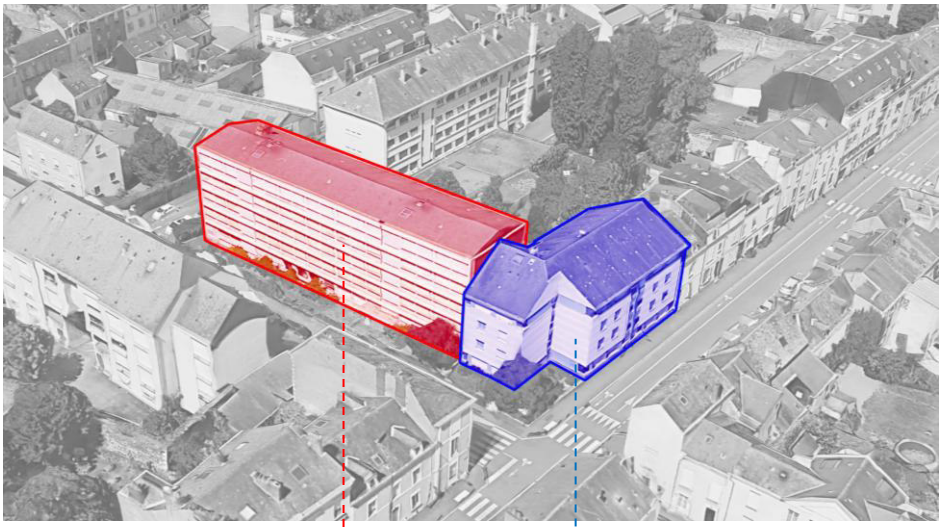
Réhabilitation énergétique de la cité universitaire Bourgonnier et de la résidence Universitaire Madeleine à Angers

SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE



Cité U Bourgonnier Résidence Madeleine

Maîtrise d'ouvrage
CROUS DE NANTES - PAYS DE LA LOIRE
2, boulevard Guy Mollet - B.P 52213 -
44322 NANTES CEDEX 3
Direction de l'immobilier
Tél : 02 28 07 34 16
email: immobilier.marches@crous-nantes.fr

Bureau de contrôle
BTP Consultant
3 Rue Alessandro Volta
44470 CARQUEFOU
tél : 06 43 69 16 38
email: elodie.legouas@btp-consultants.fr

Coordinateur SPS
SPS ATAE
tél: 06 64 23 27 36
email: fxgermon@atae.fr

Maîtrise d'œuvre

atelier vignault x faure, architecte mandataire
architecte et philosophe associés
23, rue Louis Lumière
44 000 NANTES,
tél: 02 51 25 02 49
email: architectes@vxf.fr

ECB , Economiste de la construction
Z.I Le Séjour, 14 rue Thomas Edison
85170 DOMPIERRE SUR YON cedex
tél: 02 51 46 27 70
email: ecblaroche@ecb-batiment.fr

ISOCRATE, Bureau d'études fluides
6, rue des Sassafras
44300 NANTES
tél: 02 51 89 77 50
email: infos@isocrate.com

AREST, Bureau d'études structures
Z.A de la Forêt, 8 rue Chante Merle BP-7
44140 LE BIGNON
tél : 02 40 26 26 00
email : info-nantes@arest.com

SOMMAIRE

0 - Généralités 2
0.01 - Historique du document 2
0.02 - Définition de l'opération 2
0.03 - Outils de simulation 2
0.04 - Données météorologiques 2
0.05 - Description de l'opération 3

1 - Hypothèses projet 5
1.01 - Performances des menuiseries 5
1.02 - Caractéristiques des parois 5
1.03 - Hypothèses de fonctionnement 7

2 - Simulation Thermique Dynamique 14
2.01 - Etat projeté 14
2.02 - Conclusion 17

0 - Généralités

0.01 - Historique du document

Date	Observation	Version
Octobre 2026	Mise à jour des complexes isolants en façade	3

0.02 - Définition de l'opération

La présente Simulation Thermique Dynamique a pour objet d'analyser le confort thermique dans le cadre de rénovation de de la résidence CROUS Bourgonnier-Madeleine à Angers (49).

La température maximale atteinte dans un bâtiment est un élément important pour le confort des occupants, mais il convient également d'étudier la durée pendant laquelle les occupants risquent d'être dans une situation d'inconfort. Il s'agit plus précisément du temps d'occupation durant lequel la température est supérieure à une température donnée.

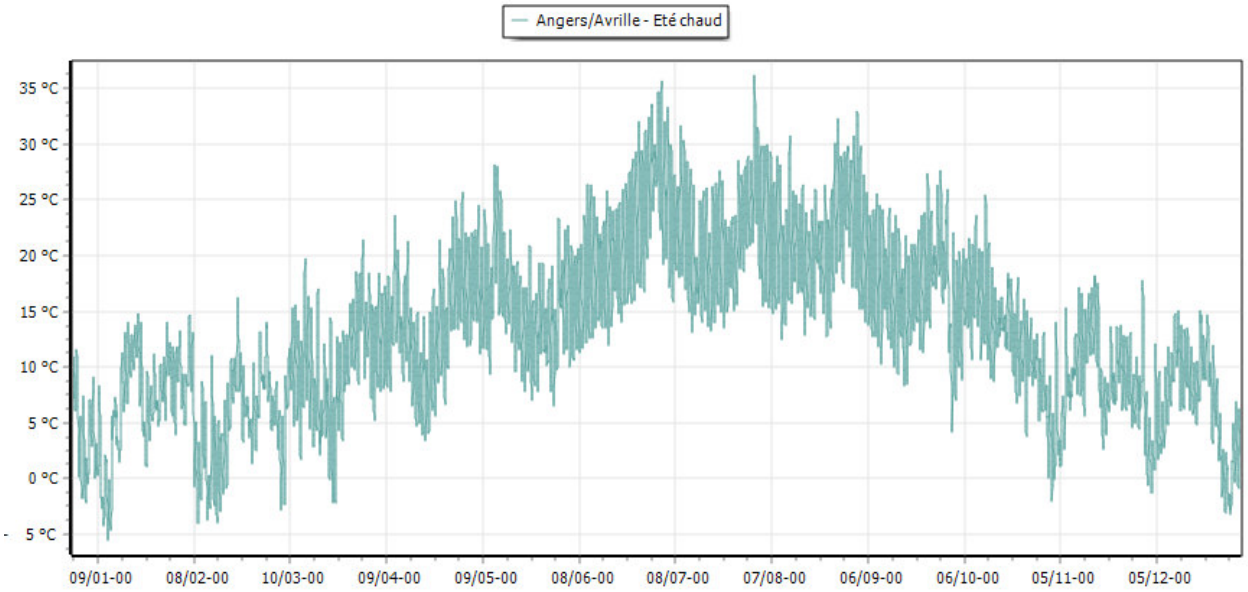
Il est demandé de ne pas dépasser une surchauffe de 2% du temps d'occupation (dont les températures à ne pas dépasser sont : 28°C à travers la réalisation d'une simulation thermique dynamique).

