

06/06/2018

Simulation thermique dynamique

Restructuration du Bâtiment 419

Rue du 9 Juin 1944
19000 TULLE

Ce rapport présente la synthèse de la **simulation thermique dynamique** du bâtiment 419, située à TULLE.

Cette étude a été réalisée par le Bureau d'Etudes BEENERGETIK en Juin 2018.



Maître d'ouvrage : TULLE AGGLO

ARCHITECTE : M BEFFRE

BET FLUIDES : CITE 4



VISITEZ NOTRE SITE : www.beenergetik.com

BEENERGETIK

Ce rapport a été rédigé par BEENERGETIK avec la qualité et le soin requis.

BEENERGETIK n'est pas responsable des applications qui dépassent le cadre des tâches décrites dans l'offre.
BEENERGETIK n'est pas non plus responsable vis-à-vis de tiers qui prennent connaissance de ce rapport ou d'une partie de celui-ci. Aucune obligation ne peut être imputée à BEENERGETIK, notamment par des parties tierces.

1

| Référence BEENERGETIK | Numéro de version | Date de version |
|-----------------------|-------------------|-----------------|
| BATIMENT 419 | 2 | 06/06/2018 |
| Commentaires | | |

| Rédaction | Vérification | Validation |
|--------------|--------------|------------|
| Nicolas RABA | Karim TAHIR | 06/06/2018 |

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| I. OBJECTIFS DE L'ETUDE | 3 |
| 1. Simulation Thermique Dynamique (STD) | 3 |
| II. DONNEES GENERALES | 4 |
| 1. La situation | 4 |
| 2. Le bâti | 5 |
| 3. L'étanchéité à l'air | 5 |
| III. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE | 6 |
| 1. Scénario | 6 |
| 2. Résultats de l'étude | 7 |
| a. Températures maximales atteintes..... | 7 |
| b. Nombre d'heure de surchauffe | 8 |
| c. Evolution de la température | 12 |
| IV. LISTE DES CHARGES DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT | 14 |
| 1. Charges de chauffage | 14 |
| 2. Charges de refroidissement | 15 |

I. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le principe du projet est de restructurer le bâtiment 419 situé à proximité de l'IUT (Institut Universitaire de Technologie) afin de l'intégrer au mieux au site et de le rendre fonctionnel afin d'accueillir au rez de chaussée une bibliothèque et aux étages les activités de l'ISFI (Institut de Formation en Soins Infirmier).

Il sera réalisé une isolation par l'extérieur et un habillage en forme « d'aile d'avion » au niveau de la toiture, ainsi qu'un réaménagement complet de l'intérieur du bâtiment avec pour principale modification un atrium allant du rez de chaussée au 3^{ème} étage permettant un lien entre les étages et un apport de lumière naturel même au centre du bâtiment.

Les résultats présents dans ce rapport ont été réalisés avec les plans et les données scénaristiques fournies par le bureau d'architecture BEFFRE.

1. Simulation Thermique Dynamique (STD)

La simulation thermique dynamique nous permet de visualiser le comportement du bâtiment dans l'année en intégrant des scénarios d'occupation, d'éclairage, de ventilation et d'équipement interne. Ces différents scénarios ont été réalisés en s'appuyant sur l'étude de programmation. ***On rappelle que cette STD ne prend pas en compte des systèmes de refroidissement et permet de déterminer leur nécessité.***

La Simulation Thermique Dynamique (STD) modélise des échanges thermiques entre des zones. Chaque zone représente une uniformité de température, de mode d'occupation et d'utilisation. Ce calcul par STD n'est pas un calcul réglementaire, il a pour but de faire apparaître les besoins thermiques réels afin d'obtenir un confort thermique évalué avec des conditions d'utilisation standard.

Cette STD est réalisée par le logiciel CYPETHERM EPLUS avec le moteur de calcul EnergyPlus développé par le « Department of Energy » (DOE).

La localisation du projet est modélisée par l'utilisation d'un fichier météorologique (base de données de *météonorm*). Ce fichier représente les conditions climatiques standards de la ville.



II. DONNEES GENERALES

1. La situation

Le projet se situe rue du 19 Juin 1944, sur la commune de TULLE. Le bâtiment aura des brises soleils sur toute la partie SUD afin de limiter les apports de chaleur.



