

## RENOVATION DU PAVILLON A ET DU PCS DE L'HOPITAL EDOUARD HERRIOT DE LYON

### SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

Ind	Date	Commentaire	Rédacteur	Vérificateur
A	06/06/25	Première émission DCE	José-Yves FAFAOUMI	Guillaume MENEGALDO

## SOMMAIRE

1	CONTEXTE .....	3
2	OBJET .....	3
3	SYNTHESE.....	4
4	SOURCES D'INFORMATION .....	5
5	NOTIONS : PMV ET PPD.....	6
6	METHODOLOGIE.....	7
7	ETAT DES LIEUX DE L'EXISTANT ET DES TRAVAUX.....	8
8	MODELISATION 3D .....	10
9	DONNEES METEOROLOGIQUES .....	14
10	PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE.....	15
11	APPORTS INTERNES .....	16
12	CONSIGNES DE TEMPERATURE.....	19
13	DEBITS DE VENTILATION .....	20
14	ACTIVITE METABOLIQUE .....	20
15	SIMULATION ENERGETIQUE DYNAMIQUE .....	21
16	SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE : PMV PPD .....	25

## 1 CONTEXTE

Le projet de rénovation du Pavillon A et du bâtiment annexe de PCS, de l'Hôpital Edouard Herriot de Lyon, bien que n'étant pas soumis à la réglementation thermique RT 2012 en raison de son statut de Monument historique classé ou inscrit et n'ayant pas pour objectif d'obtenir une certification, s'inscrit néanmoins dans une démarche de respect d'exigences environnementales et de confort des usagers. Ces engagements ont été définis dans le programme RSE élaboré par UNHI.

C'est dans ce cadre que Arp-Astrance a été missionné en tant que Bureau d'étude Environnement du groupement de Maîtrise d'œuvre dont UNHI est le mandataire pour les Hospices Civils de Lyon.

Le présent rapport rend compte des résultats de calcul de la **Simulation Thermique/Energétique Dynamique**. L'objet est d'analyser les performances énergétiques projetées du bâtiment, suite à sa réhabilitation, et d'évaluer le confort des occupants des futurs bâtiments. L'ensemble des hypothèses relatives à l'égard du Pavillon A, ainsi que les paramètres renseignés au sein du logiciel de calcul seront précisés dans ce rapport.

## 2 OBJET

L'objet de ce rapport est de présenter les résultats de la **simulation énergétique dynamique** (SED) et de la **simulation thermique dynamique** (STD) qui ont été réalisées dans le but de déterminer les consommations énergétiques du projet de réhabilitation du bâtiment et les critères PMV et PPD qui permettent d'évaluer le confort des occupants.

La présente étude se base sur l'ensemble des données disponibles à ce jour (**phase PRO-DCE**) afin d'établir le confort des occupants ainsi que les besoins d'énergie selon les différents postes de consommation.



Figure 1 Vue du bâtiment Pavillon A et du PCS, CHL (Urgences, 5 Pl. d'Arsonval Pavillon A, 69003 Lyon)

### 3 SYNTHÈSE

Les graphiques ci-dessous présentent les besoins du bâtiment en chauffage et en refroidissement (détails en partie 10) :

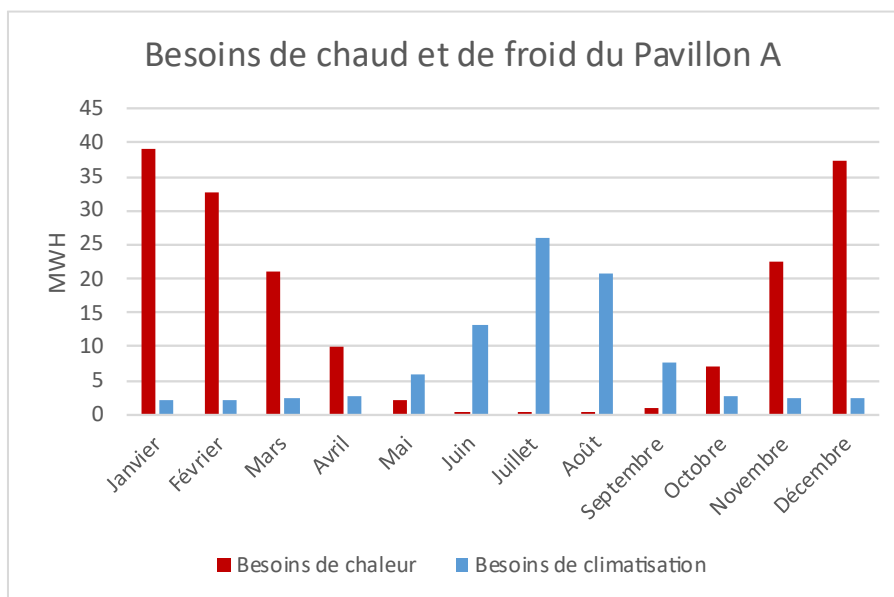


Figure 2 - Besoins de chauffage et de refroidissement (Pavillon A)

L'isolation de l'enveloppe du bâtiment induit un **besoin de chauffage** annuel de **32.4 kWhEP/m²** pour le **Pavillon A** et de **climatisation** de **16.8 kWhEP/m²**. Pour le PCS les besoins en chaud et en froid sont respectivement de 71.9 et 23.9 kWhEP/m².

Le graphique ci-dessous présente la répartition des postes de consommation :

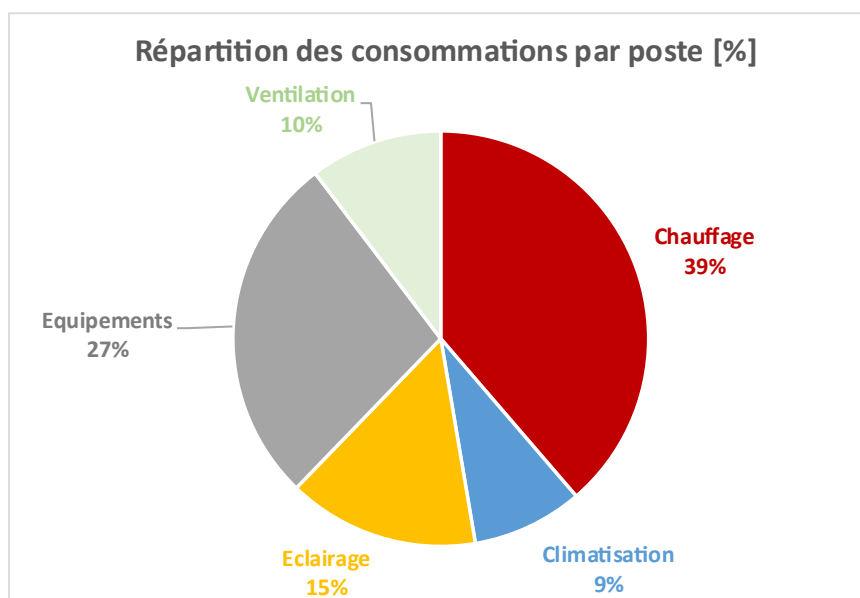


Figure 3 - Répartition des postes de consommation

Il peut en être conclu que le poste **le plus consommateur est la production de chaud** et le moins consommateur la production de froid.

