

RENOVATION ENERGETIQUE DE LA FACULTE DES SCIENCES D'ANGERS BOULEVARD LAVOISIER – 49000 ANGERS



SOMMAIRE

1 SUIVI DES MODIFICATIONS	3
2 INTRODUCTION	4
2.1 Objet de l'étude	4
2.2 Méthode de simulation	4
3 HYPOTHESES DE CALCUL	5
3.1 Paramètres climatologiques	5
3.2 Vue 3D	5
3.3 Zonage thermique	6
3.4 Enveloppe thermique	6
3.5 Systèmes de chauffage et de ventilation	6
3.6 Scénario de ventilation	6
3.7 Réflexion des parois	7
3.8 Scénario de puissance dissipée	7
3.9 Scénario d'occupation	8
3.10 Scénario d'occultation	9
3.11 Scénario d'ouverture des fenêtres	9
3.12 Scénario de régulation du chauffage	9
4 ETUDE FLJ	10
4.1 Bâtiment A'	10
4.2 Bâtiment A	11
4.3 Cas des façades NORD	11
5 ETUDE STD	13
5.1 Objectifs	13
5.2 Bâtiment A	14
5.3 Bâtiment A'	18
5.4 Bâtiment B	20
5.5 Bâtiment B'	22
5.6 Bâtiment D	24
5.7 Conclusion	26
6 ETUDE SED	27

6.1	Consommations actuelles	27
6.2	Consommations futures	29
6.3	Impact des données d'entrée sur les consommations	31
6.4	Récapitulatif	32
7	ANNEXE FLJ	33
7.1	Bâtiment A.....	33
7.2	Bâtiment A'	35
7.3	Bâtiment B'	37
7.4	Bâtiment B.....	39
7.5	Bâtiment D	39
8	ANNEXE DIAGRAMME DE GIVONI.....	40
8.1	Bâtiment A.....	40
8.2	Bâtiment A'	43
8.3	Bâtiment B.....	44
8.4	Bâtiment B'	45
8.5	Bâtiment D	47

1 SUIVI DES MODIFICATIONS

V1 – 26/07/2024

Sans modifications

V2 – 19/12/2024

Intégration de la STD sur l'ensemble des bâtiments

Intégration du calcul SED (Simulation Energétique Dynamique)

V2bis – 28/02/2025

Ajout des résultats avec le scénario météo actuel

Ajout des diagrammes de GIVONI en ANNEXE avec les différentes vitesses d'air (qui intègrent le confort avec la mise en place de brasseurs d'air)

V3 – 25/04/2025

Suppression des études des bâtiments C & C' (car passé hors périmètre)

Suppression de l'isolation des vide-sanitaires

Passage en ITI sur le bâtiment D

Passage en laine de bois dans le FOB

Ajout de SAS dans certaines entrées du bâtiment A

Baisse de la perméabilité à l'air dans les bâtiments A & A'

Prise en compte d'une consigne à 19°C pour le calcul des consommations réelles

V4 – 18/06/2025

Passage en DCE – Sans modifications depuis la V3

V5 – 18/06/2025

Passage en DCE2 – Sans modifications depuis la V4

2 INTRODUCTION

2.1 Objet de l'étude

La présente étude traite du facteur de lumière jour (FLJ) et du confort d'été via une simulation thermique dynamique (STD). Cette étude a pour objectif de montrer que les équipements prévus permettront d'apporter du confort aux futurs occupants.

De plus, nous avons réalisé une SED, simulation énergétique dynamique, afin d'estimer les consommations énergétiques réelles après travaux.

Une étude FLJ permet :

- D'optimiser la conception d'un bâtiment en termes de confort visuel
- D'assurer un éclairage naturel suffisant tout en limitant les risques d'éblouissement

Une STD permet :

- De réaliser un estimatif des besoins de chauffage et de climatisation (Non réalisé à ce stade du projet)
- De prévoir les solutions techniques pour assurer un confort aux occupants particulièrement en période estivale

2.2 Méthode de simulation

La simulation se déroule en plusieurs étapes :

- Saisie des caractéristiques de toutes les parois du projet : structure, isolant, plaque de plâtre, lame d'air et les caractéristiques de chaque couche : épaisseur, conductivité thermique, capacité thermique, masse volumique.
- Saisie de la volumétrie du projet
- Décomposition du projet en zones thermiques en fonction de l'orientation, de l'utilisation et de l'usage des pièces.
- Attribution de scénarii à chaque zone et chaque pièce :
 - Consignes de température
 - Scénarii d'occupation : Horaires de présence et nombre de personnes présentes dans chaque zone
 - Scénarii de ventilation
 - Scénarii d'occultation : saisons pendant lesquelles les protections solaires amovibles sont fermées
 - Scénarii de puissance dissipée
- Calculs de l'inconfort estival
- Etude de variantes : modification des caractéristiques des vitrages, ventilation par ouverture des fenêtres, ajout de protections solaires

3 HYPOTHESES DE CALCUL

3.1 Paramètres climatologiques

Le fichier météo est issu des données METEONORM de la station « ANGERS 2070 ». Ce scénario correspond aux températures maximales estivales entre 2010 et 2019.

Nom	ANGERS 2070 (METEONORM)	Altitude	48 m
Longitude	0° 33' 36'' O	Latitude	47° 30' 0'' N

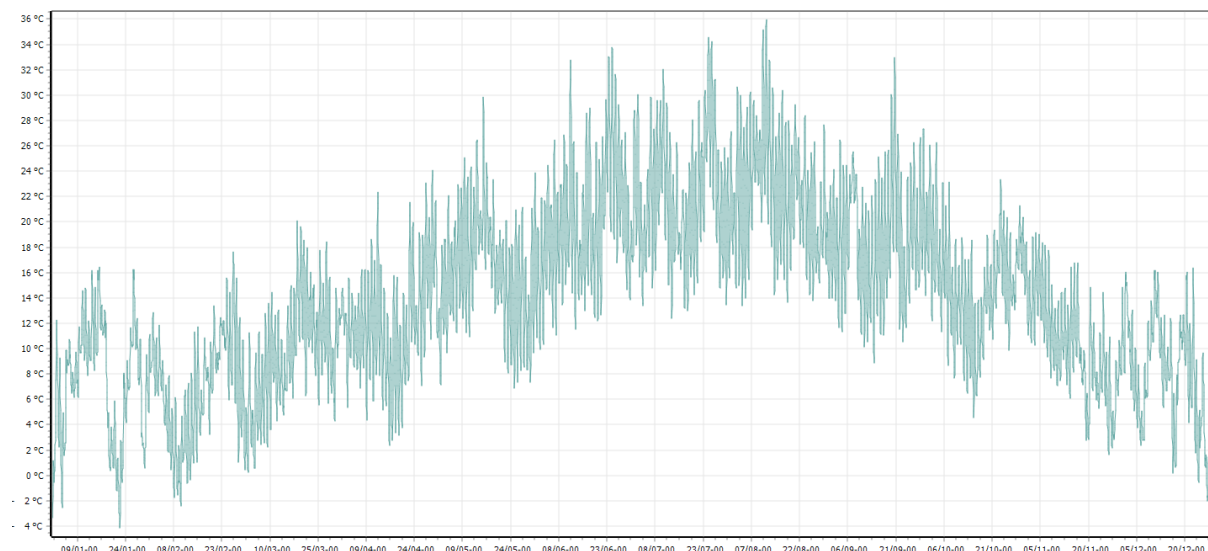


Figure 1 : Courbe de température de la station météo « ANGERS 2070 » (METEONORM)

3.2 Vue 3D

Ci-dessous une vue 3D de la saisie sous PLEIADES :

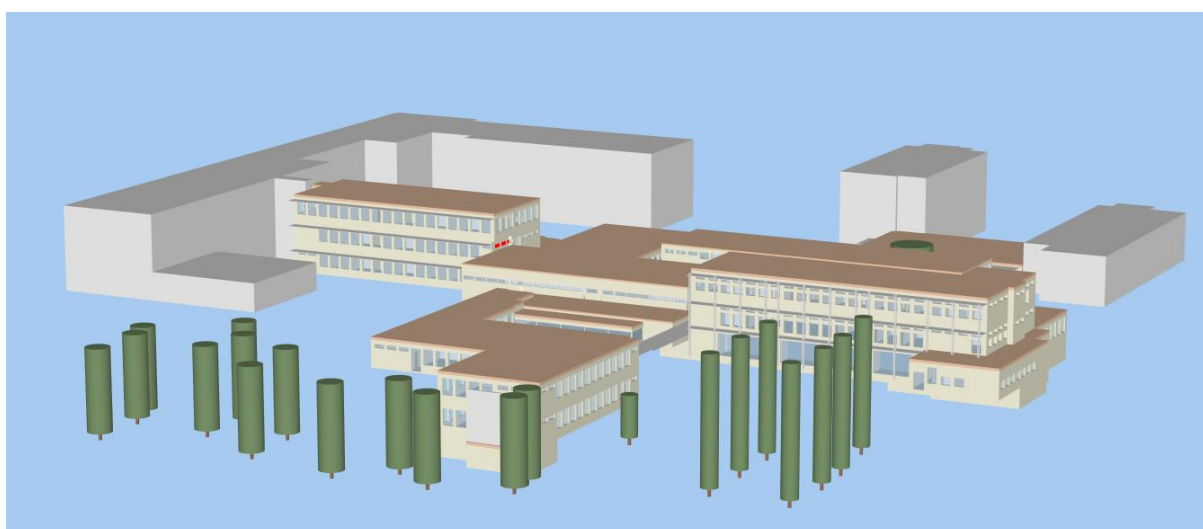


Figure 2 : Vue 3D Façade SUD

3.3 Zonage thermique

Cette simulation thermique dynamique repose sur les plans DWG, IFC et PDF de la phase APD. Nous avons effectué le zonage en regroupant les pièces ayant les mêmes orientations et le même fonctionnement. Ci-dessous pour exemple le zonage du R+1 du bâtiment B'.

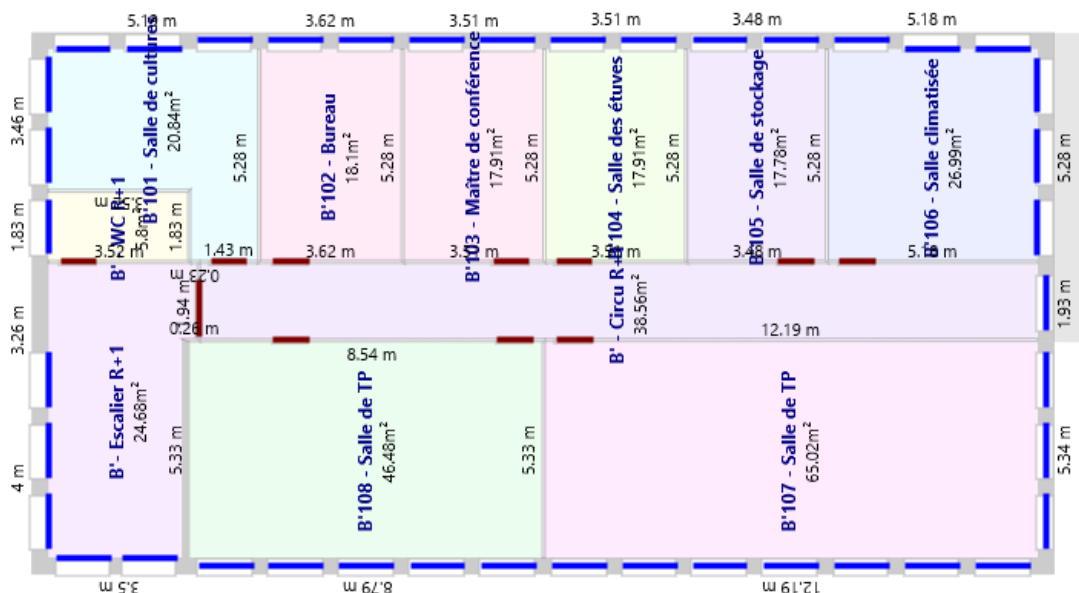


Figure 3 : Zonage du R+1

3.4 Enveloppe thermique

L'enveloppe thermique est la même que l'enveloppe thermique pour le calcul R_{TE}xistant. Ces données sont explicitées dans le rapport « Etude R_{TE}xistant ».

3.5 Systèmes de chauffage et de ventilation

Les systèmes attribués sont les mêmes que ceux saisis pour le calcul R_{TE}xistant. Ces données sont explicitées dans le rapport « Etude R_{TE}xistant ».

3.6 Scénario de ventilation

Les scénarios et débits de ventilation sont conformes aux plans CVP de la phase PRO.

3.7 Réflexion des parois

Selon sa couleur, une paroi réfléchit plus ou moins le rayonnement reçu. Une paroi claire, qui réfléchit beaucoup la lumière reçue, illumine la pièce et favorise un bon éclairage. Un grand coefficient de réflexion caractérise une paroi plutôt réfléchissante. Ces coefficients seront affinés lors des prochaines phases d'études en fonction des choix de l'architecte.

Les hypothèses considérées pour cette étude sont les suivantes :

Paroi	Coefficient de réflexion
Plancher intérieur	60 %
Parois	80 %
Plafond	50 %

3.8 Scénario de puissance dissipée

Les scénarios de puissance dissipée sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Zone	Puissance dissipée
Bureaux	100 W/poste pendant occupation (1 PC / 1 ECRAN)
Salle de TP	500 W par période d'occupation
Salles de classe	100 W/poste pendant occupation (1 PC / 1 ECRAN)
Amphis	50 % des élèves avec un ordi portable (50 W / ordinateur)
Salle de réunion	50 % des personnes présentes avec un ordi portable (50 W / ordinateur)

Les puissances et la gestion de l'éclairage sont pris en compte conformément à la notice ELECTRICITE de la phase PRO.

3.9 Scénario d'occupation

Les scénarios d'occupation ont été réalisés sur la base du programme fonctionnel du maître d'ouvrage. De plus, nous sommes appuyés sur les taux d'occupation fournis par l'université. Le nombre d'heures d'occupation sont un peu plus important que ceux que nous avons reçu notamment sur la partie Mai/Juin.

Les scénarios d'occupation sont explicités dans le tableau ci-après. Il est prévu 5 périodes de vacances scolaires :

- 2 semaines de vacances en Décembre
- 1 semaine de vacances en Février / Avril et Octobre
- Fermeture estivale :
 - Salles de classe / TP : 9 semaines de fermeture entre fin Juin et début Septembre
 - Bureaux : 4 semaines de fermeture entre mi-Juillet et mi-Août

La puissance dissipée par occupant est saisie à 70 W.

Les scénarios d'occupation n'ont pas été mis en cause lors de l'APD. Ils sont donc considérés validés pour le rendu PRO.

Pièce	Horaires / Présence
	Lundi / Mardi / Mercredi / Jeudi / Vendredi
Salle de TP	Septembre à Avril : 7 h d'occupation par jour Mai : 4 h d'occupation par jour Juin : 2 h d'occupation par jour Soit 1210 heures annuelles
Bureaux	8h30 – 12h30 / 13h30 – 16h30 : 1 personne par bureau mobilier Soit 1680 heures annuelles
Salle de cours	Septembre à Avril : 7 h d'occupation par jour Mai : 4 h d'occupation par jour Juin : 2 h d'occupation par jour Soit 1210 heures annuelles
Amphi	Septembre à Avril : 7 h d'occupation par jour Mai : 4 h d'occupation par jour Juin : 2 h d'occupation par jour Soit 1210 heures annuelles
Labo	Septembre à Juillet : 8 h d'occupation par jour Soit 1520 heures annuelles

Le nombre de personnes dans les salles de TP et de cours sont ajustés en fonction du nombre de poste de travail ou de bureaux.

3.10 Scénario d'occultation

Dans cette étude, toutes les occultations sont prévues ouvertes tout au long de l'année sauf pendant les vacances scolaires.

3.11 Scénario d'ouverture des fenêtres

L'ouverture des fenêtres de l'ensemble des locaux est conforme aux plans architectes et est considérée manuelle dans toutes les pièces. Leur scénario d'ouverture par l'utilisateur est le même que le scénario défini dans la méthode de calcul RT2012.

3.12 Scénario de régulation du chauffage

À la suite des relevés sur site et des données fournies par la direction de l'énergie de l'université d'ANGERS, voici les données prises en compte pour les scénarios de chauffage :

	Consigne de température	Réduit nuit / WE	Réduit vacances
TOUS DEPARTS	19 °C	17 °C	12 °C

- Début de la saison de chauffe : Mi-October (15 Octobre dans l'étude)
- Fin de la saison de chauffe : Début Mai (6 Mai dans l'étude)

4 ETUDE FLJ

Dans le cadre de ce dossier, nous n'avons pas d'objectifs chiffrés à atteindre concernant l'étude FLJ. Cette étude sert essentiellement d'outil d'aide à la décision notamment sur la mise en place de stores intérieurs pour l'éblouissement et sur les modes de gestion des apports solaires en façade SUD, EST & OUEST.

A ce stade, des stores sont prévues sur toutes les menuiseries des façades SUD, EST & OUEST. Ci-après quelques cas particuliers.

L'ensemble des FLJ du projet est en ANNEXE 1.

4.1 Bâtiment A'

Les pièces bi-orientées du bâtiment A' ont des FLJ assez importants au niveau des jonctions entre les deux façades. Ainsi, sur les deux pièces en angle de cet étage, nous préconisons la mise en place de stores intérieurs afin de limiter le risque d'éblouissement notamment dans la salle informatique ci-dessous.

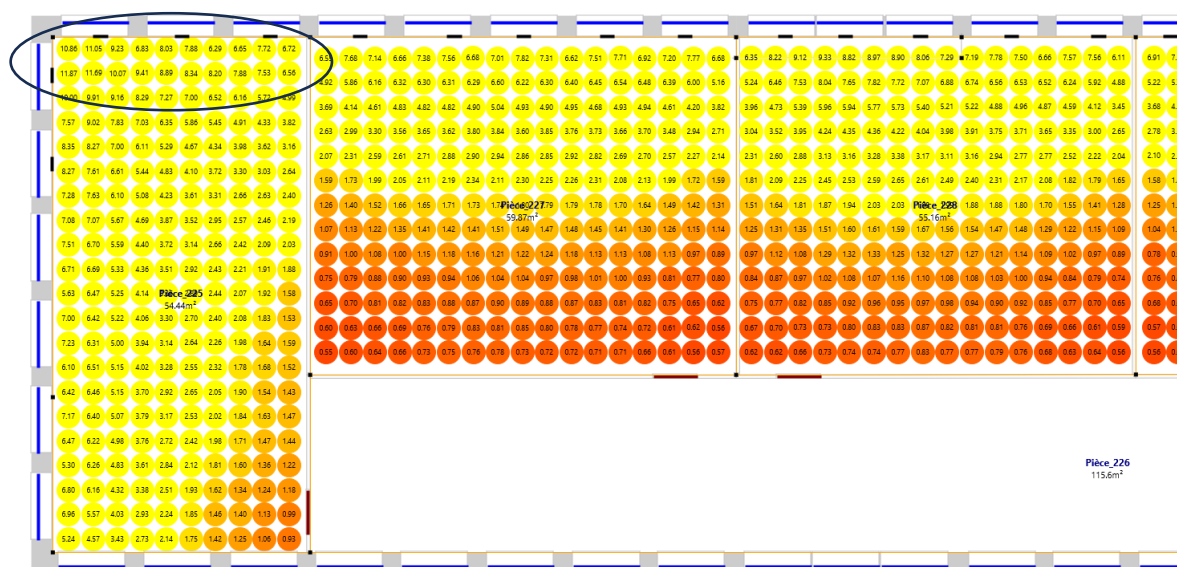


Figure 4 : FLJ de l'étage du bâtiment A'

4.2 Bâtiment A

En façade SUD du bâtiment A, la mise en place de stores intérieures n'est pas indispensable pour éviter l'éblouissement car les FLJ en bord de fenêtre ne sont pas très élevés grâce au débord de toiture. Cependant, ces stores permettraient l'hiver de se protéger des rayonnements solaires désagréables.