0.03 - Outils de simulation

La Simulation Thermique Dynamique a été réalisée avec le logiciel Pléiades-STDComfie, conçu par le centre d'énergétique de l'école des Mines de Paris et développé par IZUBA.
Pléiades-STDComfie constitue le cœur de la Simulation Thermique Dynamique.
Il est possible, au moyen de ce logiciel, d'étudier précisément le comportement dynamique de chaque zone d'un bâtiment en faisant varier les différents paramètres influents : occultation sur les vitrages, scénarios de ventilation, scénarios d'occupation…

0.04 - Données météorologiques

Le calcul sera réalisé à partir du fichier météo « Angers été chaud » issu de la bibliothèque Météonorme V2.



Evolution annuelle des températures extérieures à Angers (scénario été chaud)

0.05 - Description de l'opération

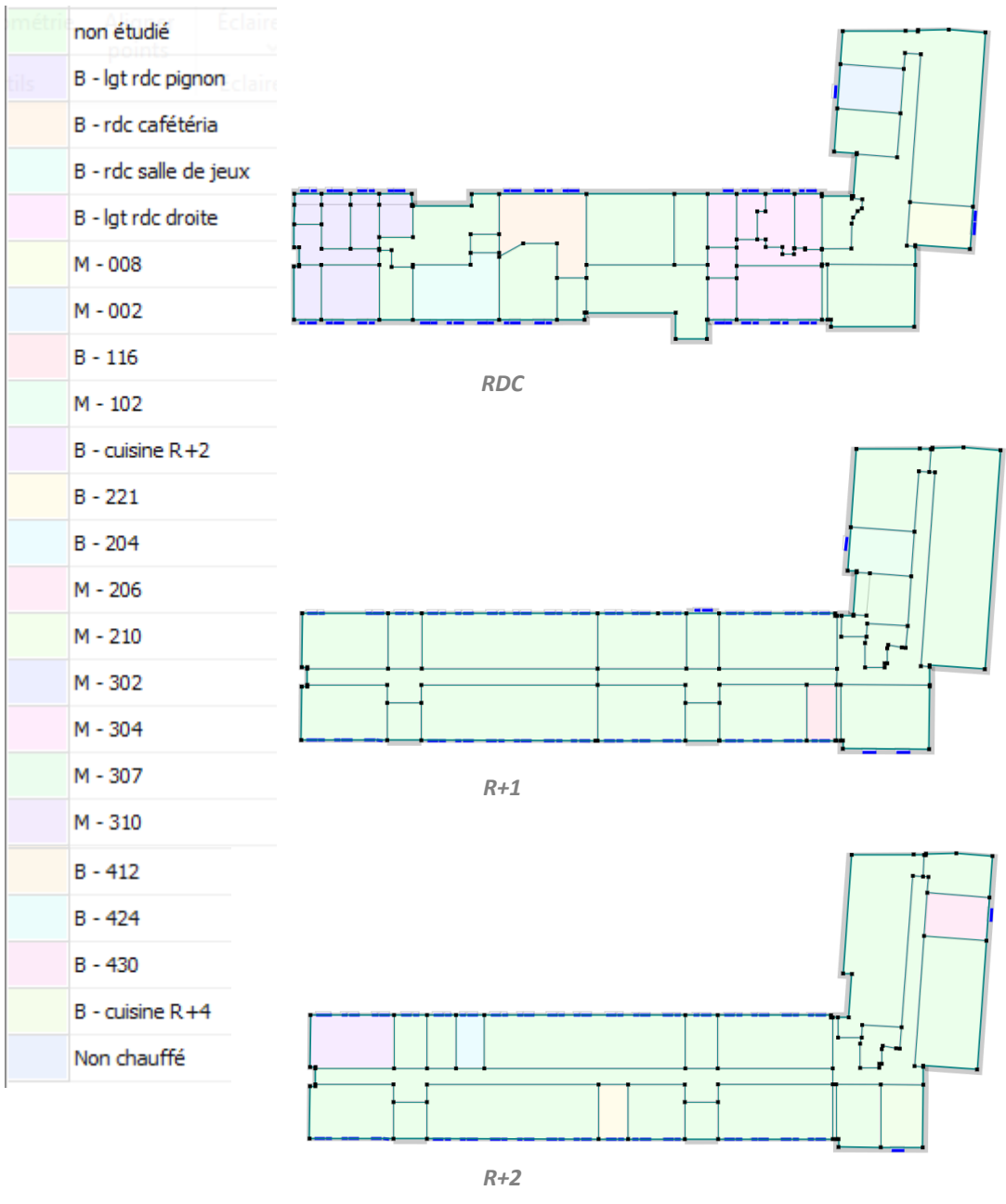
0.05.01 - Bâtiment

Le projet consiste en la restructuration et la rénovation du CROUS Bourgonnier-Madeleine à Angers (49).
Zone climatique : H2b

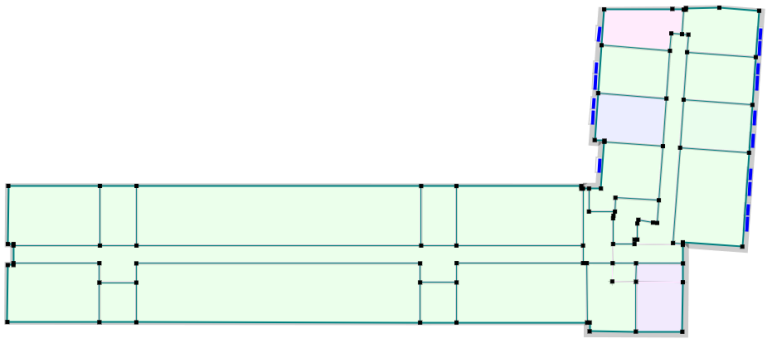
0.05.02 - Zonage d'étude

Un échantillonnage de logement a été fait pour étudier le comportement du bâtiment.
Seules certaines pièces représentatives ou avec des caractéristiques particulières sont étudiées.
Les logements et zones étudiées sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

