



MAITRISE D'OUVRAGE



MAITRE D'OUVRAGE
CCI Marne Ardennes
12 rue André Huet CS 60025 | 51722 Reims Cedex
+33 6 45 45 29 20

OPÉRATION

OPTIMISATION ENERGETIQUE BÂTIMENT RACCINE



Diagnostic de l'existant - STD

MAITRISE D'OEUVRE

ARCHITECTE MANDATAIRE

NOM :
Adresse
Tel
Email

ARCHITECTE ASSOCIE

NOM :
Adresse
Tel
Email

BET TCE

OTEIS
6 Place du roi George 57000 Metz
Tel :
metz@oteis.fr

OPC

NOM :
Adresse
Tel
Email

BUREAU DE CONTROLE

NOM :
Adresse
Tel
Email

SPS

NOM
Adresse
Tel
Email



INDICE	DATE	OBJET	EMETTEUR	APPROBATEUR
0	26/02/2024	Création du document	MNA	JBC
1	11/03/2024	Mise à jour du document	LE	MNA
2	28/03/2024	Mise à jour du document suivant les remarques du MOA	LE	JBC



SYNTHÈSE

Dans cette étude, l'utilisation de simulations thermiques dynamiques a permis de mettre en évidence l'état existant du bâtiment RACCINE avec une utilisation à 100% des locaux. Cette étude initiale permettra de tester différents scénarios d'amélioration thermique du bâtiment.

Sur la base des données d'entrées indiquées dans ce document et de la capacité du logiciel utilisé, les besoins du bâtiment obtenus par simulations atteignent :

- En chauffage **1 006 MWh/an**, soit **127 kWh/m²/an** (pour une surface de plancher de 7 943 m²).
- En refroidissement **5,7 MWh/an**, soit **1 kWh/m²/an** (pour une surface de plancher de 7 943 m²).

Le confort bioclimatique actuel se caractérise par les points suivants :

- Les consignes chauffage sont bien respectées mais le manque de température de consigne augmente considérablement les consommations de chauffage du bâtiment.
- Le confort estival est globalement assuré grâce au système de climatisation, néanmoins, sur les zones exposées les 26°C sont souvent dépassées en été : **314h > 26°C** dans la zone d'étude orientée Sud au R+5
- Le confort hygrothermique est respecté dans la globalité du bâtiment avec un bon renouvellement de l'air hygiénique.

Les charges solaires sur les baies vitrées de façade sont importantes et participent à l'inconfort estival de locaux exposés.



SOMMAIRE

1	AVANT PROPOS	6
1.1	Objet de l'étude	6
1.1.1	Logiciel utilisé pour la STD	6
1.1.2	Validité de l'étude	6
1.2	Etat des lieux	6
1.2.1	Présentation du bâtiment étudié	6
1.2.2	Présentation des ressources et diagnostics existants	7
2	DIAGNOSTIQUE DE L'EXISTANT	8
2.1	Structure et enveloppe thermique	8
2.2	Chauffage	11
2.2.1	Description des installations	11
2.2.2	Etat des installations	12
2.3	Ventilation	12
2.3.1	Centrale de traitement de l'air (CTA)	12
2.3.2	Distribution de chaleur et fraîcheur	13
2.3.3	État des installations	13
2.4	ECS	14
2.5	Sécurité incendie	14
2.6	Diagnostic amiante	14
2.7	ACOUSTIQUE	14
3	SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE	15
3.1	Présentation de l'approche STD	15
3.1.1	Objectifs des simulations thermiques dynamiques et indicateurs	15
3.1.2	Les outils de simulation numérique	16
3.2	Etat des lieux	18
3.2.1	Contexte et masques urbains	18
3.2.2	Plan masse solaire	18
3.2.3	Données état existant : Bâti et enveloppe	18
3.3	Etude météorologique	20
3.3.1	De l'importance de la bonne sélection du fichier météorologique	20
3.3.2	Températures	21
3.3.3	Histogramme des températures	22
3.3.4	Caractéristiques du lieu d'étude	22
3.4	Zones thermiques étudiées et modèle 3D	22
3.4.1	Sources des informations	22
3.4.2	Zones et typologies étudiées	22
3.4.3	Typologie de ponts thermiques	23
3.5	Hypothèses d'usage	29
3.5.1	Apports internes	29
3.5.2	Actions adaptatives des occupants sur leur confort	29



3.5.3	Scénario d'occupation et d'utilisation des équipements électriques	30
3.5.4	Hypothèses des ponts thermiques.....	31
4	RESULTATS DE SIMULATION DES BESOINS ENERGETIQUES	33
4.1	Comportement global du bâtiment.....	34
4.1.1	Exposition au soleil	34
4.1.2	Consommations du bâtiment	36
4.1.3	Dépenses thermiques.....	37
4.2	Variation des températures interieures.....	39
4.2.1	Bureau orienté sud au niveau R+5 – fichier météo 2000-2009.....	39



1 AVANT PROPOS

Le présent rapport analyse les résultats issus du calcul de simulation thermique dynamique (STD) du bâtiment RACCINE de la chambre du commerce et de l'industrie (CCI) Marne Ardennes.

1.1 OBJET DE L'ÉTUDE

Ce rapport a pour objectif de faire l'état de la performance énergétique actuelle du bâtiment RACCINE d'après un calcul de STD. L'étude doit permettre au maître d'ouvrage de définir au programme d'action cohérent permettant de minimiser les consommations énergétiques et d'atténuer efficacement les phénomènes de surchauffe dans les différents espaces.

Pour répondre à cette problématique, la Simulation Thermique Dynamique (STD) sera utilisée.

Ce rapport présente l'état des lieux du comportement thermique du bâtiment, l'approche STD ainsi que les hypothèses prises en compte et les résultats pour le bâtiment RACCINE. On développera en conclusion les pistes d'amélioration du bâtiment.

1.1.1 Logiciel utilisé pour la STD

L'étude de l'état existant ainsi que l'étude des différents scénarios seront réalisés grâce à Pléiades de IZUBA énergies en version 6.24.1.2.

1.1.2 Validité de l'étude

L'ensemble des préconisations décrites dans cette étude doivent être respectées. Toute modification entraînera la remise en cause des calculs.

1.2 ETAT DES LIEUX

L'état des lieux suivant s'appuie sur les documents et informations fournis par la MOA ainsi que d'une visite de site ayant eu lieu le 25 janvier 2024, sur constats visuels.

1.2.1 Présentation du bâtiment étudié

Le bâtiment RACCINE, situé au N°12, rue André Huet à Reims – 51000, a été construit en 1972 et a été acquis en 2021 par le SCI Immobilière Marnaise. Des travaux de rénovation du RDC ont été achevés en juillet 2022.

Notons que le bâtiment est actuellement occupé à 50% de sa capacité d'accueil.

Le bâtiment est composé d'un bâtiment de 9 étages, divisé en 2 secteurs aux exploitations distincts : la nappe située au RDC qui est une zone de bureaux exploitée par la CCI et la tour qui s'élève sur 6 étages, ruche d'entreprises, vacante à l'heure actuelle (*voir figure ci-dessous*). On compte aussi un bâtiment annexe abritant la chaufferie.

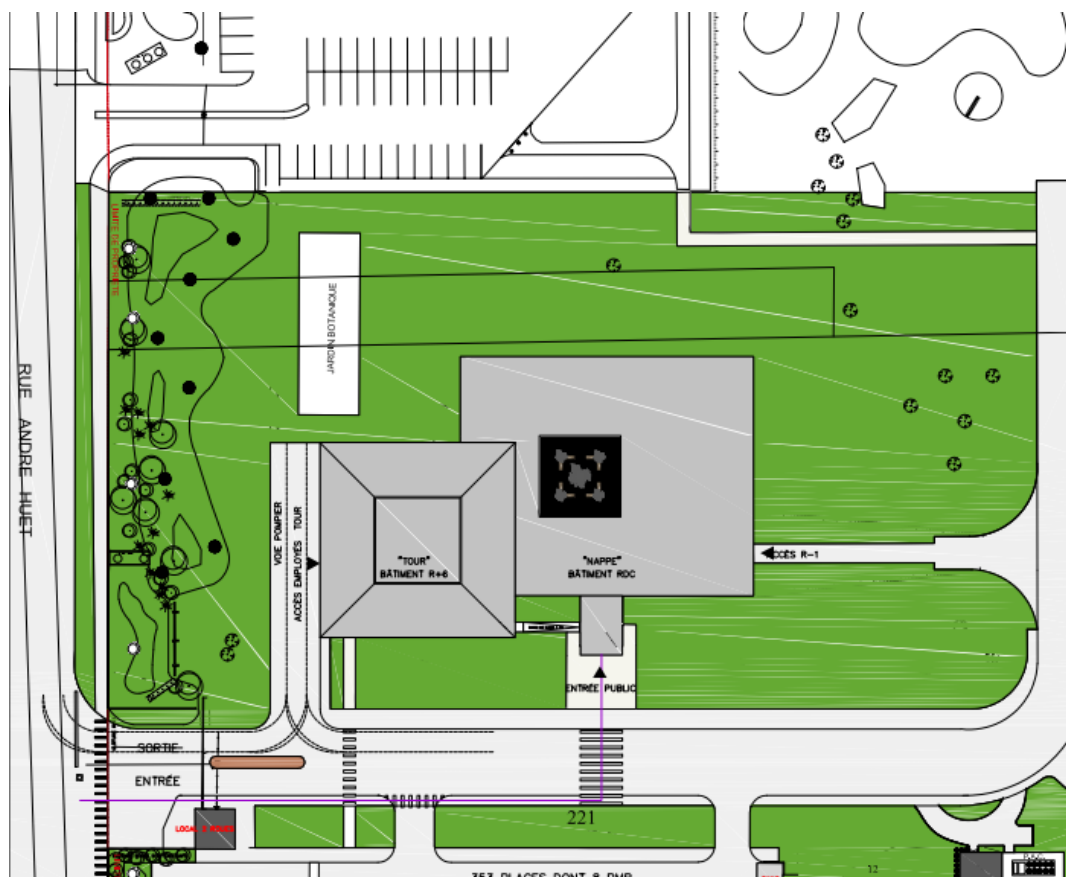


Figure 1 : Plan de masse

Le bâtiment principal comprend les espaces aux usages suivants :

- R-1 : Espace de stockage et locaux techniques ;
- RDC : bureaux, salles de réunions ;
- Entresol : Circulation vers la tour, salle de détente, salle de réunion ;
- R+1 : Bureaux, salles de réunion ;
- R+2 : Bureaux ;
- R+3 : Bureaux ;
- R+4 : Bureaux ;
- R+5 : Bureaux ;
- R+6 : Combles inoccupés.

1.2.2 Présentation des ressources et diagnostics existants

Les ressources mises à disposition par le maître d'ouvrage et qui ont pu servir à cette étude thermique sont les suivantes :

- Plans architecturaux du site ;
- DOE des installations CVC ;
- Visite de site du 25/01/2024 ;
- Audit énergétique réalisée par CITRON en septembre 2023 ;
- Relevé des consommations de gaz et d'électricité du site.



2 DIAGNOSTIQUE DE L'EXISTANT

2.1 STRUCTURE ET ENVELOPPE THERMIQUE

Bâtiment NAPPE

Bâtiment à simple rez-de-chaussée surélevé sur un sous-sol en béton armé. La façade rez-de-chaussée vient en débord par rapport à l'emprise du sous-sol. Nous remarquons l'absence d'isolant thermique en sous-face de dalle.



