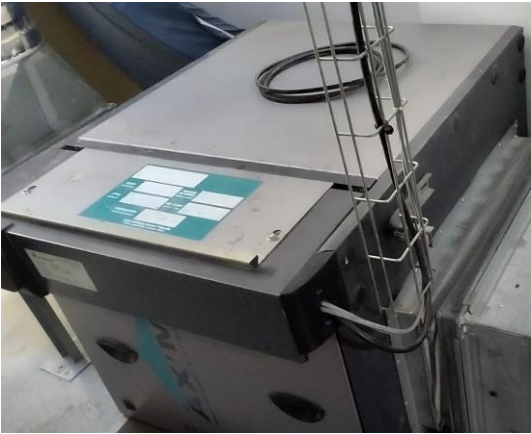
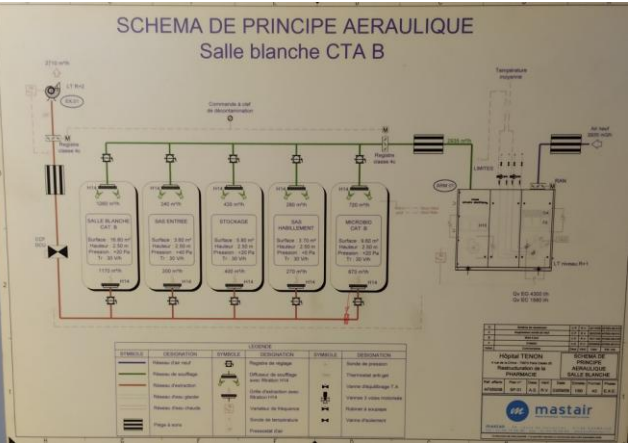


3.5.3. Ventilation

Localisation	Type	Nom	Etiquette	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance électrique (kW)	Puissance thermique chaud (kW)	Puissance thermique froid (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
LOCAL TECHNIQUE CENTRE TEP	CTA	CTA 04	TNN-CAS-R02-CTA04	RADIO INJECT	HYDRONIC	CTA Soufflage RADIO INJECT	2009	1	1,1	NC	NC	2	2
LOCAL TECHNIQUE CENTRE TEP	CTA	CTA 05	TNN-CAS-R02-CTA05	TEP 1et 2	HYDRONIC	CTA Soufflage TEP 1et 2	2009	1	1,1	NC	NC	2	2
LOCAL TECHNIQUE CENTRE TEP	Extracteur	VEX 01	TNN-CAS-R02-VEX01	TEP	ALDES	Inaccessible	NC	1	NC	-	-	2	2
LOCAL TECHNIQUE CENTRE TEP	Extracteur	VEX 02	TNN-CAS-R02-VEX02	TEP	ALDES	Inaccessible	NC	1	NC	-	-	2	2
S/Station Climatisation 2 Etag	CTA	CTA split système sc2 03	TNN-CAS-R02-CTA03	NC	L'air conditionné entreprises SA	LCR 1059B1	NC	1	NC	NC	NC	HS	HS
S/Station Climatisation 2 Etag	Extracteur	VEX 03	TNN-CAS-R02-VEX03	VMC BATIMENT 10	SYSTEMAIR	AIR-S 315L	NC	1	0,4	-	-	2	3
S/Station Climatisation 2 Etag	Extracteur	VEX 04	TNN-CAS-R02-VEX04	EXTRACTEUR XENON BRAS ARTICULE 01	EBM	Inaccessible	NC	1	NC	-	-	2	2
S/Station Climatisation 2 Etag	Extracteur	VEX 05	TNN-CAS-R02-VEX05	LABO BASSE NRJ	EBMPAPST	G2E180-EH03-01	NC	1	0,4	-	-	2	3
S/Station Climatisation 2 Etag	Extracteur	CEX 05	TNN-CAS-R02-CEX02	ext radio/labo	HYDRONIC	CTA AXM20 Confort	2009	1	0,6	-	-	2	2
S/Station Climatisation 2 Etag	CTA	CTA 01	RDC	CTA Salle Blanche	ATA	DKHR 560-4SW 2395m/3h	2008	1	3,8	NC	NC	2	2