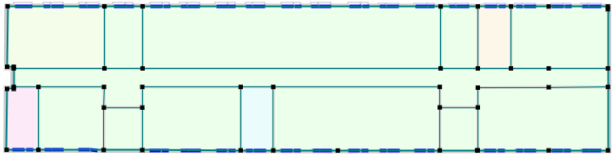
Zonage thermique



Zonage thermique



R+3



R+4

Note : certains éléments architecturaux, menuiseries ou parois n'ont pas été saisies quand ils ne sont pas pertinents pour les zones étudiées.

1 - Hypothèses projet

1.01 - Performances des menuiseries

Les caractéristiques des menuiseries ont été définies à partir d'un vitrage 4/16/4 avec de l'argon et des châssis Aluminium posés au nu extérieur.

Parois	Performance thermique	Performance thermique minimale à respecter suivant fiche CEE BAR-EN-104
Menuiseries Fenêtres et portes-fenêtres **RÉNOVÉES** *Alu Double vitrage faiblement émissif lame argon*	Uw: 1,30 W/m².°C *Facteur solaire Sw: 0,4* *Fact. de transmis. Lum TLw: 0,55*	Porte-fenêtres: *Uw ≤ 1,70 W/m².°C* *Sw avec protection* ≥ 0,36
Menuiseries type châssis fixes **RÉNOVÉES** *Alu Double vitrage faiblement émissif lame argon*	Uw: 1,50 W/m².°C *Facteur solaire Sw: 0,4* *Fact. de transmis. Lum TLw: 0,55*	Porte-fenêtres: *Uw ≤ 1,70 W/m².°C* *Sw avec protection* ≥ 0,36
Volets roulants **REMPLACÉS** Commandes électriques filaire	Facteur solaire avec protection: Sw ≤ 0,03	-

1.02 - Caractéristiques des parois

Les caractéristiques des parois sont les suivantes :

Murs verticaux :

Parois	Performance thermique	Exemple
BOURGONNIER/ MADELEINE Mur extérieur avec ITE enduit (**RENOVE**)	R=4,7 W/m².°C	Isolation ITE *16cm FKD MAX C2*
MADELEINE Mur extérieur avec ITE bardage bois (**RENOVE**) (ITI en sous bassement)	R=4,55 W/m².°C (R=2,5 W/m².°C)	Isolation ITE *16cm Rockfacade* *(100mm laine minérale)*
BOURGONNIER Mur extérieur FOB remplissage ossature (**RENOVE)**	R=5,35 W/m².°C	Isolation ITE *22cm ouate de cellulose (ISOCELL F)*

Plancher bas :

Parois	Performance thermique	Exemple
Plancher bas sur sous-sol *Isolation en sous face* **(EXISTANT CONSERVE)**	Rtotal = 0,09 m².°C/W	Dalle béton isolée *30mm*
Plancher bas sur extérieur Madeleine *Isolation en sous face* **(EXISTANT CONSERVE)**	Rtotal = 0,09 m².°C/W	Dalle béton isolée *120mm*
Plancher bas sur hall *Isolation en sous face* **(EXISTANT CONSERVE)**	Rtotal = 2,0 m².°C/W	Dalle béton isolée *80mm*

Plancher haut :

Parois	Performance thermique	Exemple
Comble BOURGONNIER **(EXISTANT CONSERVE)**	R =4,5 m².°C/W	Isolation: *180mm d'isolation*
Comble MADELEINE **(EXISTANT CONSERVE)**	R =3,0 m².°C/W	Isolation: *120mm d'isolation*
Comble local technique **(EXISTANT CONSERVE)**	R =5,0 m².°C/W	Isolation: *200mm d'isolation*

1.03 - Hypothèses de fonctionnement

Saison de chauffage : 15 Octobre au 6 Mai
Saison de Climatisation : 18 Juin au 23 Septembre
Perméabilité à l'air Q4 : 1,7 $m^3/h/m^2$
Puissance diffusée par occupant : 80 W (selon la méthode de calcul ASHRAE).
Locaux adjacents avec conditions analogues *(Température intérieure identique).*
Pas de temps des simulations : 1/2 h.

1.03.01 - Scénario d'occupation

Les hypothèses des scénarios d'occupation sont définies suivant les horaires d'occupation donnés au concours.
Le nombre d'occupants a été établi arbitrairement.
La maitrise d'ouvrage devra valider ces scénarios pour confirmer les hypothèses de l'étude.

Scénario d'occupation des zones « Chambre crous » ;

Nombre d'occupants de la zone : 300 maximum

Valeur	Unité
0	Occupants
1	Occupants

Nombre d'occupants dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ouvré	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Week-end	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Week-end	Week-end



Scénario d'occupation des zones « cuisine collective»

Nombre d'occupants de la zone : 300 maximum

Valeur	Unité
0	Occupants
3	Occupants
6	Occupants

Nombre d'occupants dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour



Scénario d'occupation des zones « salle de jeux »