Figure 2 : Bâtiment NAPPE - Vue du débord de dalle RdC

La structure est métallique avec un plancher sous terrasse réalisé en bac acier et dalle béton (à confirmer par une dépose de dalles de faux-plafond), selon principe constructif de la Tour. Des poteaux métalliques de section carrée, sur une trame de 4x1.60m forment la structure verticale.

Les façades sont réalisées avec un mur rideau comprenant une allège opaque et un couronnement revêtu de bardage métallique, des menuiseries toute hauteur fixes avec déparclosage par l'extérieur.

Sur patio intérieur, les menuiseries reposent sur une allège en béton armé.



Figure 3 : Bâtiment NAPPE – Vue sur patio intérieur

L'isolation thermique de la toiture terrasse a été refaite il y a une vingtaine d'année par l'apport de 50mm d'isolant et conservation de l'étanchéité existante. Protection par gravillons. Un garde-corps périphérique fixe a été ajouté en périphérie de terrasse non accessible.

Bâtiment TOUR

Bâtiment en R+6 avec entresol, avec le niveau 6 étant un étage technique.

Les niveaux RdC et entresol constituent un noyau en béton armé qui se prolonge jusqu'au PH R+5. Une structure en PRS de hauteur d'étage couronne l'ensemble et assure un rôle de console. Les planchers courants, hors noyau, ont une structure en charpente métallique avec bac acier et dalle béton armé. La structure des planchers est suspendue aux consoles du R+6 par des profilés IPE 160 répartis selon une trame d'1.60m. Cette trame correspond à la trame de façade. Une structure treillis complète les PRS du niveau R+6.

Nous notons la présence d'un lit de laine de verre, réparti sur le plancher. Ce lit est localement comprimé, ce qui nuit à son efficacité.



Figure 4 : Combles Tour



Les façades sont réalisées avec un mur rideau filant devant les nez de dalle et comprenant une allège opaque de 0.45m. La hauteur intérieure sous structure métallique est de 2.80m environ.

Une lisse garde-corps intérieurs assure la protection contre les chutes. Cette lisse est remplacée par une allège fixe de 1m au droit des ouvrants de désenfumage.



Figure 5 : Tour – Niveau R+6 - Vue intérieure des combles



Le nettoyage des façades vitrées est assuré par une nacelle sur chemin de roulement métallique situé en terrasse R+7.



Figure 6 : Tour – Niveau Terrasse R+7

La terrasse supérieure est étanchée par étanchéité multicouche posée sur bac acier dont une partie en pente. Un garde-corps périphérique fixe a été ajouté en périphérie de terrasse non accessible.

MENUISERIES EXTERIEURES

Les menuiseries extérieures en aluminium double vitrage datent de la construction du bâtiment. Leur efficacité thermique est donc inférieure aux exigences actuelles en rénovation de l'enveloppe du bâtiment et présente des défauts d'étanchéités à l'eau et à l'air.

2.2 CHAUFFAGE

2.2.1 Description des installations

Le bâtiment présente des équipements de chauffage diversifiés, combinant plusieurs sources de chauffage.

Une chaufferie, située dans un bâtiment annexe, assure la production de chaleur pour le bâtiment. Elle est dotée d'une production de chauffage mixte, comprenant une pompe à chaleur (PAC) fonctionnant jusqu'à 7°C, ainsi que deux chaudières à gaz qui prennent le relais lorsque la température descend en dessous de ce seuil.

L'émission de chaleur dans les bureaux se fait par l'intermédiaire de gainables en faux plafond en bon état. Les gainables d'origine sont remplacés progressivement par des ventilo-convecteurs de la marque Carrier.

Équipement	Détail	Marque	Modèle	Puissance
Chaudière	Gaz basse température	VISSMAN	Vitoplex	500 kW



Chaudière	Gaz à condensation	VISSMAN	Viocrossal	635 kW
Pompe à chaleur	Air/eau	-	-	590 à 660 W
Pompes à débit constant	Circulation d'eau chaude/glacée	Divers	Divers	0,59 à 1,5 kW
Distribution par ventilo-convecteur	Toutes zones	CARRIER		

2.2.2 Etat des installations

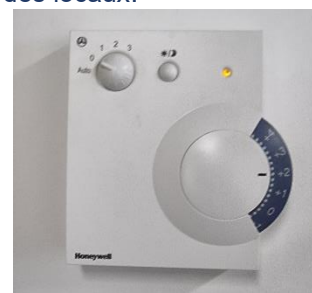
Lors de notre visite sur place, des flaques d'eau dans les locaux techniques, probablement dues à des fuites ou des problèmes de drainage ont été observées.

De plus, d'après un rapport ENGIE, un problème de communication entre la PAC et les chaudières à gaz empêchent la mise en marche de la PAC. Toute la charge de chauffage se déporte sur les chaudières à gaz, entraînant une surconsommation énergétique sur la facture de gaz et un impact carbone du bâtiment plus important.

Dans la simulation, on considérera que la production de chauffage se fait uniquement par les chaudières gaz.

Par ailleurs, les pièces chauffées sont contrôlées individuellement et manuellement, ce qui peut entraîner des écarts de température et des pertes d'énergie sur l'ensemble des locaux.

La gestion technique du bâtiment (GTB) est hors service, ce qui signifie que tout est en fonctionnement forcé et qu'il n'est plus possible de réguler la température en dehors des heures de travail. Cette situation contribue à une augmentation significative des consommations énergétiques, car les systèmes de chauffage et de refroidissement fonctionnent en continu sans ajustement en fonction des besoins réels.



2.3 VENTILATION

2.3.1 Centrale de traitement de l'air (CTA)

Le bâtiment est équipé

- d'un local CTA double flux en sous-sol de la salle de réunion du rez-de-chaussée,
- un autre local CTA double flux avec échangeur pour le renouvellement d'air de la salle de sport.
- Une troisième CTA double flux assure le traitement d'air, chauffage et climatisation de l'accueil.

Une VMC de soufflage simple flux est utilisée pour les bureaux du rez-de-chaussée, avec une extraction d'air non contrôlée par mise en surpression de la zone.

Une VMC simple flux est présente au 6e étage pour le renouvellement d'air des bureaux de la partie tour.

Enfin, deux caissons d'extraction sont présents en toiture en R+6.



N°	Equipement	Zone desservie	Echangeur : oui/non	Nombre	Usage
1	VMC – simple flux	Bureaux – RDC	non	1	Traitement de l'air
2	VMC – simple flux	Accueil – RDC	non	1	Traitement d'air/chauffage/climatisation
3	VMC – simple flux	De l'entresol au R+5	non	1	Traitement d'air
4	CTA – double flux	Salle de réunion - RDC	non	1	Traitement d'air/chauffage/climatisation
5	CTA – double flux	Salle de réunion - entresol	non	1	Traitement de l'air
6	CTA – double flux	Salle de sport – sous-sol	oui	1	Traitement de l'air
7	Caisson de reprise	Sanitaire de la tour	non	1	Extraction d'air
8	Caisson de reprise	Bureaux de la tour	non	1	Extraction d'air

2.3.2 Distribution de chaleur et fraîcheur

La distribution d'air chaud/froid se fait par un réseau de ventilo-convecteurs alimentés par un réseau d'eau chaude et d'eau glacée. Un recyclage de l'air ambiant est réalisé par le biais des ventilo-convecteurs.

2.3.3 État des installations

Le réseau est bien calorifugé, cependant quelques reprises ponctuelles devront être réalisées. Au cours de la visite des défauts d'isolation des gaines de ventilation ont été identifiés ainsi que des percements non rebouchés à l'emplacement d'anciennes sondes de température (voir figure ci-dessous).



En outre, la **GTB est complètement hors service**, ce qui signifie que tous les systèmes sont en mode de fonctionnement forcé. Cette absence de régulation, en dehors des heures de travail, contribue à une surconsommation d'énergie considérable, car les équipements continuent de fonctionner même lorsque cela n'est pas nécessaire.



Un autre problème concerne le système de production de froid, qui dysfonctionne fréquemment d'après les occupants. Cette panne peut entraîner une surchauffe des espaces climatisés et un inconfort pour les occupants.

2.4 ECS

L'alimentation en eau chaude sanitaire se fait par le biais de chauffe-eau électriques, les capacités et emplacements des ballons sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Emplacement	Effectifs	Type de chauffe-eau	Capacité
Sous-sol	1	CE	200 L
RDC	3	CE instantané	15 L
Entresol à R+5	6	CE	50L

2.5 SECURITÉ INCENDIE

L'instabilité au feu a été compensé par une détection incendie en plénum sur l'ensemble du bâtiment. Ce système est donc à conserver pour garantir la conformité du bâtiment.

2.6 DIAGNOSTIC AMIANTE

Présence d'amiante avérée dans les joints de la façade mur rideau des bâtiments Tour et Nappe.

2.7 ACOUSTIQUE

Au regard du site, nous n'avons pas relevé d'exigences vis-à-vis des infrastructures routières.

Les bureaux situés en façade Nord-Est, à proximité des équipements de climatisation, sont susceptibles de requérir une isolation acoustique en façade supérieure à 30dB.



3 SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

3.1 PRÉSENTATION DE L'APPROCHE STD

Les outils de simulation et la démarche adoptée sont présentés dans cette partie, avant une description exhaustive des données d'entrée.

3.1.1 Objectifs des simulations thermiques dynamiques et indicateurs

La simulation thermique dynamique réalisée a pour objectif d'étudier l'influence actuelle du bâtiment, combinée au comportement des occupants, sur leur confort hygrothermique estival d'un côté et sur le maintien de la température de consigne dans les espaces musées de l'autre côté.

Le confort hygrothermique estival est évalué dans différentes zones et pour différentes variantes, via 2 critères :

- La **température opérative** : moyenne de la température d'air et de la température moyenne radiante de la zone thermique. Elle représente la température ressentie par les occupants. Le seuil de confort d'été est fixé à 28°C. 2 indicateurs découlent de ce critère :
- Le **nombre d'heures d'inconfort (Top > 28°C) durant les périodes d'occupation**. L'objectif de confort visé est de maintenir ce nombre d'heure d'inconfort inférieur à 90h / an dans les locaux étudiés.
- La **température opérative maximale en période d'occupation (Top_max)**. Pour les années météorologiques chaudes avec des périodes caniculaires, Top_max < 34°C est un objectif de confort passif à viser
- Les **zones de confort hygrothermique du diagramme de Givoni** : diagramme représentant les heures d'occupation par des points dont la température d'air est en abscisse, et l'humidité absolue en ordonnée. Contrairement à l'indicateur de température opérative, ces zones de confort correspondent à différentes vitesses d'air (0, 0.5, 1m/s), et permettent ainsi de prendre en compte l'influence des mouvements d'air, autres paramètres influant sur le confort hygrothermique. Une vitesse d'air de 1 m/s peut abaisser la température ressentie par les occupants jusque 4°C. Ces mouvements d'air peuvent être potentiellement créés par la

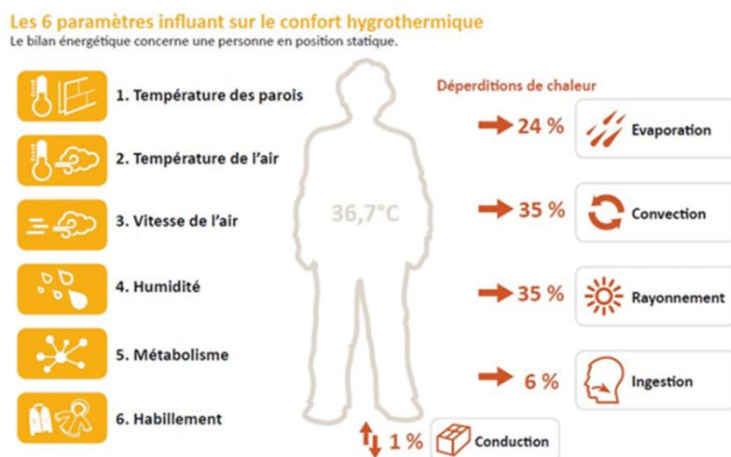


Figure 7 : Les 6 Paramètres influant le confort hygrothermique



ventilation naturelle ou des brasseurs d'air au plafond. Ce dispositif mécanique économe en énergie permet de maîtriser la vitesse d'air à un niveau inférieur de 1m/s, au-delà duquel des nuisances peuvent être remarquées.