S/Station Climatisation 2 Etage	CTA	CTA02	1 Etage	CTA Salle Isolateur	ATA	3125m3/h	2008	1	3,6	NC	NC	2	2
S/Station Climatisation 2 Etage	Extracteur	CEX 04	TNN-CAS-R02-CEX04	Ext TEP	HYDRONIC	CTA AXM20 Confort	2009	1	0,6	-	-	2	2
S/Station Climatisation 2 Etage	Extracteurs des CTA	-	RDC et 1er étage	Salle blanche et isolateur	ALMO	100L4	NC	2	2,2	-	-	2	2
Ext terrasse RDCH	Extracteur	-	NC	NC	Helios	SKCW EC 315	NC	1	0,4	-	-	2	3

Les batteries sont alimentées en eau chaude/froide via les productions centralisées du site. Les CTA, munies de variateurs, peuvent être pilotées uniquement via une régulation locale, sans programme horaire avec une consigne de température de soufflage de 20°C, mais sans programme horaire. Les extractions ne sont pas pilotées.



3.5.5. Mesures de débit de ventilation

Zone	Débit (m3/h)
Circulations	Absence de ventilation motorisée
Circulations	Absence de ventilation motorisée
Sanitaires	Absence de ventilation motorisée
Sanitaires	62
Bureaux	Absence de ventilation motorisée
Bureaux	Absence de ventilation motorisée
Local magasin	130
Local magasin	Absence de ventilation motorisée
Locaux d'expérimentation	Absence de ventilation motorisée
Locaux d'expérimentation	113

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

3.5.6. Climatisation

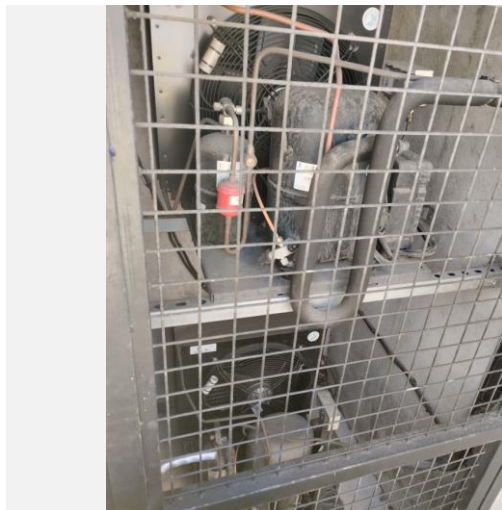
Localisation	Type	Zone desservie	Marque	Modèle	Année	Nombre	Puissance thermique froid (kW)	Puissance électrique (kW)	Niveau de performance	Niveau de Vétusté
Ext terrasse RDCH	Groupe froid	CF pharmacie R-1	TECUMSEH	S993530202	NC	2	3,4	1,5	3	3
RCB extérieur	POMPE	GF pharmacie	LAFERT	T 90 B2	NC	2	-	2,2	2	2
RCB extérieur	POMPE	GF TEP	Salmson	DCX 40-110N	NC	2	-	0,9	2	2
RCB extérieur	POMPE	Primaire	GRUNDFOS	Magna 1D 32-40	NC	2	-	0,5	2	4
RCB extérieur	Groupe froid	TEP	CIAT	AQUACIAT2 LDC 300V 3*400V 50 HZ	NC	2	153,6	56,4	3	2
RCB extérieur	Groupe froid	TEP	CIAT	LDC 300V EVO R410A	NC	1	75,7	28,9	3	3
RCB extérieur	Groupe froid	Scan TEP-TDM 1er étage	DAIKIN	EWAQ021CAWH	NC	1	21,2	7,5	2	3
RCB extérieur	Groupe froid	Pharmacie	TECUMSEH	TFH 4524 Z	NC	2	2,8	1,74	3	2
RCB extérieur	Détente directe	TEP -TDM 1er étage	DAIKIN	Skyair alpha series	NC	1	NC	NC	2	3
RCB extérieur	Détente directe	Salle Interprétation - Scan 2 1er étage	DAIKIN	RXYSQ4T7Y1B	NC	1	12,1	3	2	3
RCB extérieur	Détente directe	Scan 1 1er étage	DAIKIN	RXYSQ5T7Y1B	NC	1	12,1	3	2	3

La production d'eau glacée des groupes CIAT a une consigne fixe à 7°C et une HP fixe à 30°C. Les pompes primaires et secondaires ne sont pas pilotées.