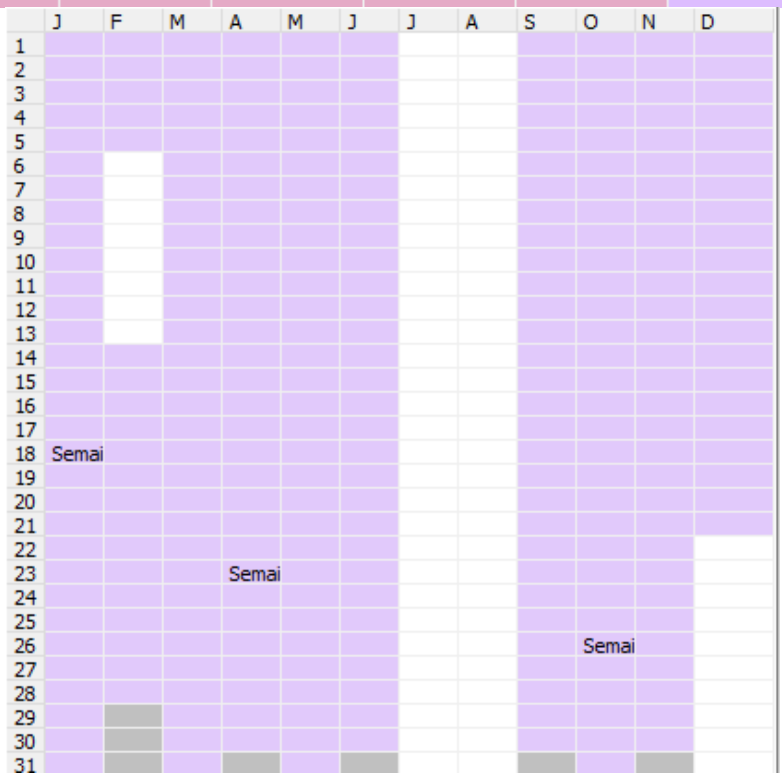
Nombre d'occupants de la zone : 20 personnes

Valeur	Unité
100	%
50	%
25	%
0	%

Nombre d'occupants dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ouvré	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	100	25	25	25	50	50	50	100	100	25	25	0	0	0
Week-end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Week-end	Week-end



Scénario d'occupation des zones « Cafétéria »

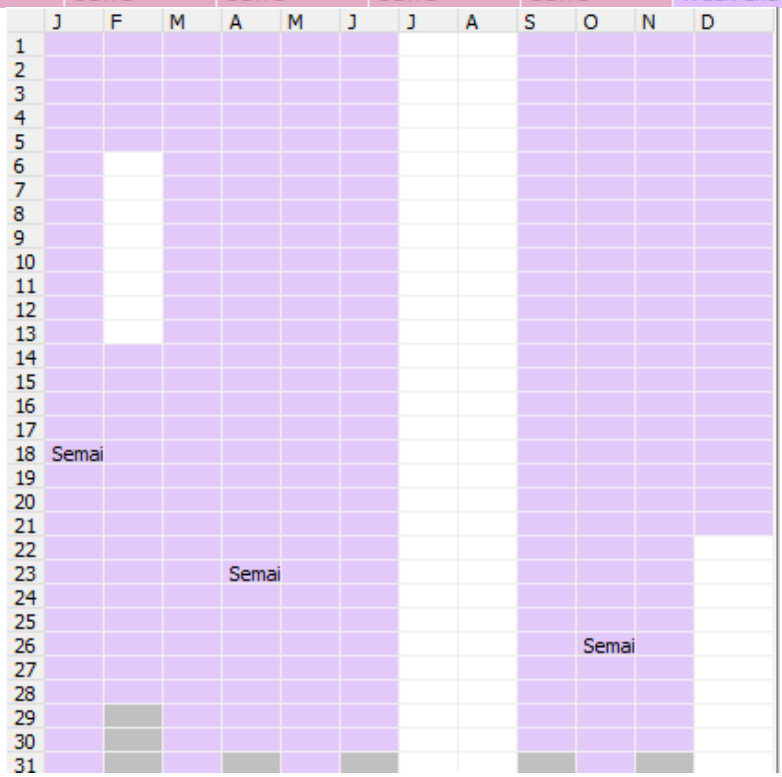
Nombre d'occupants de la zone : 25 personnes

Valeur	Unité
100	%
50	%
25	%
0	%

Nombre d'occupants dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ouvré	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0
Week-end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Week-end	Week-end



Scénario d'occupation des zones « Logements fonction »,

Nombre d'occupants de la zone :

Valeur	Unité
1	Occupants
2	Occupants
4	Occupants

Nombre d'occupants dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ouvré	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4
Week-end	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Week-end	Week-end

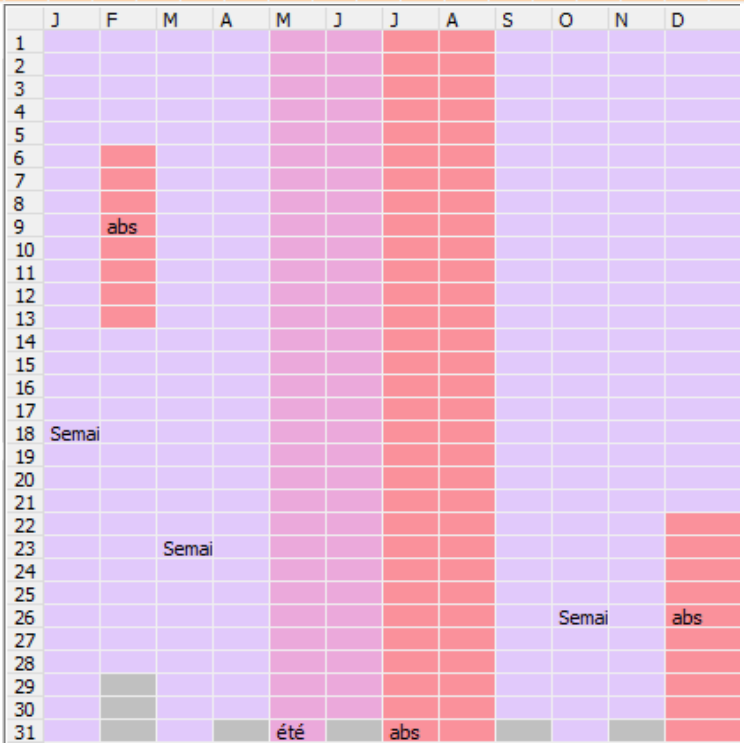
Scénario d'occultation

Taux de fermeture des occultations :