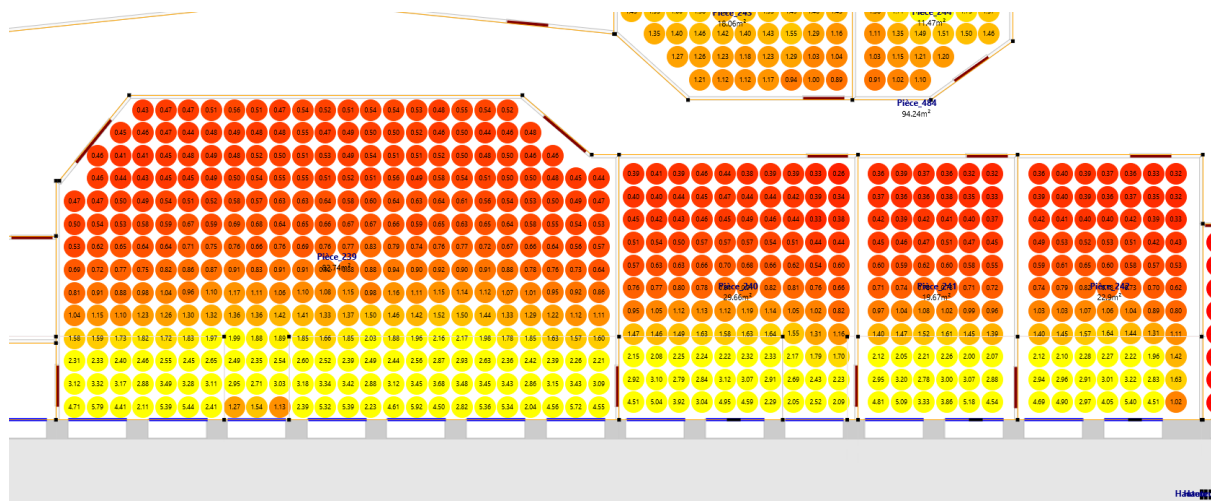


Figure 5 : FLJ de l'étage du bâtiment A

4.3 Cas des façades NORD

En façade NORD, les FLJ dépassent peu les 7/8 %. Ainsi, le risque d'éblouissement est faible et la mise en place de stores n'est pas indispensable.

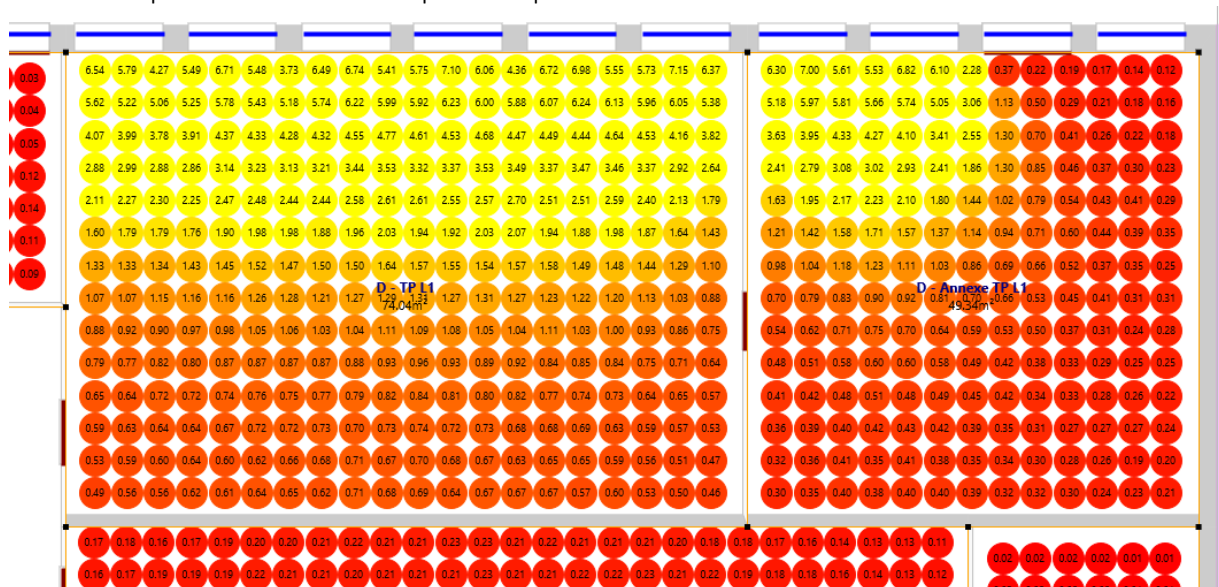


Figure 6 : FLJ en façade NORD du bâtiment D

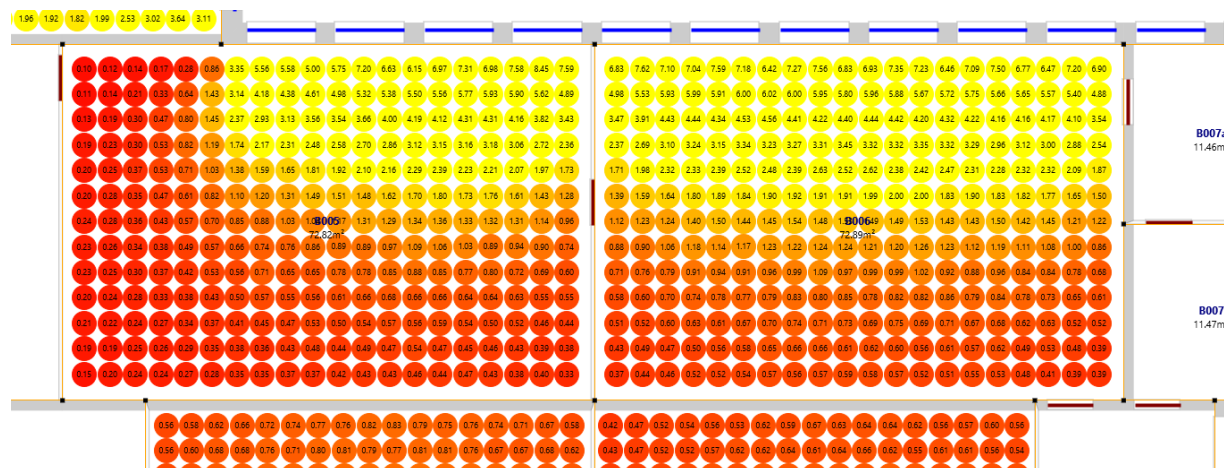


Figure 7 : FLJ en façade NORD du bâtiment B

5 ETUDE STD

5.1 Objectifs

L'objectif chiffré est le suivant :

- Température intérieure des locaux à occupation autre que passagère **ne doit pas dépasser 28 °C plus de 2% du temps d'occupation.**
- Diagramme de GIVONI : Taux d'inconfort inférieur à 10%

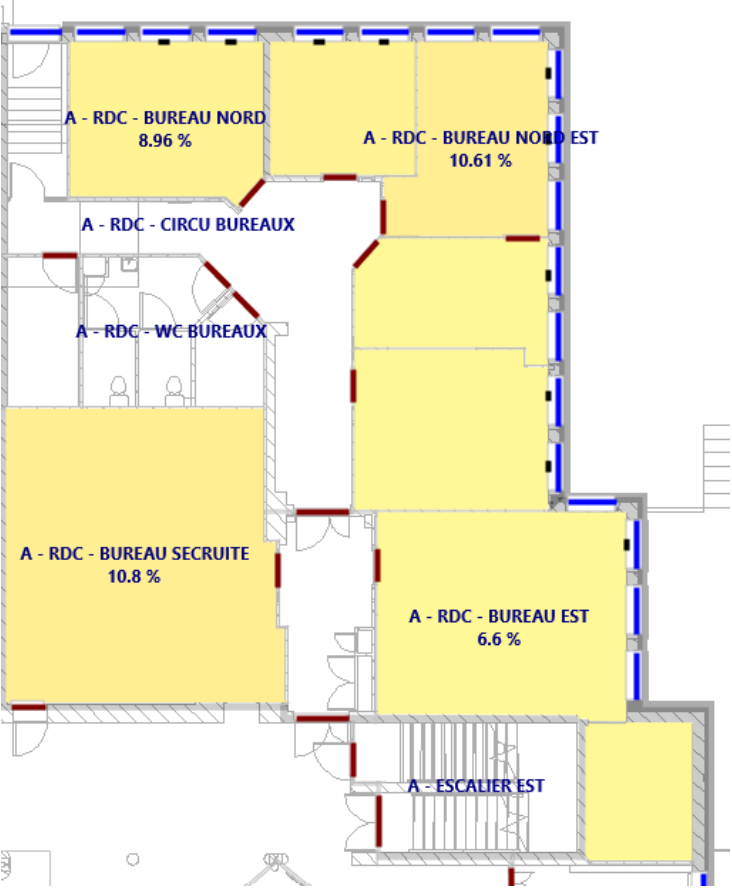
Les résultats ci-après prennent en compte :

- Du free-cooling hors période chauffe et hors période de vacances scolaires. Son fonctionnement est détaillé ci-dessous :
 - Fonctionnement entre 20 h et 8 h du matin
 - Démarrage si T° intérieure > 20°C
 - Arrêt si T° intérieure < 19 °C
 - Arrêt si T° extérieure < 15 °C
 - Arrêt si $T^{\circ}\text{int} - T^{\circ}\text{ext} < 1\text{ °C}$
- Pour le diagramme de GIVONI :
 - Une vitesse d'air de 0 m/s
 - Une activité sédentaire
 - Un habillement estival (0.5 met)

Les diagrammes de GIVONI complets de pièces représentatives du projet sont en ANNEXE 2.

5.2 Bâtiment A

5.2.1 RDC



Malgré une ventilation simple flux, le taux d'inconfort des bureaux du RDC est plutôt bas notamment grâce à un faible facteur solaire sur les menuiseries de la façade EST qui permet de limiter les apports solaires.

Figure 8 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI

5.2.2 R+1

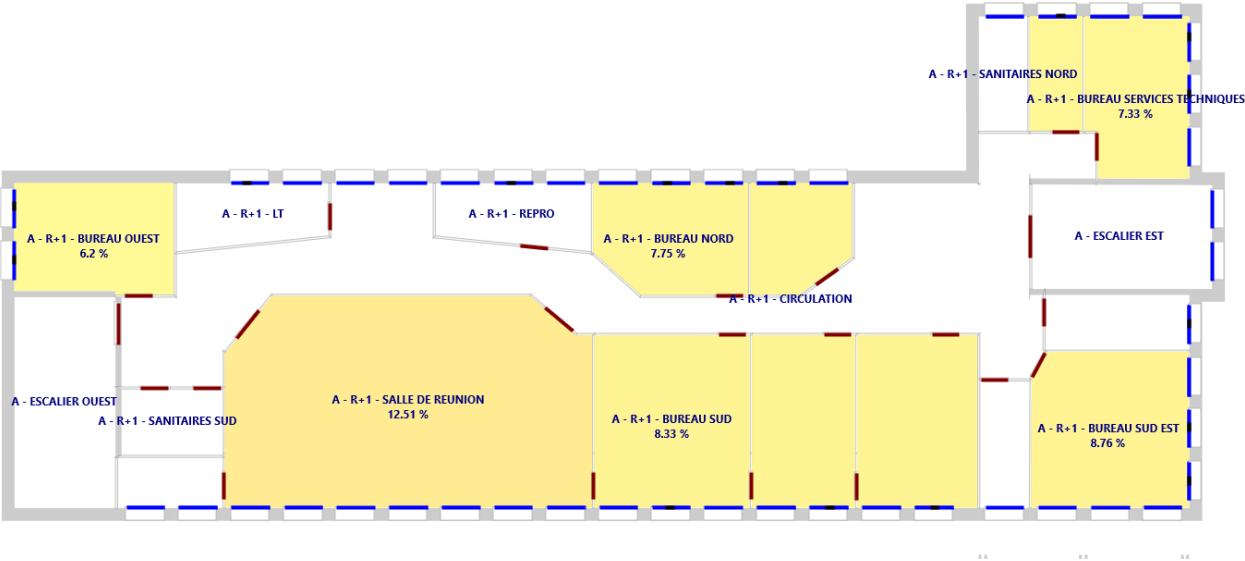


Figure 9 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI

Au premier étage, les taux d'inconfort sont un peu plus élevés notamment dans la salle de réunion. Dans cette salle, les apports internes sont ceux qui participent le plus à la montée en température de la salle car le débord en façade SUD limite beaucoup les apports solaires en été. Ce débord est conçu pour permettre aux apports solaires de pénétrer dans le bâtiment en hiver. (Images ci-dessous)

De plus, le passage en VMC DOUBLE FLUX sur cet étage permettrait d'améliorer le confort d'été. Cependant, cette prestation n'est pas prévue dans le cadre de notre projet.

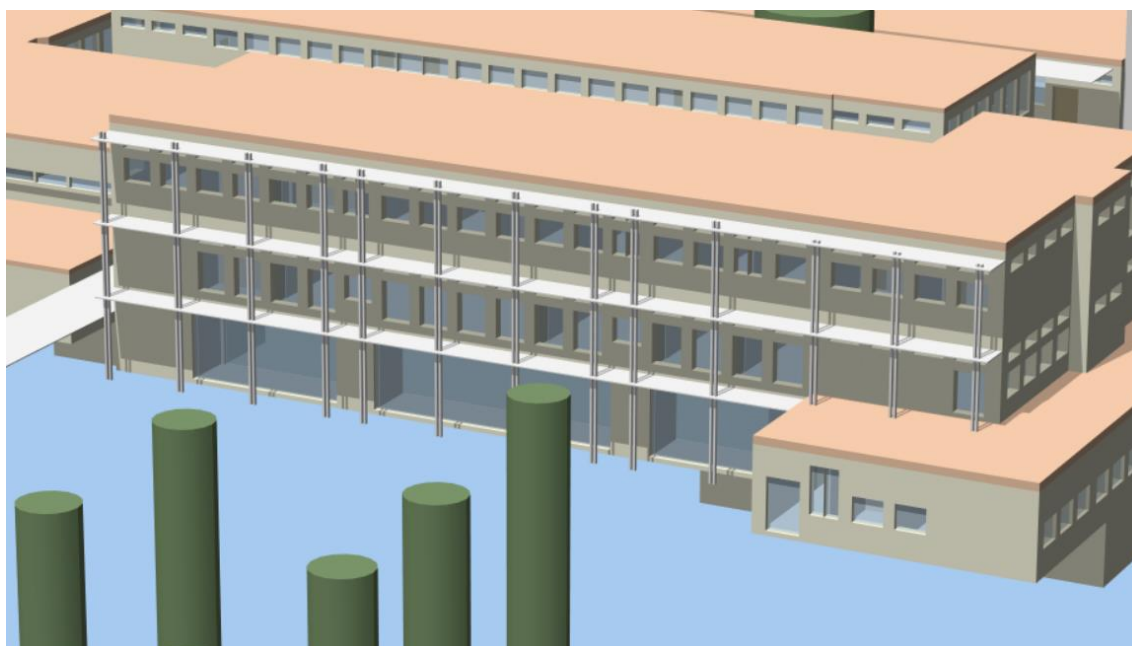


Figure 10 : Ombres portées le 21 Juin à 14h

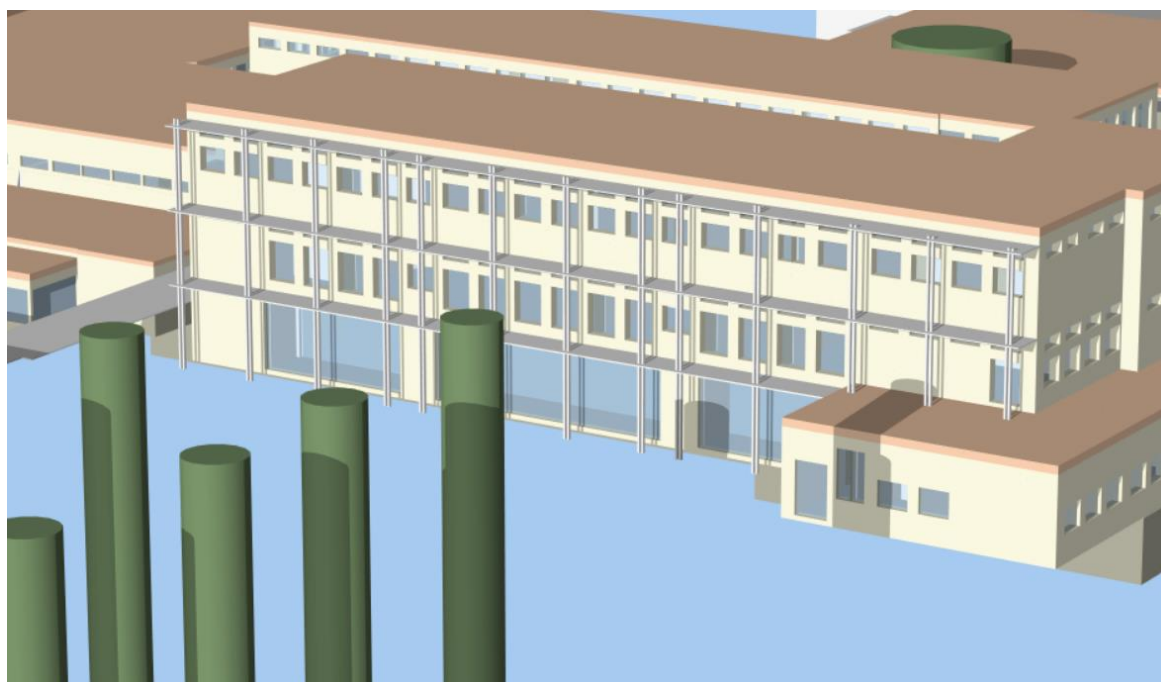


Figure 11 : Ombres portées le 21 Décembre à 14h

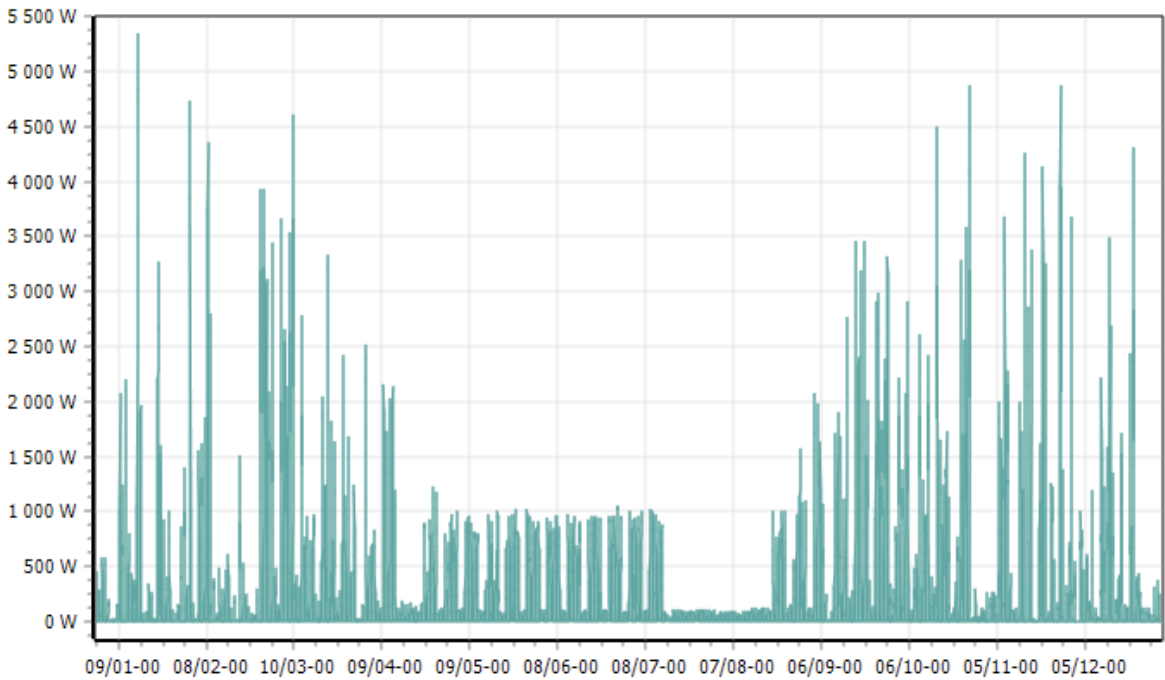


Figure 12 : Répartition des apports solaires annuels en façade SUD

Dans la salle de réunion de cet étage, la mise en place de brasseurs d’air dans la salle de réunion permettrait d’améliorer le confort d’été dans cette salle à forte occupation variable. Cet équipement en permettra pas de diminuer la température intérieure de ce local, elle permettra seulement de donner une sensation de courant d’air aux occupants.