4

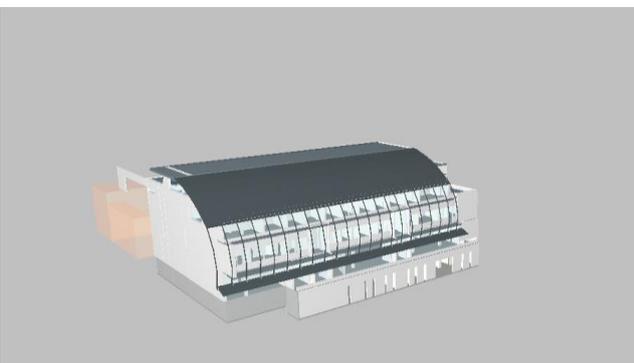


Figure 1 : Photographie du bâtiment existant et modélisation STD du bâtiment après reconstruction

2. Le bâti

| TYPE | LOCALISATION | ISOLANT | EPAISSEUR ISOLANT | RESISTANCE THERMIQUE |
|-------------------------|--|---|-------------------|------------------------------------|
| Plancher | Plancher sur terre plein R-1 | - | - | - |
| | Plancher sur parking et sur décroché donnant sur extérieur | Isolant sous dalle | 100 mm | 2.50 m².K/W |
| Mur extérieur | Mur en bloc béton | Isolant extérieur | 200 mm | 5.00 m².K/W |
| | Mur en façade avant R+1 et façade arrière R+2 | Isolant extérieur | 160 mm | 4.60 m².K/W |
| | Mur en façade arrière sur sanitaire | Deux couches d'isolant | 160+45 mm | 4.10+1.15 m².K/W |
| Plafond | Plafond sur combles technique et toiture terrasse | Isolant sur dalle ou sur structure légère | 300 mm | 7.50 m².K/W |
| | Plafond toiture rampant | Complexe isolant | 150 mm | 5.00 m².K/W |
| Menuiseries extérieures | Ensemble des menuiseries | Baie alu double vitrage à isolation renforcée | - | Uw ≤ 1.60 W/m².K |
| | Fenêtre de toit atrium | Baie double vitrage à isolation renforcée | - | Uw ≤ 1.60 W/m².K |

5

Facteur solaire des menuiseries derrière les **brises soleils** orientées au SUD (NIVEAU 1 – 2) pris dans l'étude à **0.20**.

3. L'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air du bâtiment a été prise après travaux comme hypothèse à une valeur de **Q₄ de 1.70 m³/h.m²**.

III. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

1. Scénario

| | Bibliothèque R0 | Salle de Cours 1 R0 | Sim 2 - R1 | Bureau - R2 | Salle de Cours 3 R1 | Salle examen R2 |
|---------------------------------|---|---|---|--|---|--|
| Ventilation [m³/h] | 660 | 1 VOL/h Ventilation Naturelle | 90 | 25 | 1080 | 1440 |
| | <p>Du Lundi au Vendredi 9h-18h : 70 %</p> <p>Du Lundi au Vendredi 18h-20h : 30 %</p> <p>Reste du temps : 20 %</p> <p>JUILLET : Du Lundi au Vendredi 9h-18h : 40 %</p> <p>AOUT : 20%</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Reste du temps : 10%</p> <p>AOUT : 10%</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Reste du temps : 10%</p> <p>JUILLET -AOUT : 10%</p> | <p>Du Lundi au Vendredi 7h-9h/11h-14h/17h-19h : 100 %</p> <p>Reste du temps : 20 %</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Reste du temps : 20%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi 8h-12h/14h-18h : 50%</p> <p>AOUT : 20%</p> | <p>Lundi-Mercredi-Vendredi : 8h-9h/18h-19h : 50%</p> <p>Lundi-Mercredi-Vendredi : 9h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Lundi-Mercredi-Vendredi : 12h-14h : 50%</p> <p>Reste du temps : 10%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mercredi-Vendredi : 9h-12h/14h-18h : 50%</p> <p>AOUT : 10%</p> |
| Occupation [personne(s)] | 40 | 30 | 4 | 1 | 60 | 80 |
| | <p>Du Lundi au Vendredi 9h-18h : 70 %</p> <p>Du Lundi au Vendredi 18h-20h : 30 %</p> <p>Du Lundi au Vendredi 7h-9h : 20 %</p> <p>Reste du temps : 0 %</p> <p>JUILLET : Lundi au Vendredi 9h-18h : 40 %</p> <p>AOUT : 0%</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 7h-8h/12h-14h/18h-20h : 10%</p> <p>Reste du temps : 0%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 50%</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 7h-8h/12h-14h/18h-20h : 10%</p> <p>Reste du temps : 0%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 50%</p> | <p>Du Lundi au Vendredi 7h-9h/11h-14h/17h-18h : 75 %</p> <p>Du Lundi au Vendredi 9h-11h/14h-17h/19h-20h : 10 %</p> <p>Reste du temps : 0 %</p> | <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 7h-8h/12h-14h/18h-20h : 10%</p> <p>Reste du temps : 0%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mardi-Jeudi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 50%</p> | <p>Lundi-Mercredi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> <p>Reste du temps : 0%</p> <p>JUILLET : Lundi-Mercredi-Vendredi : 8h-12h/14h-18h : 100%</p> |

Tableau 1 : Scénario des locaux étudiés

2. Résultats de l'étude

Attention, ces données ne permettent que de mettre en exergue les moments où l'on peut avoir des maximum et de l'inconfort (dans le cadre des scénarios indiqués) ;