Valeur	Unité
0	%
100	%
50	%

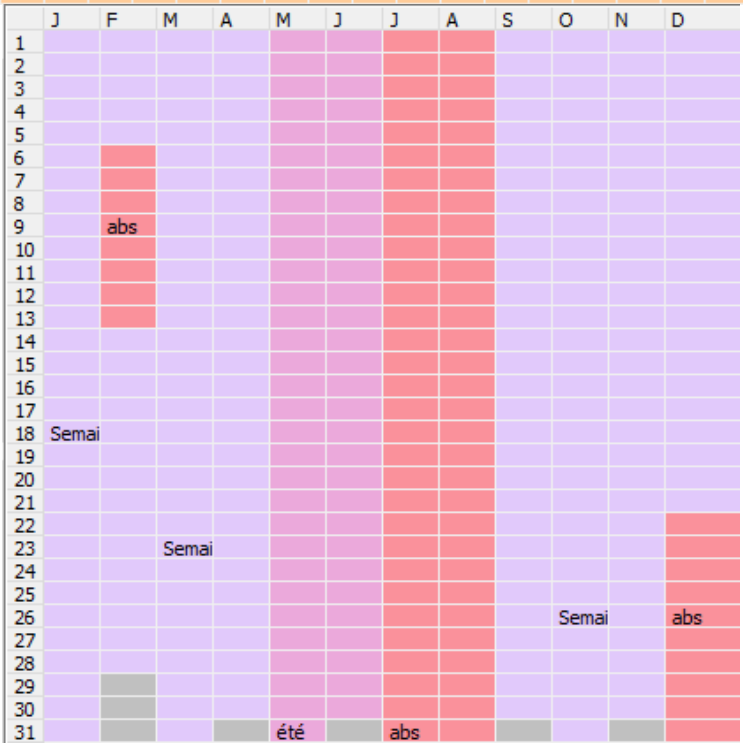
Orientation sud : Gestion dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
hiver	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
été	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100
abs	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Autre orientation : Gestion dans une journée / semaine

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
hiver	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
été	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
abs	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



1.03.02 - Scénario de chauffage

Application du scénario de chauffage du 15 octobre au 6 mai

Températures

Normal	19	°C

Températures dans une journée

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ouvré	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Week-end	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Ouvré	Week-end	Week-end

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

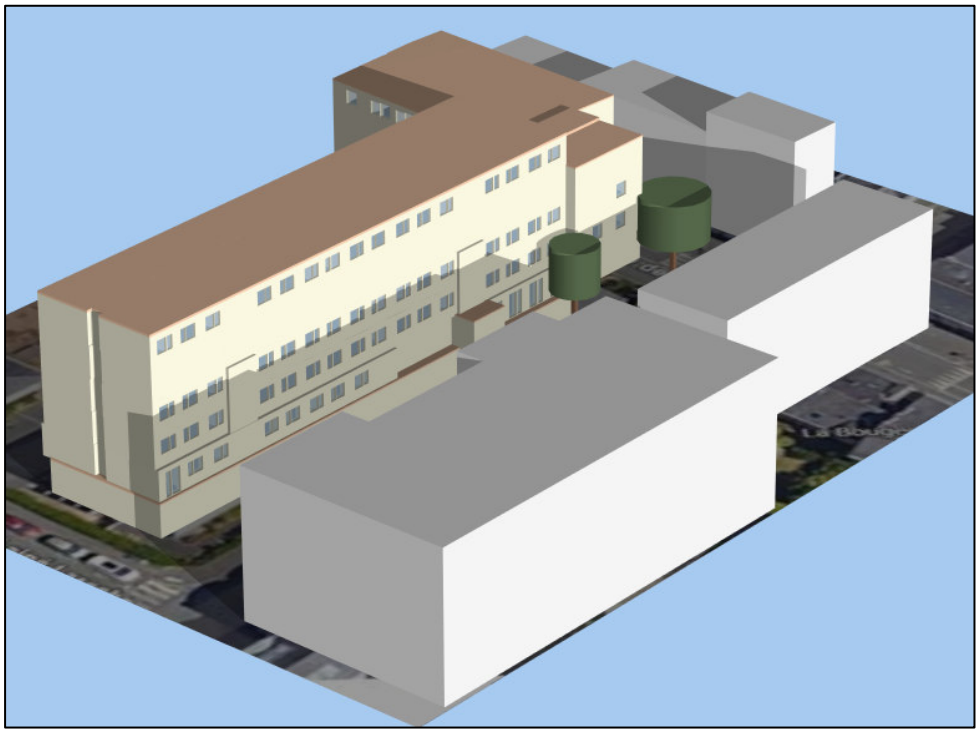
1.03.03 - Débits de ventilation

Le bâtiment sera équipé d'une ventilation mécanique.

Débits respectés :
Débit de ventilation suivant une installation hygroréglable.
Le débit moyen de renouvellement d'air considéré est de 0,47 vol/h

1.03.04 - Masques naturels et environnement du site

A proximité du bâtiment, on observe la présence de bâtiments de trois à quatre niveaux (orientation sud-est et nord-est).
Des arbres sont également très proches de la façade au croisement des rues Bourgonnier et Madeleine.
Ces éléments ont étés intégrés à la simulation pour prendre en compte les ombres portées naturelles qui vont survenir au long de la journée.



2 - Simulation Thermique Dynamique

2.01 - Etat projeté

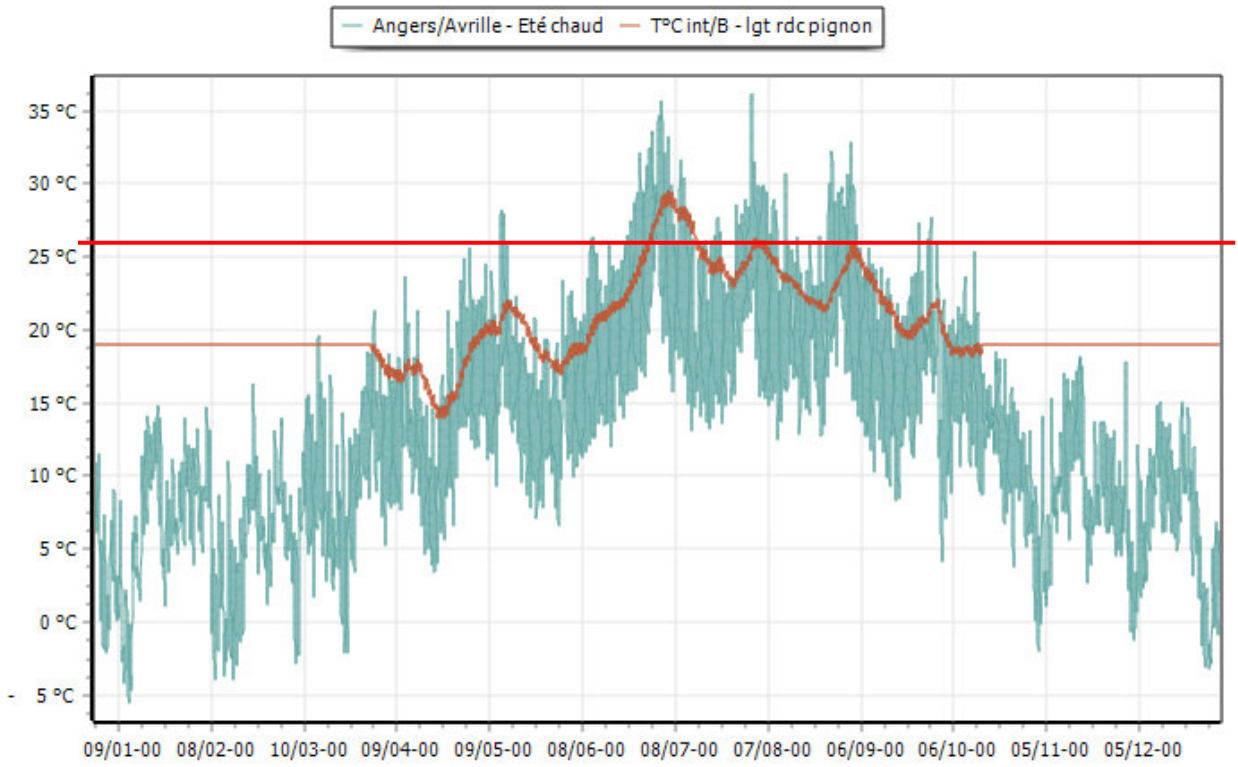
2.01.01 - Synthèse des résultats avec une température de confort fixe