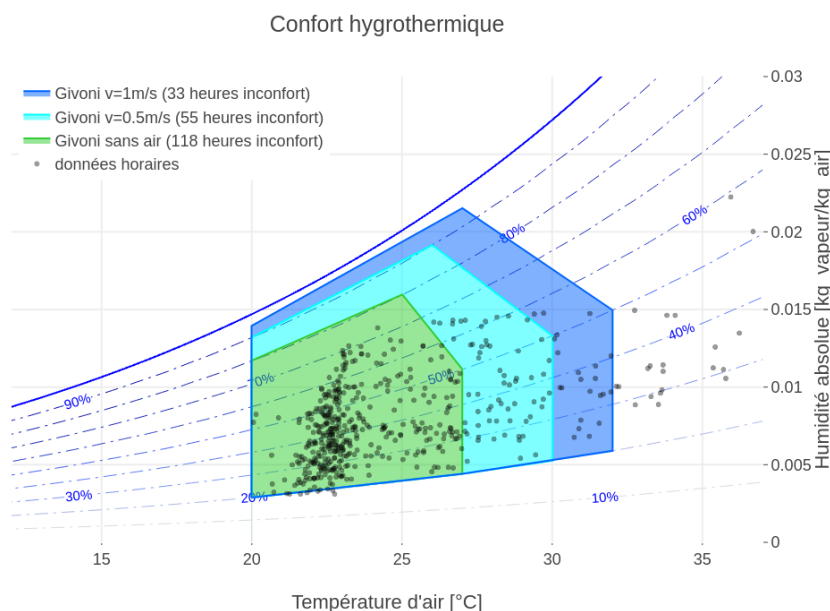


Figure 8 : Exemple de Diagramme de Givoni avec les 3 zones de confort correspondant aux vitesses d'air 1m/s, 0.5 m/s et 0 m/s

3.1.2 Les outils de simulation numérique

Les outils de simulation font appels à l'utilisation de modèles, qui sont des représentations numériques simplifiées de systèmes ou de phénomènes physiques réels, décrits par un ensemble d'équations et interprétés par les outils informatiques. La complexité et la finesse des modèles varient en fonction de ce que l'on cherche à observer. Les modèles permettront de simuler le comportement du système sous différentes sollicitations, et d'établir ainsi des lois de fonctionnement prévisionnelles qui aideront l'optimisation de sa conception.

3.1.2.1 La simulation thermique dynamique des bâtiments

La thermique des bâtiments s'appuie sur des modèles validés, qui réalisent des simulations "déterministes". Celles-ci permettent de prévoir le comportement thermique des bâtiments via des évolutions temporelles de température, d'humidité, de flux de chaleur... et ce, pour des sollicitations météorologiques et des séquences d'occupation données.

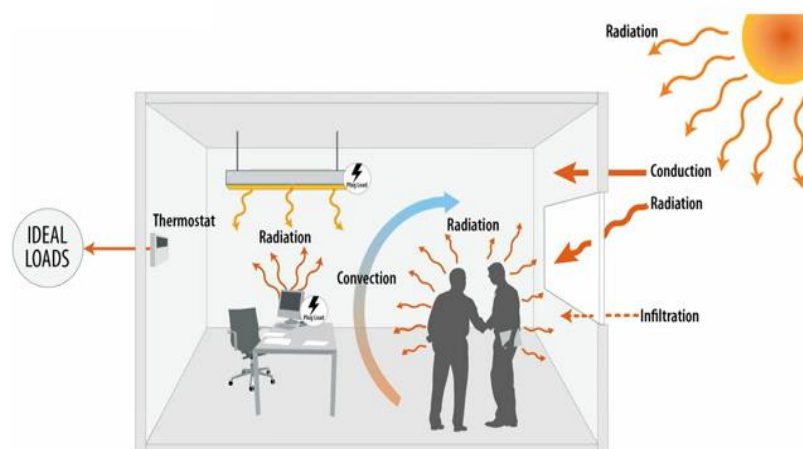


Figure 9 : Phénomènes physiques qui seront intégrés au modèle. (Source NREL)

Les modèles décrivant le comportement thermique dynamique des bâtiments permettent de mieux comprendre et de concevoir l'enveloppe passive du bâti en vue d'obtenir de moindres consommations énergétiques et un plus grand confort. Concevoir un bâtiment économe, confortable et rationnel, nécessite de réaliser de nombreuses simulations pour balayer le champ des possibles et converger peu à peu vers une solution acceptable.

L'utilisation des outils de simulation garantit de fait des solutions techniques et architecturales sûres et efficaces qui assurent des consommations énergétiques conformes aux exigences du client.

3.1.2.2 Approche numérique des modèles énergétiques

Deux maquettes distinctes ont été réalisées pour chaque bâtiment étudié. Un bureau défavorable (orientation Sud-ouest au dernier niveau de chaque bâtiment) sera étudié en termes de confort estival dans chaque bâtiment. On étudiera aussi un espace dans la zone musée de l'hôtel particulier au R+1.

Les bâtiments sont ensuite simulés numériquement avec deux fichiers météo (voir chapitre 3.2) en considérant des scénarios d'occupation et d'usage typique.

3.1.2.3 Choix du logiciel

Les études sont réalisées avec le logiciel Pléiades version 6.24.1.2.



3.1.2.4 Note importante sur la validité de la STD

Les données d'entrée des modèles délimitent le cadre de validité des résultats obtenus par la simulation thermique dynamique. L'information tirée des résultats obtenus par simulation est limitée au cadre des hypothèses réalisées lors de l'élaboration du modèle.



3.2 ETAT DES LIEUX

3.2.1 Contexte et masques urbains


Les bâtiments voisins font l'objet de masque solaire pour le bâtiment et sont pris en compte.

Les arbres situés dans la cour ont été pris en compte. Néanmoins, leur taille ne dépassant pas la hauteur du RDC, ils n'auront pas une grande influence sur le bâtiment étudié.

Les arbres sont définis par des caractéristiques physiques et des caractéristiques de végétalisation définies précédemment en bibliothèque générale de Pleiades. Les caractéristiques physiques sont les suivantes :

- La hauteur du tronc
- La largeur du tronc
- La hauteur du feuillage
- Le diamètre du feuillage.

Cette transmission a été caractérisée par AIA Ingénierie sur l'opération du Lieu totem de la French Tech à Lyon. La caractérisation a été réalisée en fonction de l'essence des arbres, de leur âge, et de la saison (voir Figure 8).



Type arbre	Feuillage	Age	Taux transmission Eté	Taux transmission Mi-saison	Taux transmission Hiver
Peuplier	Caduque	Jeune	0,38	0,55	0,71
		Adulte	0,21	0,45	0,69
		Vieux	0,17	0,33	0,50
Aulne	Caduque	Jeune	0,29	0,51	0,74
		Adulte	0,19	0,35	0,52
		Vieux	0,17	0,36	0,55
Saule	Caduque	Jeune	0,45	0,68	0,90
		Adulte	0,14	0,29	0,43
		Vieux	0,12	0,35	0,57

Figure 10 - Coefficient de transparence du feuillage des arbres - source : étude du lieu totem de Lyon French Tech avec AIA Ingénierie

Nous avons modélisé dans notre simulation les données correspondant à un aulne d'âge adulte.

3.2.2 Plan masse solaire

Le bâtiment est situé dans une zone d'activité commerciale et ne présente pas de bâtiment alentour susceptible de former des masques solaires.

3.2.3 Données état existant : Bâtis et enveloppe

3.2.3.1 Parois opaques

Les caractéristiques thermiques des parois opaques sont détaillées dans le tableau ci-dessous :



Bâtiment RACCINE									
Elements opaques									
n°	Désignation de l'élément	Composition	Epaisseur [m]	Valeur a [W/m².K]	Valeur λ [W/m.K]	Valeur R [m².K/W]	Valeur U [W/m².K]	Cp [J/kg.K]	Densité [kg/m³]
1	Paroi extérieure isolée		0,248			0,68	1,47		
		Extérieur	-	23					
		Enduit extérieur	0,015		1,15	0,01		1000	1700
		Béton lourd	0,2		1,75	0,11		920	2300
		Polystyrène expansé	0,02		0,039	0,51		1380	25
		Plaque de plâtre BA13	0,013		0,325	0,04		799	850
		Intérieur	-	8					
2	Paroi extérieur non isolée		0,363			0,28	3,51		
		Extérieur	-	23					
		Enduit extérieur	0,15		1,15	0,13		1000	1700
		Béton lourd	0,2		1,75	0,11		920	2300
		Plaque de plâtre BA13	0,013		0,325	0,04		799	850
		Intérieur	-	8					
3	Paroi intérieure - cloison semi-épaisse	Ep. Variable				R variable	U variable		
		Intérieur	-	8					
		Béton lourd	épaisseurs variable [8 ; 22 cm]		1,7	[0,05 ; 0,13]	[20 ; 7,7]	1000	2300
		Intérieur	-	8					
5	Plancher bas sur sous-sol / TP		0,3			0,17	5,83		
		Extérieur	-	23					
		Béton lourd	0,3		1,75	0,17		1000	2300
		Intérieur	-	8					
6	Plancher bas sur extérieur		0,2			0,11	8,75		
		Extérieur	-	23					
		Béton lourd	0,2		1,75	0,11		1000	2300
		Intérieur	-	8					
7	Plancher intermédiaire		0,2			0,11	8,75		
		Intérieur	-	8					
		Béton lourd	0,2		1,75	0,11		1000	2300
		Intérieur	-	8					
8	Plancher haut sur combles perdus		0,5			7,43	0,13		
		Intérieur	-	8					
		Béton lourd	0,2		1,75	0,11		1000	2300
		Laine de verre	0,3		0,041	7,32		840	12
		Extérieur	-	23					
9	Toiture terrasse isolée		0,25			1,84	0,54		
		Intérieur	-	8					
		Béton lourd	0,2		0,11	1,82		1000	2300
		Polyuréthane	0,05		2,27	0,02		1400	40
		Extérieur	-	23					

3.2.3.2 Menuiseries extérieures et protections solaires

Le bâtiment est caractérisé par ses façades fortement vitrées et qui devront faire l'objet d'un traitement particulier. Les menuiseries extérieures sont en aluminium double vitrage, elles sont toutes accompagnées de stores intérieurs déroulant en textile clair.