5.2.3 R+2

Comme au 1^{er} étage, les pièces du 2^{ème} étage se comportent bien vis-à-vis du confort d’été grâce aux débords en façade mais également grâce à la VMC DOUBLE FLUX existante qui permet de faire du free-cooling en période estivale.

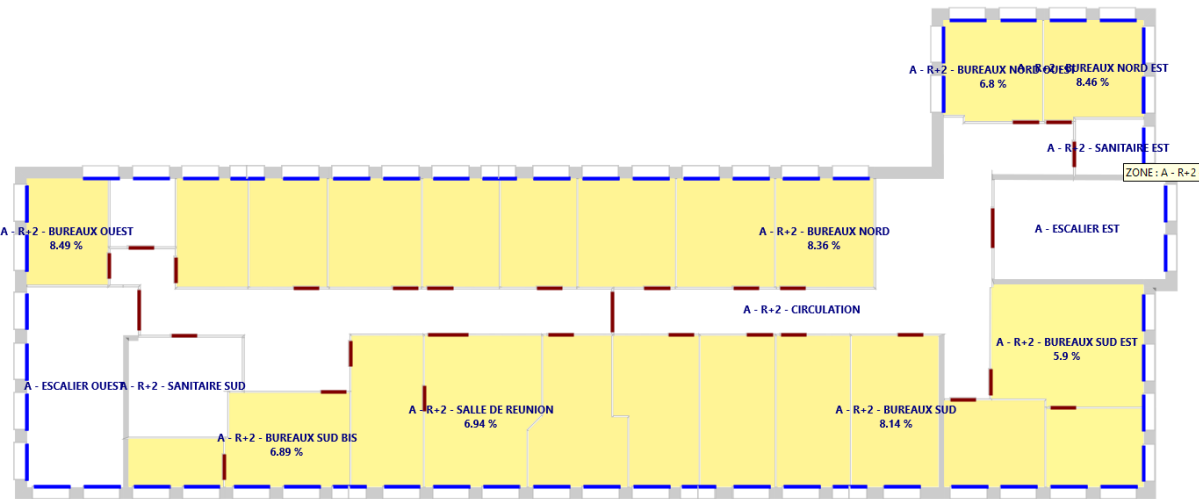


Figure 13 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI

5.2.4 Résultats

Zones	Fichier météo MOYEN		Fichier météo ETE 2070	
	Inconfort GIVONI	Inconfort STD	Inconfort GIVONI	Inconfort STD
RDC – BUREAUX NORD	5.2 %	40 h (2.4 %)	9 %	44 h (2.6 %)
RDC – BUREAUX NORD EST	5.1 %	49 h (2.9 %)	10.6 %	55 h (3.3 %)
RDC – BUREAU EST	4.1 %	28 h (1.7 %)	6.6 %	24 h (1.4 %)
RDC – BUREAU SECURITE	3.9 %	12 h (0.7 %)	10.8 %	7 h (0.4 %)
R+1 – SALLE DE REUNION	3.6 %	6 h (0.7 %)	12.5 %	35 h (3.8 %)
R+1 – BUREAUX SUD	4.3 %	27 h (1.6 %)	8.3 %	29 h (1.7 %)
R+1 – BUREAUX SUD EST	4.8 %	31 h (1.8 %)	8.8 %	34 h (2 %)
R+1 – BUREAU SERVICES TECHNIQUES	4.5 %	29 h (1.7 %)	7.3 %	28 h (1.7 %)
R+1 – BUREAUX NORD	4.5 %	31 h (1.8 %)	7.7 %	30 h (1.8 %)
R+1 – BUREAU OUEST	3.6 %	24 h (1.8 %)	6.2 %	22 h (1.6 %)
R+2 – SALLE DE REUNION	1.3 %	0 h (0 %)	6.9 %	11 h (1.3 %)
R+2 – BUREAUX SUD	4.5 %	31 h (1.8 %)	8.1 %	32 h (1.9 %)
R+2 – BUREAUX SUD EST	4.3 %	30 h (1.8 %)	5.9 %	20 h (1.2 %)
R+2 – BUREAU NORD EST	5.8 %	32 h (2.3 %)	8.5 %	35 h (2.6 %)
R+2 – BUREAU NORD OUEST	5.0 %	29 h (2.1 %)	6.8 %	31 h (2.3 %)
R+2 – BUREAUX NORD	5.2 %	30 h (1.8 %)	8.4 %	40 h (2.4 %)
R+2 – BUREAUX OUEST	5.2 %	29 h (2.1 %)	8.5 %	34 h (2.5 %)

5.3 Bâtiment A'

Le bâtiment A' est assez impacté par le confort malgré son orientation NORD. Seule la salle informatique du R+1 se comporte bien vis-à-vis du confort d'été. De plus, sa configuration en angle permet une ventilation naturelle plus efficace.

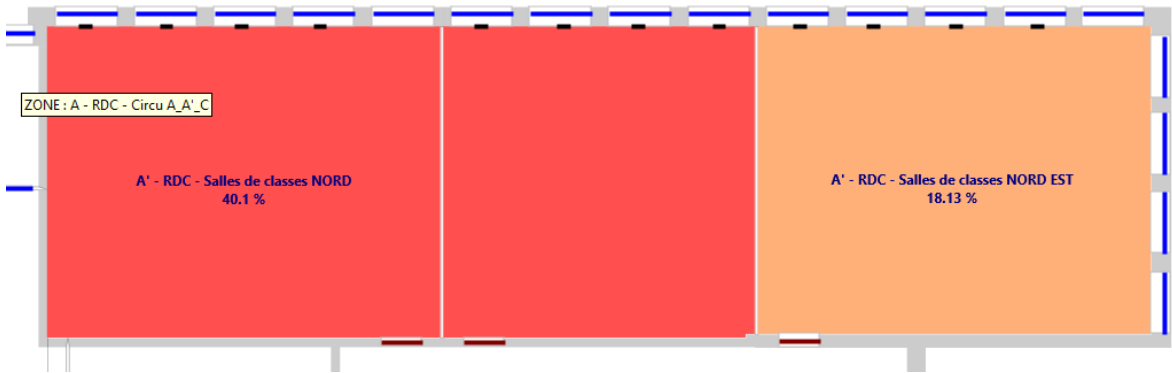


Figure 14 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI - RDC

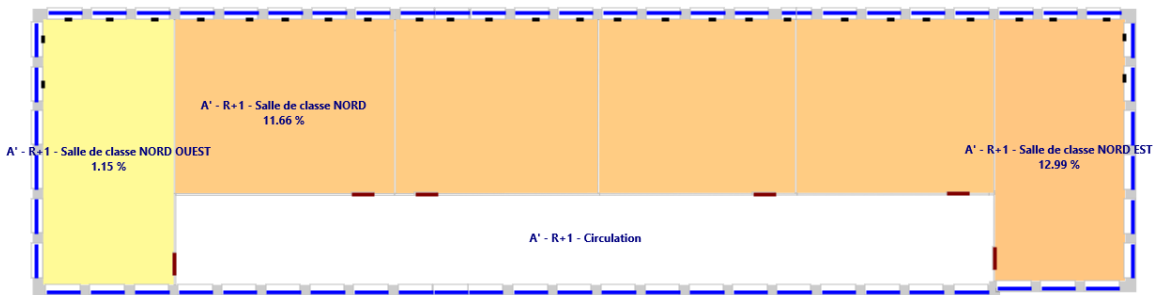


Figure 15 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI – R+1

Les apports des occupants sont très impactant dans les salles de classes, ils représentent 80% des apports internes, ce qui explique un inconfort important malgré une orientation NORD. De plus, l'absence de ventilation double flux dans cette zone défavorise les résultats.

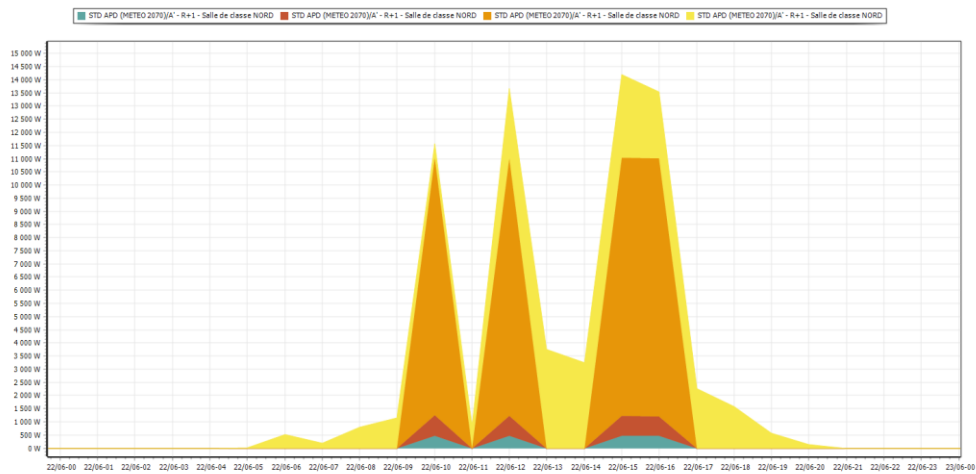


Figure 16 : Répartition des apports SALLES DE CLASSE NORD (Puissance dissipée / Eclairage / Occupation / Apports solaires)

L'évolution des températures ci-dessous démontre que les deux principaux pics de température arrivent sur le mois de Juin et mi-Septembre. Selon les taux d'occupation hebdomadaire fournis, les salles de classe ne sont peu voire pas occupées au mois de Juin, ce qui limitera l'inconfort.

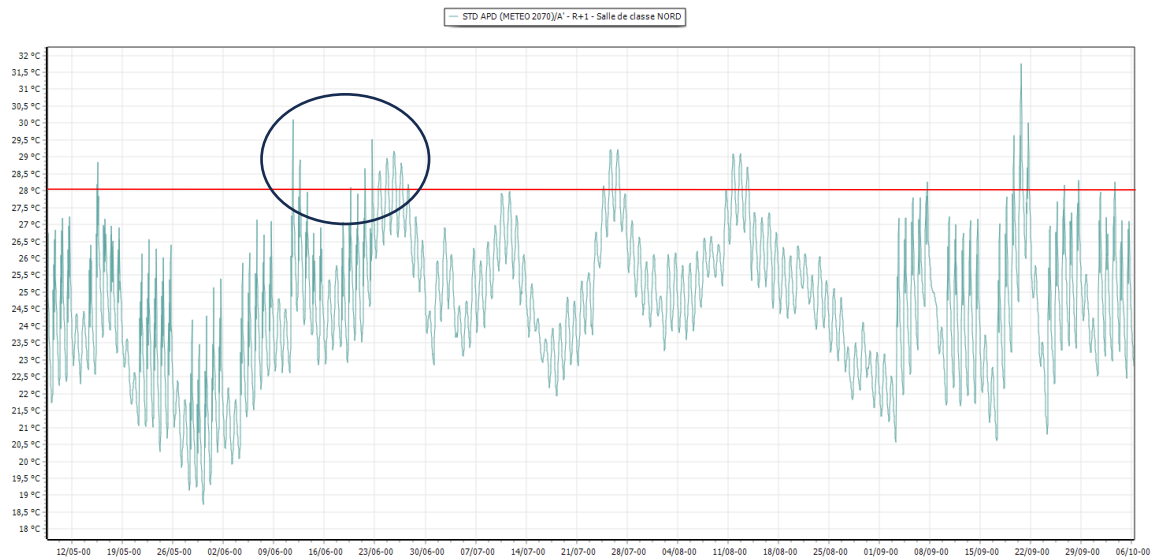


Figure 17 : Evolution des températures entre Début Mai et Fin Septembre (SALLES DE CLASSE NORD)

Comme au R+1 du bâtiment A, la mise en place d'une VMC DOUBLE FLUX permettrait d'améliorer le confort d'été. Cependant, cette prestation n'est pas prévue dans le cadre de notre projet. De plus, la toiture bac ACIER apport peu d'inertie à cet étage, ce qui est défavorable dans le cadre du confort d'été.

Zones	Fichier météo MOYEN		Fichier météo ETE 2070	
	Inconfort GIVONI	Inconfort STD	Inconfort GIVONI	Inconfort STD
RDC – SALLES DE CLASSE NORD	39.7 %	0 h (0 %)	40.1 %	9 h (0.7 %)
RDC – SALLE DE CLASSE NORD EST	17.2 %	0 h (0 %)	18.1 %	12 h (1 %)
R+1 – SALLE DE CLASSE NORD OUEST	13.7 %	4 h (0.3 %)	11.5 %	31 h (2.6 %)
R+1 – SALLE DE CLASSE NORD	10.3 %	3 h (0.2 %)	11.7 %	31 h (2.6 %)
R+1 – SALLE DE CLASSE NORD EST	13 %	2 h (0.2 %)	13 %	22 h (1.8 %)

5.4 Bâtiment B

Le bâtiment B se comporte plutôt bien vis-à-vis du confort d'été notamment grâce à la mise en place du free-cooling et du bardage perforé en façade SUD.

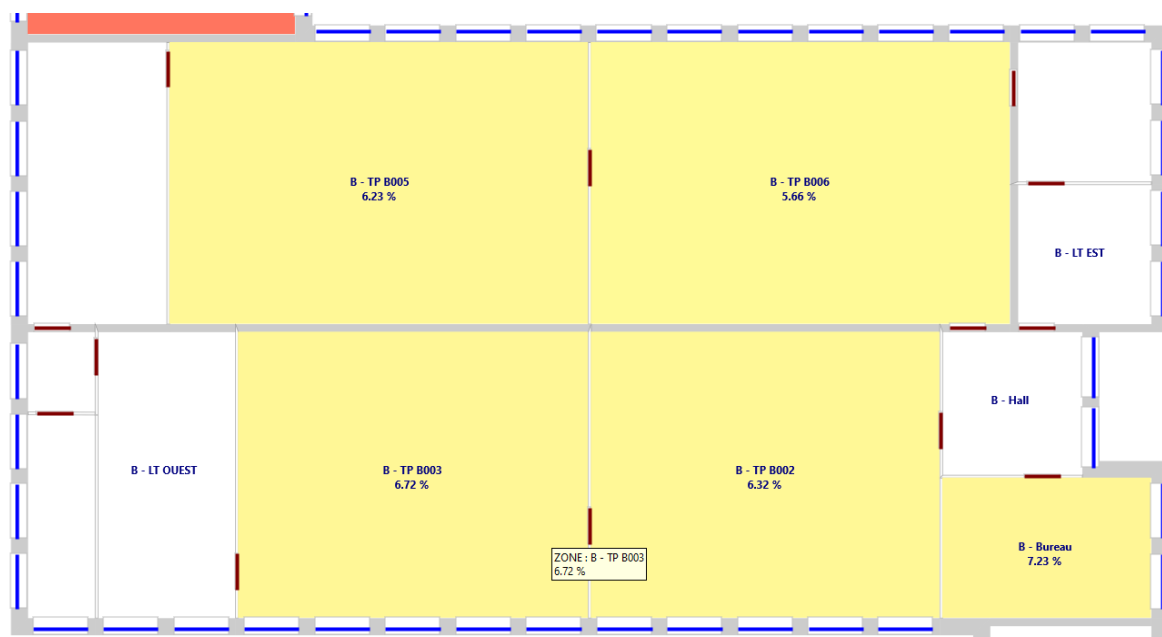


Figure 18 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI

La répartition des apports ci-dessous démontre que l'inconfort est essentiellement créé par les occupants présents dans les salles de classe. De plus, les pics d'inconfort sont identifiés sur début Septembre, période pendant laquelle, les salles de TP semblent peu occupées selon les taux d'occupation hebdomadaire fournis.