La production d'eau glacée de la pharmacie par le groupe Daikin n'a pas régulation accessible. D'après le mainteneur, la consigne est fixe.

La climatisation, assurée les systèmes splits est gérée localement par les occupants via des télécommandes.

Les groupes froids de process pour le stockage de la pharmacie ont une consigne fixe à l'année, réglée localement, dans les chambres froides.



3.5.7. Eclairage intérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
Tube fluocompacte T8	Estimé à 40	3	3	5 ans
Tube LED	Estimé à 30	5	5	10 ans
Ampoule fluocompacte	Estimé à 25	3	3	5 ans
Dalle ou downlight LED	Estimé à 60	5	5	10 ans



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

3.5.8. Relevés d'intensité lumineuse intérieure

Zone	Intensité (lux)
Circulations	150-450
Sanitaires	200-550
Bureaux	250-600
Local magasin	250-550
Locaux d'expérimentation	400-650

Les valeurs relevées traduisent une forte hétérogénéité de l'éclairage. Ainsi le niveau de 450 lux dans une circulation est-il trop important et induit des surconsommations. Il en va de même pour les 550 lux de certains sanitaires ou d'un des locaux magasins. En revanche 250 lux dans un bureau est un niveau trop faible susceptible d'entraîner une fatigue oculaire.

3.5.9. Eclairage extérieur

Équipement	Quantité	Performance	Pérennité	Durée de vie résiduelle
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
Iconics	1	GTB	2	2	5 ans

Sur le bâtiment Cassiodore, la production d'eau chaude est régulée via un automate Saia. Celui-ci est remonté sur la GTB Iconics. Toutefois, la GTB étant non fonctionnelle lors de nos visites, nous n'avons pas pu le constater.

Analyse de performance thermique, énergétique et paramétrage



4. ANALYSE DE LA PERFORMANCE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

4.1. ANALYSE COURBE DE CHARGE SMART IMPULSE

4.1.1. Contexte

L'instrumentation du départ électrique du bâtiment Cassiodore du 11/04/25 au 5/05/25 n'a malheureusement pas été concluante. Les départs instrumentés correspondaient à la distribution électrique du groupe de bâtiments Proust + Cassiodore.

D'après les données de la campagne de mesure et suivant l'hypothèse d'un fonctionnement constant sur l'année, l'intensité électrique des deux bâtiments est de 150 kWh/m²/an soit 1.4 GWh/an, ce qui semble un peu faible compte-tenu de l'activité de ces bâtiments. La consommation attendue pour ces bâtiments se situe au minimum à 160 kWh/m²/an, soit 6% de plus que les résultats observés. Cela constitue cela étant une bonne approche. Pour la suite il sera considéré que cette consommation se répartit au prorata des surfaces pour les deux bâtiments.

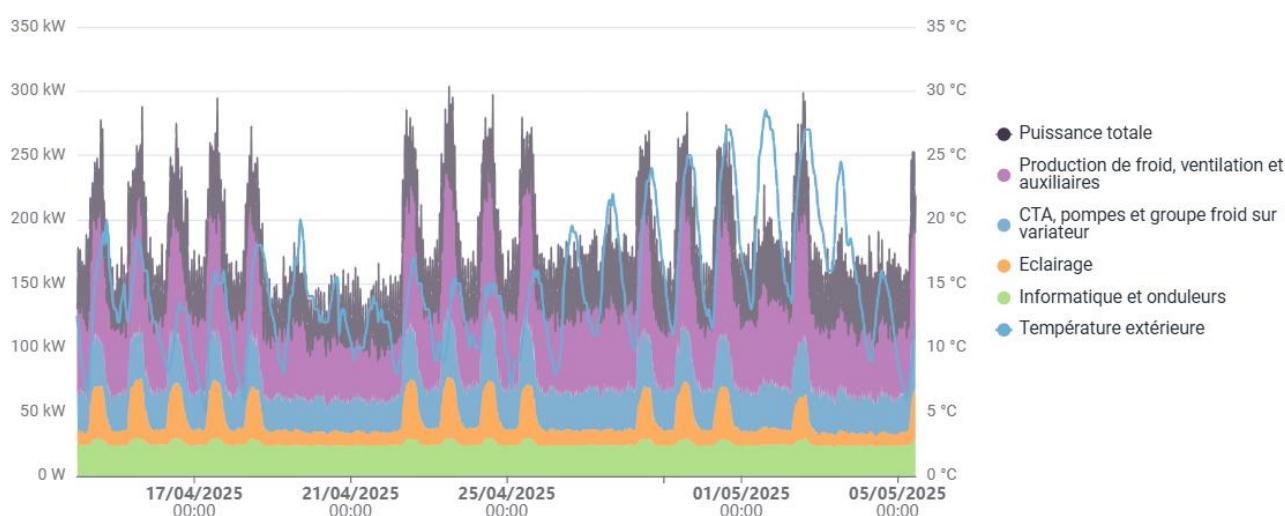
Pendant la période de mesure, l'activité des bâtiments Proust et Cassiodore a suivi son fonctionnement normal et aucune coupure électrique n'a été constatée sur les relevés. L'instrumentation a été validée à distance par la société Smart Impulse, fournisseur des équipements de mesure sur ce projet. On 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 Cassiodore. 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 Ampère - Bâtiment Proust & Cassiodore