Sur le plan de l'analyse des critères de confort au sein des bâtiments, l'étude permet de démontrer que les **11 pièces sélectionnées et étudiées répondent à l'ensemble des critères de confort PMV et PPD.**

## 4 SOURCES D'INFORMATION

### 4.1 Données

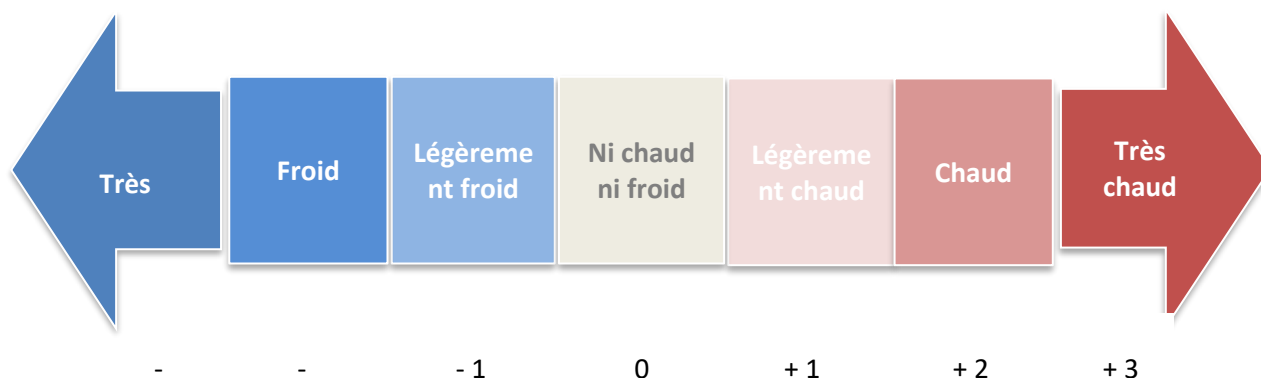
Les documents utilisés comme base de données pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

- ▶ Données techniques : Les données utilisées au sein de cette étude sont celles présentes dans le programme RSE de la rénovation du Pavillon A :
  - Pavillon A\_Programme\_RSE
- ▶ Documents utilisés : APS-APD
  - 2024.02.22\_PROGRAMME\_Pavillon\_A\_Fiches Techniques
  - 2024.02.22\_PROGRAMME\_Pavillon\_A\_ProgrammeTechnique
  - Rapport APS MS2
  - 00-21-GTL-MS2-APS-Etat sanitaire A3
  - 26-43-GTL-MS2-APS-Lot Maçonnerie A3
  - 44-64-GTL-MS2-APS-Lot Menuiseries ext. A3
  - 65-81-GTL-MS2-APS-Lot Couverture A3
  - 83-98-GTL-MS2-DEMOLITION A3
  - 103-118-GTL-MS2-APS-Lot Ferronneries A3
  - HEH\_MS2\_APS\_US&CO\_OXY\_NOTICE DESCRIPTIVE TOUS LOTS\_20240426
  - HEH\_MS2\_APS\_OXY\_Notice CVC PBS FM\_20240426
  - HEH\_MS2\_APS\_OXY\_Notice Elec\_20240426
- ▶ Documents utilisés : PRO-DCE
  - A104-PAV A\_Plan NIVEAU - 1 - PROJET
  - A105-PAV A\_Plan NIVEAU 0 – PROJET
  - A106-PAV A\_Plan NIVEAU 1 – PROJET
  - A107-PAV A\_Plan NIVEAU 2 – PROJET

**Les nouvelles données par rapport à la phase précédente sont écrites en rouge dans le rapport suivant.**

## 5 NOTIONS : PMV ET PPD

L'indice PMV (Predicted Mean Vote) prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle suivante de perception thermique :



L'indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) prédit quantitativement le pourcentage de personnes insatisfaites, car trouvant l'ambiance thermique soit trop chaude soit trop froide.

L'indicateur de confort PMV est le résultat d'une formule mathématique établie suite à de nombreux tests réalisés avec un échantillon de personnes ayant « voté » sur leur perception du confort thermique.

Ces expériences ont permis d'identifier 4 paramètres climatiques et 2 paramètres dépendant de l'humain. Les paramètres climatiques identifiés comme exerçant une influence significative sur le confort thermique sont les suivants :

- ▶ Température de l'air ;
- ▶ Températures des parois ;
- ▶ Humidité relative ;
- ▶ Vitesse et turbulence de l'air ;

Les 2 derniers paramètres sont la quantification de l'activité d'un point de vue métabolique (activité physique ou repos allongé par exemple) et l'isolement vestimentaire (tenue chaude en hiver, légère en été).

Le PPD est quant à lui calculé à l'aide d'une formule mathématique fonction du PMV, et prend donc en compte exactement les mêmes indicateurs (de manière indirecte).

## 6 METHODOLOGIE

### 6.1 Etapes

Pour étudier les objectifs identifiés au début de ce rapport, une modélisation numérique du projet est réalisée avec un logiciel de simulation thermique dynamique.

La méthodologie suivie pour cette étude est la suivante :

- ▶ Identification des objectifs et du périmètre d'étude
- ▶ Modélisation du projet
- ▶ Détermination des performances de l'enveloppe du bâtiment
- ▶ Détermination des différents systèmes du bâtiment
- ▶ Détermination des apports internes
- ▶ Calculs thermodynamiques pour l'étude de la consommation énergétique et du confort thermique.

La simulation est réalisée sur une année entière.

### 6.2 Logiciels de calcul

Les logiciels suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

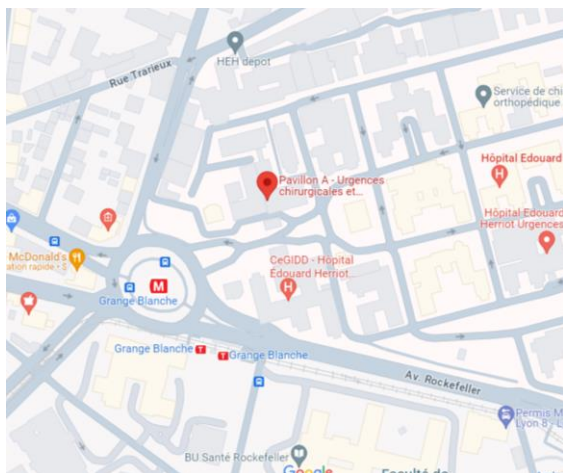
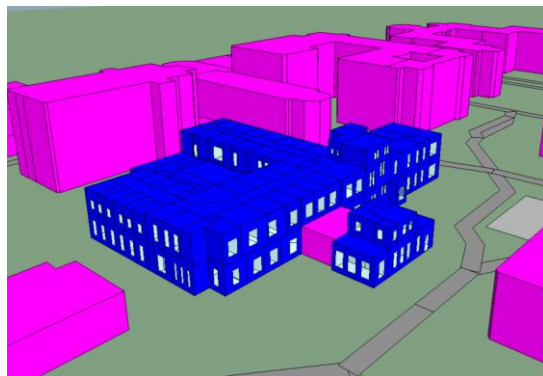
Logiciel	Version	Description
IES VE 2023	2023.5.2.0	<p>Cet outil permet, entre autres, les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ L'effet du rayonnement solaire direct sur les façades, ainsi que celui du rayonnement diffus.</li> <li>✓ L'analyse des gains solaires, des températures de surface, des échanges radiatifs.</li> <li>✓ Une simulation dynamique des échanges thermiques avec un pas de temps de calcul pouvant descendre à 1 minute, et un reporting possible toutes les 6 minutes.</li> <li>✓ La modélisation de scénarios de fonctionnement selon des lois paramétrables avec différents niveaux de complexité (scénario horaire, ou scénario variable en fonction de plusieurs paramètres).</li> <li>✓ La prise en compte de l'inertie thermique.</li> <li>✓ La prise en compte de la ventilation (mécanique, naturelle, infiltrations).</li> </ul>
Excel	-	Outil utilisé pour le post traitement des résultats issus d'IES VE

Tableau 1 Logiciels de calcul. Source : Arp-Astrance.