Figure 11 : Façade Nord-Ouest du bâtiment RACCINE

Les caractéristiques thermiques et optiques des menuiseries extérieures et de leurs protections solaires sont reprises dans le tableau ci-dessous :

- Cadre : Aluminium
- Double vitrage
- $U_w = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $Sw = 0,3 \rightarrow$ Présence de films solaires sur les vitrages, qui permettent la réduction du facteur solaire Sw
- $Tlw = 0,71$

Avec : $U_w [\text{W}/\text{m}^2.\text{K}]$: coefficient de déperdition thermique ; $Sw [-]$: Facteur solaire (quotient rayonnement transmis / rayonnement incident) ; $Tlw [-]$: Transmission lumineuse du vitrage de la fenêtre.

3.2.3.3 Perméabilité à l'air

Sans données mesurées de la perméabilité à l'air de l'état existant du bâtiment, une perméabilité à l'air **$Q_{4Pa} = 1,8 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$** a été considérée.
Cette valeur correspond à la moyenne d'un bâtiment existant avec une enveloppe de performance médiocre.

3.3 ETUDE MÉTÉOROLOGIQUE

3.3.1 De l'importance de la bonne sélection du fichier météorologique

Les Simulations Thermiques Dynamiques (STD) reposent chacune sur un fichier météorologique, incluant les données horaires de **température d'air, point de rosée, humidité relative, pression atmosphérique, rayonnement solaire global et diffus, vitesse et direction du vent** sur une année (8760 heures x nb de variables).

Ces données météorologiques proviennent de **mesures de stations météo locales**, possiblement « moyennées » sur une période de plusieurs années, ou mesurées sur une unique année. Ce dernier cas permet de simuler une « année canicules », mais pose le problème de représentativité du



fichier météo. Le choix de l'année / des années de référence impacte considérablement les résultats de STD.

La station Météo France la plus proche de l'établissement étudié est la station de Bétheny qui se situe au Nord de Reims. La station se situe à moins de 5 km du site étudié, cette distance très faible permet une bonne interpolation des phénomènes climatiques.

On se base dans un premier temps sur un fichier météo généré par le logiciel référence des bases de données météo en Europe Meteonorm seront utilisés tout en tenant compte des masques proches dû au relief du site :

- Un fichier incluant des valeurs de températures moyennes sur la période 2000-2009.

3.3.2 Températures

Les températures maximum, minimum et moyennes mensuelles ainsi que la représentation des températures annuelles sont représentées ci-dessous pour le fichier météo de Reims des températures moyennes entre 2000 et 2009. La température maximum atteinte est de 32.9°C au mois de juillet.

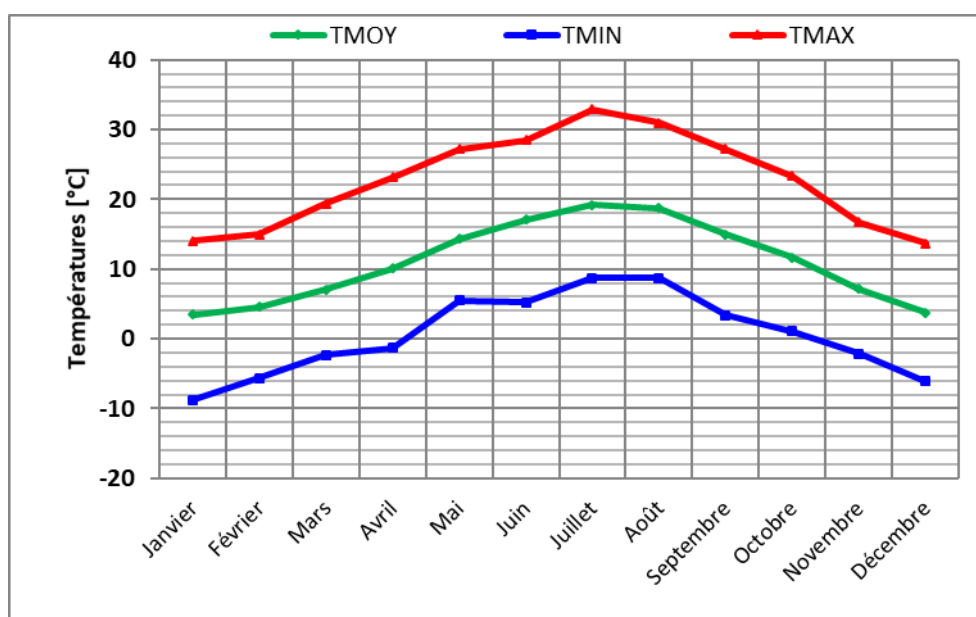


Figure 13 : Températures minimum, maximum et moyenne par mois – fichier 2000-2009



3.3.3 Histogramme des températures

Les histogrammes de températures chaudes (> 28°C) cumulées représentent la « signature » du stress thermique estival, permettant de tester le comportement du bâtiment au risque de surchauffe. Le fichier 2000-2009 contient 33h supérieures à 28°C, dont 11h consécutives.

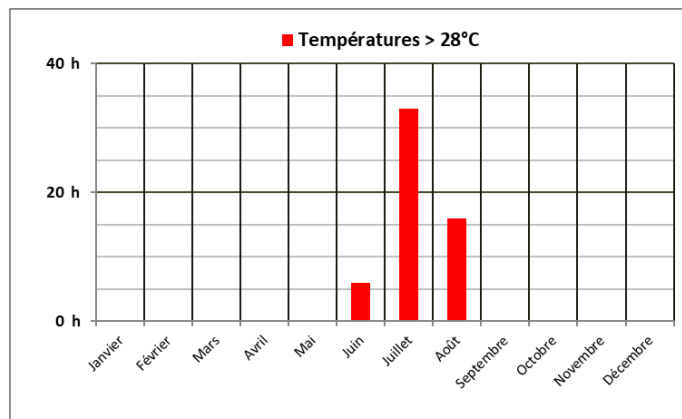


Figure 15 : Histogramme des températures chaudes cumulées – fichier 2000-2009.

3.3.4 Caractéristiques du lieu d'étude

Le bâtiment étudié se situe dans la commune de Reims dans le département de la Marne au 12 rue André Huet.

Il se situe dans la zone climatique H1b.

Les conditions de températures et d'hygrométrie retenus pour la simulation sont les suivantes :

- Température extérieure de base : -15 °C
- Température été : 29 °C
- Hygrométrie relative été : 40 %

3.4 ZONES THERMIQUES ÉTUDIÉES ET MODÈLE 3D

3.4.1 Sources des informations

L'étude se base sur les documents ressources présentés dans la partie 2.2 et 2.4.

De plus, une visite du bâtiment a été réalisée et a permis de collecter diverses informations visuelles, vérifier certaines données, et évaluer qualitativement certains paramètres.

3.4.2 Zones et typologies étudiées

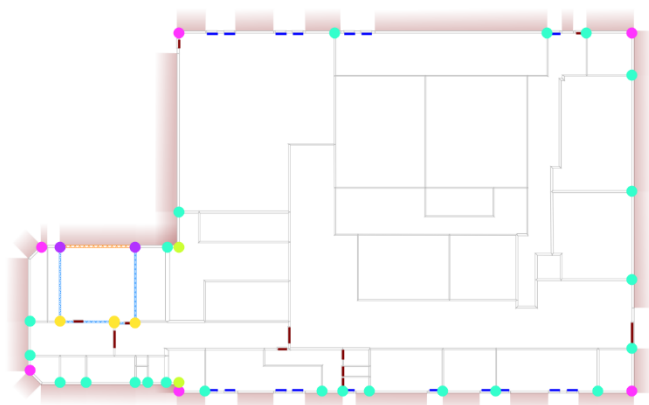
Le bâtiment RACCINE a été modélisé dans sa globalité, détaillé en 40 zones thermiques d'usage et de température intérieure homogène. Chaque zone a des scénarios d'occupation, consigne de température, apports internes, ventilation propre à chaque espace.

Les zones du bâtiment sont réparties sur neuf niveaux (Sous-sol, RDC, Entresol, R+1, R+2, R+3, R+4, R+5, R+6). Le bâtiment étudié à un usage principale tertiaire de bureaux.

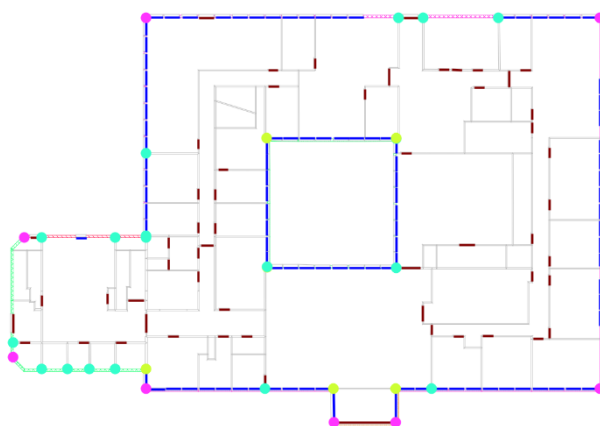


3.4.3 Typologie de ponts thermiques

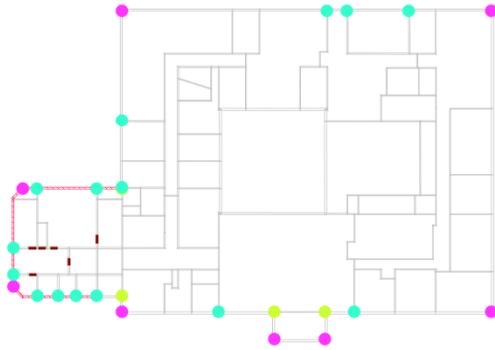
3.4.3.1 Ponts thermiques bas



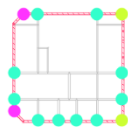
Ponts th. Dalle basse R-1		
	a.1 - BB (T) - D Néol	0.25 W/(m.K)
	d.2 - BB (T) - BB	0.95 W/(m.K)
	d.1 - sortant - BB (T) - BB T	0.03 W/(m.K)
	d.1 - restant - BB (T) - BB	0.03 W/(m.K)
	a.1 - BB Néol - D Néol	0.28 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Néol - B	0.13 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Néol - B	0.14 W/(m.K)



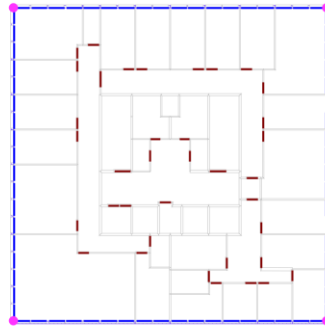
Ponts th. Dalle basse RDC		
	b.1 - BB (T) - BP	0.94 W/(m.K)
	a.1 - BB (T) - D Néol	0.25 W/(m.K)
	d.2 - BB (T) - BB	0.95 W/(m.K)
	d.1 - sortant - BB (T) - BB T	0.03 W/(m.K)
	d.1 - restant - BB (T) - BB	0.03 W/(m.K)
	b.1 - BB Néol - BP	0.6 W/(m.K)
	a.1 - BB (T) - BP Néol	0.25 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Néol - B	0.13 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Néol - B	0.14 W/(m.K)
	1.3 PL Bas ext. (sur sur LPA)	1 W/(m.K)



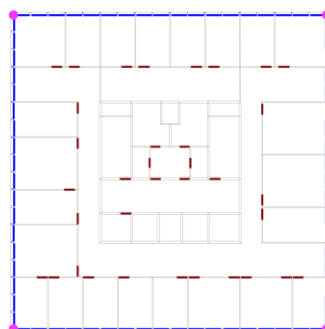
Ponts th. Dalle basse Entresol	
	d.2 - BB ITI - BB 0.95 W/(m.K)
	d.1 - sortant - BB ITI - BB I 0.03 W/(m.K)
	d.1 - rentrant - BB ITI - BB 0.03 W/(m.K)
	b.1 - BB Nisol - BP 0.6 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Nisol - B 0.13 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Nisol - B 0.14 W/(m.K)