La température maximale pour le confort des occupants a été fixée à 28°C avec un objectif d'inconfort pendant moins de 2% du temps d'occupation.
La simulation thermique, suivant les plans et les hypothèses précédentes, donne les durées d'inconfort suivantes :

	Taux d'inconfort (%)	Durée d'inconfort (h/an)	Apports solaires bruts (kWh)	Température ma en occ (°C)
B - lgt rdc pignon	1,4	123,0	1 585,5	29,3
B - rdc cafétéria	0,5	4,0	574,6	28,9
B - rdc salle de jeux	0,4	10,0	479,6	29,0
B - lgt rdc droite	1,3	110,0	1 664,3	29,1
M - 008	-	-	215,9	27,7
M - 002	-	-	325,4	27,5
B - 116	-	-	96,6	27,4
M - 102	-	-	305,8	27,3
B - cuisine R+2	0,4	6,0	985,6	28,5
B - 221	-	-	255,3	27,4
B - 204	-	-	246,6	27,8
M - 206	-	-	203,5	27,2
M - 210	-	-	252,5	27,4
M - 302	0,2	10,0	602,7	28,8
M - 304	1,0	48,0	369,5	30,9
M - 307	0,2	9,0	407,5	28,6
M - 310	0,1	5,0	-	28,1
B - 412	0,2	10,0	282,8	28,6
B - 424	0,1	6,0	276,9	28,2
B - 430	0,3	12,0	276,9	28,9
B - cuisine R+4	1,3	21,0	1 130,1	30,1

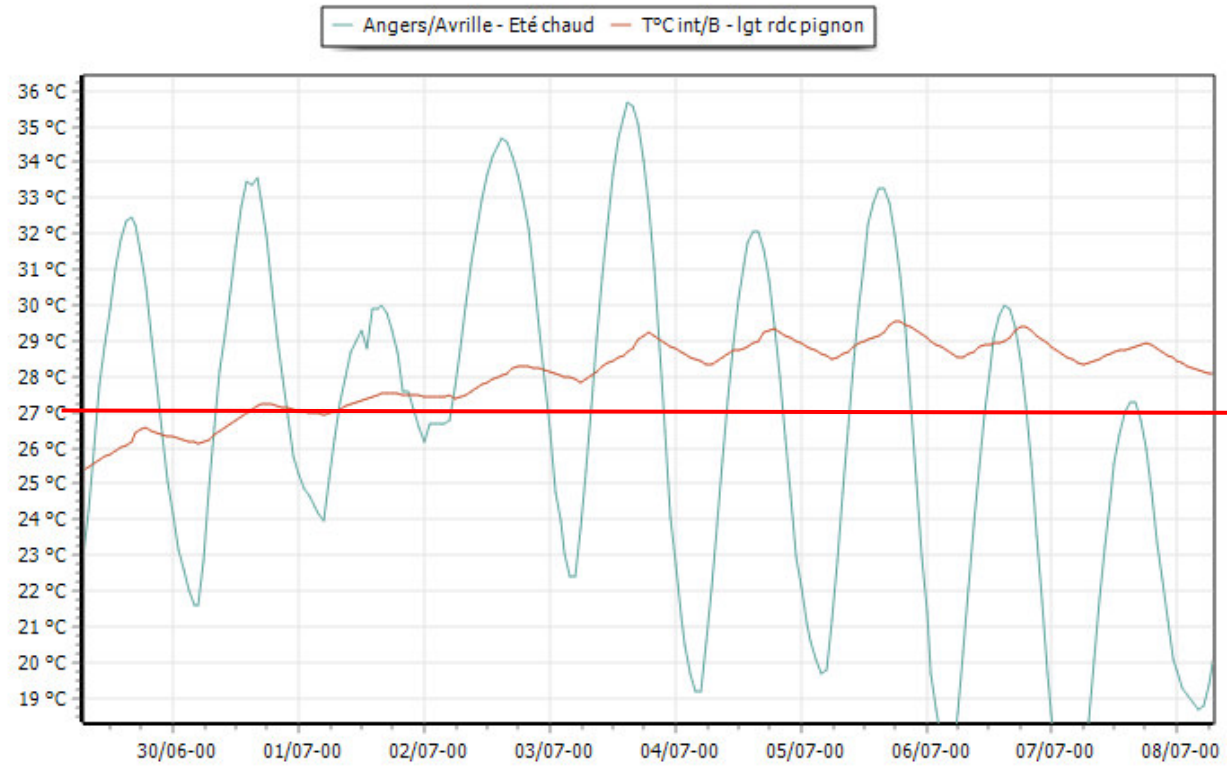
On constate qu'en l'état, toutes les zones valident l'objectif de confort défini.
Les travaux réalisés (ITE, menuiseries, ventilation) permettent au bâtiment de bénéficier d'une bonne inertie. Le confort des occupants est assuré par une bonne enveloppe et des équipements performants.
Les apports solaires sont faibles grace à des vitrages performants et les protections solaires. L'ombre portée des bâtiments et de la végétation aux alentours permet également de protéger les façades d'un rayonnement trop important.