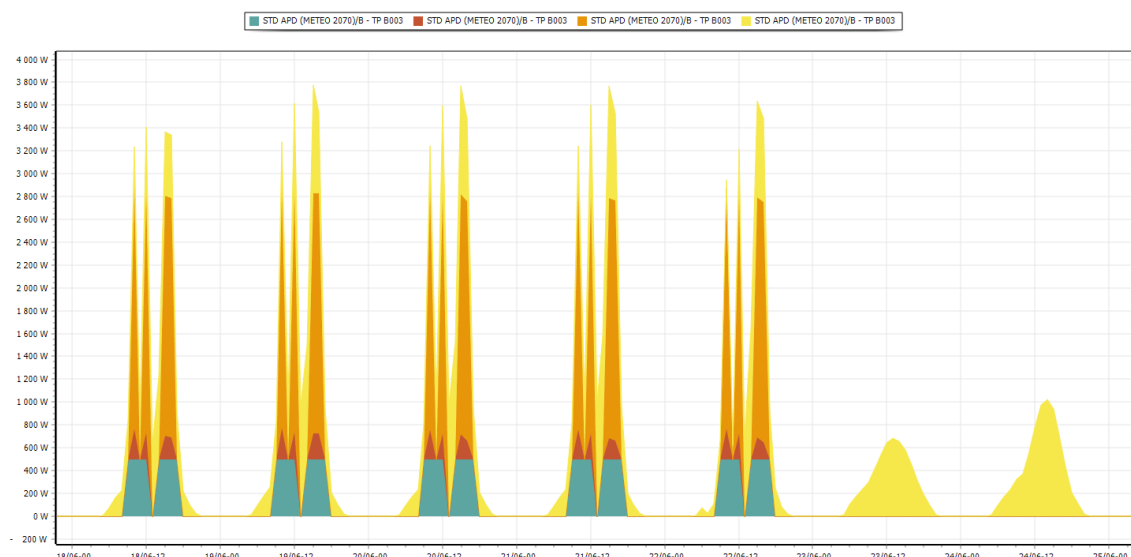


Figure 19 : Répartition des apports TP B003 (Puissance dissipée / Eclairage / Occupation / Apports solaires)

Zones	Fichier météo MOYEN		Fichier météo ETE 2070	
	Inconfort GIVONI	Inconfort STD	Inconfort GIVONI	Inconfort STD
TP B005	1.7 %	0 h (0 %)	6.2 %	8 h (0.7 %)
TP B006	1.8 %	0 h (0 %)	5.7 %	7 h (0.7 %)
TP B003	1.5 %	0 h (0 %)	6.7 %	9 h (0.7 %)
TP B002	1.6 %	0 h (0 %)	6.3 %	8 h (0.7 %)
Bureau	6.5 %	20 h (1.5 %)	7.20 %	12 h (0.9 %)

Malgré ce dispositif, les apports solaires représentent la moitié des apports des salles situées en façade EST. Sur le graphique ci-dessous, les apports solaires matinaux sont très importants. Comme toute façade EST, la gestion des apports solaires matinaux est difficile à gérer sans dispositif orientable même si cela ne nuit pas au confort d'été de ce bâtiment.

JUILLET 2025

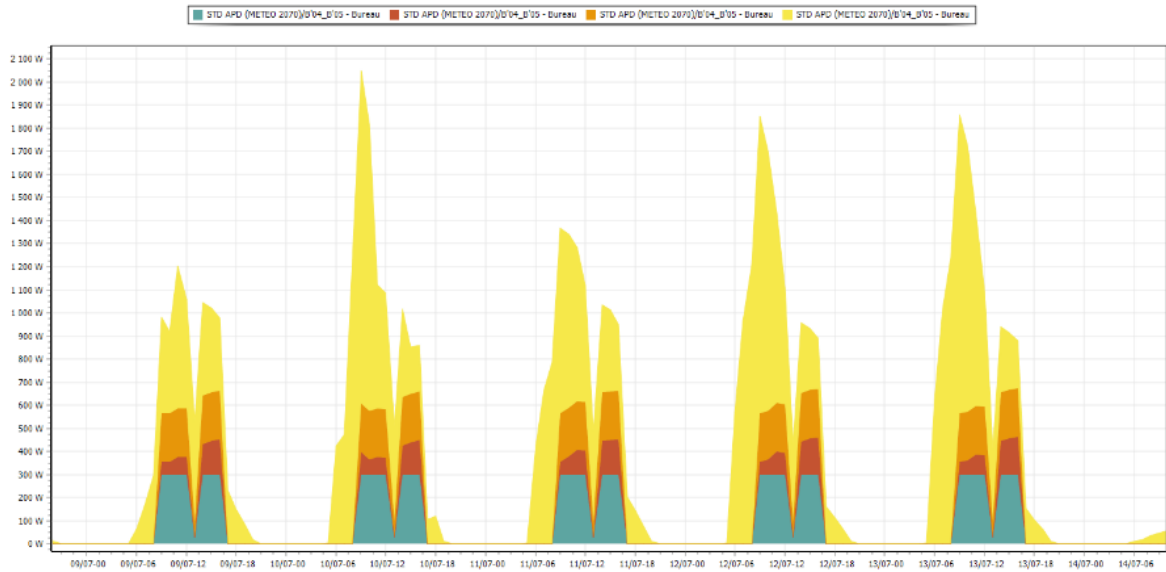


Figure 20 : Répartition des apports en façade EST du bâtiment B'

Zones	Fichier météo MOYEN		Fichier météo ETE 2070	
	Inconfort GIVONI	Inconfort STD	Inconfort GIVONI	Inconfort STD
B'03 – Labo	6.8 %	25 h (1.8 %)	8.7 %	27 h (2 %)
B'05 – Bureau	5.5 %	29 h (1.7 %)	8.4 %	35 h (2.1 %)
B'101	4.8 %	29 h (1.7 %)	7 %	28 h (1.7 %)
B'102_103 – Bureaux	5.6 %	30 h (1.8 %)	8.1 %	40 h (2.4 %)
B'108 – TP	1.1 %	0 h (0 %)	7.4 %	7 h (0.6 %)
B'107 - TP	0.6 %	0 h (0 %)	6.1 %	4 h (0.3 %)

5.6 Bâtiment D

Le bâtiment D se comporte très bien vis-à-vis du confort d'été. Comme le montre l'image ci-dessous les taux d'inconfort issus du diagramme de GIVONI sont faibles notamment car le bâtiment est efficacement protégé des apports solaires grâce à la coursive extérieure située en façade SUD.

La mise en place du free-cooling permet également de maintenir un bon niveau confort estival lors des fortes chaleurs.

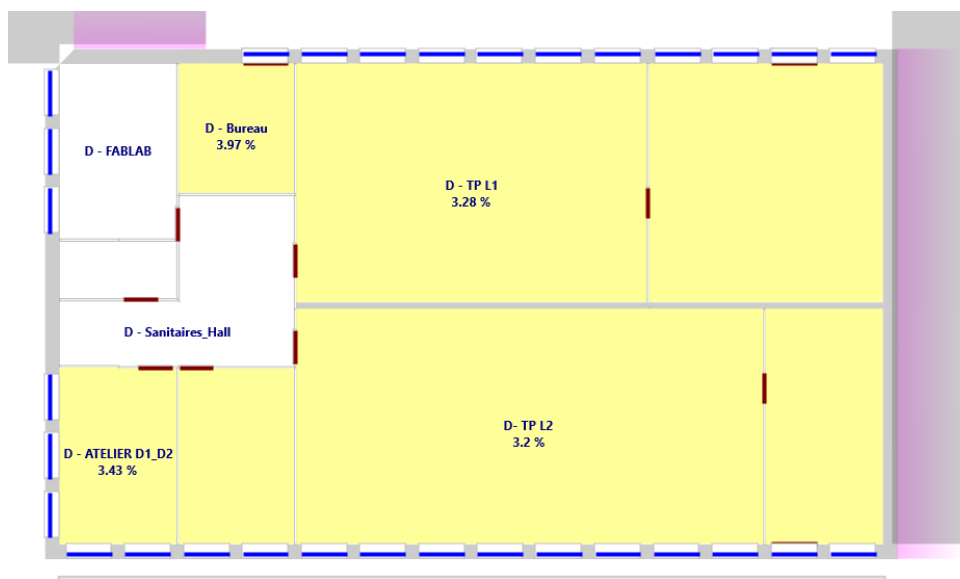


Figure 21 : Pourcentage d'inconfort issu du diagramme de GIVONI

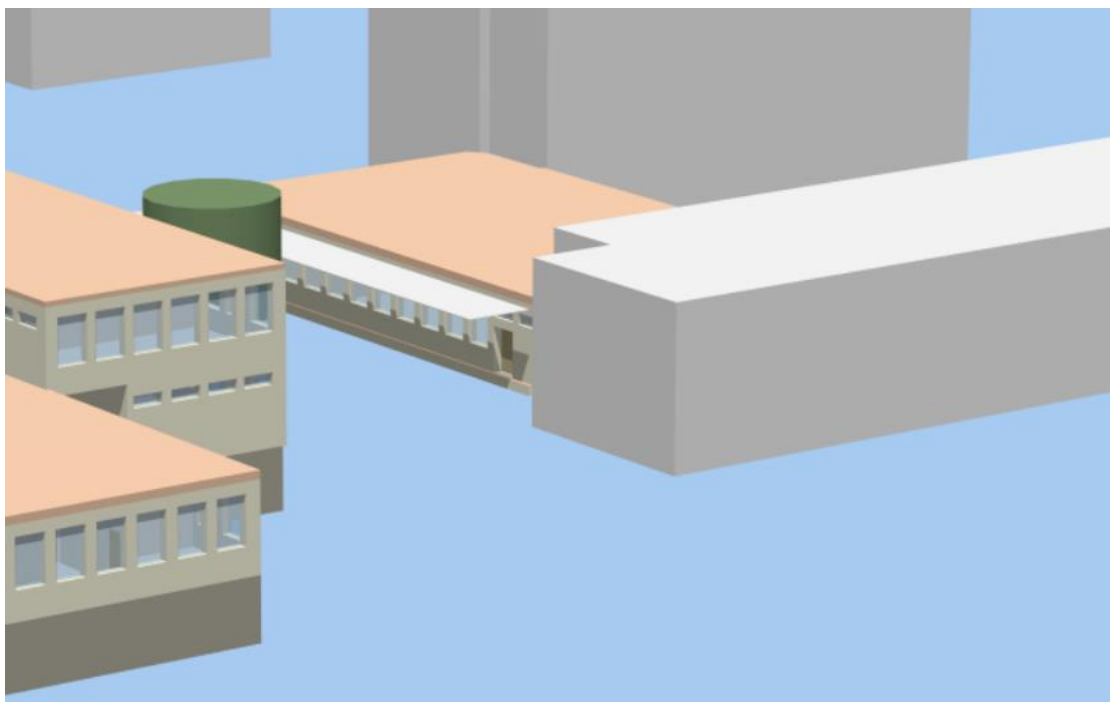


Figure 22 : Ombres portées de la façade SUD le 21 Juin à 12h

Zones	Fichier météo MOYEN		Fichier météo ETE 2070	
	Inconfort GIVONI	Inconfort STD	Inconfort GIVONI	Inconfort STD
TP L1	1.1 %	0 h (0.0 %)	3.3 %	0 h (0.0 %)
TP L2	1.5 %	0 h (0.0 %)	3.2 %	0 h (0.0 %)
ATELIER D1_D2	3.3 %	2 h (0.1 %)	3.4 %	1 h (0.1 %)
Bureau	4.1 %	9 h (0.7 %)	4 %	0 h (0.0 %)

5.7 Conclusion

Les locaux d'enseignement sont des salles à forte occupation où le confort estival est impacté par les apports internes. Il est assez difficile de trouver le bon équilibre entre confort estival / confort hivernal et confort lumineux sans équipements mobiles.

Dans notre cas, l'équilibre a été trouvé grâce aux équipements suivants :

- Façade SUD :
 - Casquette fixe d'1,50 m de profondeur permettant de diminuer les apports solaires estivaux et de garder les apports solaires hivernaux (Bâtiment A & C')
 - Bardage perforé en façade (Bâtiment B)
 - Gestion de l'éblouissement s'il y en a et de l'inconfort supplémentaire grâce à des stores intérieurs
 - Intégration d'un free-cooling nocturne durant les périodes de fortes chaleurs
- Façade EST / OUEST :
 - Intégration d'un vitrage à contrôle solaire permettant de garder une transmission lumineuse importante
 - Gestion de l'éblouissement s'il y en a et de l'inconfort supplémentaire grâce à des stores intérieurs
 - Intégration d'un free-cooling nocturne durant les périodes de fortes chaleurs
- Façade NORD :
 - Pas de prescriptions particulières car les apports solaires impactent peu le confort estival
 - Gestion ponctuelle de l'éblouissement par des stores intérieurs
 - Intégration d'un free-cooling nocturne durant les périodes de fortes chaleurs

Enfin, ce calcul prend en compte une occupation maximale des salles en occupation et des équipements électriques notamment dans les salles de classe. Il est fort possible que ces apports internes soient moins importants ou moins fréquents. Ainsi, le confort sera meilleur.

La sensibilisation aux bonnes pratiques des utilisateurs sera importante pour réduire les consommations hivernales et augmenter le confort d'été.

6 ETUDE SED

6.1 Consommations actuelles

L'université nous a transmis les consommations annuelles issues du réseau de chaleur et d'électricité de 2019 à 2023 de l'ensemble du site (Bâtiment A à L). N'ayant pas les consommations bâtiment par bâtiment, nous avons réalisé un ratio surfacique pour retrouver les consommations de nos bâtiments d'étude puis corrigées les consommations en fonction des DJU de 2019 à 2023. Les consommations ci-dessous sont celles des bâtiments A / A' / B / B' et D.

Les consommations de chauffage diminuent depuis 2020 grâce à la baisse des consignes de température de chauffage en lien avec le plan de sobriété énergétique.

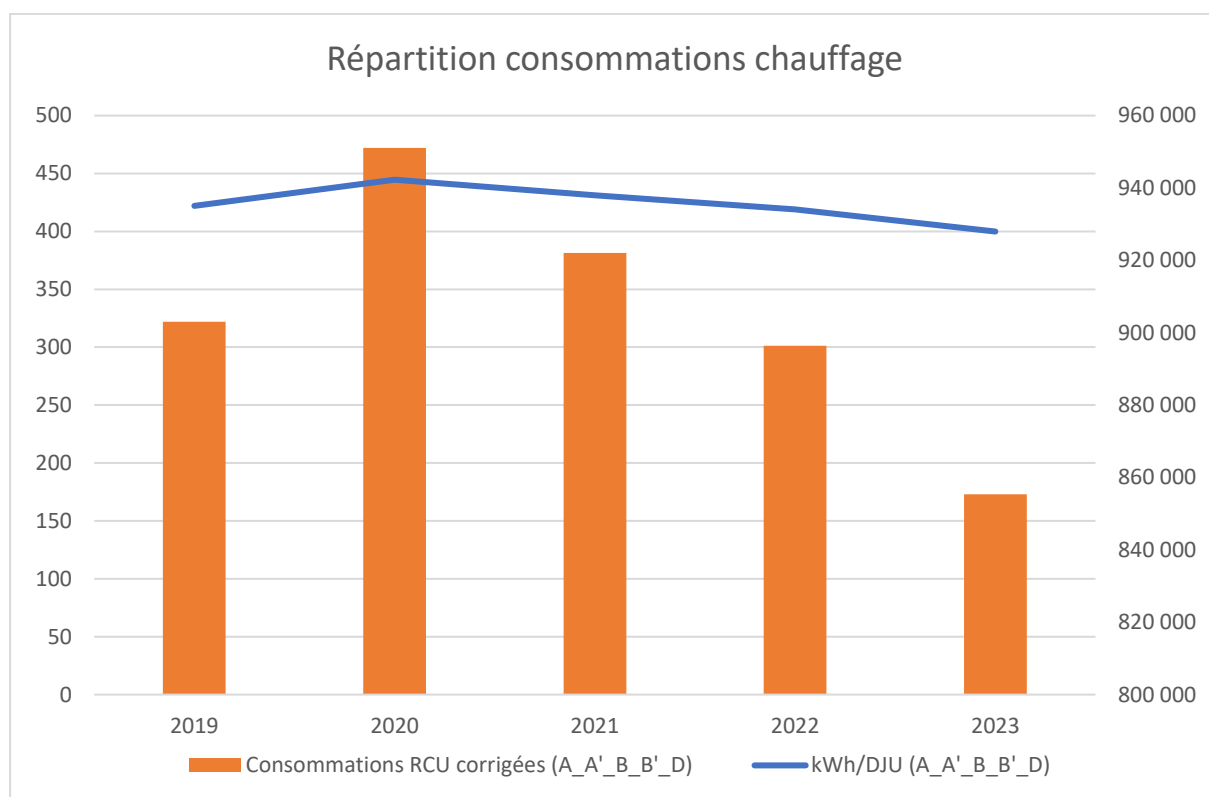


Figure 23 : Consommations annuelles du réseau de chaleur

Les consommations électriques ont également diminué assez significativement depuis 2021 probablement en lien avec le plan de sobriété énergétique.

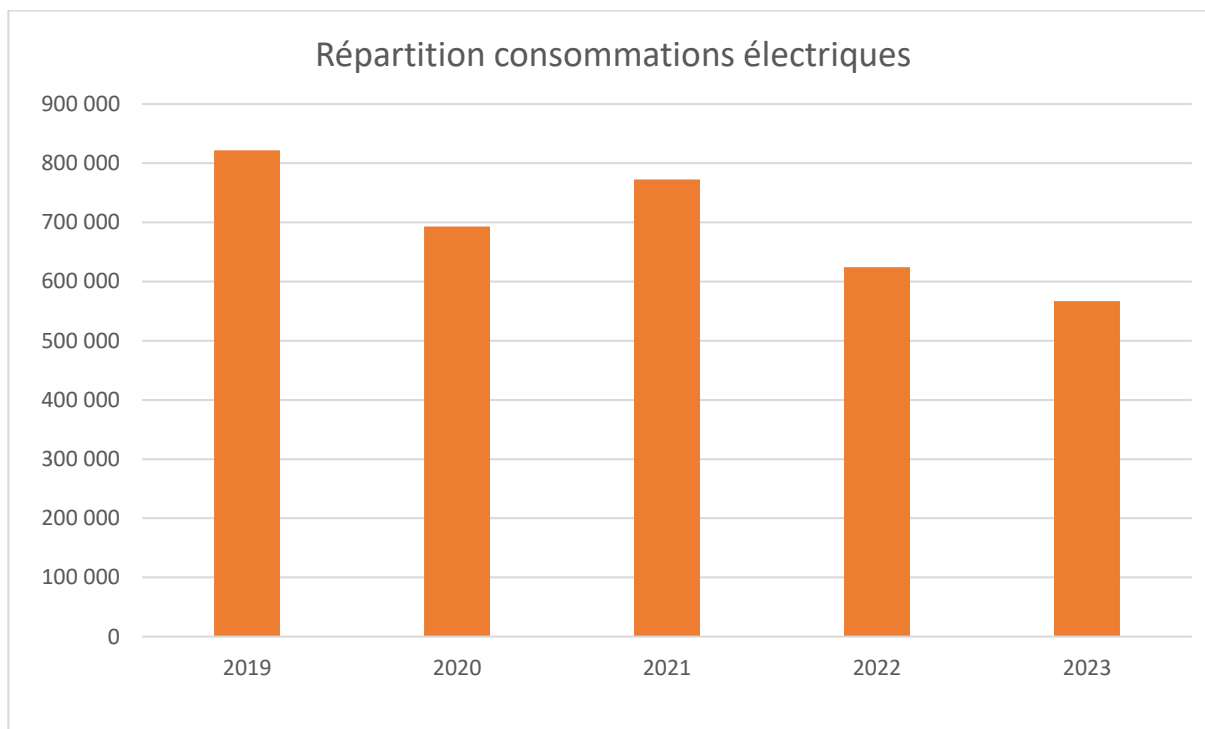


Figure 24 : Consommations électriques annuelles

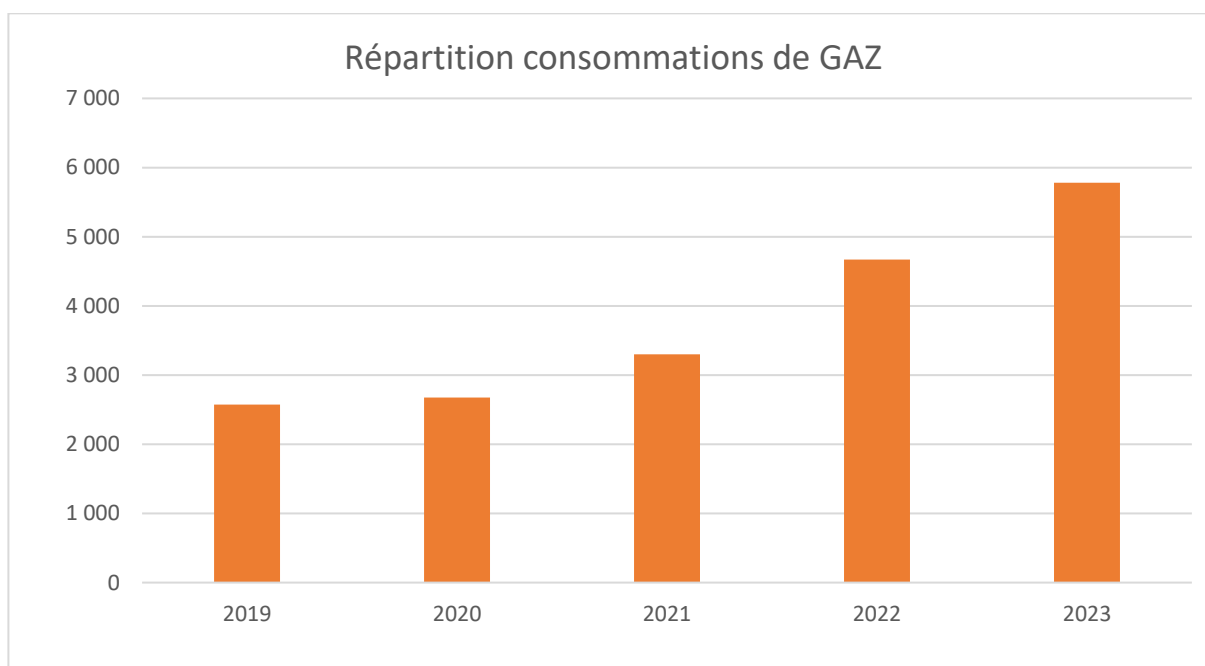


Figure 25 : Consommations annuelles de GAZ

Les consommations de GAZ sont en forte augmentation depuis 2019. Cependant, elles représentent une petite part des consommations énergétiques du site (0.30 % en 2023).