## 7 ETAT DES LIEUX DE L'EXISTANT ET DES TRAVAUX

### 7.1 Fiche d'identité du bâtiment

Généralités			
Nom du projet	HCL – Pavillon A et PCS	Surface étudiée	3 139 m² SDO Pavillon A : 2980 m² PCS : 159 m²
Adresse	5 Pl. d'Arsonval Pavillon A, 69003 Lyon	Usage principal	Hôpital et PCS
Nb étages/bâtiment	3 étages en superstructure	Nb de bâtiments	2
Nb d'occupants	/	Horaires d'ouverture	L-V, 8h-18h
			
Caractéristiques du volume chauffé			
Masques environnants	Le projet est situé dans une zone urbaine, une partie de ses façades sont masquées par les bâtiments existants alentour.		
Enveloppe	<p>La partie opaque de l'enveloppe du volume chauffé à l'état se compose de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Façade en pierre de taille isolée</li><li>Couverture étanche sur toit plat</li><li>Plancher bas donnant sur un sous-sol isolé.</li></ul> <p>Les menuiseries originelles sont en bois (chêne), vitrage simple de 4mm d'épaisseur. Néanmoins, de nombreuses menuiseries (toutes époques confondues) ont fait l'objet d'adaptation de double vitrage.</p>		
Protections solaires	Occultation extérieure par volet roulant.		
Apports internes	Les sources de chaleur internes sont les apports dus aux occupants, à l'éclairage et aux équipements électriques dégageant de la chaleur dans les espaces.		



## 7.2 Installations énergétiques

Avant et Après travaux	
<b>Chauffage</b> 	<p><b>Avant travaux :</b>  <u>Production</u> : Le système de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) est assuré par un réseau de chaleur urbain.</p> <p><u>Emission</u> : Les systèmes d'émission de chauffage sont des émetteurs par radiateur à eau.</p> <p><b>Après travaux :</b>  <u>Production</u> : Le système de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) sera toujours assuré par le réseau de chaleur urbain. Refonte de la sous-station. <b>La puissance de raccordement au réseau de chaud est de 323 kW.</b></p> <p><u>Emission</u> : Les systèmes d'émission de chauffage seront <b>des radiateurs à eau.</b></p>
<b>Climatisation</b> 	<p><b>Avant travaux :</b>  <u>Production</u> : Le système de production de la climatisation est assuré par un groupe froid.</p> <p><u>Emission</u> : Les systèmes d'émission de la climatisation sont des ventilo-convecteurs et des armoires de climatisation dans les locaux techniques.</p> <p><b>Après travaux :</b>  <u>Production</u> : Le système de production de climatisation sera assuré par le <b>réseau de froid urbain avec une puissance de raccordement de 284 kW.</b></p> <p><u>Emission</u> : Les systèmes d'émission de la climatisation sont des ventilo-convecteurs et des armoires de climatisation dans les locaux techniques.</p>
<b>Ventilation</b> 	<p><b>Avant travaux :</b>  Les systèmes de ventilation considérés pour la réalisation de cette étude sont des centrales de traitement d'air double flux monitorés par une horloge et un réduit de nuit.</p> <p><b>Après travaux :</b>  Une <b>CTA double flux avec échangeur à plaques (rendement de 73%) unique sera installée pour remplacer les anciennes.</b>  Batteries alimentées par le réseau d'eau chaude et d'eau glacée sauf pour les CTA des plateaux techniques (imagerie) qui possèdent des batteries électriques.</p>
<b>Eclairage</b> 	<p>L'ensemble de l'éclairage du site est considéré en LED, avec détecteur de présence pour les sanitaires, vestiaires et circulation et gradation de lumière pour les salles de réunion, de consultation, de soins, le hall, les salles d'attente et les bureaux. Les plateaux techniques sont sur interrupteur.</p>

## 8 MODELISATION 3D

La modélisation géométrique d'un projet en vue d'une étude énergétique et de confort thermique n'a pas vocation à reproduire fidèlement l'architecture du projet. L'objectif est plutôt d'avoir une représentation pertinente de la volumétrie des espaces et des éléments ayant un impact sur le comportement thermique du modèle, permettant une étude des différentes zones représentatives du bâtiment et de faire une analyse réaliste des échanges thermiques avec l'environnement.

A titre informatif, nous présentons ci-dessous les plans du RDC et du R+1 présentant le programme du Pavillon A à la **phase PRO-DCE** du projet de réhabilitation :



Figure 4 – Plan du RDC selon le programme de réhabilitation



Figure 5: Plan du R+1 selon le programme de réhabilitation

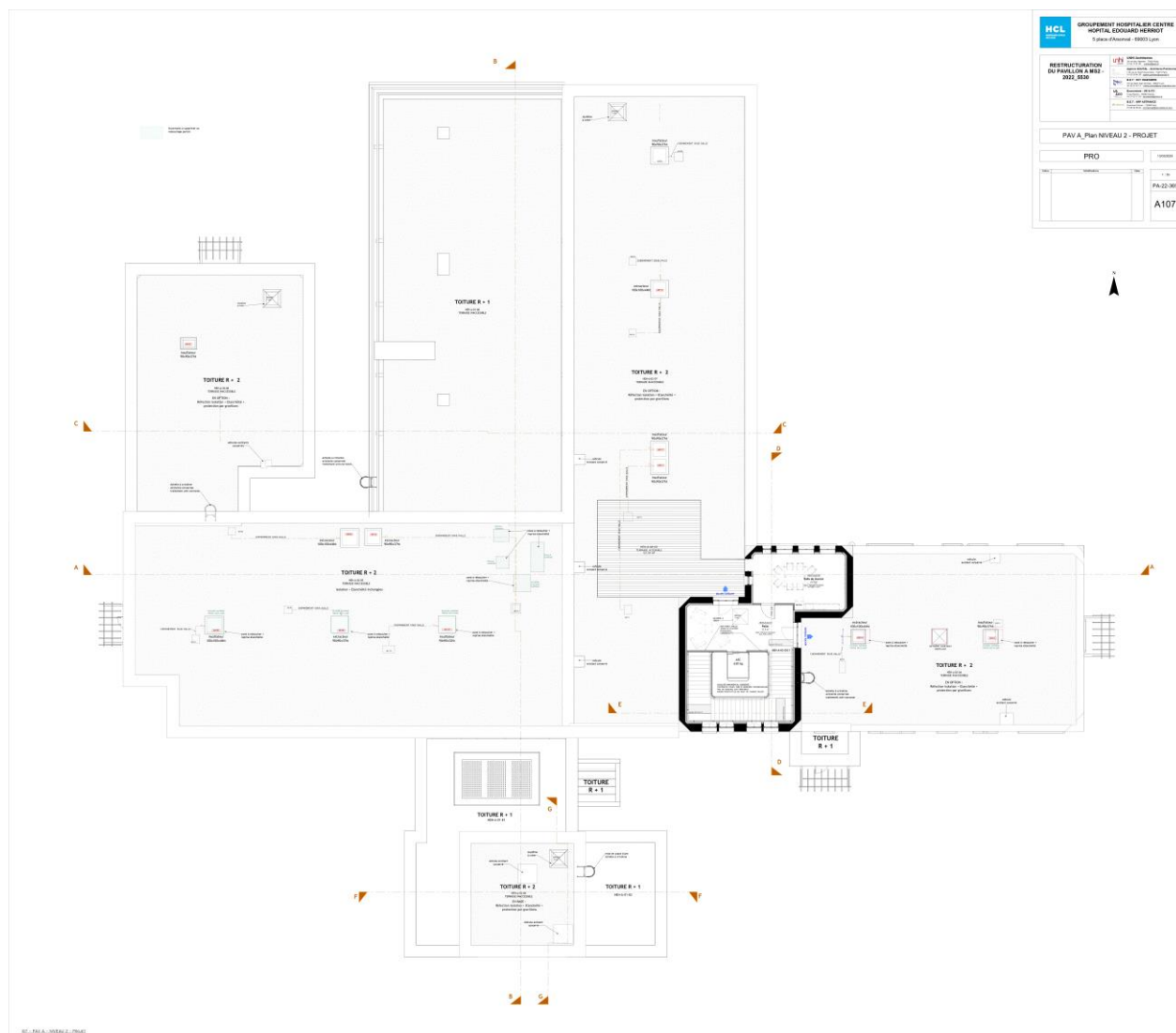


Figure 6: Plan du R+2 selon le programme de réhabilitation

Les images ci-dessous montrent le projet modélisé. Le code de couleurs est le suivant :