3 Variantes ont été réalisées :

- **BASE** : Scénario *suivant III.1. Scénario*
- **VARIANTE 1** : VENTILATION ATRIUM : Scénario suivant III.1. Scénario et ventilation de l'atrium la nuit de Juin à Septembre
- **VARIANTE 2** : VENTILATION ATRIUM + VENTILATION NOCTURNE : Scénario suivant III.1. Scénario, ventilation de l'atrium la nuit de Juin à Septembre, et ventilation des locaux à 50% du débit max la nuit de 18h à 8h sauf sur SALLE DE COURS 1 étant donné que cette dernière est en ventilation naturelle.

a. Températures maximales atteintes

- Températures maximales atteintes BASE :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|---------------------------|------|------|---------|-----------|
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 25.1 | 29.1 | 29.0 | 29.4 |
| COURS 1 - RDC | 29.5 | 34.9 | 33.5 | 31.8 |
| SIM 2 - R+1 | 25.6 | 29.7 | | 30.9 |
| COURS 3 - R+1 | 28.4 | 33.8 | 34.3 | 31.8 |
| BUREAU 10 - R+1 | 25.5 | 29.4 | 30.3 | 31.1 |
| EXAMEN - R+2 | 26.9 | 31.3 | 32.0 | 30.5 |

Tableau 2 : Température maximale atteinte en °C - BASE

- Températures maximales atteintes et différence/BASE en °C VARIANTE 1 :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|---------------------------|------|------|---------|-----------|
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 25.1 | 28.5 | 28.1 | 28.6 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.7 | -1.0 | -0.8 |
| COURS 1 - RDC | 29.5 | 34.6 | 33.1 | 31.4 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.3 | -0.4 | -0.4 |
| SIM 2 - R+1 | 25.6 | 29.2 | | 30.4 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.5 | | -0.5 |
| COURS 3 - R+1 | 28.4 | 33.6 | 33.8 | 31.5 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.2 | -0.5 | -0.3 |
| BUREAU 10 - R+1 | 25.5 | 29.0 | 29.6 | 30.5 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.4 | -0.7 | -0.5 |
| EXAMEN - R+2 | 26.9 | 30.9 | 31.2 | 29.9 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.4 | -0.9 | -0.5 |

Tableau 3 : Température maximale atteinte en °C - VARIANTE 1

- Températures maximales atteintes et différence/BASE en °C VARIANTE 2 :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|---------------------------|------|------|---------|-----------|
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 25.1 | 28.3 | 27.9 | 28.5 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.9 | -1.1 | -0.9 |
| COURS 1 - RDC | 29.5 | 34.3 | 32.6 | 31.3 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.6 | -0.9 | -0.5 |
| SIM 2 - R+1 | 25.6 | 29.4 | 28.5 | 30.6 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.3 | 28.5 | -0.3 |
| COURS 3 - R+1 | 28.4 | 33.3 | 33.3 | 31.4 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.5 | -1.0 | -0.4 |
| BUREAU 10 - R+1 | 25.5 | 28.8 | 29.4 | 30.5 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.6 | -0.9 | -0.6 |
| EXAMEN - R+2 | 26.9 | 30.6 | 30.6 | 29.8 |
| <i>DIFFERENCE/BASE</i> | 0.0 | -0.8 | -1.4 | -0.6 |

Tableau 4 : Température maximale atteinte en °C - VARIANTE 2

➔ La ventilation nocturne permet de diminuer les pics de température (diminution de 1°C) sur des périodes de fortes chaleurs.

b. Nombre d'heure de surchauffe

➤ VERSION BASE :

- Nombre d'heures et % d'heure en surchauffe différence/base en H du lundi au vendredi :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|-------------------------------|-----|------|---------|-----------|
| <i>NBR D'HEURES REFERENCE</i> | 552 | 504 | 528 | 480 |
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 0 | 70 | 38 | 26 |
| | 0% | 13% | 8% | 5% |
| COURS 1 - RDC | 25 | 341 | 416 | 74 |
| | 5% | 65% | 83% | 15% |
| SIM 2 - R+1 | 0 | 58 | | 58 |
| | 0% | 11% | | 12% |
| COURS 3 - R+1 | 4 | 266 | 304 | 57 |
| | 1% | 50% | 60% | 11% |
| BUREAU 10 - R+1 | 0 | 70 | 61 | 64 |
| | 0% | 13% | 12% | 13% |
| EXAMEN - R+2 | 0 | 133 | 78 | 10 |
| | 0% | 25% | 15% | 2% |

Tableau 5 : Temps de surchauffe en heure (température supérieure à 28°C) (hors samedi et dimanche) – BASE

- Représentation graphique des heures de surchauffes :