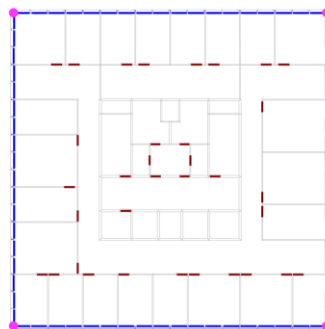
Ponts th. Dalle basse Entresol bis	
	d.2 - BB ITI - BB 0.95 W/(m.K)
	d.1 - sortant - BB ITI - BB I 0.03 W/(m.K)
	d.1 - rentrant - BB ITI - BB 0.03 W/(m.K)
	b.1 - BB Nisol - BP 0.6 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Nisol - B 0.13 W/(m.K)
	d.1 - sortant - Bg Nisol - B 0.14 W/(m.K)



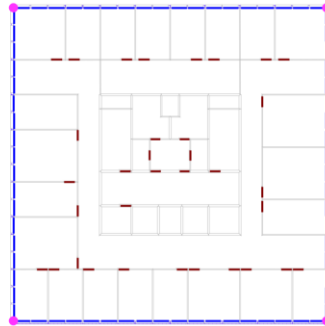
Ponts th. Dalle basse R+1	
	b.1 - BB (T) - BP 0.04 W(mA)
	d.2 - BB (T) - BP 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)



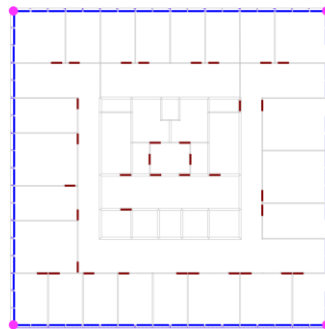
Ponts th. Dalle basse R+2	
	b.1 - BB (T) - BP 0.04 W(mA)
	d.2 - BB (T) - BP 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)



Ponts th. Dalle basse R+3	
	b.1 - BB (T) - BP 0.04 W(mA)
	d.2 - BB (T) - BP 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)
	d.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mA)

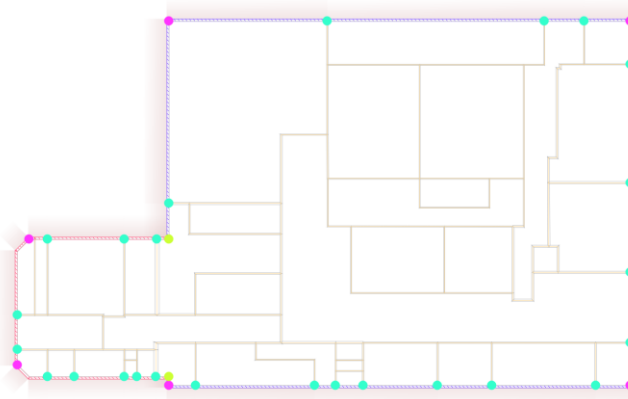


Ponts th. Dalle basse R+4	
	b.1 - BB (T) - BP 0.94 W/(m.K)
	d.2 - BB (T) - BB 0.25 W/(m.K)
	d.1 - carport - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)
	d.1 - revêtement - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)

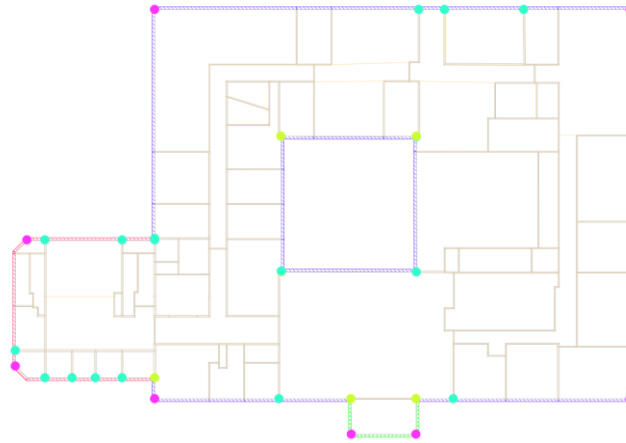


Ponts th. Dalle basse R+5	
	b.1 - BB (T) - BP 0.94 W/(m.K)
	d.2 - BB (T) - BB 0.25 W/(m.K)
	d.1 - carport - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)
	d.1 - revêtement - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)

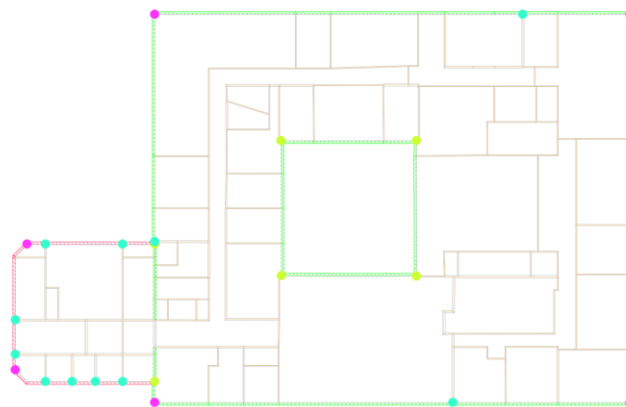
3.4.3.2 Ponts thermiques hauts



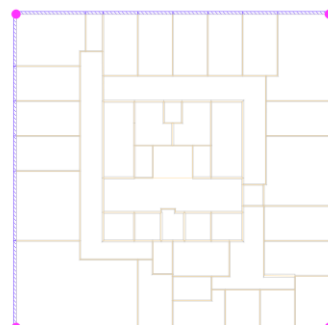
Ponts th. Dalle haute R-1	
	b.1 - BB (T) - BP 0.94 W/(m.K)
	d.2 - BB (T) - BB 0.25 W/(m.K)
	d.1 - carport - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)
	d.1 - revêtement - BB (T) - BB (T) 0.22 W/(m.K)
	b.1 - BB Naut - BP 0.16 W/(m.K)



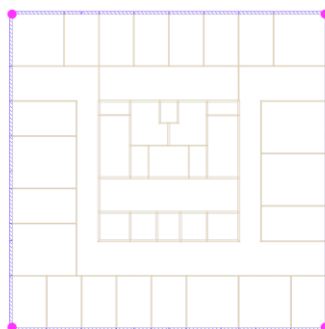
Ponts th. Dalle haute RDC	
	4.1 - BB (T) - Placard dessus 0.7 W(mK)
	h.1 - BB (T) - BP 0.04 W(mK)
	4.2 - BB (T) - BB 0.05 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)
	h.1 - BB Naut - BP 0.0 W(mK)



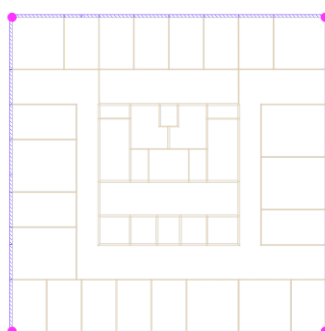
Ponts th. Dalle haute Entresol	
	4.1 - BB (T) - Placard dessus 0.7 W(mK)
	4.2 - BB (T) - BB 0.05 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)
	h.1 - BB Naut - BP 0.0 W(mK)



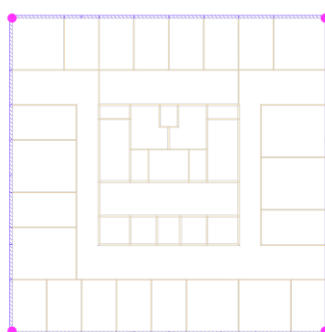
Ponts th. Dalle haute R+1	
	h.1 - BB (T) - BP 0.04 W(mK)
	4.2 - BB (T) - BB 0.05 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)
	4.1 - ventant - BB (T) - BB (T) 0.03 W(mK)



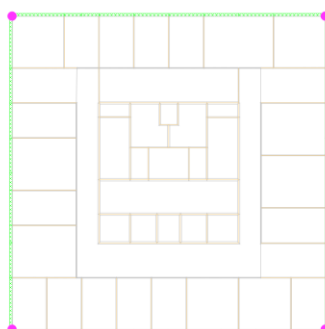
Ponts th. Dalle haute R+2	
	b.1 - BB (I) - BP 0.04 W(m²)
	d.2 - BB (I) - BB 0.05 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)



Ponts th. Dalle haute R+3	
	b.1 - BB (I) - BP 0.04 W(m²)
	d.2 - BB (I) - BB 0.05 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)



Ponts th. Dalle haute R+4	
	b.1 - BB (I) - BP 0.04 W(m²)
	d.2 - BB (I) - BB 0.05 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)



Ponts th. Dalle haute R+5	
	c.1 - BB (I) - Plisol dessus 0.7 W(m²)
	d.2 - BB (I) - BB 0.05 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)
	d.1 - ventant - BB (I) - BB (I) 0.03 W(m²)



3.5 HYPOTHÈSES D'USAGE

3.5.1 Apports internes

Les apports internes résultent de l'occupation humaine, de l'éclairage et des équipements installés (bureautique, ...). Il est très important d'identifier les différents apports ainsi que les horaires d'occupation ou d'utilisation, car ils jouent un rôle prépondérant dans le calcul des besoins thermiques et dans l'atteinte des objectifs du confort d'été et de renouvellement.

3.5.1.1 Apports internes liés aux personnes

La puissance dégagée par une personne est de :

- Chaleur sensible : 80W par occupant ;
- Chaleur latente : 80 W latents par occupant, convertis comme un apport d'humidité en kg/h.

La moitié de ces apports internes est considérée comme un apport radiatif, et l'autre moitié comme un apport convectif.

Ces ratios d'apports internes sont ensuite multipliés par les effectifs et modulés par les plannings d'occupation, afin d'aboutir aux apports internes totaux pour une zone.

3.5.1.2 Apports internes liés à l'éclairage et des auxiliaires

- **Les luminaires** dissipent de même de la chaleur en fonctionnement. Ces apports internes dépendent de leur puissance installée, de leur planning d'utilisation, ainsi que de la lumière naturelle déjà présente dans le local pour les luminaires gradables. Leur fonctionnement est modélisé dans la STD, en tenant compte de la lumière naturelle aux différents points des locaux.
- **Les équipements** (bureautique, équipements techniques etc.) dissipent de la chaleur, en fonctionnement comme en veille. On prend en compte la présence de tels équipements dans les bureaux et les salles de réunion.

Ces apports internes sont considérés 100% convectifs.

Type de luminaire	Usage	Puissance d'éclairage	Équipements	Total Puissance
Type LED, avec interrupteur marche arrêt	Bureau	1,5 W/m ²	1 W/m ²	2,5 W/m ²
	Circulation	1,5 W/m ²	0 W/m ²	1,5 W/m ²
	Sanitaires	1,5 W/m ²	0 W/m ²	1,5 W/m ²
	Salle de réunion	2 W/m ²	1,5 W/m ²	3,5 W/m ²

Tableau 1 : Puissance des luminaires installés en fonction des usages

3.5.2 Actions adaptatives des occupants sur leur confort

3.5.2.1 Activation des protections solaires

- Le bâtiment est équipé de stores intérieurs. On considère leur fermeture progressive jusqu'à 60% d'occultation pour les mois de juin, juillet et août.