Toutes les baisses de consommations sont encourageantes dans le cadre du respect du DECRET TERTIAIRE.

6.2 **Consommations futures**

6.2.1 **Fichier METEO**

Pour ce calcul, le fichier météo utilisé est issu des données METEONORM de la station « METEO MOYEN ». Ce scénario correspond aux températures moyennes sur 10 ans (2010 - 2019).

Nom	ANGERS METEO MOYEN	Altitude	58 m
Moyenne DJU 2013 - 2023	2143	DJU CHAUFFAGE	2306

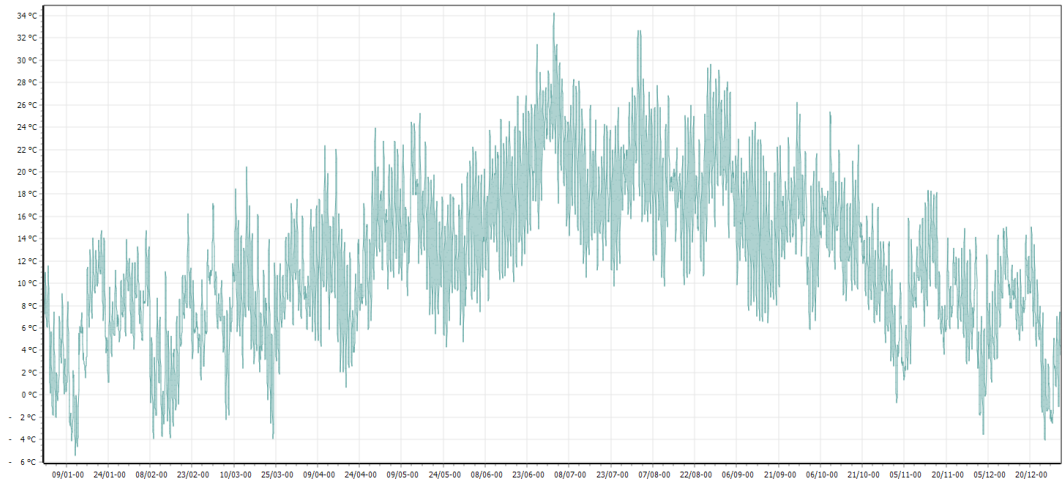


Figure 26 : Courbe de température de la station météo « ANGERS MOYEN » (METEONORM)

6.2.2 **Objectif**

L’objectif de ce calcul est d’estimer les futures consommations du bâtiment et ainsi valider les orientations prises en compte dans la STD et dans le calcul thermique réglementaire.

6.2.3 **Résultats**

	GAZ	RESEAU DE CHALEUR	ELECTRICITE (EF)
Chauffage	6 679 kWh	343 741 kWh (*)	6 420 kWh
ECS	-	-	-
Ventilation	-	-	57 177 kWh
Distribution	-	-	978 kWh
Eclairage	-	-	36 921 kWh
Usage spécifique	-	-	53 224 kWh
TOTAL	6 679 kWh	343 741 kWh	154 721 kWh

(*) Consommations corrigées en fonction de la moyenne des DJU des 10 dernières années

Après travaux, on obtient une consommation totale de **505 141 kWh** sur 1 an pour l'ensemble de nos bâtiments d'étude soit une baisse de 65 % par rapport aux consommations de 2023.

➤ Consommations RCU

Les consommations liées au RCU baissent de 59% par rapport aux consommations de 2023, notamment grâce aux travaux d'amélioration énergétique. Cependant, ces consommations sont très dépendantes des apports internes qui ont volontairement été augmentés dans le cadre du confort d'été.

En désactivant ces apports internes, nous arrivons à une consommation énergétique de 434 815 kWh **soit une augmentation de 90 000 kWh**.

➤ Consommations électriques

Les consommations électriques baissent de 72 % par rapport aux consommations de 2023. Cette baisse est importante mais est à relativiser car les consommations électriques liées au process (Extraction et compensation des sorbonnes, Usages électriques liées aux activités des chercheurs ou des TP) ne sont pas prises en compte dans ce calcul car elles sont trop variables et difficiles à estimer.

Ainsi, la baisse des consommations électriques est certaines grâce aux travaux de relamping mais elle n'est pas aussi importante que ce qui a été calculée.

6.3 Impact des données d'entrée sur les consommations

6.3.1 Suppression du free-cooling

Afin de valider que le free-cooling est une solution peu énergivore, nous avons effectué le calcul des consommations sans free-cooling. Ainsi, la suppression du free-cooling baisse les consommations électriques de 1.40 %, ce qui valide la mise en place de cette solution afin de réduire l'inconfort estival.

	GAZ	RESEAU DE CHALEUR	ELECTRICITE (EF)
TOTAL	6 679 kWh	343 741 kWh	153 746 kWh
Ecart / BASE	0 %	0 %	-0.60 %

6.3.2 Arrêt des CTA double flux l'été

L'université réfléchit à arrêter les CTA double flux l'été. Afin de vérifier que c'est une bonne idée, nous avons simulé cette variante. L'arrêt des CTA baisserait les consommations d'environ 6 500 kWh soit :

- Un gain de 4.20 % par rapport aux consommations calculées
- Un gain de 1.20 % par rapport aux consommations actuelles

	GAZ	RESEAU DE CHALEUR	ELECTRICITE (EF)
TOTAL	6 679 kWh	343 741 kWh	148 221 kWh
Ecart / BASE	0 %	0 %	- 4.20 %

6.3.3 Isolation du vide-sanitaire

L'université souhaite connaître le gain énergétique si l'isolation du vide-sanitaire est réalisé plus tard. Ainsi, cela permettrait de réduire les consommations de 4.90 %.

	GAZ	RESEAU DE CHALEUR	ELECTRICITE (EF)
TOTAL	6 679 kWh	326 918 kWh	154 721 kWh
Ecart / BASE	0 %	-4.90 %	0 %

6.4 Récapitulatif

Nous constatons que les gains énergétiques seront élevés notamment car le bâtiment existant est très déperditif (Isolation peu performante, menuiseries simple vitrage). Les travaux d'isolation permettent de réduire les consommations de chauffage de 59% par rapport aux consommations actuelles.

De plus, certaines actions complémentaires donneraient lieu à des économies supplémentaires, comme l'arrêt des CTA l'été ou l'isolation des vide-sanitaires.

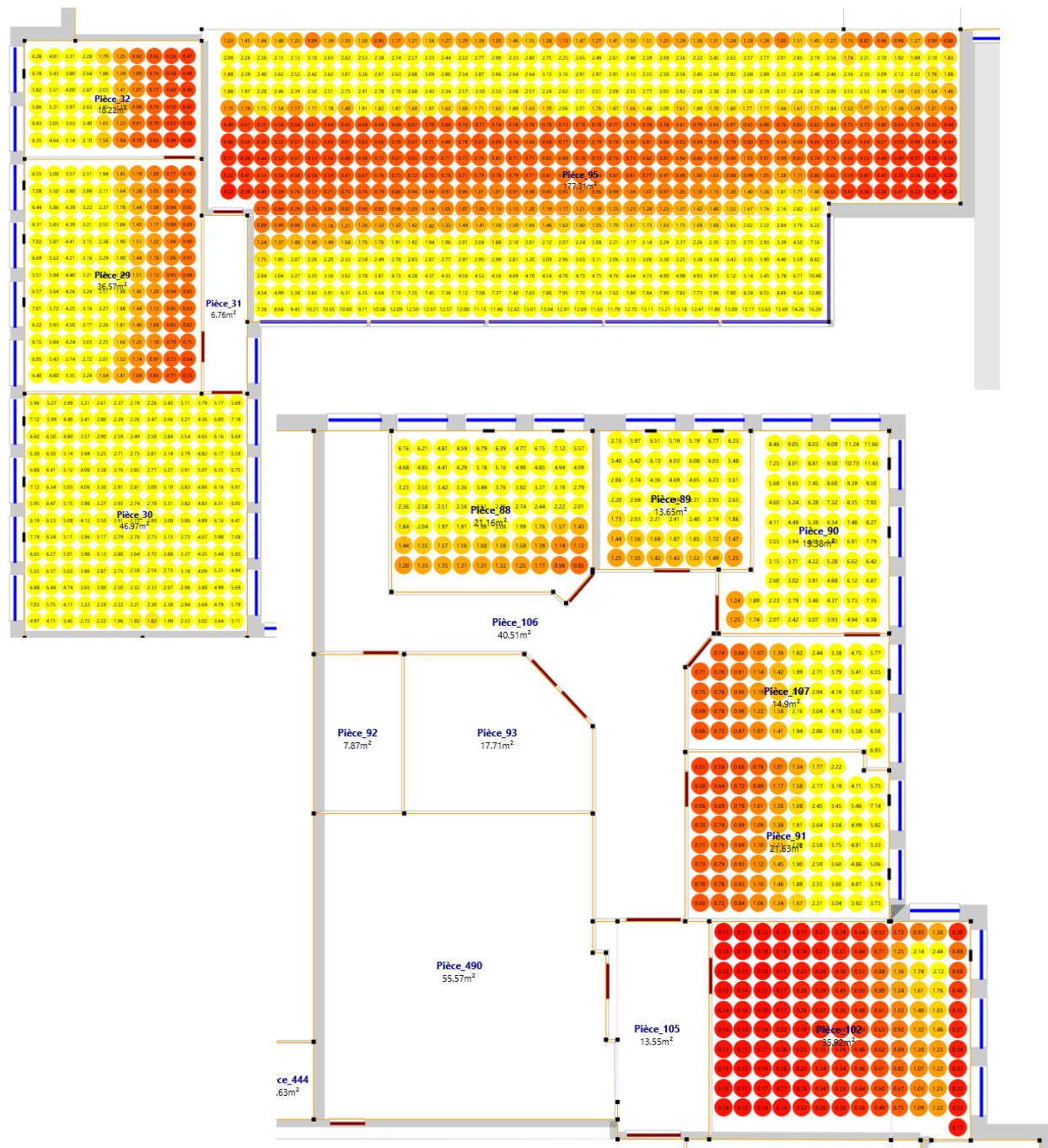
	GAZ	RESEAU DE CHALEUR	ELECTRICITE	GAIN
APRES TRAVAUX	6 679 kWh	343 741 kWh	154 721 kWh	-
APRES TRAVAUX Sans Free-cooling	6 679 kWh	343 741 kWh	153 746 kWh	-0.20 % / BASE
APRES TRAVAUX Arrêt des CTA l'été	6 679 kWh	343 741 kWh	148 221 kWh	-1.30 % / BASE
APRES TRAVAUX Isolation VS	6 679 kWh	326 918 kWh	154 721 kWh	-4.90 % / BASE

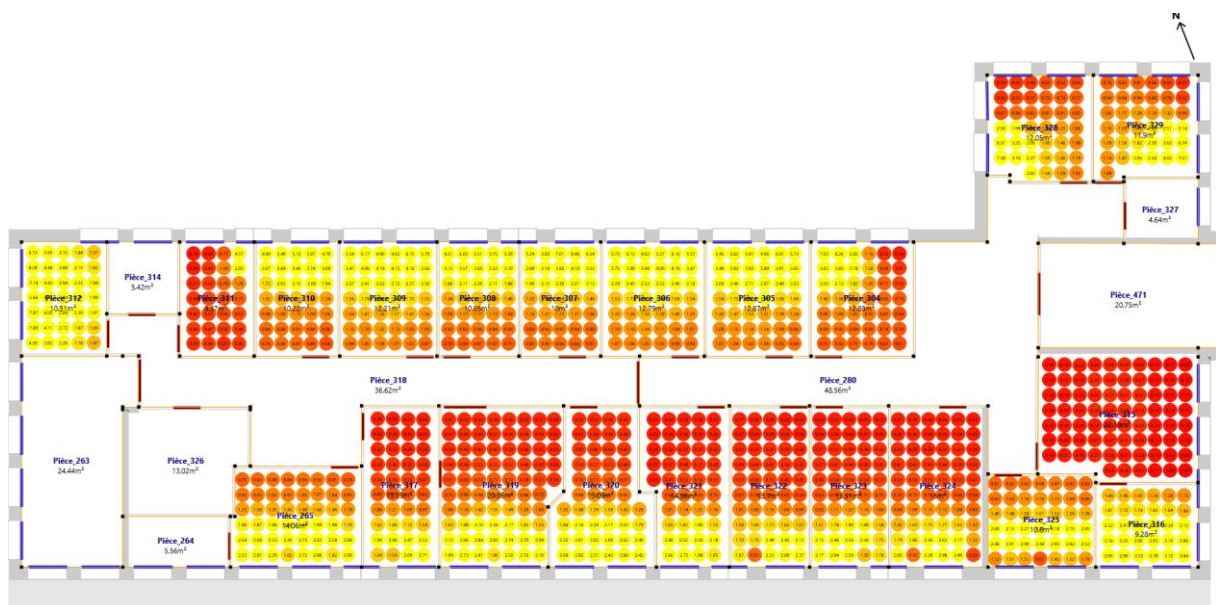
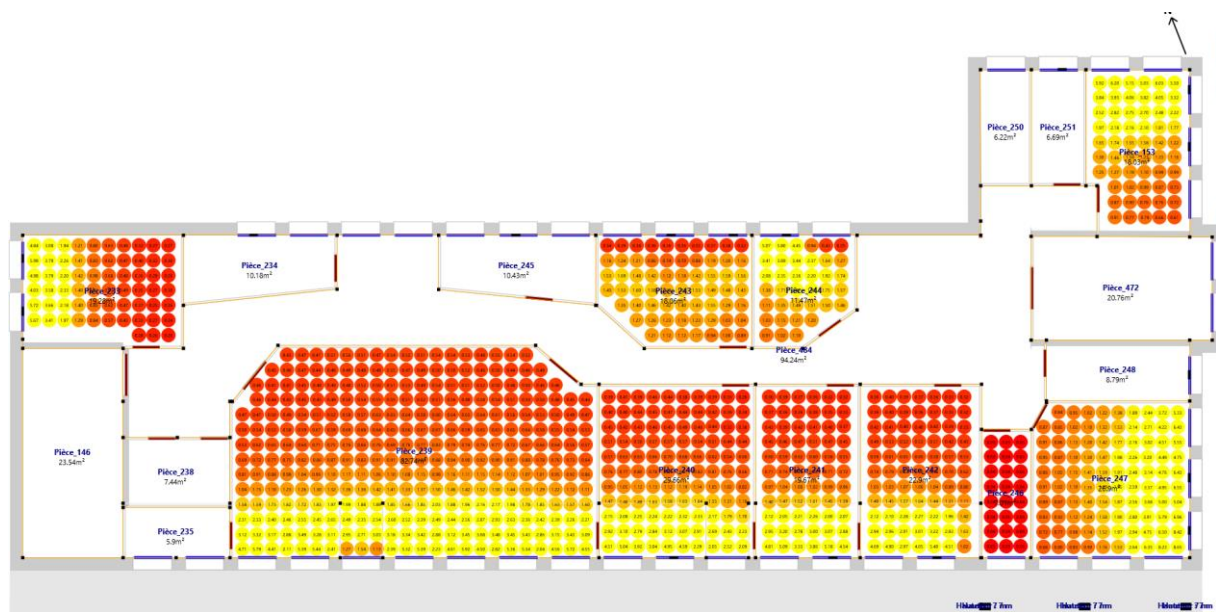
Dans le cadre du DECRET TERTIAIRE, ces baisses de consommations sont à relativiser car les consommations actuelles sont basées sur des ratios surfaciques. De plus, comme évoqué auparavant, ces consommations peuvent varier de façon assez importante en fonction des apports internes de chaque salle.