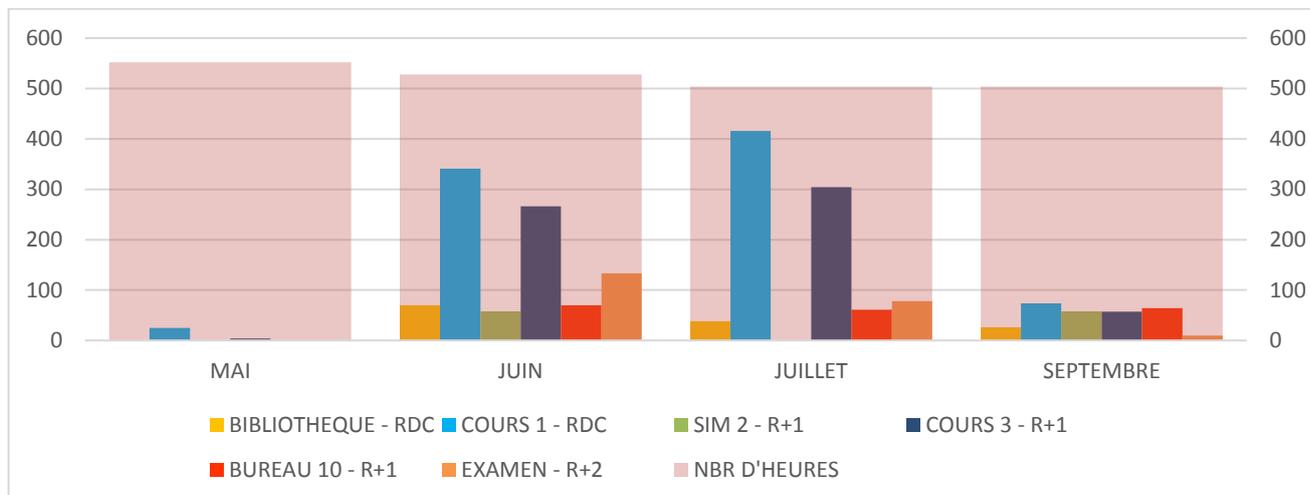


Figure 2 : Graphique des temps de surchauffe en heure lors des mois de Mai, Juin, Juillet et Aout – BASE

➤ VARIANTE 1 :

- Nombre d'heures et % d'heure en surchauffe du lundi au vendredi :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|-------------------------------|-----|------|---------|-----------|
| <i>NBR D'HEURES REFERENCE</i> | 552 | 528 | 504 | 504 |
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 0 | 11 | 3 | 4 |
| | 0% | 2% | 1% | 1% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -59 | -35 | -22 |
| COURS 1 - RDC | 25 | 323 | 338 | 58 |
| | 5% | 61% | 67% | 12% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -18 | -78 | -16 |
| SIM 2 - R+1 | 0 | 29 | | 25 |
| | 0% | 5% | | 5% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -29 | | -33 |
| COURS 3 - R+1 | 4 | 245 | 218 | 39 |
| | 1% | 46% | 43% | 8% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -21 | -86 | -18 |
| BUREAU 10 - R+1 | 0 | 42 | 34 | 34 |
| | 0% | 8% | 7% | 7% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -28 | -27 | -30 |
| EXAMEN - R+2 | 0 | 60 | 33 | 4 |
| | 0% | 11% | 7% | 1% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -73 | -45 | -6 |

Tableau 6 : Temps de surchauffe en heure (température supérieure à 28°C) (hors samedi et dimanche) – VARIANTE 1

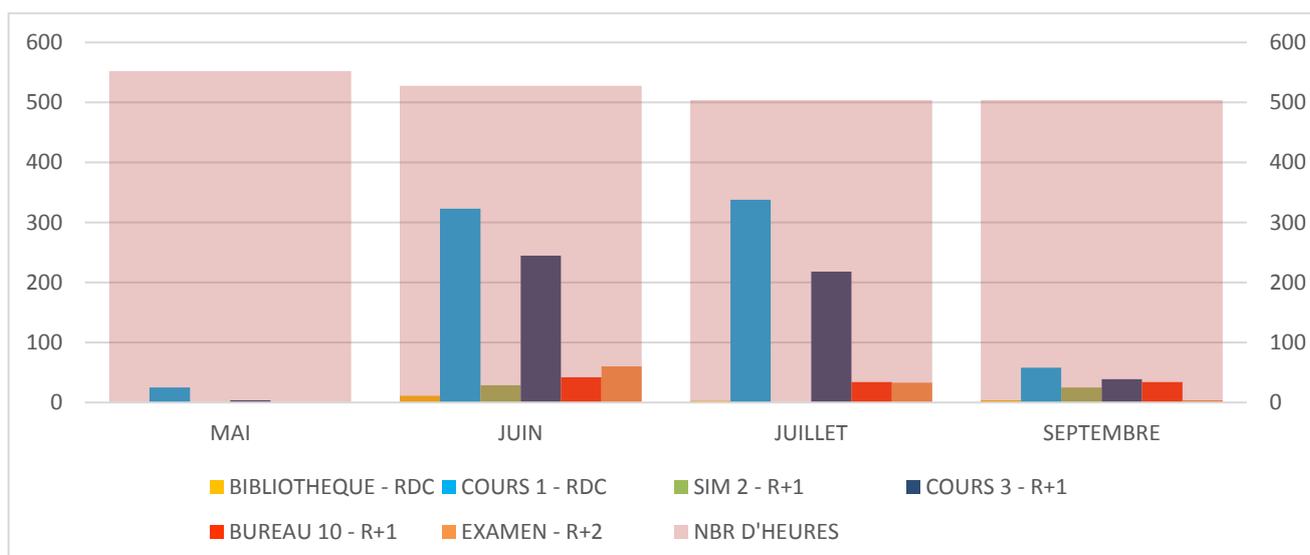


Figure 3 : Graphique des temps de surchauffe en heure lors des mois de Mai, Juin, Juillet et Aout – VARIANTE 1