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 site :

- Puissance maximale de 304 kW atteinte à midi en semaine
- Puissance maximale de 182 kW atteinte en journée le week-end
- Talon de consommation de 138 kW atteint en période nocturne

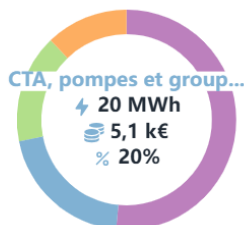
On observe un démarrage autour de 7h30 et une extinction avec un premier palier à 17h30 puis un second à 20h30. Ce profil se retrouve chaque jour ouvré. Le talon de consommation est fortement lié à la météo, avec le fonctionnement de groupe froid en période d'inoccupation.

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 :

Répartition sur la période

Du 09/04/2025 au 05/05/2025



Production de froid, ventilation et auxiliaires Production de froid, ventilation, moteurs de process sans variateur et auxiliaires	52 MWh	52%
CTA, pompes et groupe froid sur variateur CTA, pompes, groupe froid et moteurs de process sur variateur	20 MWh	20%
Informatique et onduleurs	16 MWh	16%
Eclairage	12 MWh	12%

Ces résultats ne correspondant pas à la totalité du bâtiment, ils n'ont pas été utilisés pour la simulation.

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 :

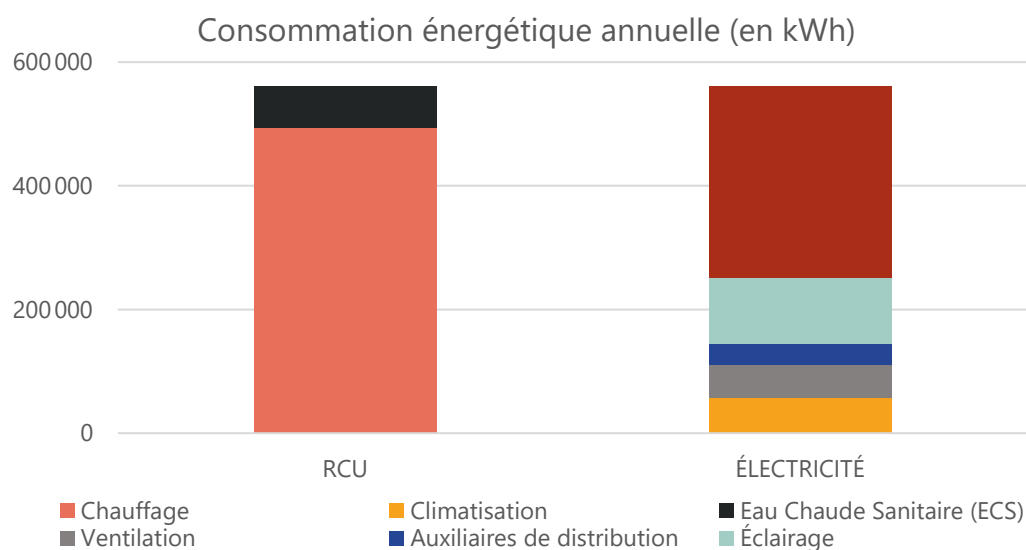
- Les consommations prises en compte pour la validation du modèle numérique sont les consommations d'énergie à l'échelle du site de l'année 2023 et les données de consommation d'énergie électriques fournies par l'étude de Smart Impulse.
- Les fiches techniques des luminaires n'ayant pas été transmises (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 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	493 540	88%	-	-	148	44%
Climatisation	-	-	57 465	10%	17	5%
Eau Chaude Sanitaire (ECS)	66 467	12%	-	-	20	6%
Ventilation	-	-	54 024	10%	16	5%
Auxiliaires de distribution	-	-	33 171	6%	10	3%
Éclairage	-	-	107 422	19%	32	10%
Usage spécifique	-	-	309 071	55%	93	28%
Production d'énergie renouvelable	-	-	-	-	-	-
TOTAL	560 007	100%	561 154	-	-	-