Logement RDC en pignon bâtiment Bourgonnier



Zone «logement RDC sur pignon » - Evolution de Température intérieure sur une année

On constate que l'inconfort au dessus de 28°C intervient pendant le mois de juillet.

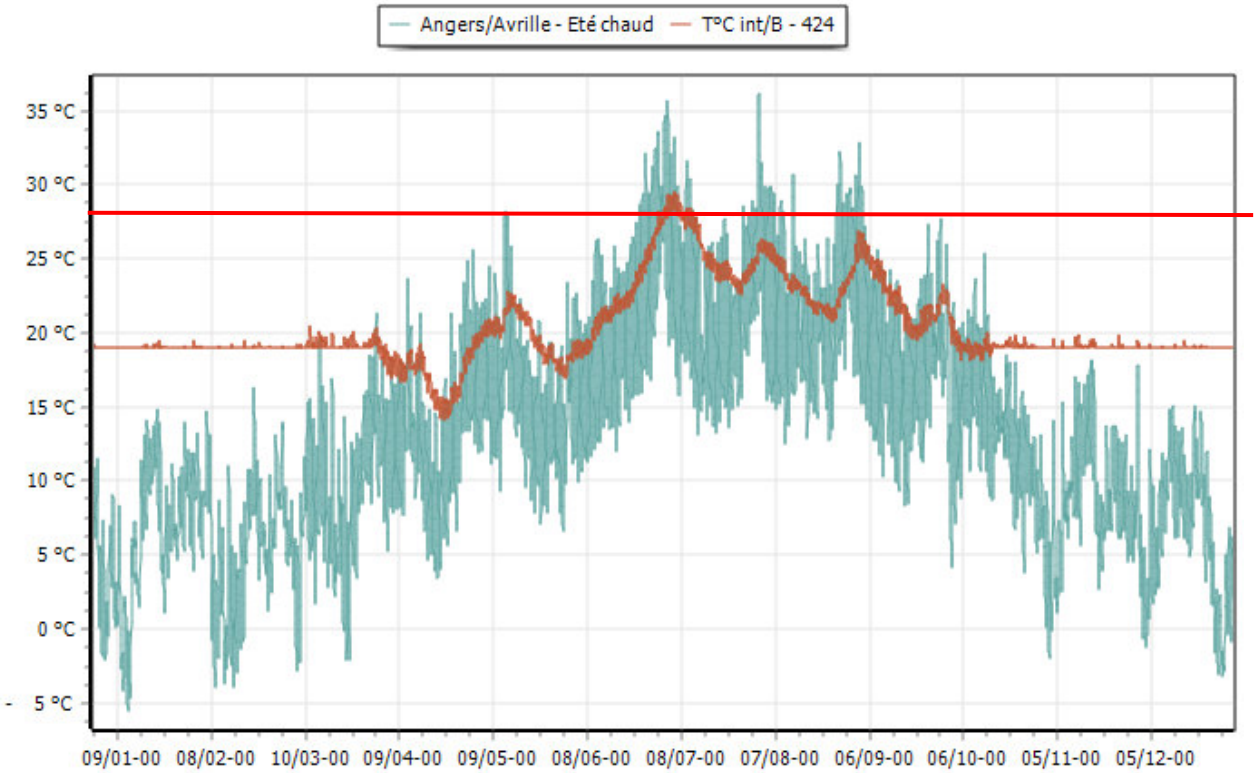


Zone « logement RDC sur pignon » - Evolution de Température intérieure semaine la plus chaude en occupation

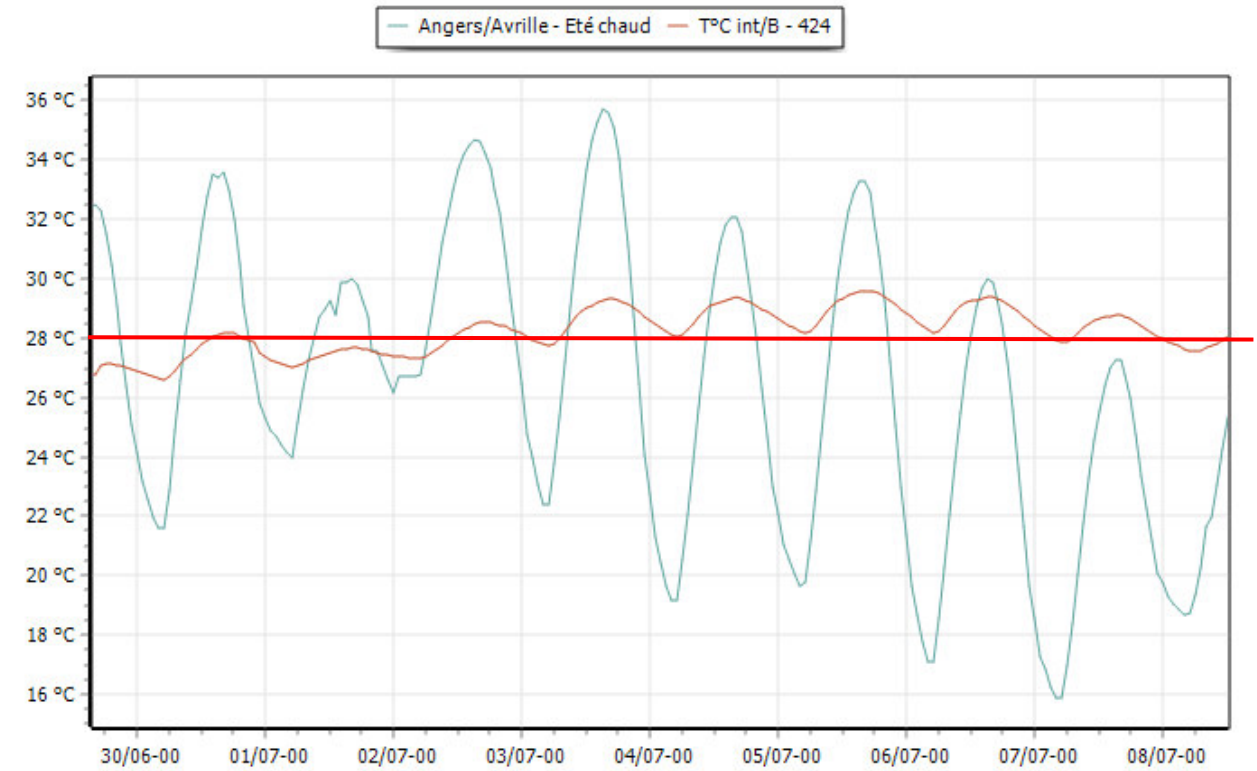
Lors de la semaine la plus chaude, la température augmente progressivement en suivant l'évolution de la température extérieure.