7 ANNEXE FLJ

7.1 Bâtiment A

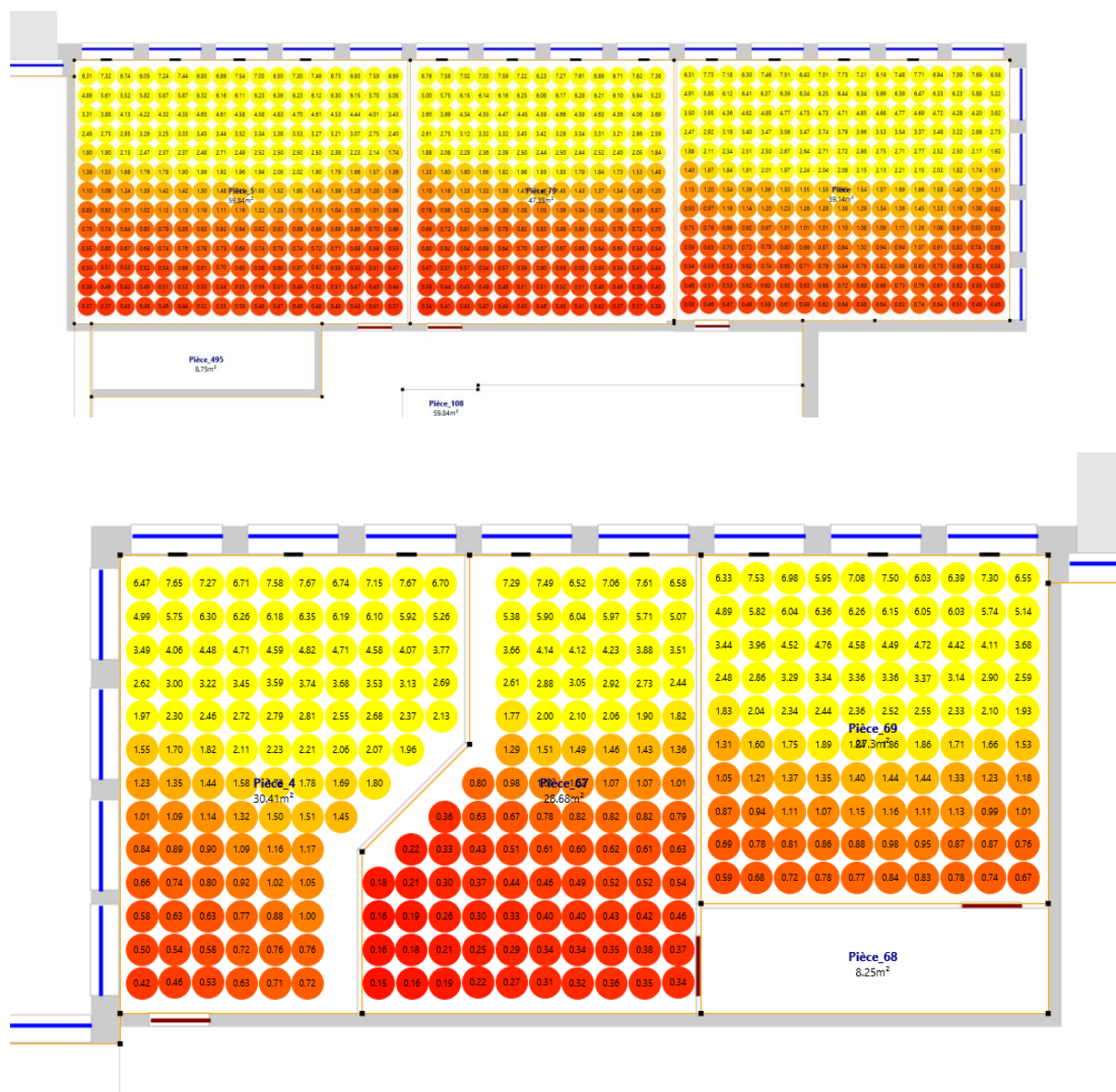
7.1.1 RDC



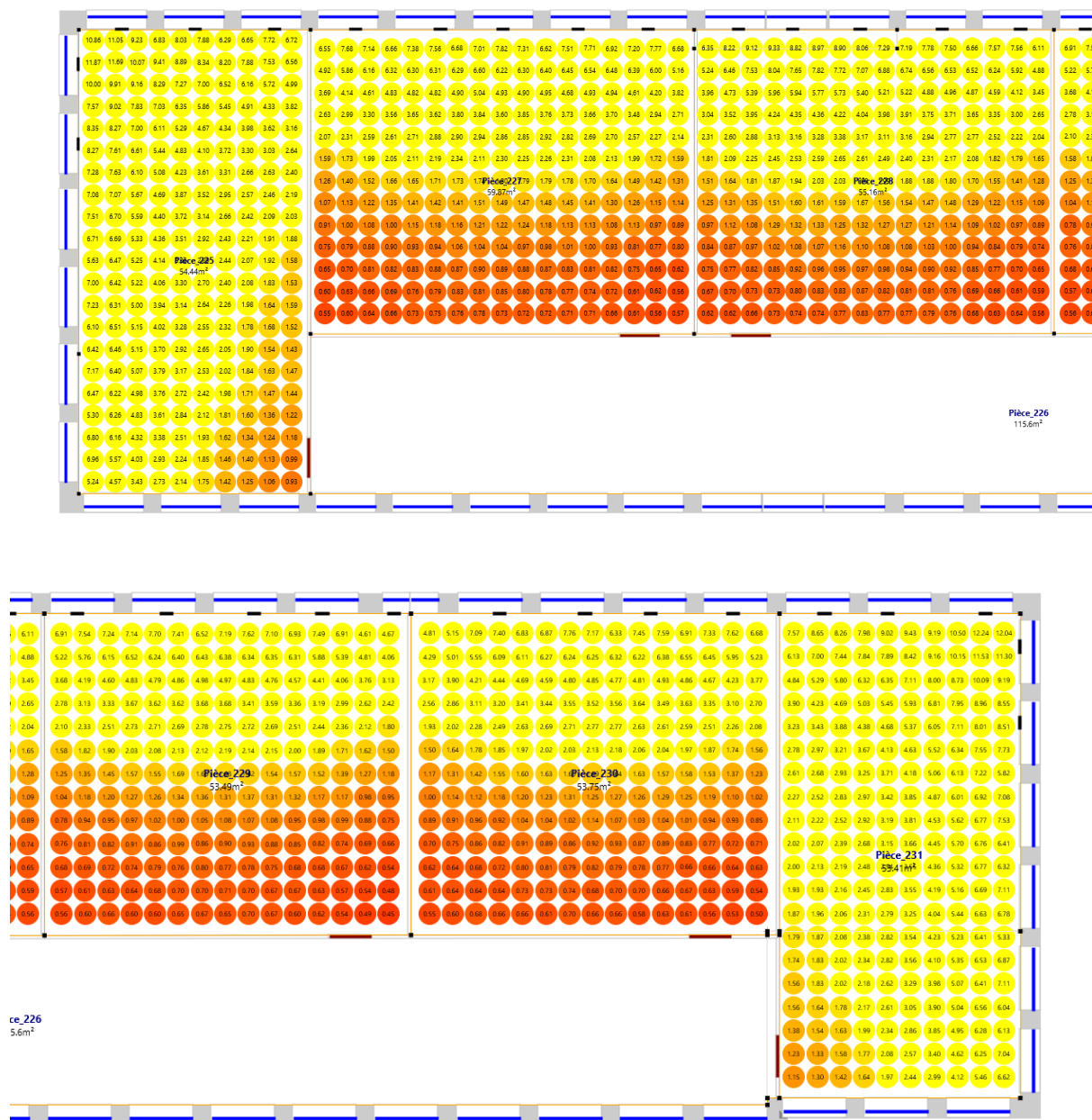


7.2 Bâtiment A'

7.2.1 RDC

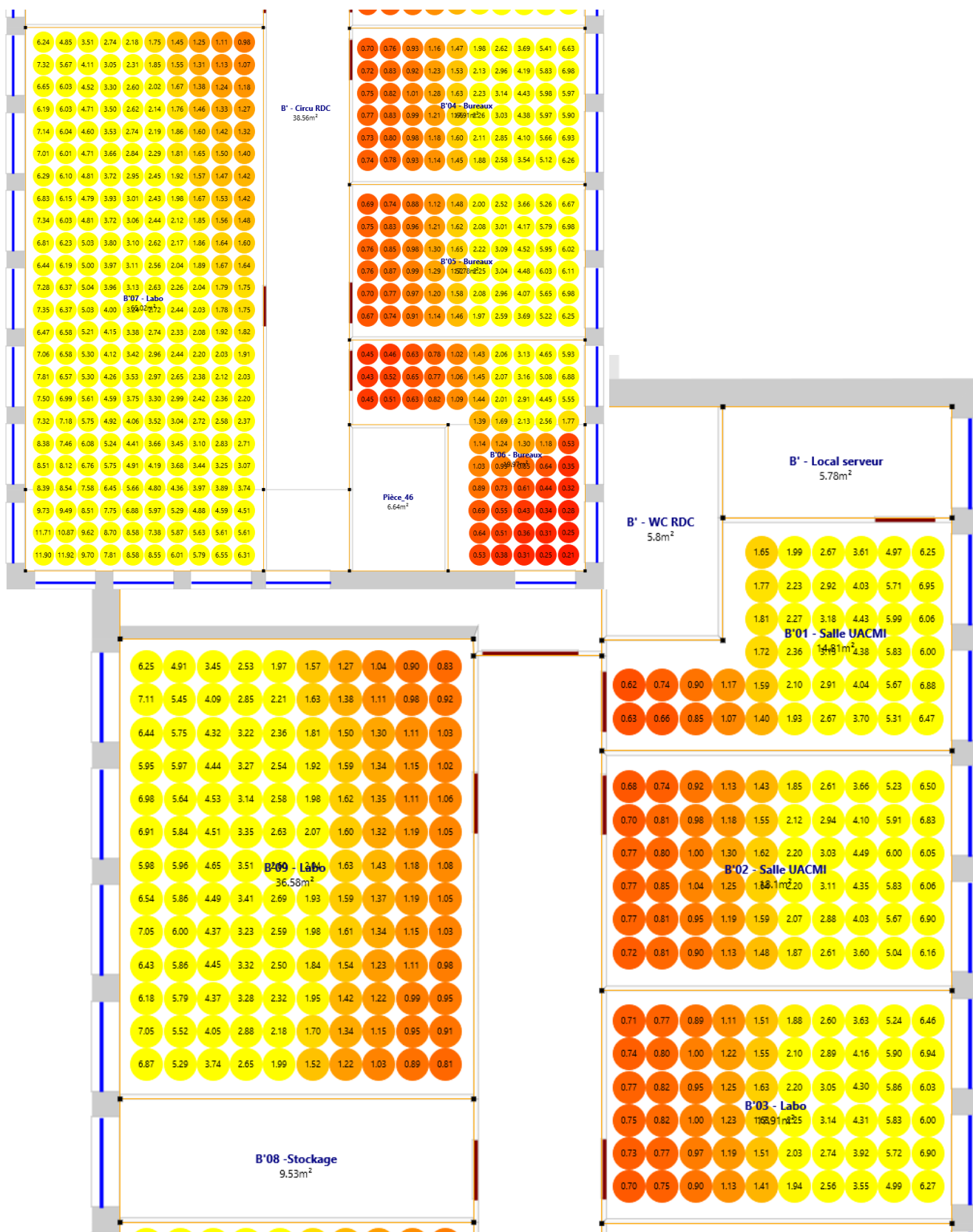


7.2.2 R+1

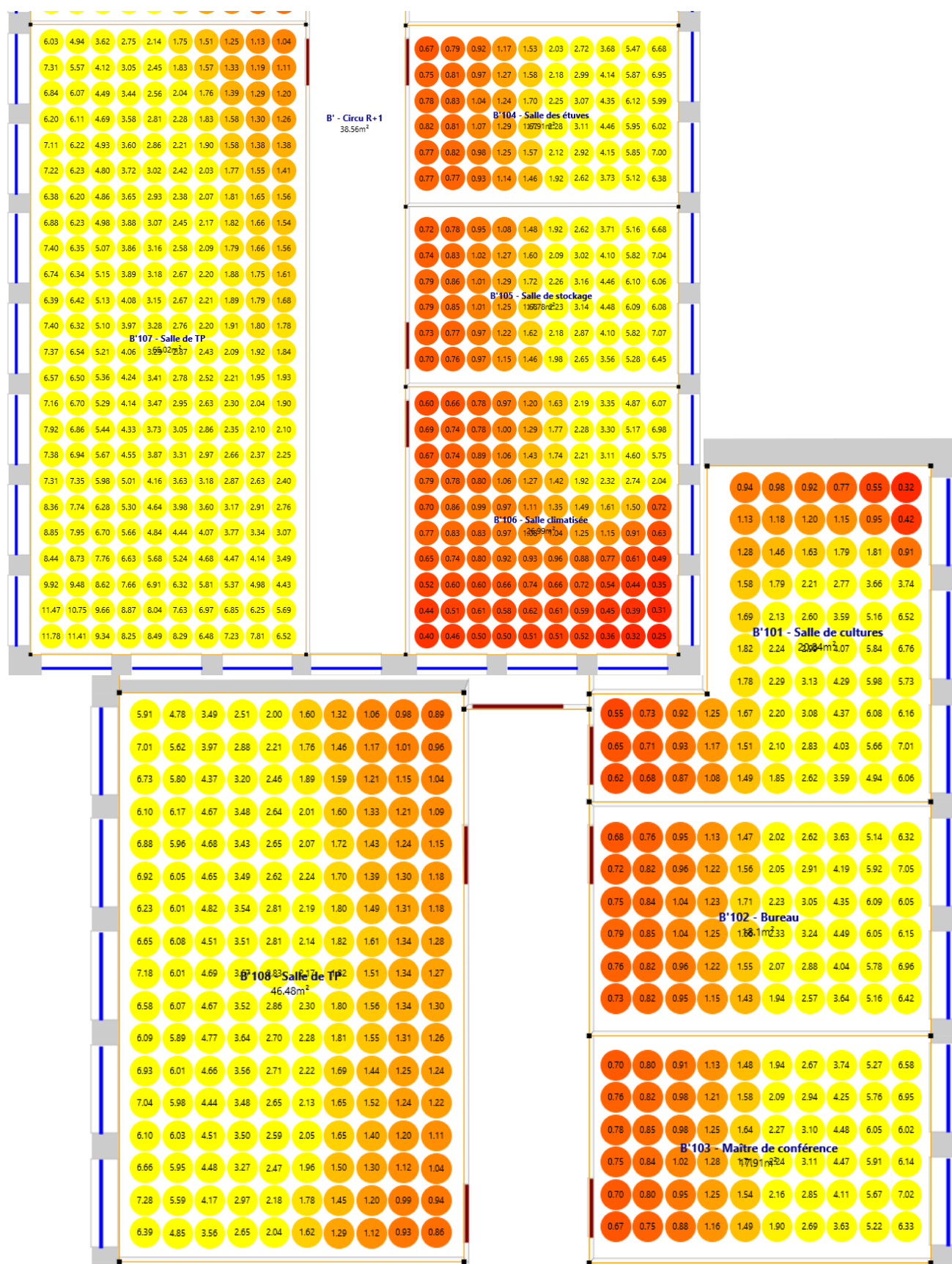


7.3 Bâtiment B'

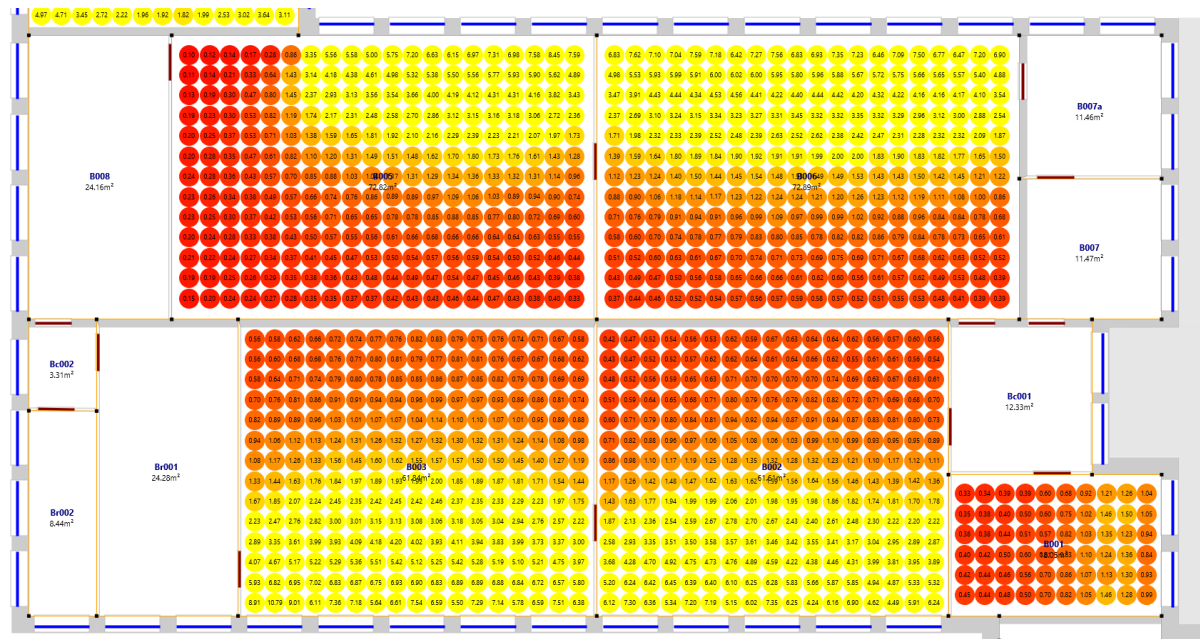
7.3.1 RDC



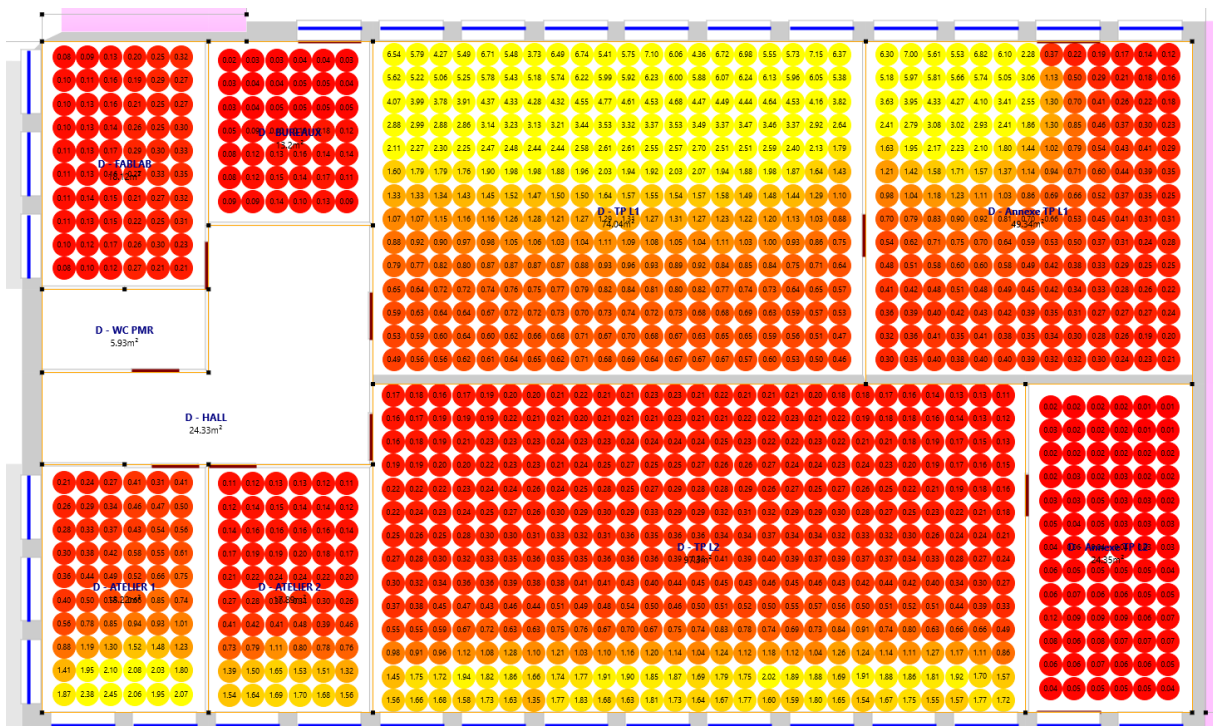
7.3.2 R+1



7.4 Bâtiment B

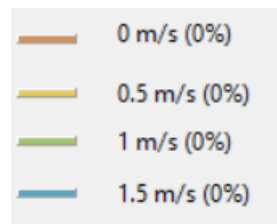


7.5 Bâtiment D



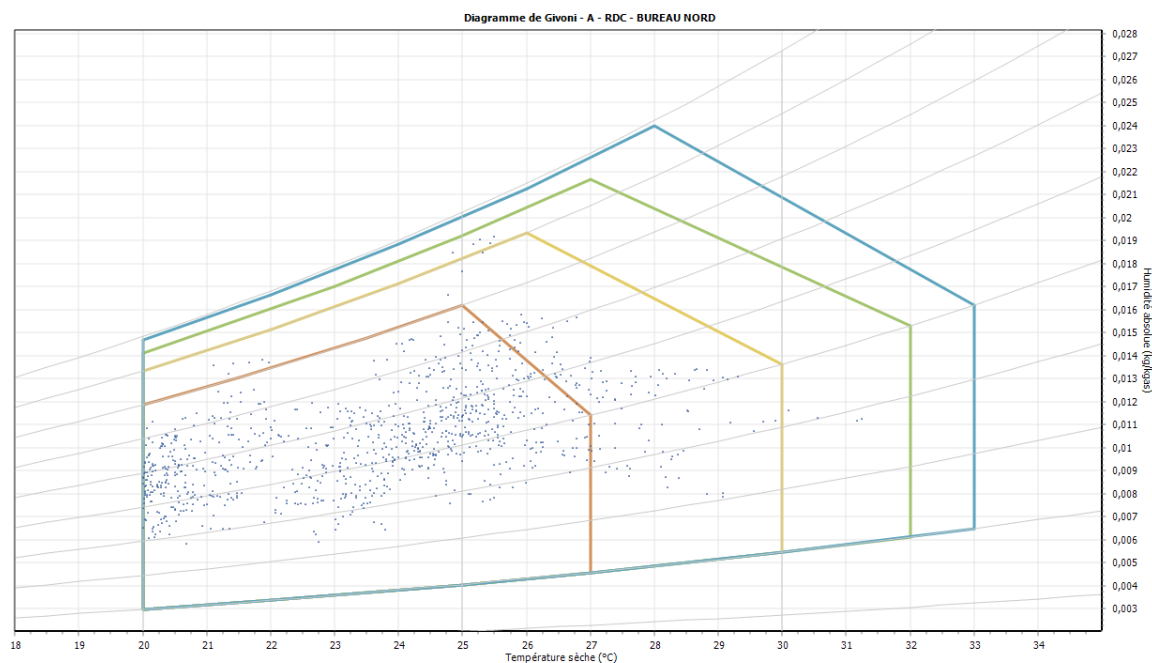
8 ANNEXE DIAGRAMME DE GIVONI

Dans les diagrammes ci-après, chaque zone dessinée correspond à une vitesse d'air dans la pièce selon la légende ci-contre.