Energie primaire (kWhEP)	560007	1290655	555
Emission CO2 annuelle (TegCO2/an)	82	32	34



Ce graphique présente la consommation énergétique annuelle du bâtiment Cassiodore, exprimée en kilowattheures (kWh), selon deux sources d'énergie : le RCU (Réseau de Chaleur Urbain) et l'électricité. Il met en évidence la répartition des usages énergétiques pour chaque source.

Le RCU est exclusivement utilisé pour le chauffage, qui représente la quasi-totalité de sa consommation, avec une petite part dédiée à la ventilation. Cela reflète une utilisation ciblée du réseau de chaleur, principalement pour les besoins thermiques.

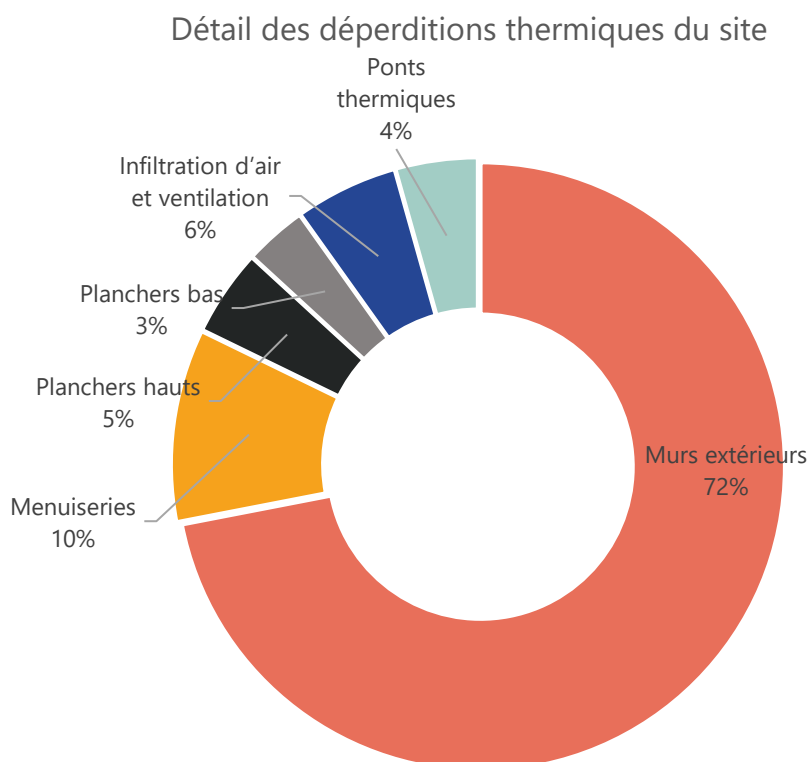
L'électricité, en revanche, alimente une gamme plus large d'usages. Le chauffage reste un poste important, mais d'autres usages sont également significatifs : la climatisation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire (ECS) et les auxiliaires de distribution. Cette diversité montre que l'électricité est utilisée pour des fonctions à la fois thermiques et techniques, notamment dans les zones spécifiques comme les laboratoires, les salles de scan ou les locaux de préparation pharmaceutique.