- Rose : Volumes adjacents (hors projet)
- Bleu : Projet

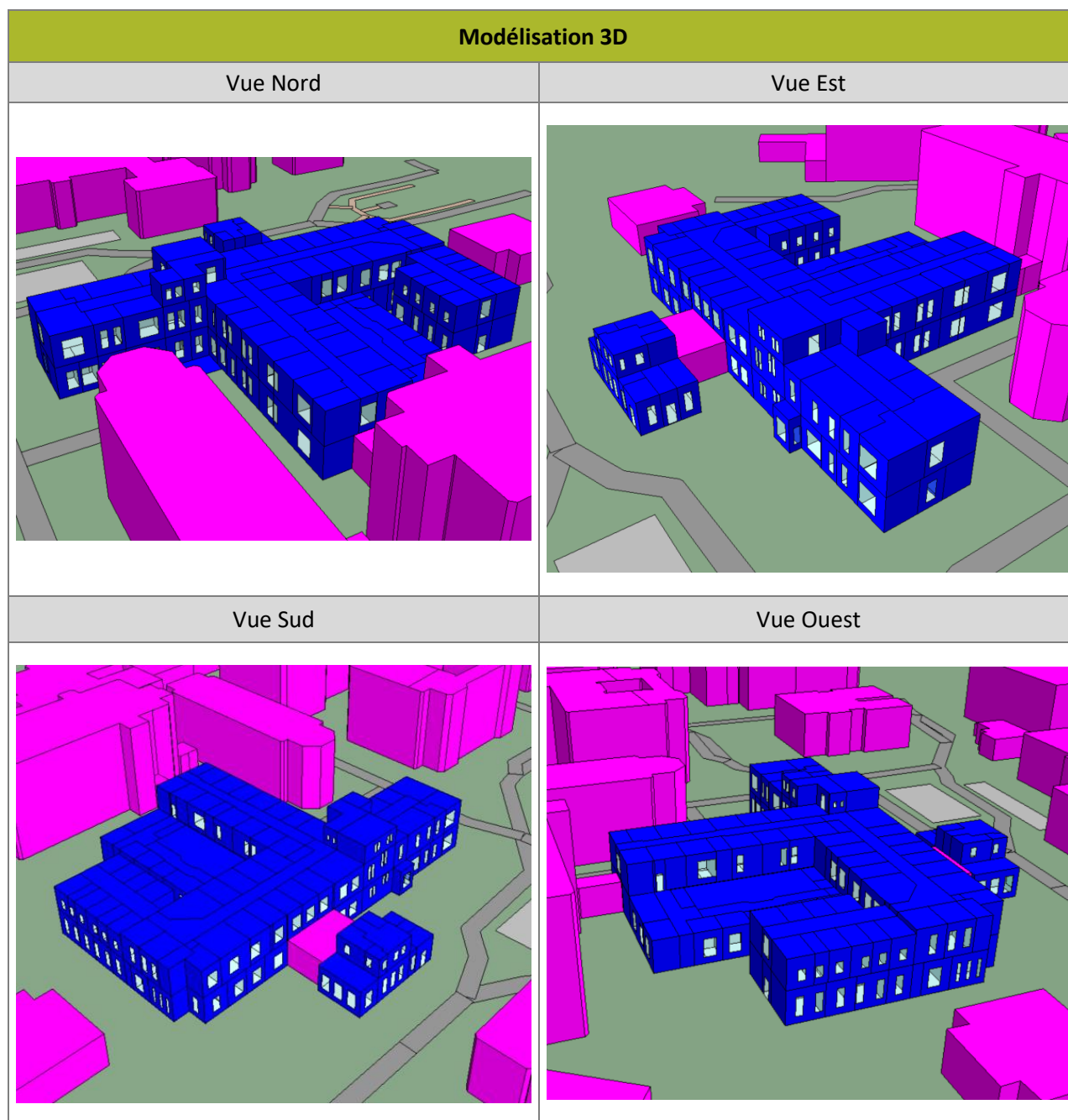


Tableau 2 : Vues 3D du projet modélisé. Source : Arp-Astrance.

## 9 DONNEES METEOROLOGIQUES

### 9.1 Scénario actuel

La modélisation sous **IES VE** implique l'intégration des données météorologiques annuelles de la ville de Lyon, la création du modèle géométrique à partir des plans et le paramétrage thermique du modèle.

Le fichier météorologique utilisé dans cette étude est : FRA\_Lyon\_074810\_IWEC.epw

Les conditions climatiques associées à Lyon sont présentées sur le graphique Figure 7 ; et les valeurs moyennes, minimales et maximales de la température extérieure au cours de l'année sont résumées dans le Tableau 3.

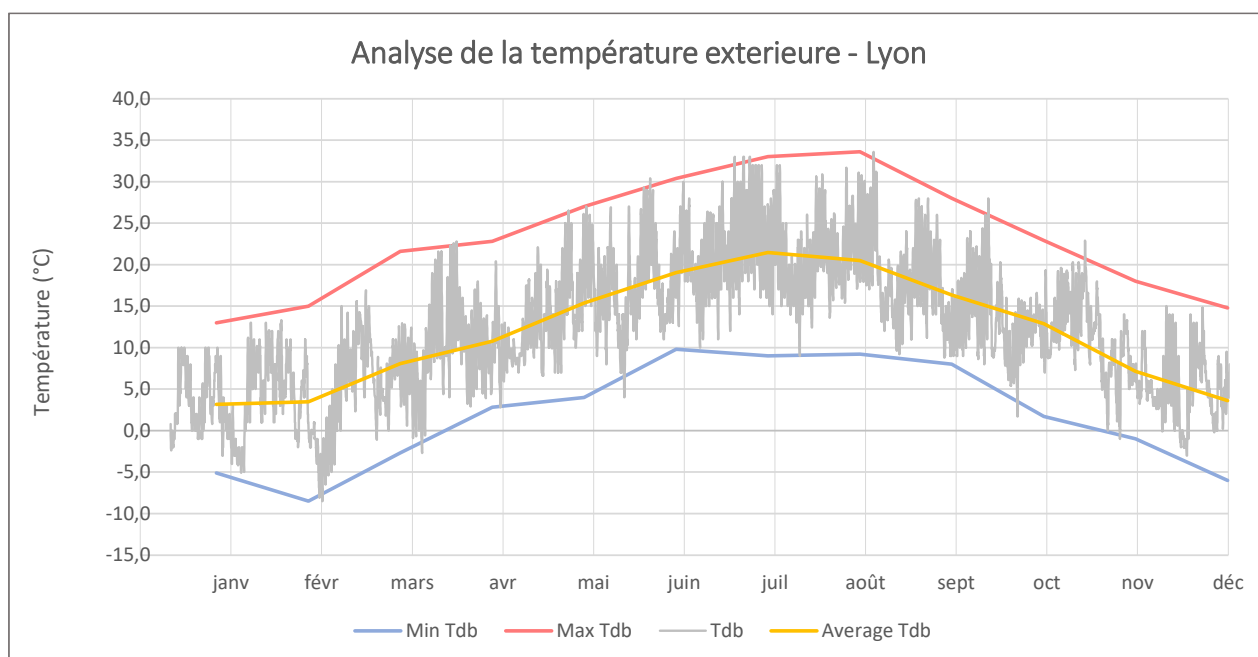


Figure 7: Analyse du climat à Lyon - Etude de la température extérieure

	Min Tdb (°C)	Max Tdb (°C)	Moyenne Tdb (°C)
Janvier	-5,1	13,0	3,2
Février	-8,5	15,0	3,5
Mars	-2,7	21,6	8,1
Avril	2,8	22,8	10,8
Mai	4,0	27,0	15,4
Juin	9,8	30,4	19,1
Juillet	9,0	33,0	21,5
Août	9,2	33,6	20,5
Septembre	8,0	28,0	16,4
Octobre	1,7	22,9	12,9
Novembre	-1,0	18,0	7,1
Décembre	-6,0	14,8	3,6

Tableau 3: Conditions climatique à Lyon au cours de l'année

Les modules suivants du logiciel IESVE ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- ModelIT : modélisation géométrique,
- Suncast : calcul dynamique des ombres et du rayonnement solaire,
- ApacheSim : simulation thermique dynamique.