➤ VARIANTE 2 :

- Nombre d'heures et % d'heure en surchauffe et différence/base en H du lundi au vendredi :

| | MAI | JUIN | JUILLET | SEPTEMBRE |
|-------------------------------|-----|------|---------|-----------|
| <i>NBR D'HEURES REFERENCE</i> | 552 | 528 | 504 | 504 |
| BIBLIOTHEQUE - RDC | 0 | 4 | 0 | 3 |
| | 0% | 1% | 0% | 1% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -66 | -38 | -23 |
| COURS 1 - RDC | 25 | 301 | 265 | 51 |
| | 5% | 57% | 53% | 10% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -40 | -151 | -23 |
| SIM 2 - R+1 | 0 | 31 | | 30 |
| | 0% | 6% | | 6% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -27 | | -28 |
| COURS 3 - R+1 | 4 | 177 | 145 | 29 |
| | 1% | 34% | 29% | 6% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -89 | -159 | -28 |
| BUREAU 10 - R+1 | 0 | 26 | 22 | 29 |
| | 0% | 5% | 4% | 6% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -44 | -39 | -35 |
| EXAMEN - R+2 | 0 | 27 | 23 | 4 |
| | 0% | 5% | 5% | 1% |
| DIFFERENCE/BASE | 0 | -106 | -55 | -6 |

Tableau 7 : Temps de surchauffe en heure (température supérieure à 28°C) (hors samedi et dimanche) – VARIANTE 2

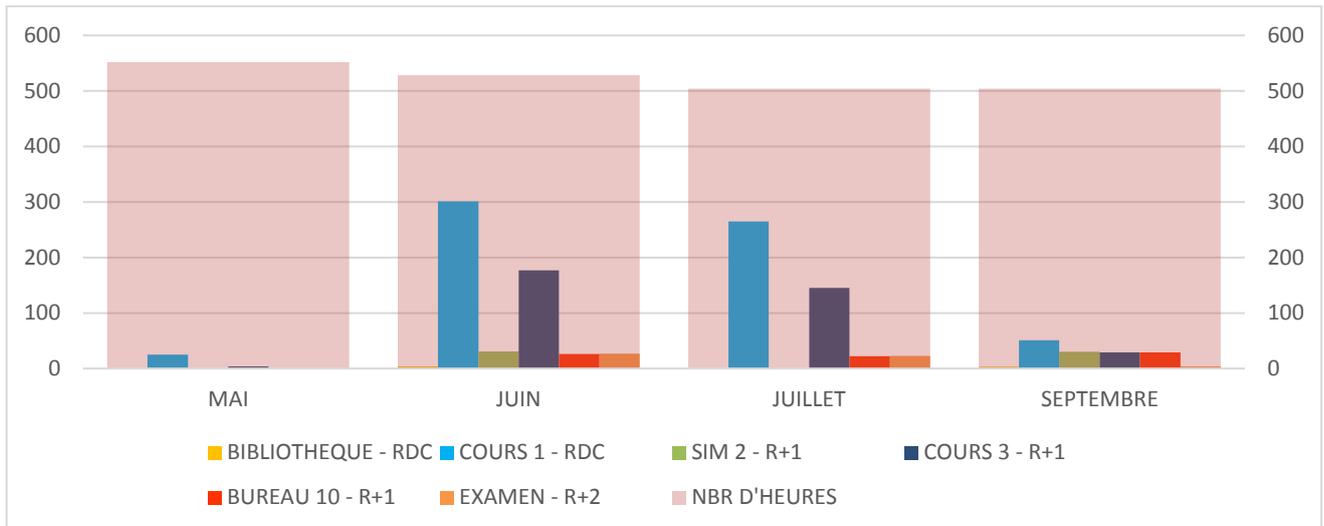


Figure 4 : Graphique des temps de surchauffe en heure lors des mois de Mai, Juin, Juillet et Aout – VARIANTE 2

➡ On peut constater des temps de surchauffe conséquent dans les salles de cours. Ces surchauffes sont dues principalement à **l'occupation** (100% d'occupation tous les jours de la semaine - on a un gros apport d'énergie dans un lieu bien isolé et un environnement chaud empêchant l'énergie de sortir) mais aussi, pour la **salle de cours au rez-de-chaussée**, une **possibilité réduite de réaliser de la surventilation nocturne** du fait du type de ventilation présente dans cette pièce (**Ventilation Naturelle par ouverture des fenêtres**).