La consommation électrique totale est plus élevée que celle du RCU, ce qui souligne l'importance des équipements techniques et des usages spécifiques dans le bâtiment. Ce graphique illustre donc bien la complémentarité des deux sources d'énergie et la complexité des besoins énergétiques du site.

4.5. DEPERDITIONS THERMIQUES

RÉPARTITIONS DES DÉPERDITIONS					
Murs extérieurs	Menuiseries	Planchers hauts	Planchers bas	Infiltration d'air et ventilation	Ponts thermiques
120,92 kW	17,23 kW	7,76 kW	5,57 kW	9,23 kW	7,34 kW
TOTAL DES DÉPERDITIONS				168,05 kW	
COEFFICIENT Ubât				2,48 W/m².K	

Soit une répartition telle que :



Les murs extérieurs représentent à eux seuls 72 % des pertes, ce qui confirme leur rôle de principal point faible de l'enveloppe thermique, en lien avec l'absence d'isolation.

Les menuiseries contribuent à hauteur de 10 %, ce qui reste significatif malgré une performance globalement correcte, probablement en raison de leur vétusté et des infiltrations d'air.

Les planchers hauts et planchers bas représentent respectivement 5 % et 3 % des pertes, ce qui reste modéré grâce à la présence d'une isolation en toiture et de locaux non chauffés mais abritant des canalisations de chauffage (déperditions de chaleur) sous le plancher bas.

Les infiltrations d'air et la ventilation comptent pour 6 %, soulignant l'impact des systèmes de renouvellement d'air peu performants ou absents dans certaines zones.

Enfin, les ponts thermiques représentent 4 % des pertes, un niveau attendu pour un bâtiment ancien. Ce graphique confirme que les efforts de rénovation thermique devraient prioritairement cibler les murs extérieurs et l'amélioration de l'étanchéité à l'air.

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	190 kW chauffage	130 kW 130kW (secours)	-32%
REFROIDISSEMENT (hors process)	60 kW	109 kW (+79kW secours)	+ 45%

La puissance de chauffage + ECS réellement appelée dans le bâtiment selon la simulation atteint 203 kW environ. Les échangeurs sont de 130kW chacun, le besoin est donc couvert par une partie des deux échangeurs.

En refroidissement, l'appel de puissance s'élève à environ 60 kW pour les besoins de climatisation, contre 109kW installé pour la climatisation hors process, soit un surplus de 45%. L'estimation de la part de refroidissement uniquement utilisée pour le confort intègre des équipements utilisés également pour le process. Cela peut expliquer l'écart que l'on retrouve avec le besoin de puissance.

4.7. DONNEES METEOROLOGIQUES

Le fichier météo permettant de simuler les données de températures, hygrométrie, rayonnements solaires, etc. est celui de la ville de Paris – année 2023, ce qui correspond à l'année de référence étudiée. Il n'y a donc pas d'ajustement climatique à prévoir.

4.8. CONSOMMATIONS DE RESEAUX DE CHALEUR URBAIN

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

- Consommation réelle totale (2023) = 17 543 800 kWh
- Consommation réelle totale corrigée (2023) = 20 648 546 kWh
- Surface totale occupée (2023) = 115 527 m²
- Surface occupée bâtiment Cassiodore (2023) = 3 336 m²
- Consommation calculée bâtiment Cassiodore (2023) = 506 600 kWh
- Consommation calculée corrigée (2023) = 596 254 kWh

Cependant, considérant l'état de l'enveloppe thermique du bâtiment et les températures mesurées lors de la visite, cette consommation ne peut correspondre à l'état existant. En effet, la surface totale occupée renseignée incluant potentiellement une certaine partie de locaux non chauffés et certains bâtiments présentant une performance thermique bien supérieure à celle du bâtiment Cassiodore, cette estimation de consommation obligerait à fausser les paramètres de simulation pour correspondre à l'état existant.