## 10 PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE

### 10.1 Parois opaques et vitrées

Composition de l'enveloppe de l'état rénové					
Type	Caractéristiques	Epaisseur (m)	Lambda [W/m.K]	R [m².K/W]	U [W/m².K]
Parois verticales					
Mur extérieurs	Béton	0.500	2	0.25	0.297
	Isolant - Laine minérale	0.100	0.035	2.86	
	BA18	0.018	0.21	0.09	
Murs intérieurs sur LNC	Béton	0.200	2	0.10	0.348
	Isolant - Laine minérale	0.085	0.035	2.43	
	BA18	0.018	0.21	0.09	
Murs Intérieurs (cloisons)	BA13	0.013	0.21	0.06	1.578
	Mâchefer	0.100	0.4	0.25	
	BA13	0.013	0.21	0.06	
Parois horizontales (Toiture)					
Toiture Terrasse	Etanchiété	0.005	0.7	0.01	0.211
	Panneau PU	0.060	0.022	2.73	
	Béton	0.300	2	0.15	
	Laine de roche	0.060	0.035	1.71	
Parois horizontales (Planchers)					
Plancher sur parking/LNC /Terre plein	Dalle béton	0.200	2	0.10	0.298
	Isolant - Laine minérale	0.100	0.035	2.86	
	BA13	0.013	0.21	0.06	
Plancher intermédiaire	BA13	0.013	0.21	0.06	2.360
	Béton	0.200	2	0.10	
	BA13	0.013	0.21	0.06	
Type	Caractéristiques	TL	Sw	Uw	
Menuiseries					
Menuiseries extérieures	Double vitrage	70%	0.39	1.2	

Tableau 4 Caractéristiques thermiques des parois opaques.

Les fenêtres sont considérées fermées en continu.

### 10.2 Perméabilité à l'air

La perméabilité à l'air modélisée est de **1,7 m³/h m² façade**.

### 10.3 Protections solaires

L'occultation extérieure se fait à l'aide de volet roulants extérieurs déjà présent sur l'état initial des bâtiments.



## 11 APPORTS INTERNES

Typologie d'espace	Horaires de fonctionnement	Taux d'occupation	Profil Horaire Occupation	Apports Eclairage	Commande éclairage	Profil Horaire Eclairage	Apports Equipements	Profil Horaire Equipements
1_Accueil	LD: 8h - 18h	7 pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0%	5 W/m²	Détection de présence	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0%
2_Ascenseur	/	/	/	5 W/m²	Détection de présence	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0% WE_40%	/	/
3_Circulation / Escalier	/	/	/	5 W/m²	Détection de présence	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0% WE_40%	/	/
4_Bureaux / Consultation (Box + Sec + ARC)	LV: 8h - 18h	2 pers	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	8 W/m²	Gradation manuelle	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LV: 0h-8h : 0% 8h-18h : 100% 18h-24h : 0%
5_Salle de réunion	LV: 8h - 18h	15 pers	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 70% 12h-14h : 50% 14h-18h : 70% 18h-24h : 0%	8 W/m²	Gradation manuelle	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 80% 12h-14h : 60% 14h-18h : 80% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LV: 0h-8h : 0% 8h-18h : 100% 18h-24h : 0%

<b>6_Salles Spécifique Médicales (Soins, HDJ)</b>	LD: 8h - 18h	5 m <sup>2</sup> /pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 80% 12h-14h : 60% 14h-18h : 80% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m<sup>2</sup></b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	20 W/m <sup>2</sup>	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>6_Salle de Radiologie</b>	LD: 8h - 18h	5 m <sup>2</sup> /pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m<sup>2</sup></b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	10 kW	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>8_Detente_Attente</b>	LD : 8h - 18h	5 m <sup>2</sup> /pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m<sup>2</sup></b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 18h-24h : 0%	15 W/m <sup>2</sup>	LD : 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>9_Sanitaires &amp; Vestiaires</b>	LD : 8h - 18h	6 m <sup>2</sup> /pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-18h : 20% 18h-24h : 0%	<b>4 W/m<sup>2</sup></b>	Détection de présence	LV: 0h-8h : 0% 8h-18h : 80% 20h-24h : 0%	/	/
<b>10_LT_Archives_Stockage</b>	/	/	/	<b>4 W/m<sup>2</sup></b>	Détection de présence	CST 10%	/	/
<b>11_PCS_Salle de contrôle</b>	LD: 24h	3 pers	LD: 0h-24h : 50%	<b>8 W/m<sup>2</sup></b>	Gradation manuelle	LD: 0h-24h : 80%	30 W/m <sup>2</sup>	LD: 0h-24h : 80%
<b>12_Plateau_Kine</b>	LD: 8h - 18h	5 m <sup>2</sup> /pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m<sup>2</sup></b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	20 W/m <sup>2</sup>	LD: 0h-8h : 30% 8h-18h : 70% 18h-24h : 20%

<b>13_Educ_Therapeutique</b>	LD: 8h - 18h	10 pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m²</b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>14_Bureaux_IDE</b>	LV: 8h - 18h	5 pers	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m²</b>	Gradation manuelle	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LV: 0h-8h : 0% 8h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>15_Bureau_cadre_ARC</b>	LV: 8h - 18h	1 pers	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m²</b>	Gradation manuelle	LV: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LV: 0h-8h : 0% 8h-18h : 100% 18h-24h : 0%
<b>16_Salle_ergotherapie</b>	LD: 8h - 18h	4 pers	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	<b>8 W/m²</b>	Gradation manuelle	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%	15 W/m²	LD: 0h-8h : 0% 8h-12h : 100% 12h-14h : 80% 14h-18h : 100% 18h-24h : 0%

Tableau 5 Apports internes. Source : Astrance.

La chaleur sensible dégagée par les équipements bureautiques & process est considérée égale au 100% de la puissance installée.

Source : Le profil de fonctionnement ainsi que les données manquantes ont été pris en hypothèse sur la base du profil général d'occupation du site et de nos retours d'expériences.

## 12 CONSIGNES DE TEMPERATURE

Consignes de température				
Typologie d'espace	Consigne Chaud (+/-2°C)	Régulation Chaud	Consigne Froid (+1°C)	Régulation Froid
Accueil	20 °C	/	24 °C	/
Ascenseur	/	/	/	/
Circulation / Escalier	20 °C	/	/	/
Bureaux / Consultation	20 °C	/	24 °C	/
Salle de réunion	20 °C	/	24 °C	/
Salles Spécifique Médicales	20 °C	/	24 °C	/
Salle de radiologie	20 °C	/	24 °C	/
Détente / Attente	20 °C	/	24 °C	/
Sanitaires & Vestiaires	20 °C	/	/	/
LT / Archives / Stockage	20 °C	/	/	/
PCS salle de contrôle	20 °C	/	24 °C	/
Plateau kiné	20 °C	/	24 °C	/
Education thérapeutique	22 °C	/	24 °C	/
Bureaux IDE	20 °C	/	24 °C	/
Bureaux cadre / Arc	20 °C	/	24 °C	/
Salle d'ergothérapie	20 °C	/	24 °C	/

Tableau 6 Consignes de température. Source : document « 2024.11.14, pièce à pièce ».