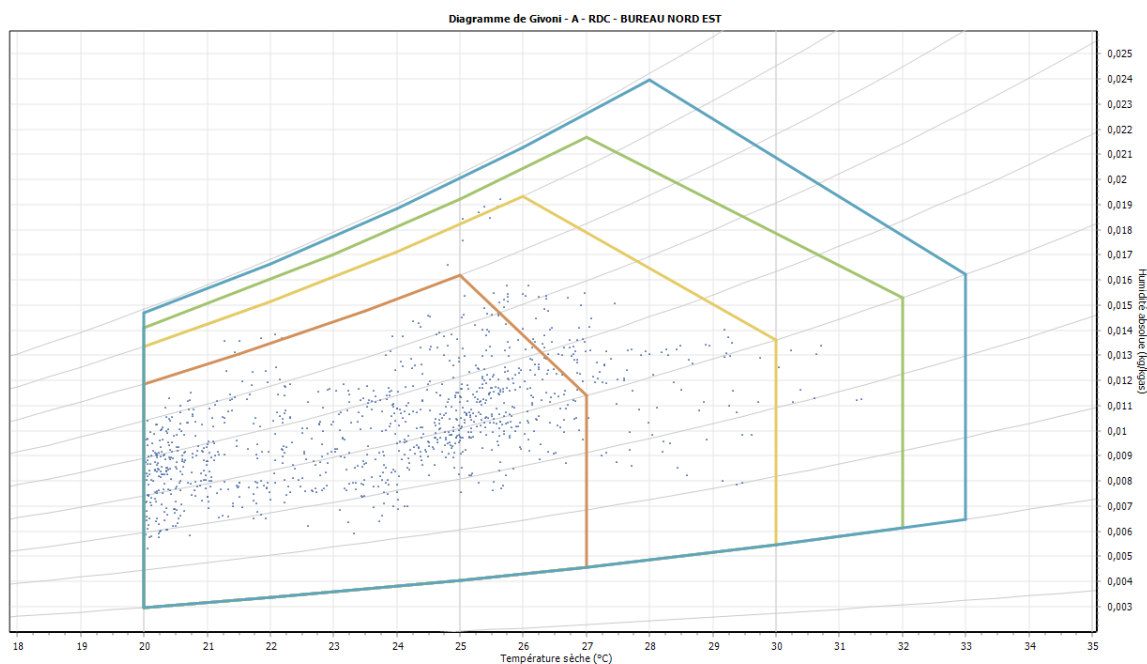


8.1 Bâtiment A

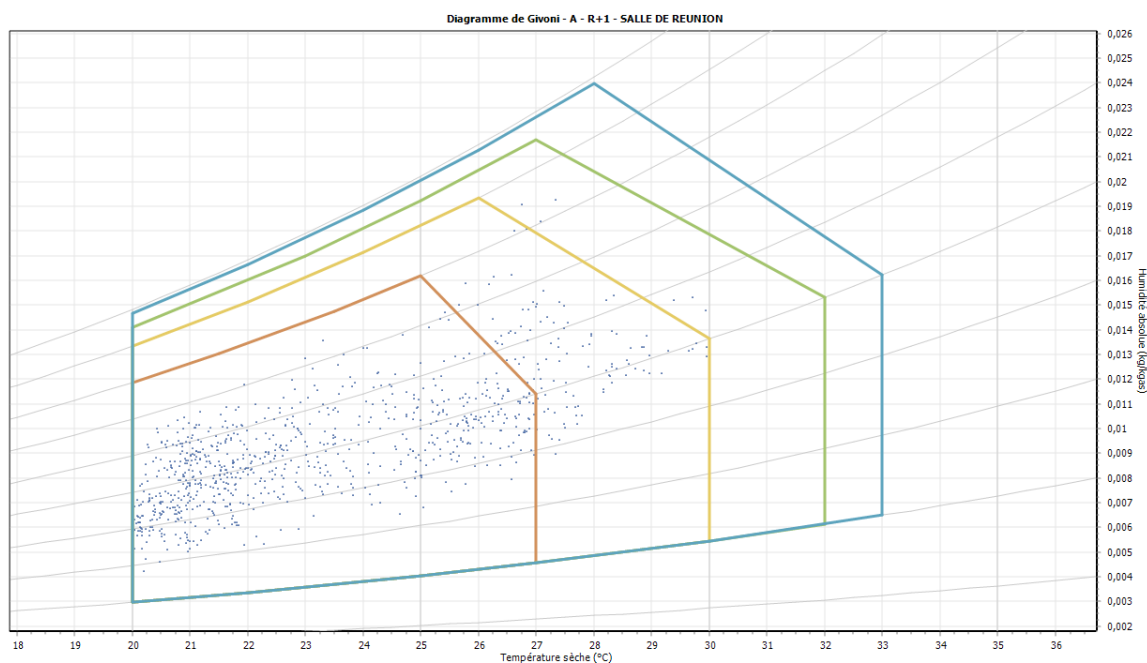
8.1.1 RDC – Bureau NORD



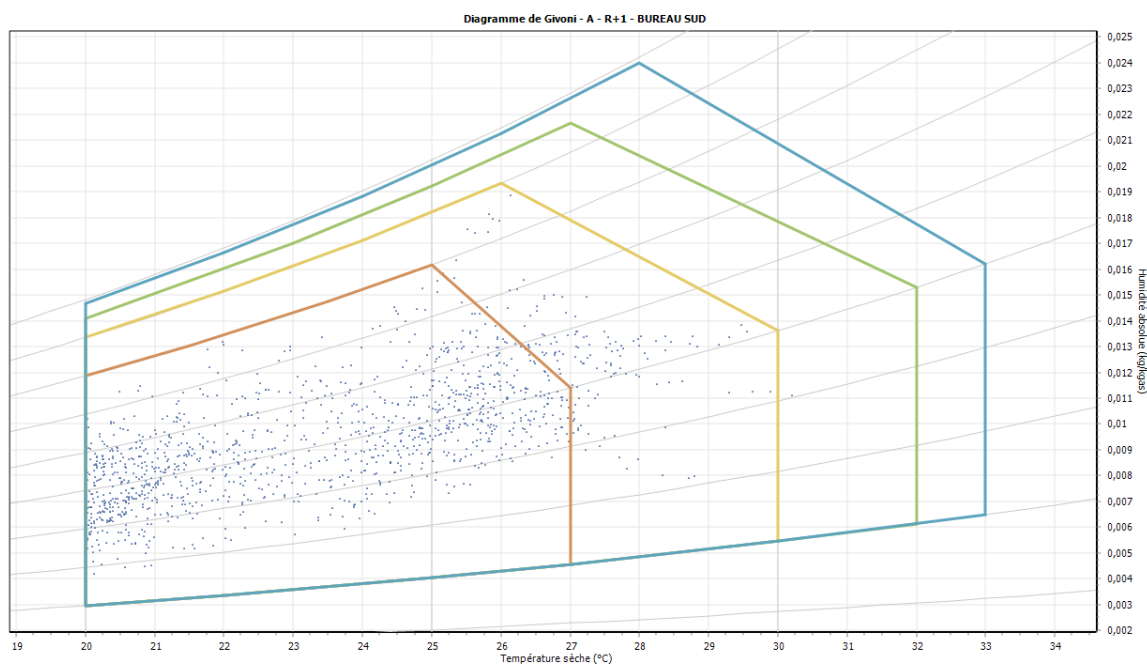
8.1.2 RDC – Bureau NORD EST



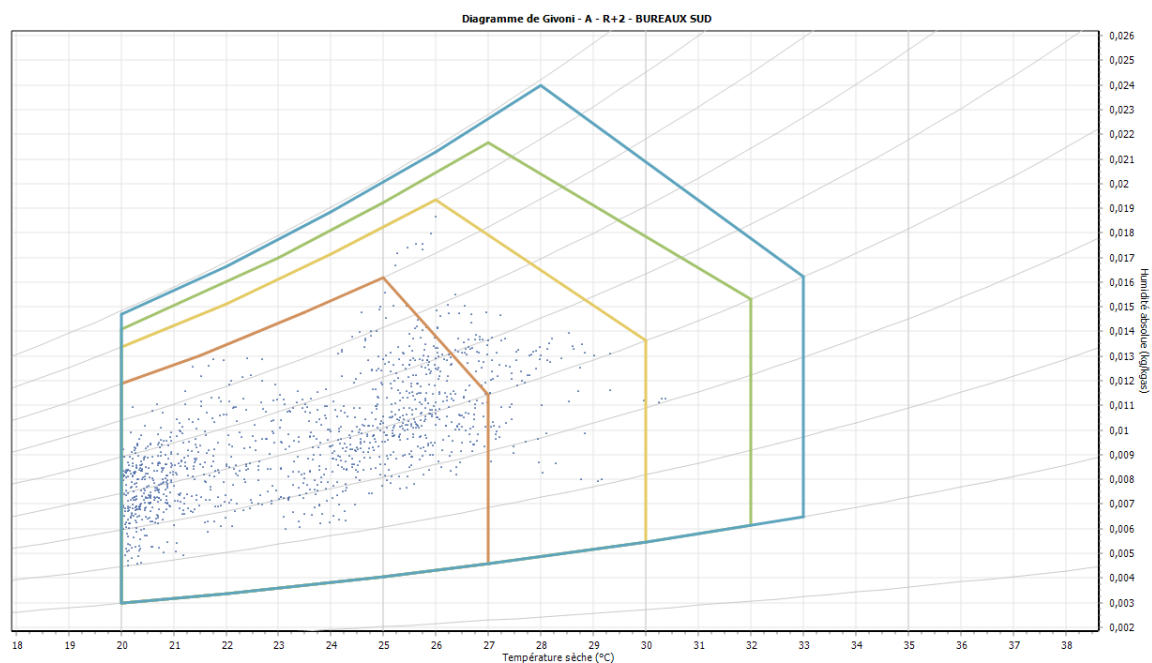
8.1.3 R+1 – Salle de réunion



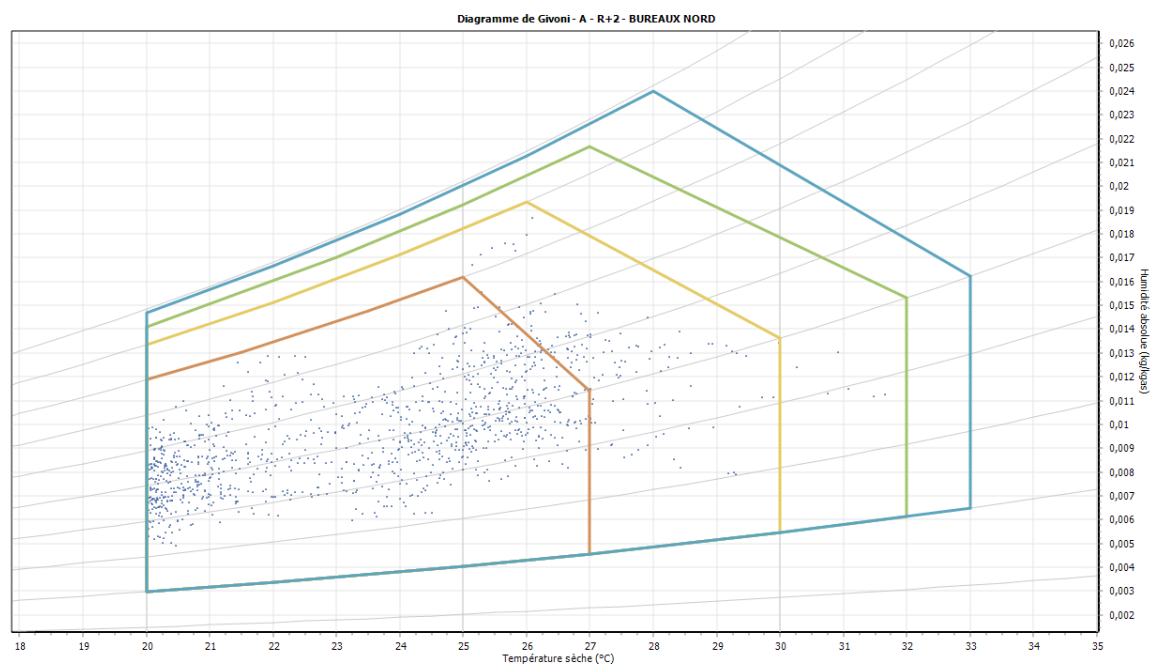
8.1.4 R+1 – Bureaux SUD



8.1.5 R+2 – Bureaux SUD

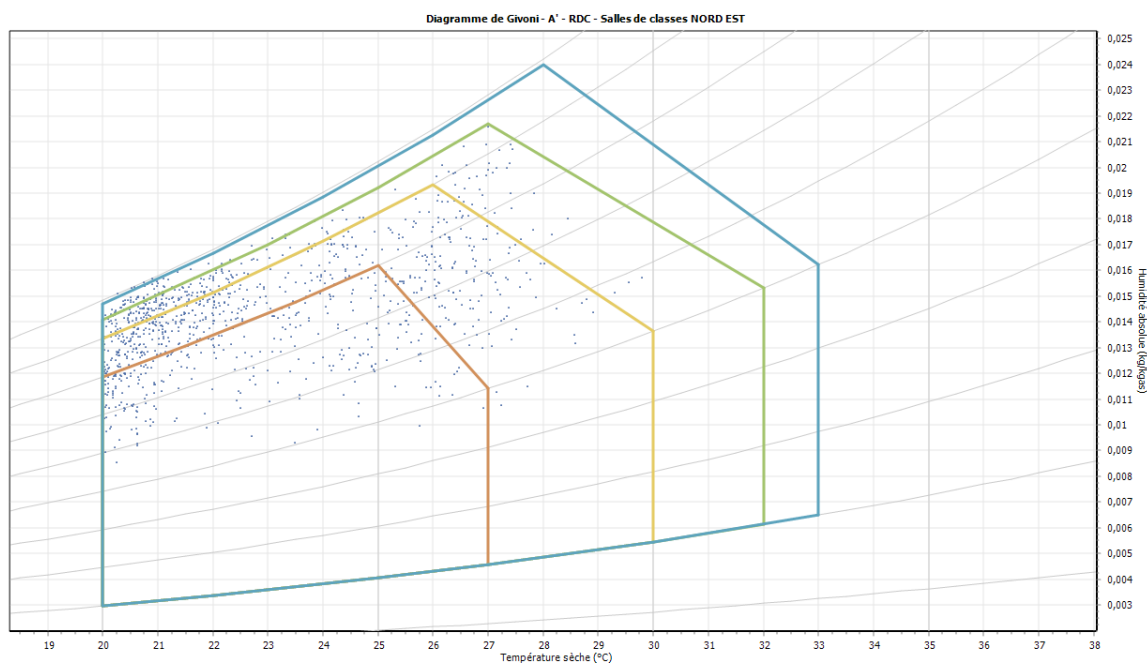


8.1.6 R+2 – Bureaux NORD

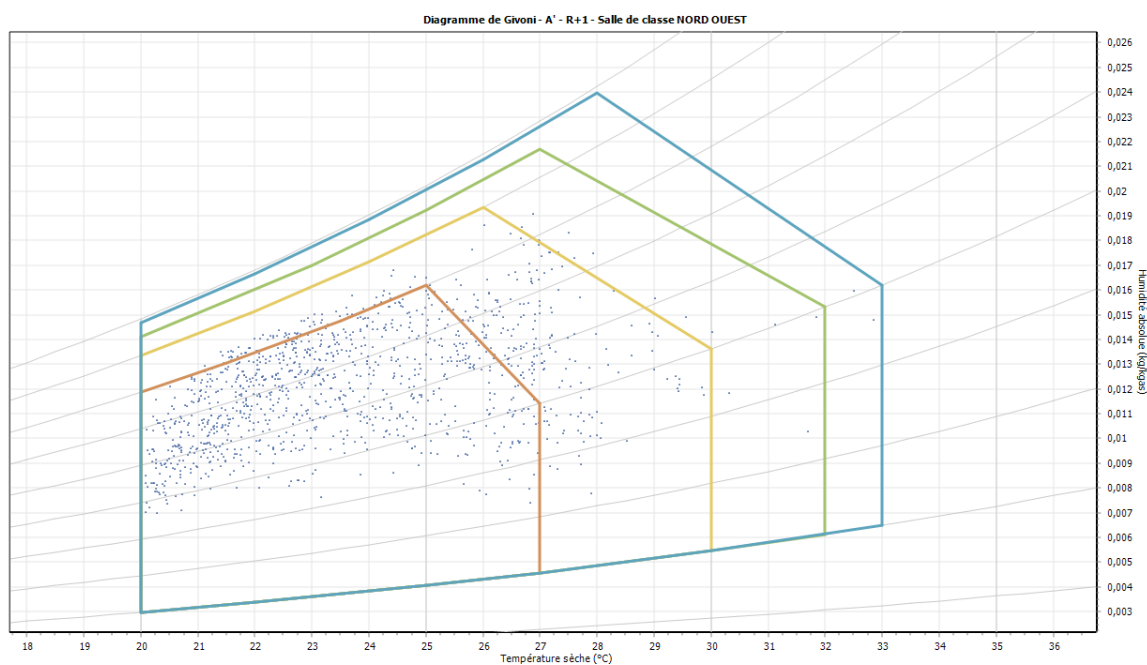


8.2 Bâtiment A'

8.2.1 RDC – Salle de classe NORD EST