3.5.2.2 Réglage individuel des températures de consigne de chauffage

Le réglage des températures de consigne de chauffage par air chaud dans les bureaux sont réglés manuellement dans chaque pièce.

3.5.3 Scénario d'occupation et d'utilisation des équipements électriques

Le bâtiment est occupé toute l'année, fonction de la saison et des heures de la journée. Ci-dessous, les tableaux récapitulant le nombre d'occupants et les apports liés aux équipements par pièce puis par zone en fonction de la période de la journée et du jour de la semaine.

On considère une occupation réduite de moitié pendant les vacances, soit les périodes suivantes :

- Vacances : du 09/04 au 15/04, du 24/12 au 31/12 et du 01/08 au 28/08.

On considère une occupation nulle les week-ends et toutes les nuits entre 18h et 8h.

3.5.3.1 Planning d'occupation des espaces des bureaux

Le temps de travail considéré dans les bureaux s'étend de 08h à 18h du lundi au vendredi, avec des occupations variées en fonction de la journée et une occupation réduite durant les vacances. On considère des occupations de bureaux par défaut, c'est-à-dire, au maximum d'occupation, à 0.09 occupant/m². Ce qui correspond, à un 1 occupant pour un bureau de 11 m².

3.5.3.2 Planning d'occupation des salles de réunion

On considère une occupation des salles de réunion de 9h à 17h, avec des occupations variées en fonction de la journée et des périodes de vacances.

3.5.3.3 Planning d'occupation des espaces de stockage

Les espaces de stockages sont très rarement visités. On considère donc une occupation de 0.001 occ./m² de 8h à 18h les jours de semaine (hors week-end).

3.5.3.4 Planning d'occupation des circulations et sanitaires

Les espaces de circulation et les sanitaires ont une occupation de 8h à 18h, réduite en période de vacances.



3.5.4 Hypothèses des ponts thermiques

Les ponts thermiques de l'étude sont conformes aux valeurs définies par les règles Th-Ex

- Ponts thermiques linéiques structurels

Nom	Class if.	Origin e	□	□□	□□	□□		
a.1 - BB ITI - BP Nisol	1.2	CSTB	0.2 5	0.2 5	0.0 0	0.0 0		
b.1 - BB Nisol - BP	2.1	CSTB	0.6 0	0.3 0	0.3 0	0.0 0		
a.1 - BB Nisol - D Nisol	1.1	CSTB	0.2 8	0.2 8	0.0 0	0.0 0		
d.1 - rentrant - BB ITI - BB ITI	4.2	CSTB	0.0 3	0.0 2	0.0 2	0.0 0		
d.1 - sortant - BB ITI - BB ITI	4.1	CSTB	0.0 3	0.0 2	0.0 2	0.0 0		



b.1 - BB ITI - BP	2.1	CSTB	0.9 4	0.4 7	0.4 7	0.0 0		
c.1 - BB ITI - PI isol dessus	3.1	CSTB	0.7 0	0.7 0	0.0 0	0.0 0		
a.1 - BB ITI - D Nisol	1.1	CSTB	0.2 5	0.2 5	0.0 0	0.0 0		
d.2 - BB ITI - BB	4.3	CSTB	0.9 5	0.4 8	0.4 8	0.0 0		
d.3 - BB ITI - menuis. int.	tout	CSTB	0.0 5	0.0 5	0.0 0	0.0 0		



4 RESULTATS DE SIMULATION DES BESOINS ENERGETIQUES

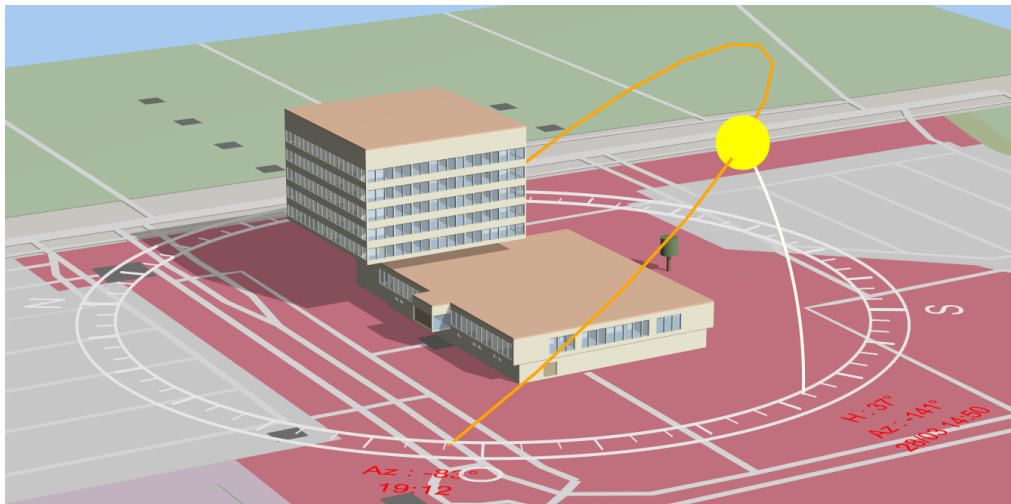


Figure 16 : Vue 3D de la modélisation pléiades du bâtiment existant

L'état existant a été simulé sur toute l'année, basé sur le fichier météorologique de Reims 2000-2009, afin de servir de base aux solutions d'amélioration.

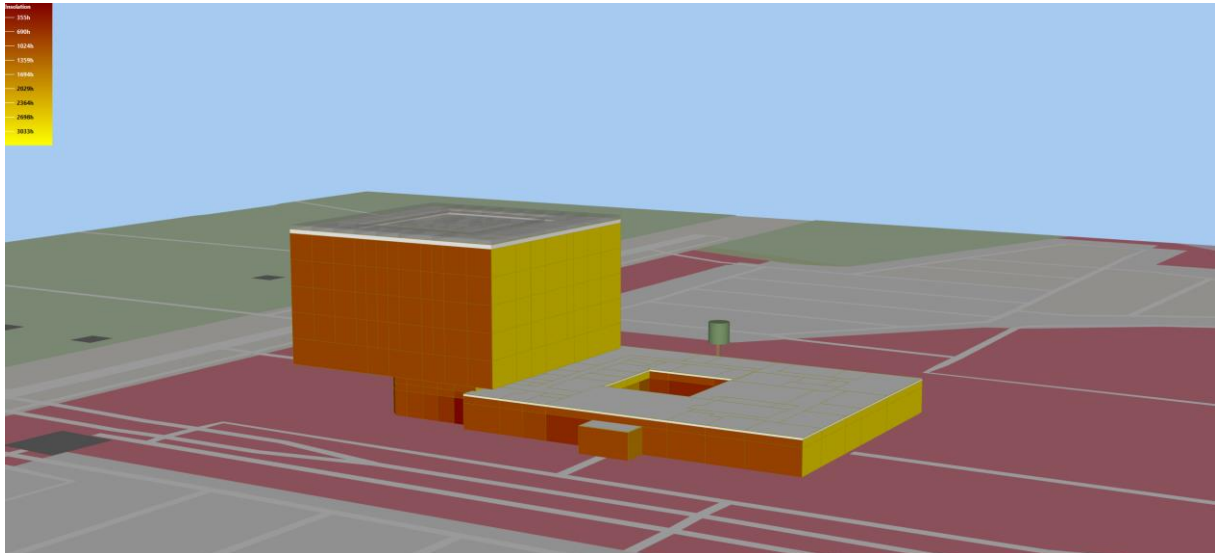
On définit la période de chauffage en fonction des conditions météorologiques du fichier Reims 2000-2009. Les saisons de chauffage et de climatisation sont les suivantes :

- **Chauffage** : Du 17 Septembre au 27 Mai
- **Climatisation** : Du 18 Juin au 2 Septembre