➡ La **ventilation nocturne de l'atrium et la surventilation nocturne** des pièces permettent de **diminuer** considérablement les **surchauffes**. Le système de **rafraîchissement par eau** (radiateurs CHANGE OVER) permettra de **compléter ces dispositifs et d'amortir ces pics d'énergie apportés**.

c. Evolution de la température

➤ VERSION BASE :

- Focus sur l'évolution des températures sur **une semaine CHAUDE en Juillet** pour la Bibliothèque et la salle d'examen :

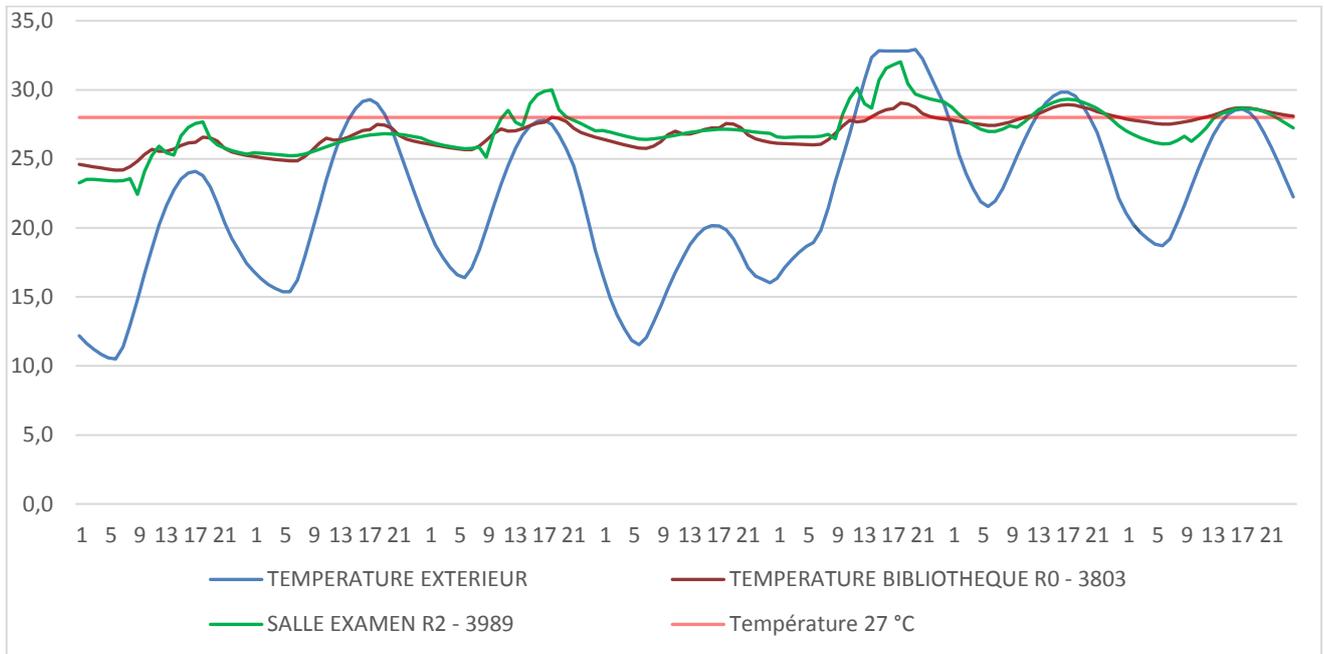


Figure 5 : Evolution de la température sur une semaine de fin juillet dans les locaux salle d'examen et bibliothèque

➤ VARIANTE 1 :

- Focus sur l'évolution des températures sur **une semaine CHAUDE en Juillet** pour la Bibliothèque et la salle d'examen :