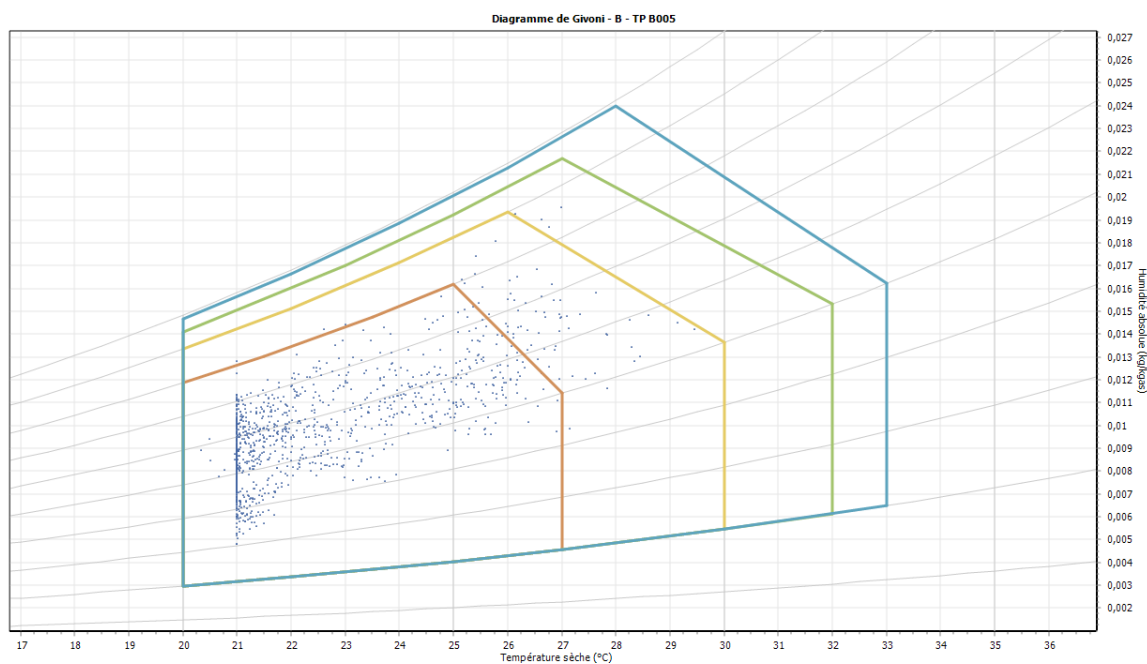


8.2.2 R+1 – Salle de classe NORD OUEST

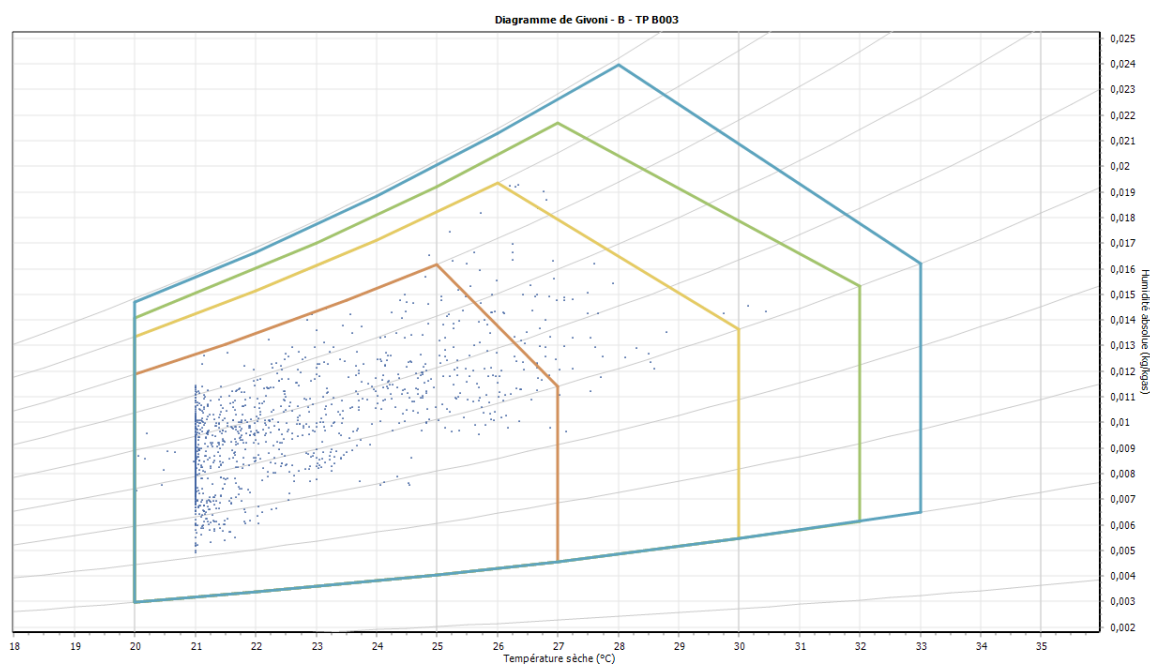


8.3 Bâtiment B

8.3.1 TP B005

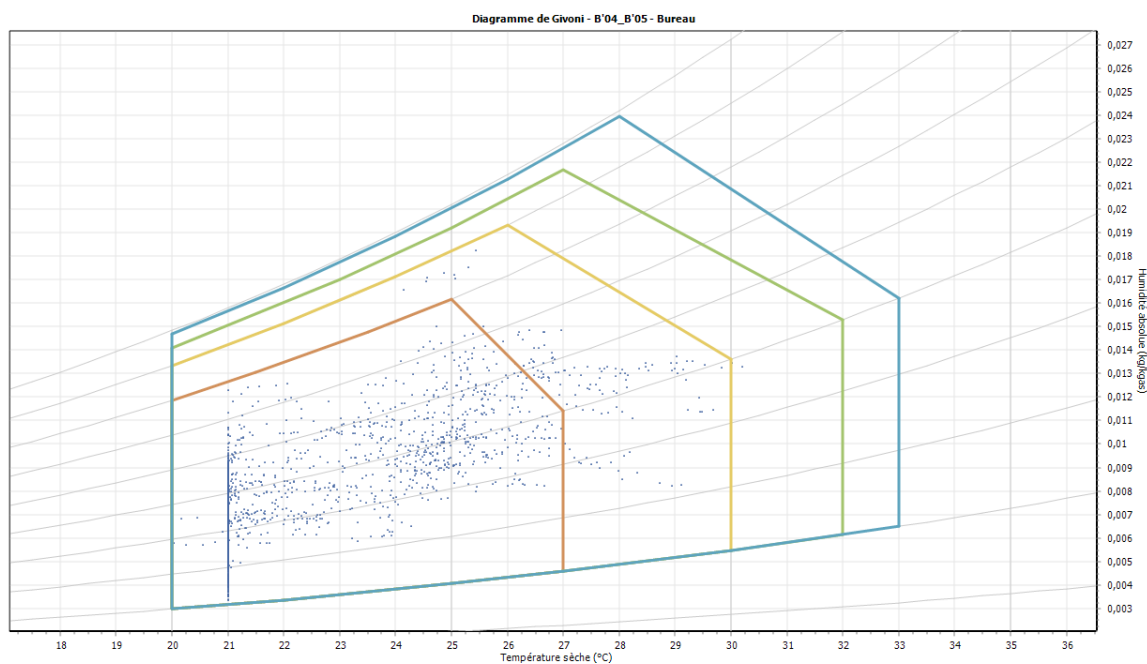


8.3.2 TP B003

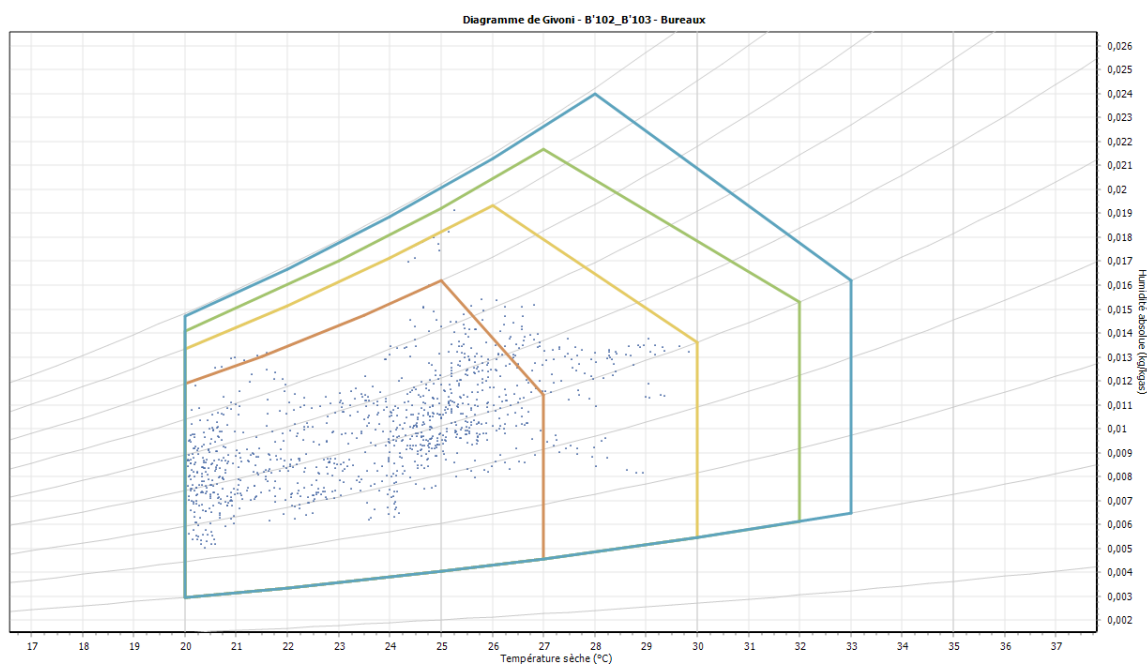


8.4 Bâtiment B'

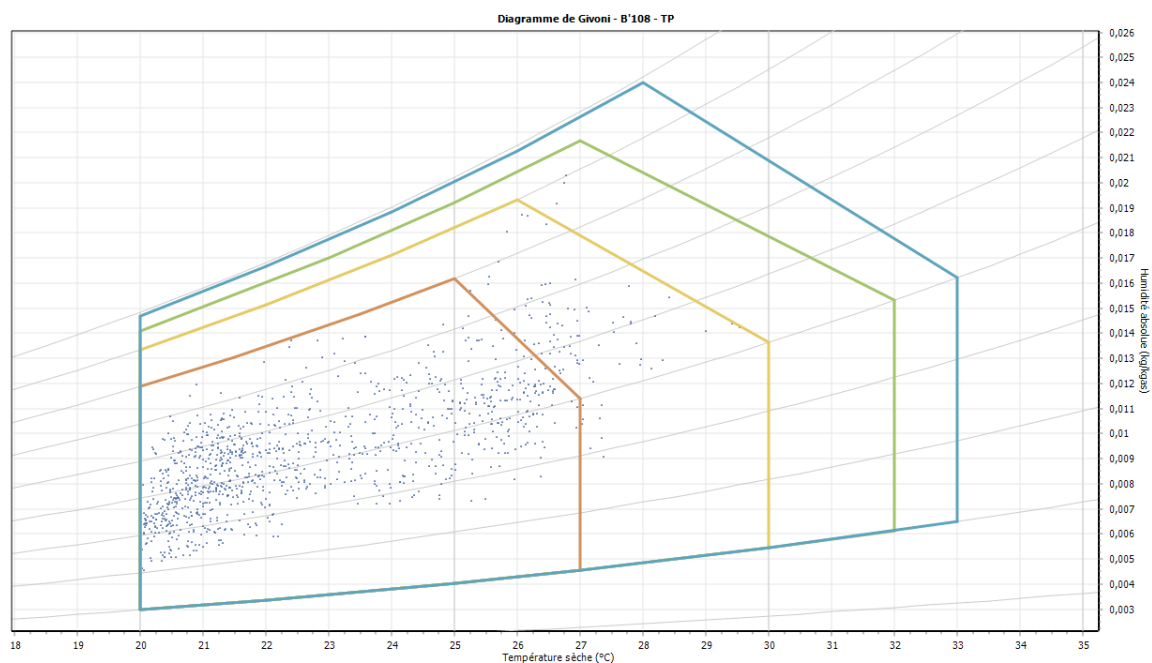
8.4.1 B'04 B'05 – Bureaux



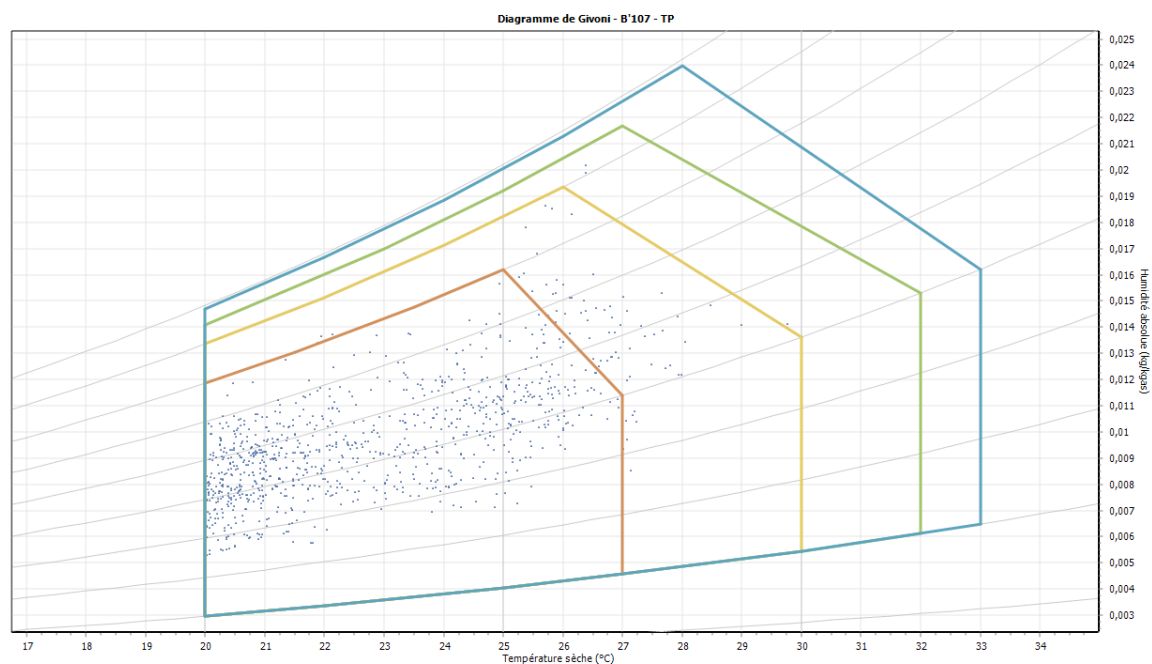
8.4.2 B'102 B'103 – Bureaux



8.4.3 B'108 – TP

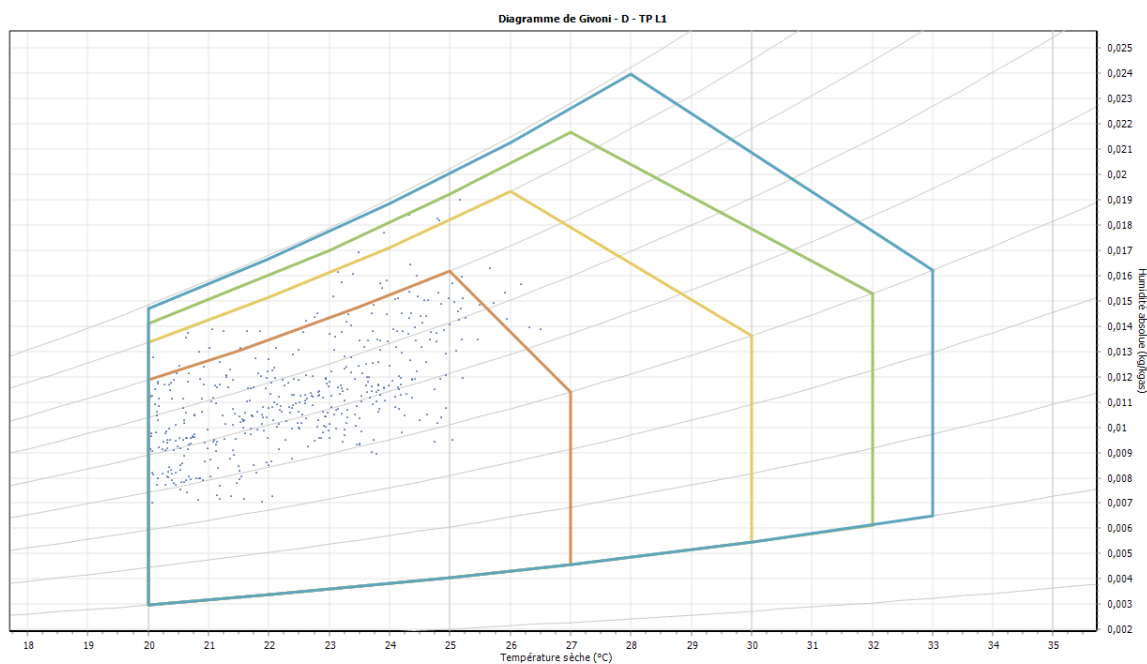


8.4.4 B'107 - TP



8.5 Bâtiment D

8.5.1 TP L1



8.5.2 TP L2