Une autre méthode d'estimation de la consommation de chaleur issue du réseau de chauffage urbain, basée sur une base de données interne dans laquelle figure l'étude énergétique de nombreux bâtiments de typologie identique, il a été possible, de même, d'établir un ratio de consommation annuelle moyen par m² occupé :

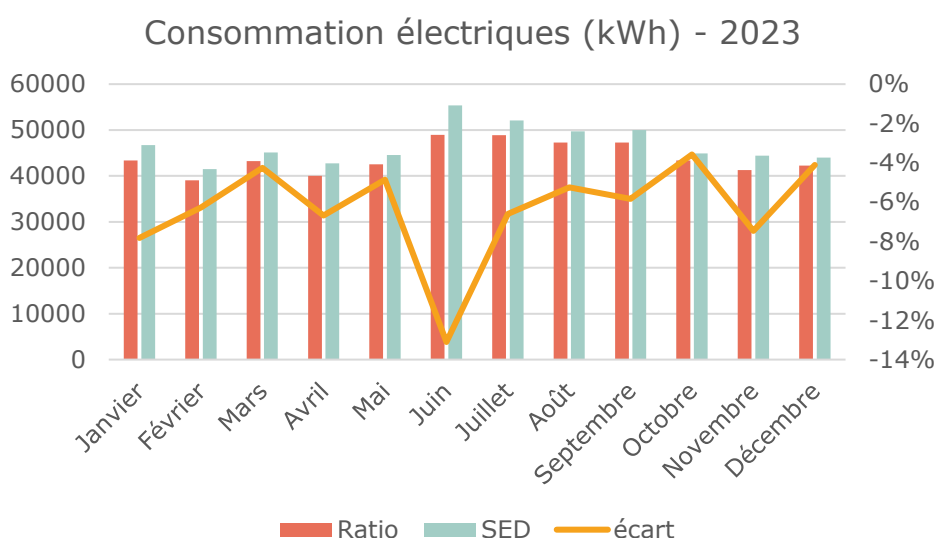
- Ratio. de consommation surfacique estimé (chauffage et ECS) : 195 kWh/m².an
- Consommation bâtiment Cassiodore estimée : 650 520 kWh/an

Consommation annuelle de RCU du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle de RCU estimée [MWh]	Ecart [%]
560 MWh	596 MWh	6.4%

L'écart est donc très légèrement supérieur à 5% sur l'année, ce qui ne remet pas en cause le fait de valider le modèle SED sur le RCU.

4.9. CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE

Les consommations électriques réelles ramenées à la rigueur climatique (DJF base 15) sont ensuite comparées au modèle réalisé.



On constate globalement sur la représentation graphique ci-dessus que peu d'écarts entre les consommations réelles moyennées et celles du modèle SED. On note un écart inférieur à 15% sur l'ensemble des mois, conformément aux préconisations de l'ASHRAE. La comparaison entre ces consommations mensuelles du modèle et celles réelles sur l'année complète sont les suivantes :

Consommation annuelle d'électricité du modèle SED [MWh]	Consommation annuelle d'électricité estimée [MWh]	Ecart [%]
560 MWh	527 MWh	6.2 %

L'écart est légèrement au-dessus de 5%, ce qui s'explique par la densité des usages spécifiques sur ce bâtiment et ne remet pas en cause la validation du 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 (m ²)	3 337 m ²
Surface chauffée (m ²)	2 100 m ²
Surface refroidie (m ²)	1 000 m ²
Surface hors DEET (m ²)	291 m ²
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 :

Sous-catégorie DEET	Surface considérée (m ²)	Valeur absolue associée (kWhDT/m ² . an)
Bureaux standards / administration	2448	87
Consultation	205	85
Imageries médicales (mammographie, tomographie, échographie, radiographie, IRM...)	113	534
Laboratoire classé	420	540
Vestiaires	92	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)
161 kWhDT/m ² /an	217 kWhDT/m ² /an