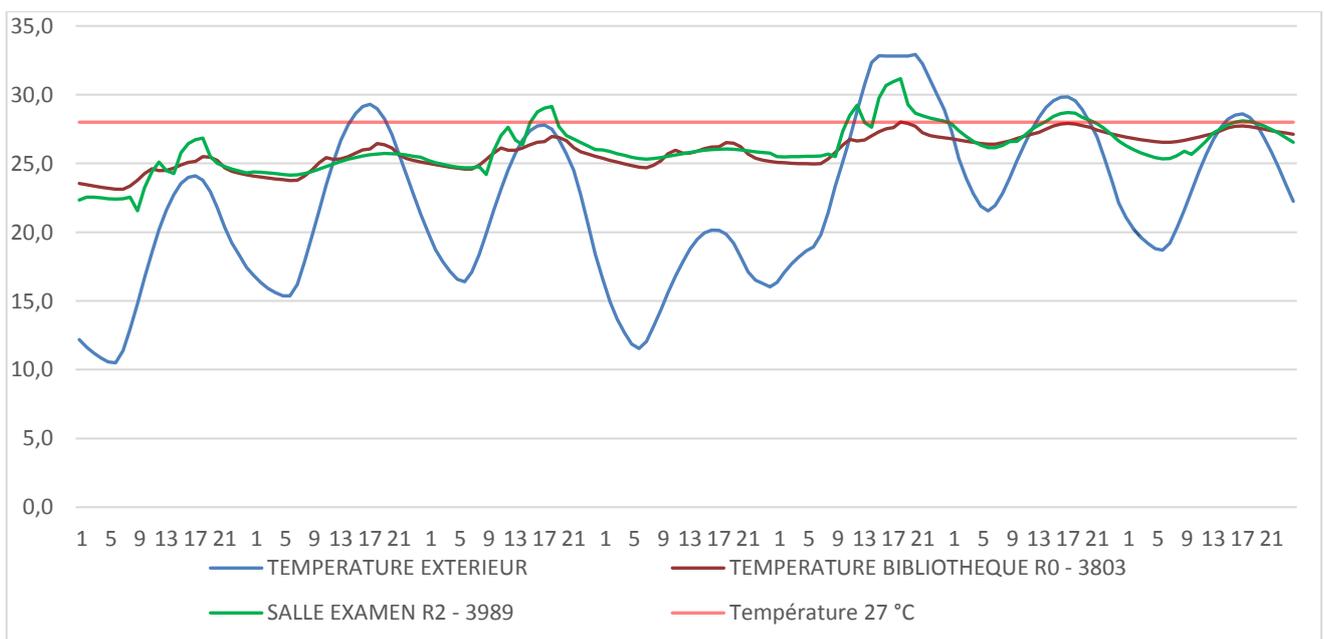


Figure 6 : Evolution de la température sur une semaine de fin juillet dans les locaux salle d'examen et bibliothèque – VARIANTE 1

➤ VARIANTE 2 :

- Focus sur l'évolution des températures sur **une semaine CHAUDE en Juillet** pour la Bibliothèque et la salle d'examen :

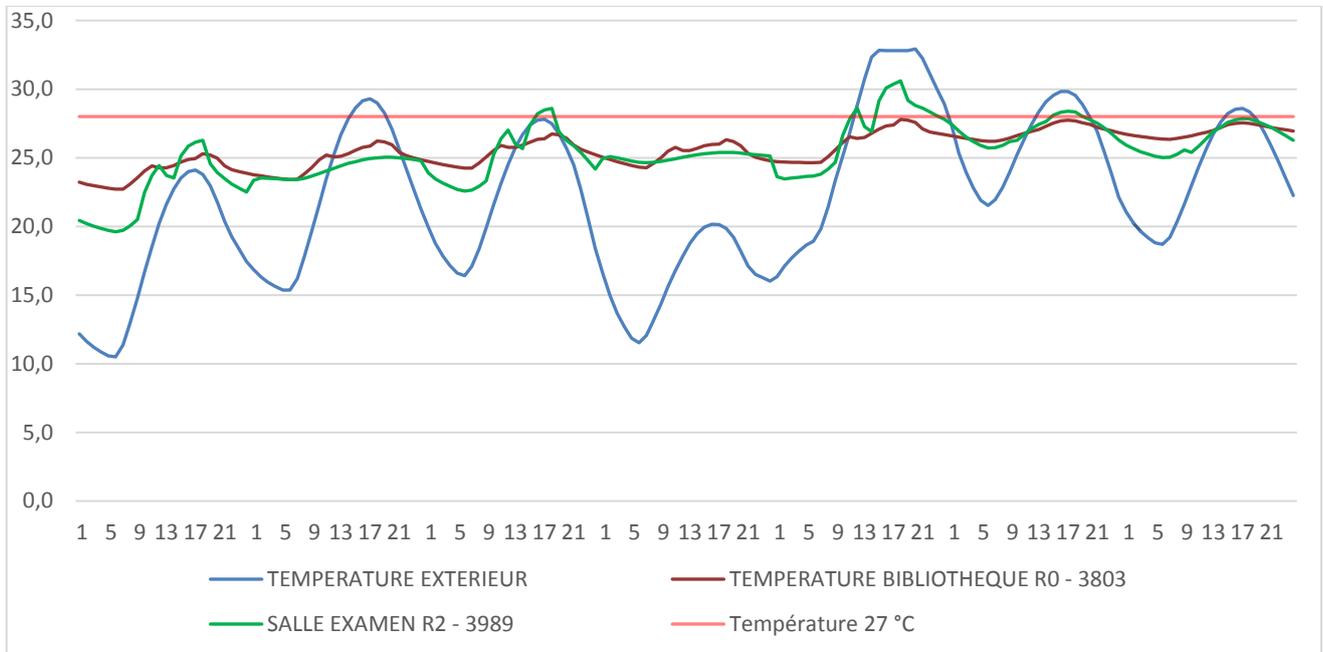


Figure 7 : Evolution de la température sur une semaine de fin juillet dans les locaux salle d'examen et bibliothèque – VARIANTE 2

➡ Dans la **salle d'examen**, le principal apport d'énergie reste **les occupants** qui font logiquement remonter les températures. Une **surventilation en fin de nuit** permet de faire redescendre la température et de gagner un peu de confort sur le début de journée comme le montre le graphique.