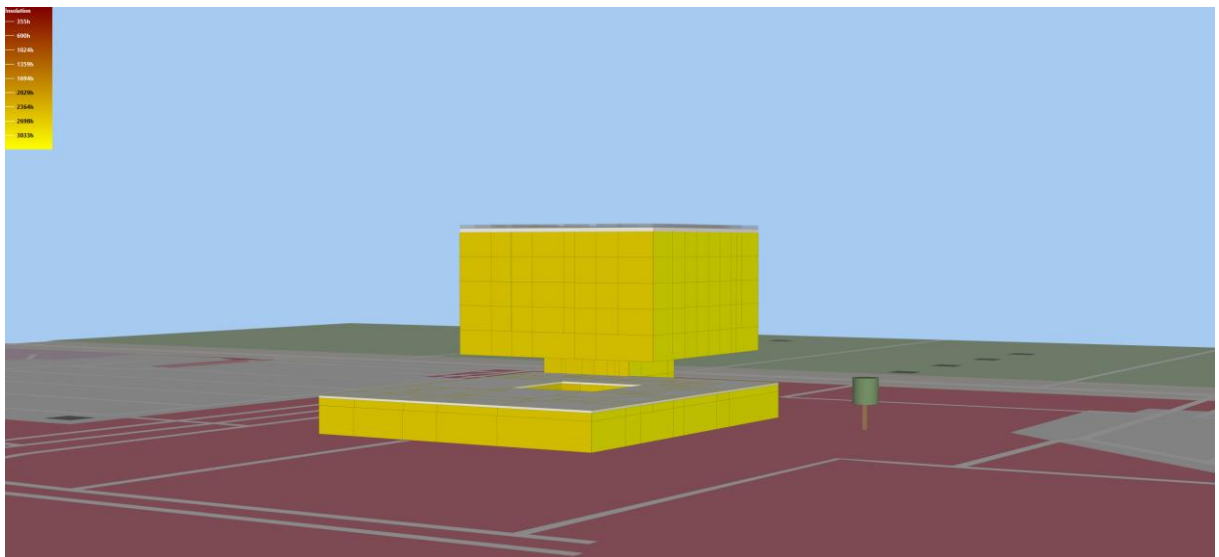


4.1 COMPORTEMENT GLOBAL DU BÂTIMENT

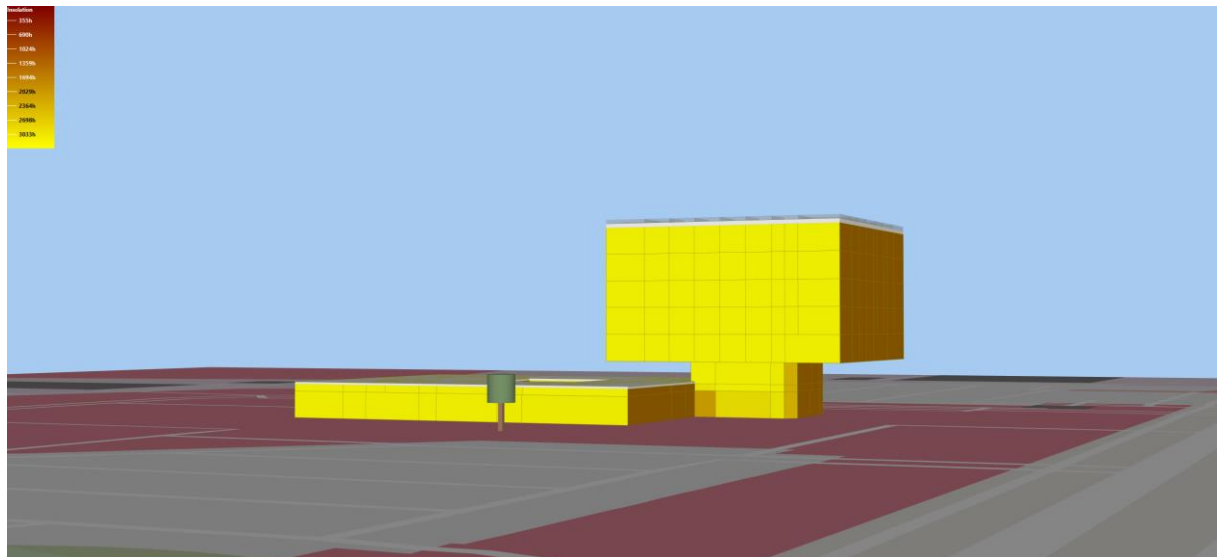
4.1.1 Exposition au soleil



Exposition OUEST



Exposition SUD



Exposition EST



Exposition NORD



4.1.2 Consommations du bâtiment

4.1.2.1 Consommations globales

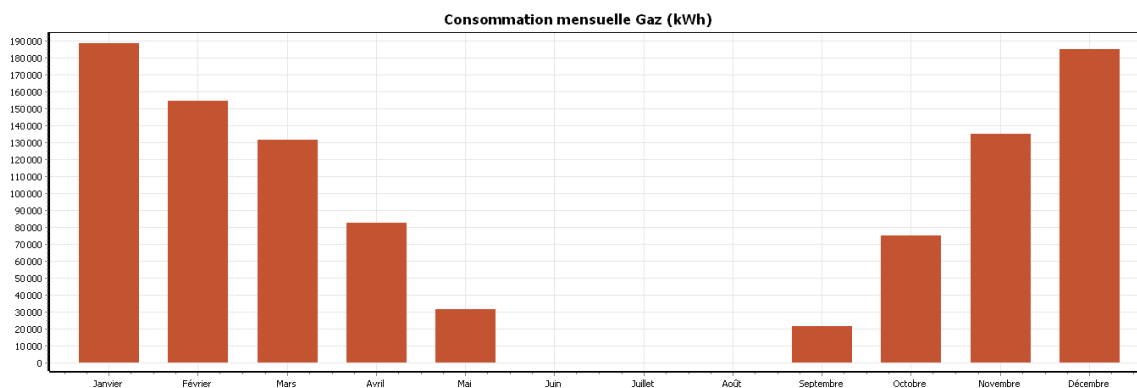


Figure 17 : Consommation mensuelle de gaz (kWh)

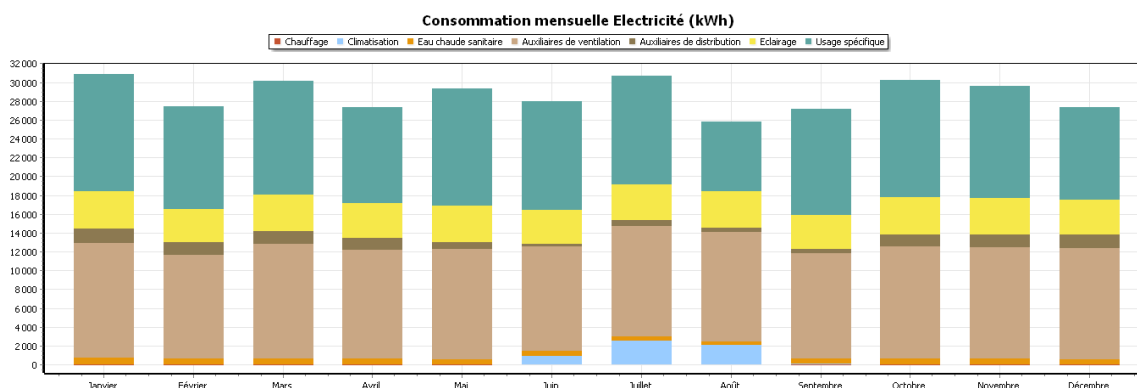


Figure 18 : Consommation mensuelle d'électricité (kWh)

4.1.2.2 Consommations détaillées



	Conso. Gaz totale (kWh)	Conso. Gaz (kWh)/m ²	Conso. Elec. totale (kWh)	Conso. Elec. (kWh)/m ²
Chauffage	1 006 163,00	126,67	100	0,0
Refroidissement			5 665	1
Eau chaude sanitaire			6 588	0,8
Auxiliaires de ventilation			139 939	18
Auxiliaires de distribution			12 213	1,5
Eclairage			45 341	6
Usage spécifique			134 091	16,9
Production électrique				
Sous-Total conso. /an	1 006 163,0	126,7	343 937,0	43,3
Prix unitaire	0,09€/kWh		0,25€/kWh	
Montant /an	90 554,67 €		85 984,25 €	

Total annuel	176 538,92 €
Total mensuel	14 711,58 €

* les usages spécifiques correspondent aux consommations électriques liées à l'utilisation du bâtiment (poste informatiques notamment)

Ce qui nous donne des coûts d'exploitations mensuelles à 14 711€.

4.1.3 Déperditions thermiques

D'après la figure suivante, on identifie une majorité des déperditions thermiques par les parois du bâtiment. La faible isolation de ces dernières explique les pertes par conduction sur ces zones.

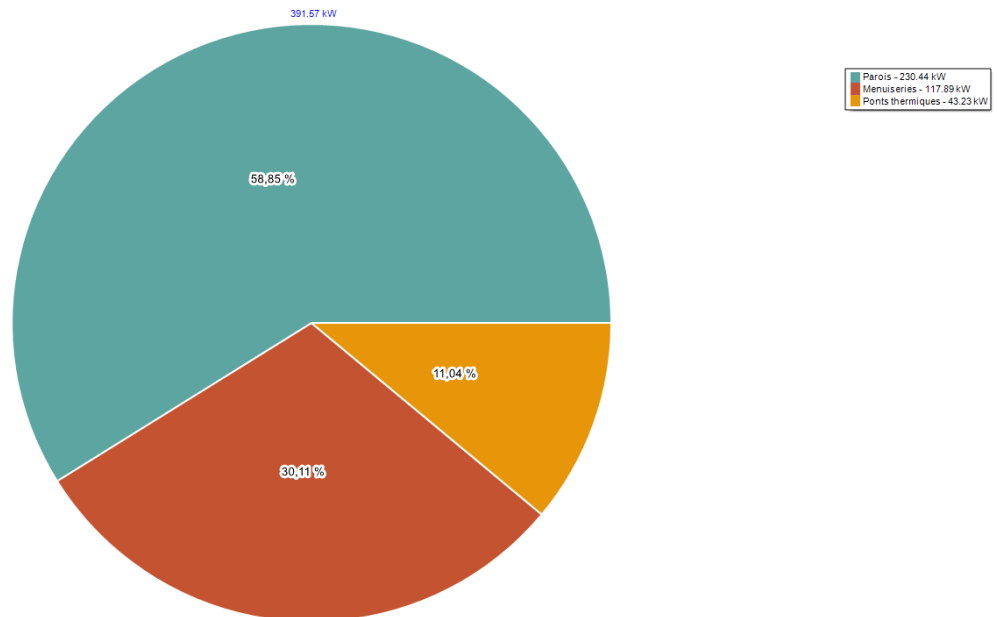


Figure 19 : Déperditions thermiques par conduction à travers les parois, les menuiseries et les ponts thermiques (kW)



4.2 VARIATION DES TEMPÉRATURES INTERIEURES

L'évolution temporelle des températures intérieures dans l'état existant est étudiée pour 1 zone aux caractéristiques thermiques défavorables :

- Bureau orienté Sud au niveau R+5 – fichier météo Reims 2000-2009.

4.2.1 Bureau orienté sud au niveau R+5 – fichier météo 2000-2009

On choisit d'étudier dans un premier temps une zone orienté au Sud au dernier niveau du bâtiment ; zone soumise à de nombreux ponts thermiques et qui est particulièrement susceptible de présenter des pics de températures.

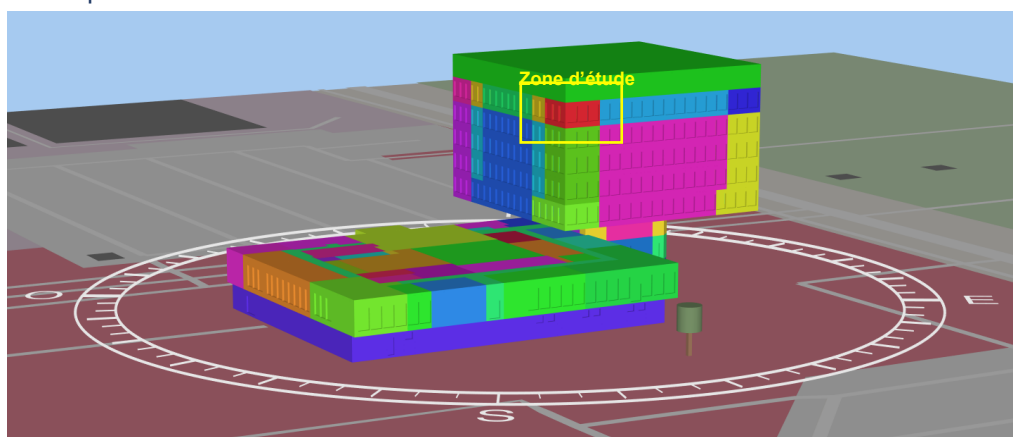


Figure 20 : Plan 3D du zonage thermique du bâtiment complet

4.2.1.1 Confort thermique

Le diagramme cyclique ci-dessous représente les températures opératives horaires (chaque point) sur une année complète (cycle), restreints aux horaires d'occupation du bureau au R+5.

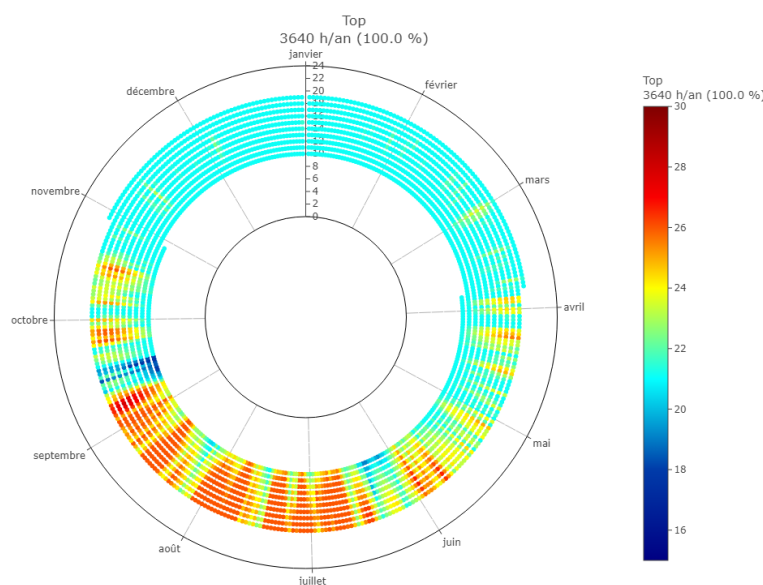


Figure 21 : Diagramme cyclique représentant les températures résultantes horaires pendant les périodes d'occupation sur une année – Etat Existant du bureau R+5

Le nombre d'heures où la température opérative est supérieure à 26°C atteint **314 h/an**, réparties de début juin à début septembre, principalement les après-midis.



La température opérative maximal atteinte en période d'occupation est **27.8°C**, début du mois de septembre. On observe néanmoins que le seuil de 28°C n'est jamais atteint avec le fichier météo utilisé.