## 13 DEBITS DE VENTILATION

Consignes de ventilation		
Typologie d'espace	Ventilation Mode occupé	Ventilation Mode inoccupé
Hall / Accueil / Secrétariat	1 vol/h	/
Ascenseur	/	/
Circulation / Escalier	/	/
Bureaux / Consultation	25 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Salle de réunion	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Salles Spécifique Médicales	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Salle de radiologie	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Détente / Attente	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Sanitaires & Vestiaires	4 Vol/h (extraction)	2 vol/h
LT / Archives / Stockage	/	/
PCS salle de contrôle	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Plateau kiné	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Education thérapeutique	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Bureaux IDE	25 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Bureaux cadre / Arc	25 m <sup>3</sup> /h/pers	/
Salle d'ergothérapie	30 m <sup>3</sup> /h/pers	/

Tableau 7 Débits de ventilation. Source : document « 2024.11.14, pièce à pièce ».

## 14 ACTIVITE METABOLIQUE

L'activité métabolique appliquée aux occupants des espaces étudiés est la suivante :

Métabolisme	Habillement
70 W.m <sup>-2</sup> / 1,2 met	Le « clo » varie de 1,35 en hiver à 0,45 en été. La valeur du clo peut s'adapter en mi saison pour simuler le comportement des occupants.

Source : Tables B.1 et C.1 de la norme ISO 7730 :2005

## 15 SIMULATION ENERGETIQUE DYNAMIQUE

### 15.1 Mise en contexte

L'objectif de la simulation énergétique dynamique est d'établir les besoins de chaleur ainsi que les besoins en climatisation annuellement.

Les compositions de parois ainsi que l'ensemble des gains internes qui ont été considérés par hypothèse (éclairages, équipements et modes d'occupations) sont détaillés ci-dessus dans les parties dédiées de ce même rapport

### 15.2 Etude des consommations énergétiques

#### 15.2.1 Besoin de chauffage et de climatisation du Pavillon A

Les données présentées ci-dessous ne concernent que les besoins de chaud et de froid du bâtiment, et ne prennent pas en compte les rendements de production et d'émission :

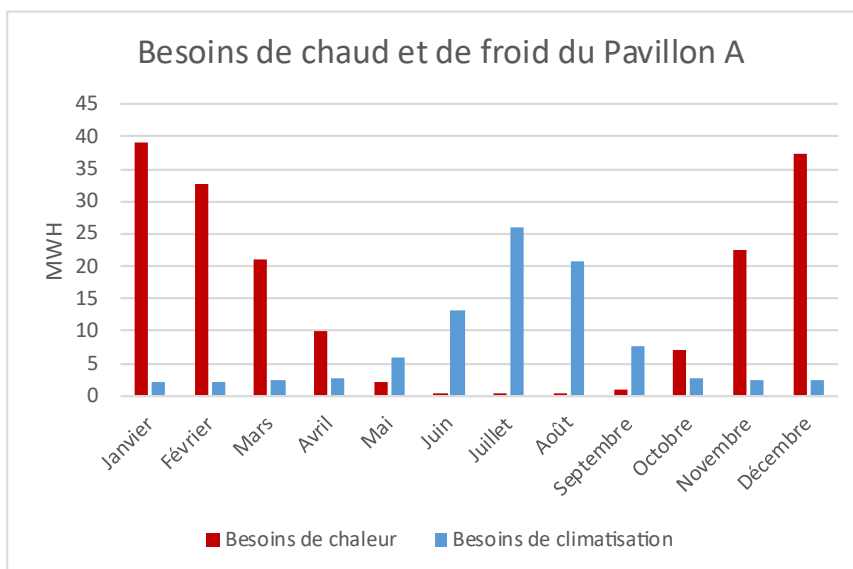


Figure 8 : besoin de chauffage et climatisation du Pavillon A [MWh]

Sur la base des hypothèses considérées dans cette étude, les **besoins annuels de chauffage** pour le Pavillon A sont estimés à **173 MWhEP** par an, ce qui correspond à **32,4 kWhEP/m²** par an.

De la même manière, les **besoins annuels en climatisation** du Pavillon A sont égaux à **89,77 MWhEP** par an, correspondant alors à **16,8 kWhEP/m²** par an.

Ainsi on observe que les besoins de chauffage sont relativement importants et prédominant par rapport aux besoins de climatisation pour le Pavillon A. Ces besoins sont dus aux températures de consignes devant être assurées tout au long de l'année du lundi au dimanche.

### 15.2.1 Besoin de chauffage et de climatisation du PCS

Le graphique ci-dessous présente les besoins en chauffage et en climatisation pour le bâtiment annexe PCS :

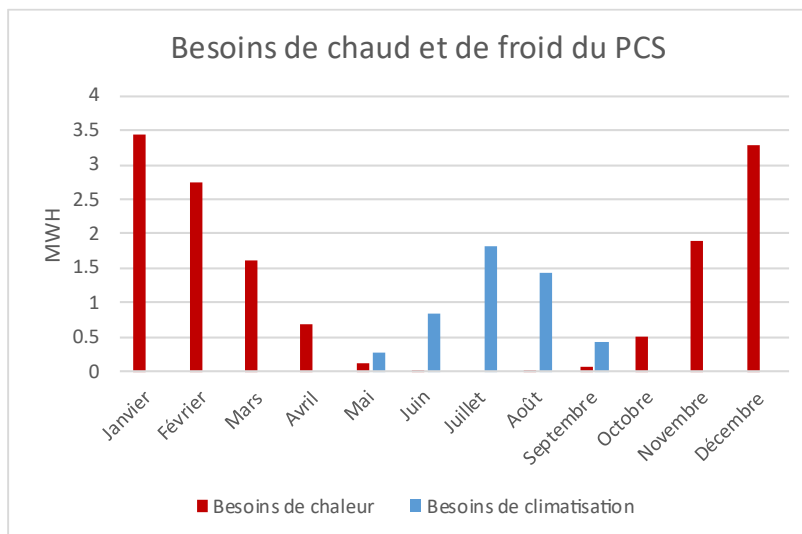


Figure 9 : besoin de chauffage et climatisation du PCS [MWh]

Les **besoins annuels de chauffage** sont estimés à **14,4 MWhEP** par an, soit **71,9 kWhEP/m<sup>2</sup>** par an.

De la même manière, les **besoins annuels en climatisation** pour le PCS sont égaux à **4,77 MWhEP** par an, correspondant alors à **23,9 kWhEP/m<sup>2</sup>** par an.

On note que les besoins de chauffage surfaciques sont supérieurs pour le PCS comparé au Pavillon A. Ceci s'explique par le fait que la totalité de la surface du PCS est chauffée et que le besoin est dix fois moins important pour une surface chauffée presque vingt fois inférieur. Par conséquent, le bâtiment du PCS bénéficie d'un besoin en chauffage surfacique plus important.