➡ Dans la **bibliothèque**, le principal apport d'énergie reste **les baies** (radiations et transfert direct) – *rappelons ici qu'une baie $U_w=1.6$ équivaut à une résistance thermique de $R= 0.63$, soit 8 fois moins qu'un mur isolé.* Malgré cet apport important, la bibliothèque reste à des niveaux de température convenables grâce à la surventilation nocturne.

IV. Liste des charges de chauffage et de refroidissement

1. Charges de chauffage

Calcul réalisé avec les hypothèses suivantes :

- Température intérieure : 19°C
- Température extérieure : -9°C
- Suivant normes EN12831
- Surpuissance de relance : 16 W/m²

| | A | Φ_T | Φ_V | Φ_{RH} | $\Phi_{HL,S}$ | Φ_{HL} |
|---------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | (m ²) | (W) | (W) | (W) | (W) | (W) |
| R-1 | | | | | | |
| Somme | 218.3 | 9619 | 952 | 3257 | 13350 | 13826 |
| RDC | | | | | | |
| Somme | 1095.6 | 37576 | 22802 | 17533 | 75120 | 77909 |
| R+1 | | | | | | |
| Somme | 938.9 | 17935 | 21458 | 16523 | 53301 | 55917 |
| R+2 | | | | | | |
| Somme | 915.1 | 20634 | 24988 | 16043 | 59103 | 61657 |
| R+3 | | | | | | |
| Somme | 132.5 | 12466 | 1716 | 4177 | 17692 | 18359 |
| Somme totale | 3300.4 | 98230 | 71916 | 57533 | 218566 | 227668 |

14

| | |
|---------------|---|
| Φ_T | Déperditions de base par transmission |
| Φ_V | Déperditions de base par renouvellement d'air |
| Φ_{RH} | Surpuissance de relance |
| $\Phi_{HL,S}$ | Charge thermique simultanée de calcul |
| Φ_{HL} | Charge thermique nominale |

Le fait de mettre en place une **double façade orientée au SUD** permettrait de faire un espace tampon entre la façade déperditive et l'extérieur. De plus, pour les locaux orientés au SUD sur le niveau R0, R+1 et R+2 situé entre la façade et l'atrium, si l'air neuf arrive de cette façade rideau (**air ambiant de 4°C (estimé) au lieu de -9°C**), cela permettrait d'avoir un besoin de chauffage **diminué de 13300 W**.

Il sera nécessaire l'été d'éviter cet apport de chaleur par la double façade en la ventilant au maximum.

2. Charges de refroidissement

Calcul réalisé avec les hypothèses suivantes :

- Température intérieure : 28°C
- Température extérieure : 26.8°C
- Moment de charge maximale : 21 Juillet à 17h
- Suivant ASHRAE

| | Externes | | | | | Internes | | Ventilation | | | Totales | | | |
|---------------------|------------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------------------------|---------------|
| | A (m ²) | Conduction (W) | Solaire (W) | Inf. lat. (W) | Inf. sens. (W) | Lat. (W) | Sens. (W) | Débit (m ³ /h) | Lat. (W) | Sens. (W) | Lat. (W) | Sens. (W) | Total (W/m ²) | Total (W) |
| R-1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Somme | 218.3 | 97 | 19 | -113 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 142 | 11 | 142 |
| RDC | | | | | | | | | | | | | | |
| Somme | 1095.6 | -3959 | 32079 | -698 | -39 | 7276 | 11163 | 982 | -887 | 293 | 5873 | 39535 | 1007 | 45404 |
| R+1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Somme | 938.9 | -348 | 13940 | -379 | 313 | 17600 | 23006 | 5260 | -3160 | 956 | 14264 | 37868 | 1094 | 52132 |
| R+2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Somme | 915.1 | -169 | 13163 | -430 | 225 | 11253 | 15892 | 3168 | -1949 | 1123 | 9069 | 30227 | 1828 | 39299 |
| R+3 | | | | | | | | | | | | | | |
| Somme | 132.5 | -563 | 19363 | -152 | -10 | 990 | 1328 | 250 | -150 | 23 | 828 | 20140 | 196 | 20968 |
| Somme totale | 3300.4 | -4942 | 78564 | -1772 | 515 | 37119 | 51389 | 9660 | -6146 | 2395 | 30034 | 127912 | 4136 | 157945 |

| A | Surface |
|-------------------|---|
| Conduction | Charges dues aux apports de chaleur par conduction |
| Solaire | Charges dues aux apports de chaleur par rayonnement solaire |
| Inf. lat. | Infiltration latente |
| Inf. sens. | Infiltration sensible |
| Lat. | Latente |
| Sens. | Sensible |