Le nombre d'heures où la température opérative est inférieure à 19°C est estimé à **18 h/an**, durant quelques matins de mi-septembre hors période de chauffe.

Le diagramme cyclique ci-dessous (fig. 45) représente toutes les températures opératives horaires inférieures à 19°C sur une année complète et celles supérieures à 26°C, restreints aux horaires d'occupation dans le bureau en R+5.

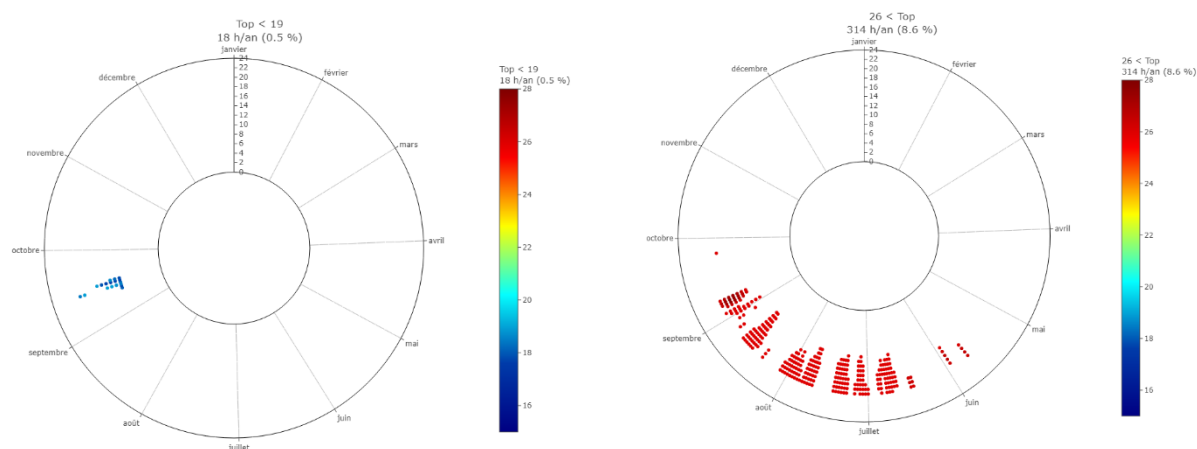


Figure 22 : Diagramme cyclique des valeurs hors des seuils de confort. A gauche : < 19°C. A droite : > 26°C.

Les figures ci-dessous (fig. 22) représentent les variations des températures opératives (Top), températures externes (Text), puissance de chauffe (Pch) et gains thermiques solaires (Qsol), durant une semaines type en hiver et sur une semaine type caniculaire en été pour le cas existant.

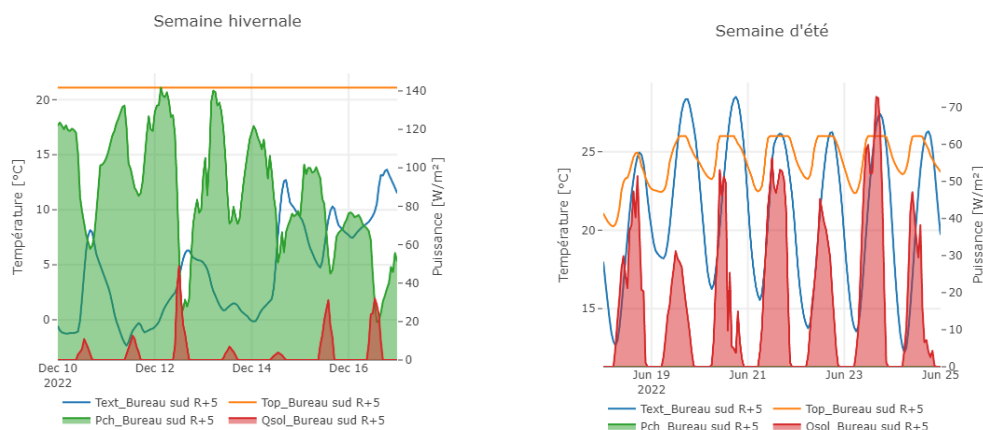


Figure 23 - Évolution des températures opérative (Top), extérieure (Text), puissances de chauffe Pch sur une semaine type en hiver et sur une semaine très chaude d'été – Etat Existant Atelier R+1

En hiver, on note que les puissances de chauffe nécessaires au maintien de la consigne à 21°C sont importantes, atteignant, en cas de faible températures, des puissances de 140 W/m². De plus, l'absence



de régulation sur la température de consigne impose un fonctionnement continue intense de la production de chaleur.

En été, on observe des pics d'apports solaires atteignant 70 W/m^2 et qui maintiennent la température opérative de la pièce au-dessus de 23°C jour et nuit.

4.2.1.2 Confort hygrométrique

La Figure 19, représentant les zones de confort hygrothermique du diagramme de Givoni permet d'évaluer le confort estival dans le cas de mouvement d'air généré par des brasseurs d'air, ciblé aux périodes d'occupation. On note que les valeurs sous la zone de confort hygrothermique correspondent aux périodes fin janvier/février période froide qui assèche l'air extérieur.

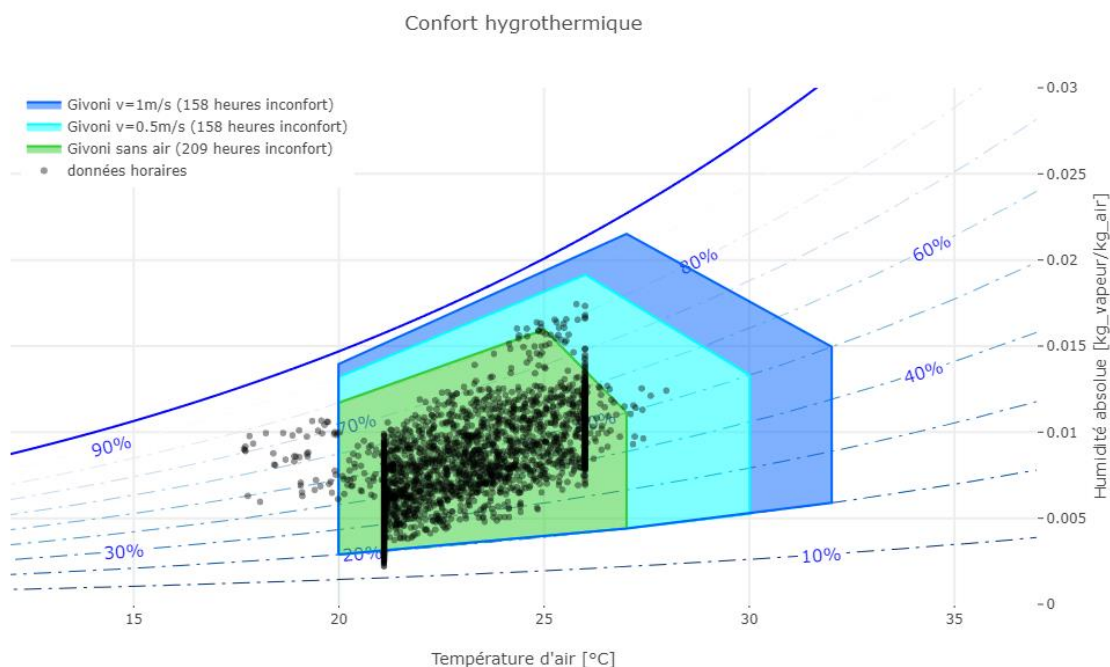


Figure 24 : Diagramme de Givoni pendant une année - Etat existant bureau sud R+5

4.2.1.3 Confort estival

Basé sur les hypothèses détaillées précédemment, le bâtiment a été simulé pour le fichier météo 2000-2009 et le fichier de projection des températures en 2054.

Le nombre d'heures d'inconfort durant les périodes d'occupation ainsi que la température opérative maximale atteinte quel que soit l'occupation sont présentées dans le tableau ci-dessous pour toutes les zones thermiques du bâtiment :

Avec INF les niveaux inférieurs, INT les niveaux intermédiaires et SUP les niveaux supérieurs.



Zones	Surface <i>m²</i>	Fichier météo 2000-2009		Fichier météo 2040	
		T° Max °C	Heures > 28°C <i>h</i>	T° Max °C	Heures > 28°C <i>h</i>
Circulation horizontale INT	891,6	25,7	0	28,2	2
Bureaux exposés SUD EST - INT	356,4	26,5	0	29,7	27
Bureaux exposés NORD OUEST - INT	349,6	26,4	0	29	16
Circulations verticales	332,3	25,1	0	26,5	0
Bureaux exposés SUD OUEST - INT	312,3	27	0	30,6	22
Bureaux exposés NORD EST - INT	274,5	26,7	0	29,4	21
Circulation horizontale SUP	255,6	25,7	0	28,4	6
Circulations horizontales INF	247,1	25	0	26,6	0
HALL RDC	201,1	25,1	0	26	0
Bureaux exposés SUD OUEST - INF	144,8	26	0	28,3	3
Sanitaires borgnes INT	133,8	25,2	0	27	0
Bureaux exposés NORD OUEST - INF	130,6	26	0	27,7	0
Bureaux exposés NORD EST - INF	128,3	26	0	28,1	1
Bureaux exposés NORD - INT	122,4	27	0	29,4	16
Bureaux exposés SUD - INF	117,8	26	0	29,3	19
Sanitaires borgnes INF	112,6	25	0	26,5	0
Salle de réunion Borgnes	111,4	25,7	0	27,8	0
Bureaux exposés EST - INF	104,1	26	0	28,4	8
Bureaux exposés NORD OUEST - SUP	102,7	26,6	0	29,2	18
Salle de réunion exposée NORD EST - INF	102,5	26,1	0	28,2	1
Bureaux exposés EST - INT	95,4	27,1	0	30,3	32
Bureaux exposés NORD EST - SUP	90,9	26,9	0	29,4	25
Bureaux exposés SUD EST - SUP	87,6	26,8	0	30	33
Bureaux exposés SUD EST - INF	77,4	25,5	0	27,3	0
Bureaux exposés SUD OUEST - SUP	72,8	27,4	0	30,9	28
Bureaux exposés SUD - INT	66,5	28	1	31,9	36
Bureaux exposés OUEST - INT	58,4	27,7	0	31,4	23
Bureaux borgnes	53,1	25,6	0	27,2	0
Salle de sport	47,5	23,7	0	25,6	0
Salle détente borgne	41,7	23,9	0	25,6	0
Détente SUD EST	35,2	26	0	26,6	0
Sanitaires borgnes SUP	33,8	25,1	0	27	0
SDR exposée SUD EST - INF	32,9	25,1	0	27,1	0
Bureaux exposés OUEST - INF	30,7	26	0	27,7	0
Bureaux exposés NORD - INF	25,5	26	0	27,6	0
Bureaux exposés SUD - SUP	22,2	28	0	31,7	34



Bureaux exposés OUEST - SUP	22,1	27,3	0	30,4	33
Stockage	18,7	23,9	0	25,8	0
Salle de réunion exposée NORD OUEST	16,7	26	0	28	1
Espace traiteur	15,4	24,1	0	25,9	0
Bureaux exposés EST - SUP	14,6	27,8	0	31,3	24
Bureaux exposés NORD - SUP	14,6	27,5	0	29,8	25

On remarque que le bâtiment ne sera plus adapté aux conditions météorologiques d'ici 2040, et ce, malgré le système de refroidissement en place aujourd'hui. L'adaptation du bâtiment devra ainsi tenir compte des besoins futurs en termes de préservation du confort d'été des locaux.