### 15.2.2 Consommation d'énergie annexes

Le graphique annuel ci-dessous présente la consommation en énergie finale des équipements, de l'éclairage et de la ventilation pour le Pavillon A et le PCS :

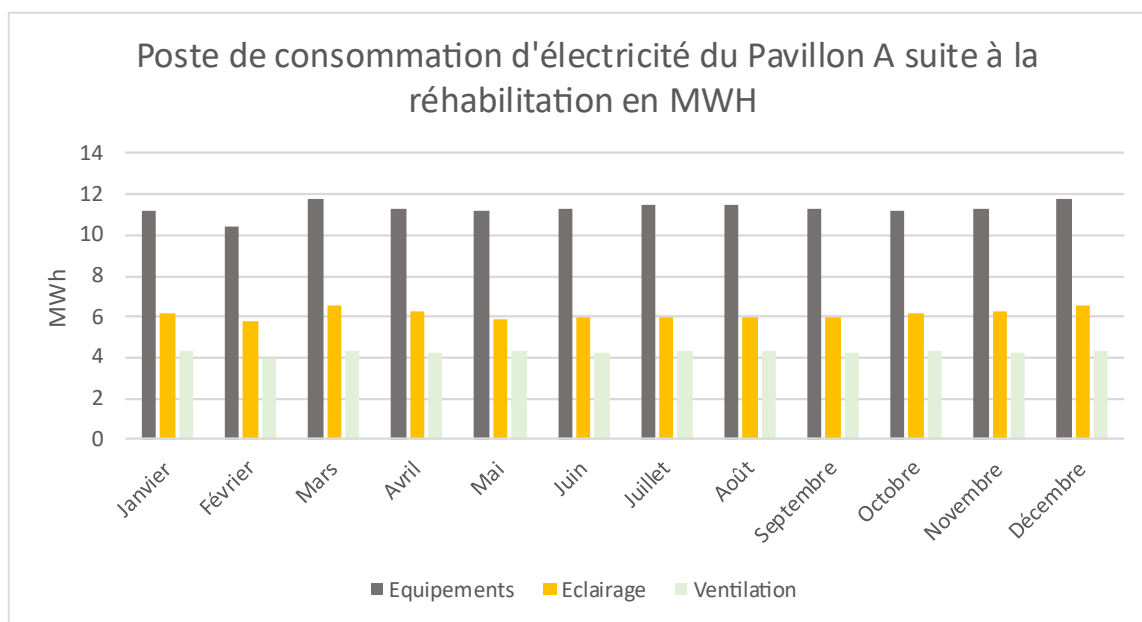


Figure 10 : Consommation d'électricité des différents postes

Les **consommations annuelles** sont estimées à **136 MWhEF** pour les **équipements**, **74 MWhEF** pour **l'éclairage** et **51 MWhEF** pour la **ventilation**, soit respectivement 24,4 kWhEF/m<sup>2</sup> ; 13,3 kWhEF/m<sup>2</sup> et 9,2 kWhEF/m<sup>2</sup>.

On observe que cette consommation d'électricité est régulière tout au long de l'année due à la régularité de l'usage du bâtiment. On note qu'une part importante de la consommation des équipements est due à la présence supposée de matériel médical au sein du Pavillon A.

### 15.2.1 Répartition des consommations d'énergie finales

Le graphique ci-dessus nous permet d'obtenir une première répartition des principaux postes de consommation en énergie finale pour le Pavillon A, dans le cas d'une enveloppe isolée. Pour les consommations, un COP de 1 a été retenu pour le chauffage (Réseau urbain) et un EER de 2,3 pour la climatisation (Groupe froid).

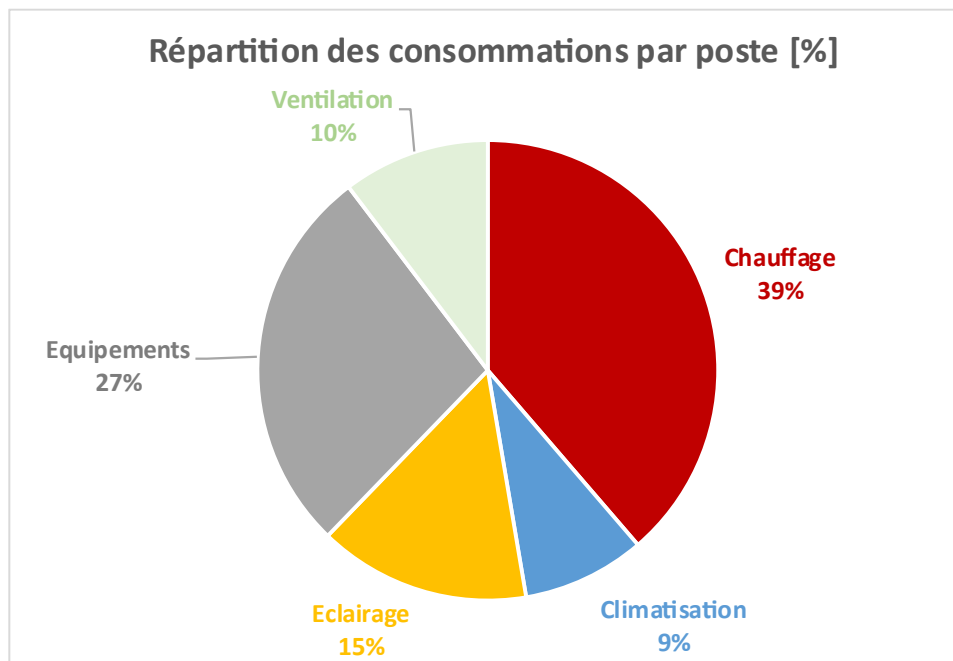


Figure 11 : Répartition des consommations par poste

Cette estimation ne prend pas en compte les consommations liées à l'ECS ainsi que celles liées aux systèmes de distribution.

La part de **chauffage** est la plus élevée avec **39%** des consommations en énergie finale tandis que la part des équipements représente 27%, l'éclairage 15% et la ventilation 10%. La **climatisation** est le poste le **moins consommateur avec 9%** (notamment par le raccordement avec le réseau de froid).



**Au Premier Etage :**

Voici le tableau récapitulatif des espaces jugés défavorables pour une étude de Confort d'été :

Etage et bâtiment	Nom de la pièce	Surface (m <sup>2</sup> )	Orientation
Pavillon A – RDC	RDC_Box1	24.9	Ouest
Pavillon A – RDC	RDC_Soins2	21.5	Sud
Pavillon A – RDC	RDC_Plateau_Kine	63.8	Est
Pavillon A – RDC	RDC_Box5	14.5	Nord
Pavillon A – RDC	RDC_Box6	22.9	Sud
PCS - RDC	RDC_PCS_Contrôle	30.6	Sud
Pavillon A – R+1	R+1_Box2	19.9	Ouest
Pavillon A – R+1	R+1_Box5	23.5	Ouest
Pavillon A – R+1	R+1_Box9	22.2	Est
Pavillon A – R+1	R+1_Box14	12.3	Nord
Pavillon A – R+1	R+1_Bur_ARC	25.3	Sud

Les **11 espaces** choisis pour cette étude de confort d'été, **jugés « défavorables »**, ont été déterminés pour les raisons ci-dessous.

Une **importante surface vitrée** est une des raisons pour laquelle une pièce sera jugée défavorable pour une étude STD. Des pièces possédant une plus grande part de surface vitrée laisseront passer une plus grande quantité de rayons lumineux, entraînant donc de **potentielles surchauffes** dans la pièce.

La localisation de la pièce dans le bâtiment est aussi à prendre en compte. Chaque espace a pu être déterminé par rapport à sa localisation dans le bâtiment. Les espaces définis sont ceux qui ne sont **pas entravés par une ou plusieurs façades du bâtiment**, puis par des masques environnants.

Pour une étude optimale, **toutes les orientations ont été prises en compte** (Nord, Sud, Est, Ouest). Bien que les espaces orientés nord ne soient pas favorisés pour des apports solaires, ils ont été choisis en fonction de leur surface vitrée et de leur localisation dans le bâtiment.