Contact



CONTACT

Florian WILLERVAL

Auditeur énergétique

Tél

Florian.willerval@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

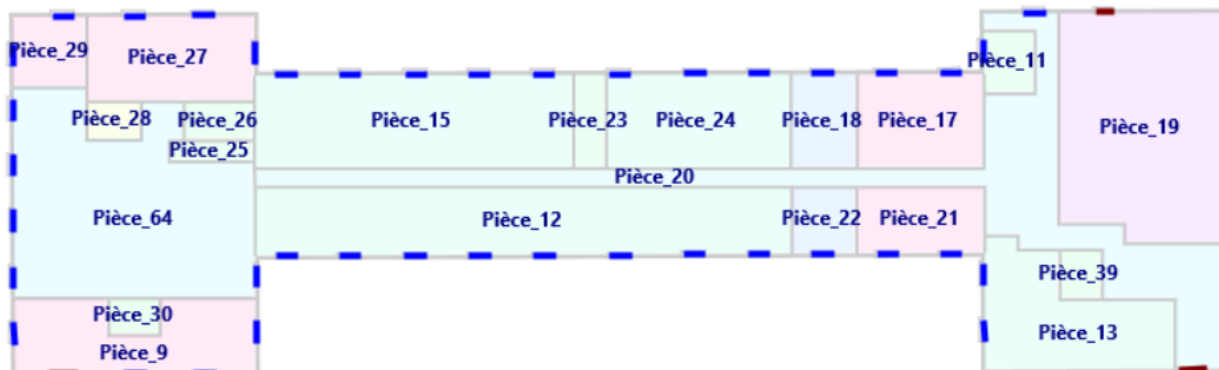
Voici comment sont décomposées les différentes zones du site :

	Bureaux
	Consultations
	Imagerie
	Laboratoires
	Stockage archives
	Vestiaires
	Locaux techniques
	Circulations horizontales
	Circulations verticales
	Amphi
	Logements
	Circulation climatisée
	Bureaux climatisés

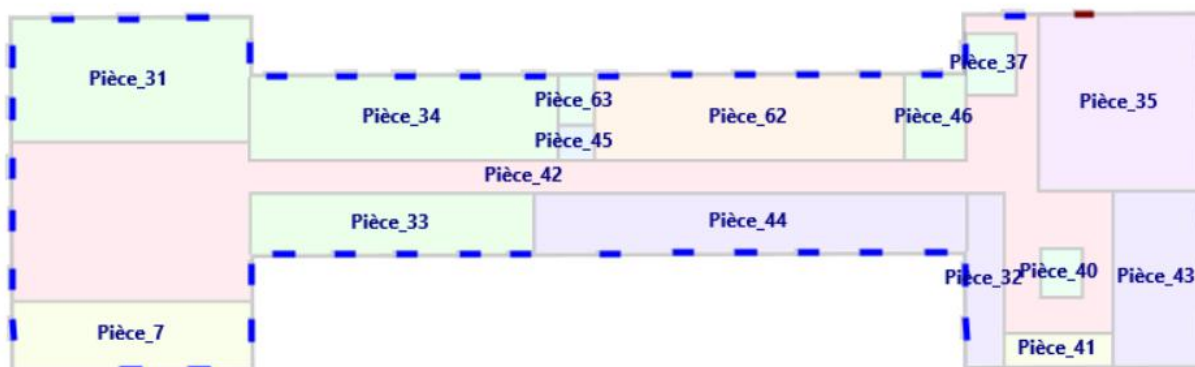
R-1



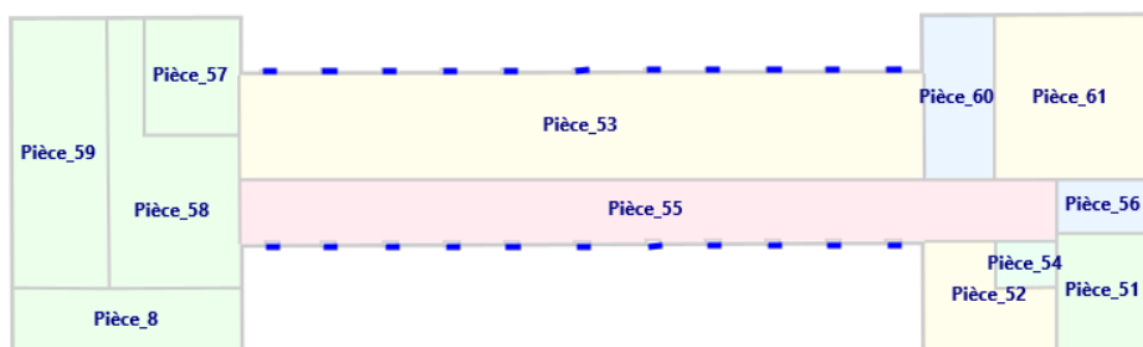
RDC



R+1



R+2



5.3.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]