On observe un déphasage entre les deux courbes. L'ajout d'isolation et le traitement des vitrages permet de freiner la montée en température dans les pièces. Le pic de température se fait ainsi ressentir en fin de journée au lieu d'apparaitre au moment le plus chaud de la journée.

Chambre bâtiment Bourgonnier – n°424



Zone «B-lgt 424 » - Evolution de Température intérieure sur une année



Zone « B-lgt 424 » - Evolution de Température intérieure semaine la plus chaude en occupation

Le shéma est similaire dans les chambres étudiantes. On constate une courbe plus irrégulière lié à la petite surface du logement. La part de surface vitrée et l'occupation de la pièce vont avoir un impacte plus important sur la température et le confort de la chambre.
L'inconfort survient courant juillet. La température intérieure augemente plus rapidement (à cause des apports inernets et solaires) mais se stabilise plus rapidement. Le déphasage est moins marqué que dans le cas précédent mais cela est également lié aux sources d'apports de la pièce.

2.02 - Conclusion

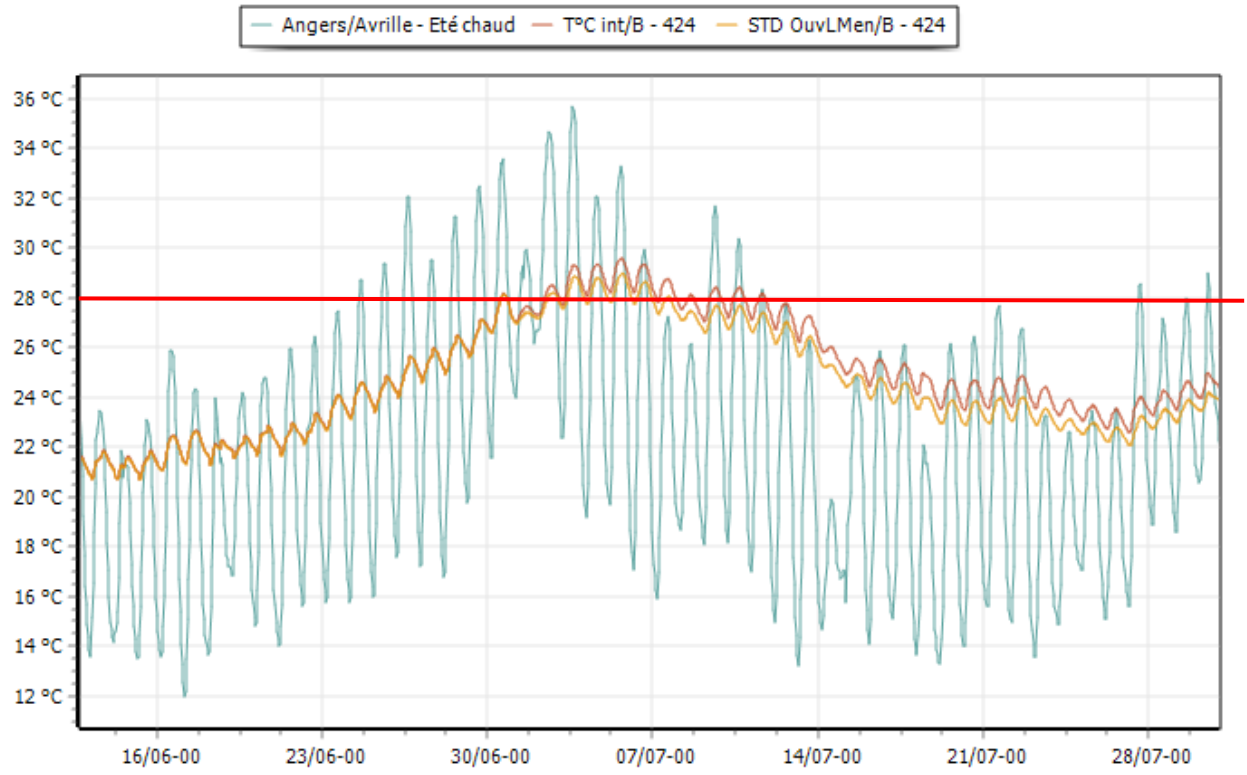
En base, on constate que le bâtiment est très vitré. Cela augmente le risque d'inconfort en période estivale par les apports solaires.

Les chambres étudiantes sont également de petits volumes qui vont facilement réagir aux apports internes des occupants lors de leur présence.

Dans les deux cas présentés, la température intérieure augmente de façon décalée à celle de l'extérieur grâce aux travaux de réisolation qui vont permettre de déphaser la montée en température.
Cependant le bâtiment emmagasine en continu de la chaleur et ne la rejette pas. En conséquence pendant les périodes de chaleur prolongées, la température stagne et reste élevée.
Ce phénomène est accéléré dans les chambres étudiantes qui possèdent un plus petit volume.

En l'état, les simulations montrent que l'objectif d'inconfort de 28°C sur 2% du temps d'occupation est respecté.
Cependant on constate que le bâtiment emmagasine de la chaleur en période estivale malgré un déphasage permis par l'inertie de la nouvelle enveloppe. Cette chaleur emmagasinée ne s'évacue pas suffisamment pour rafraichir l'ambiance.

En simulant une ouverture des menuiseries la nuit de juin à juillet pour décharger la chaleur emmagasinée, les résultats sont les suivants :



Zone « B-lgt 424 » - Evolution de Température intérieure de juin à juillet

L'ouverture des menuiseries n'a un impacte que sur le mois de juillet lorsqu'il n'y a plus d'occupant.
Les apports internes liés à l'occupation ne sont pas compensés par l'ouverture des menuiseries lorsque la température diminue dehors.