## 16.2 Résultats de la simulation thermique dynamique

### 16.2.1 Résultats globaux

Les résultats de la simulation thermique dynamique réalisée sur les espaces de travail conduisent aux résultats ci-après :

		Température selon la norme (consigne)	PMV		PPD	
			Norme ISO 7730:2005, Annexe A, Catégorie B:			
			-0.5<PMV<0.5		<10%	
			Min	Max	Min	Max
RDC_Box1	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,32	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
RDC_Plateau_kine	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,27	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
R+1_Box5	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,27	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
R+1_Box9	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,29	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
R+1_Box2	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,28	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
R+1_Bur_ARC	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,27	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
RDC_Soins2	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,29	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
RDC_PCS_Controlé	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,21	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
RDC_Box5	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,28	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
RDC_Box6	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,30	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				
R+1_Box14	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,26	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				

Tableau 8 : résultat des études de confort thermique sur les pièces représentatives

On observe que les 11 pièces sélectionnées répondent à l'ensemble des critères de confort PMV et PPD.

### 16.2.2 Résultats sur un espace type

A titre d'exemple, nous présentons ci-dessous l'analyse détaillée des résultats PMV/PPD sur un espace type :

		Température selon la norme (consigne)	PMV		PPD	
			Norme ISO 7730:2005, Annexe A, Catégorie B:			
			-0.5<PMV<0.5		<10%	
			Min	Max	Min	Max
RDC_Box1	Hiver	Plage de température 20°C +/-2	-0,32	0,48	5,00	9,81
	Eté	Plage de température 24°C +/-1				

Tableau 9 : Résultat des études de confort thermique sur une pièce

Synthèse de la température intérieure, du PMV et du PPD pour une journée type (hiver et été) :

Condition Hiver :

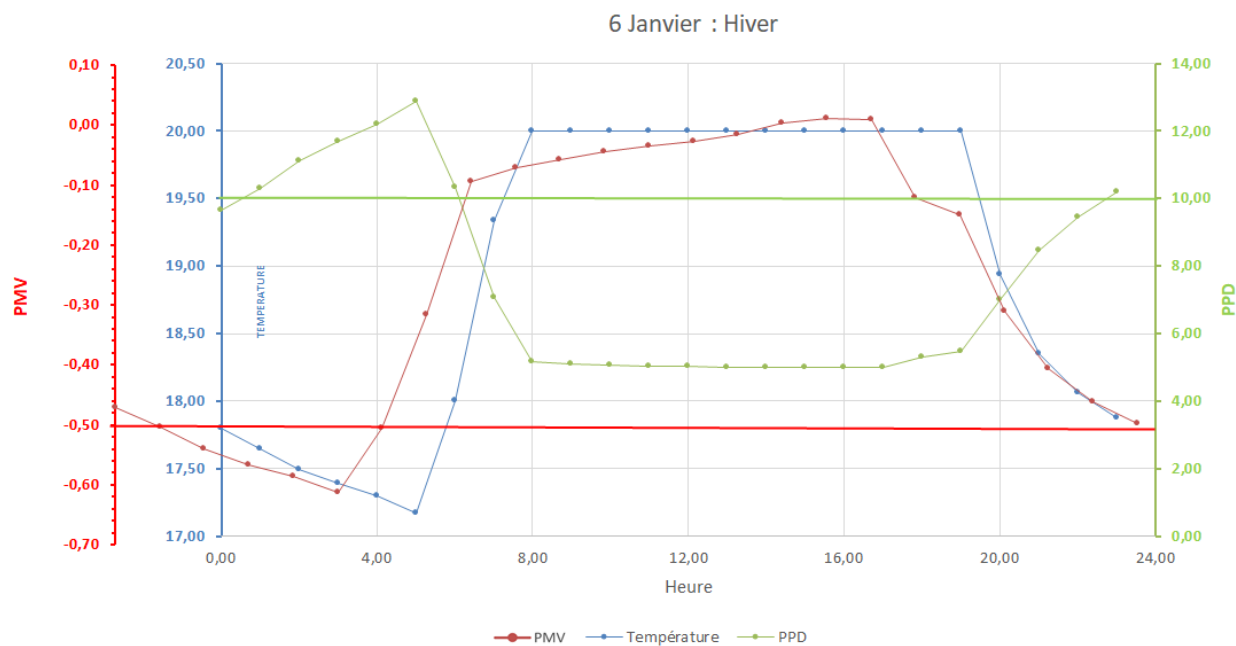


Figure 12 – Résultat PMV/PPD sur un espace type, dans une journée d'hiver. Source : Arp-Astrance.

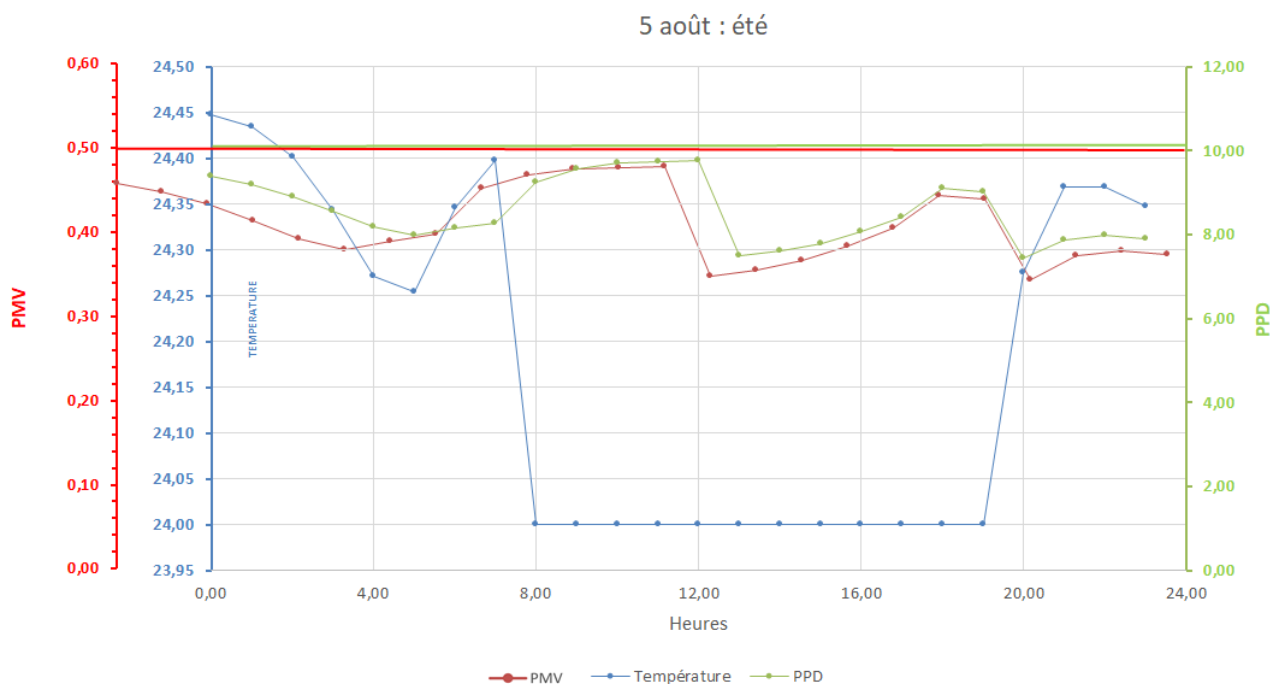
Condition Été :

Figure 13 – Résultat PMV/PPD sur un espace type, dans une journée d'été. Source : Arp-Astrance.

En sélectionnant un espace type située au RDC, on constate qu'elle **répond bien aux critères de confort PMV et PPD pour une journée type d'hiver et d'été.**

Ce graphique indique, pour un confort d'hiver et d'été, que le niveau de confort thermique est acceptable pour les occupants (PMV entre 0 et 0,1 en hiver et entre 0,4 et 0,5 en été).