



**UNIVERSITE PARIS 8**

**2 rue de la Liberté**

**93526 SAINT DENIS**

## **CONSTRUCTION D'UNE MAISON DES ASSOCIATIONS – CAMPUS ST-DENIS**

**Architectes**

**LT2A**

482 rue Albert Bailly, 59700 MARCQ

Téléphone : 09 55 62 99 26 - Courriel : [info@lt2a.com](mailto:info@lt2a.com)

**Économiste**

**ATEC**

165 rue du Château 75014 PARIS

Téléphone : 02 96 52 46 70 - Courriel : [j.vaillant@atec-info.fr](mailto:j.vaillant@atec-info.fr)

**B.E. Structure**

**MAKE**

117 rue de Bagnolet 75020 PARIS

Téléphone : 06 38 05 47 22 - Courriel : [francois.brun@make-ingenierie.com](mailto:francois.brun@make-ingenierie.com)

**B.E. Fluides**

**YAC INGENIERIE**

40 route de Clessé, 79350 CHICHE

Téléphone : 05 49 72 13 35 - Courriel : [info@yac.fr](mailto:info@yac.fr)

**Acousticien**

**ECKEA**

33 rue de Croulebarbe 75013 PARIS

Téléphone : 01 56 68 00 36 - Courriel : [contact@eckea-acoustique.com](mailto:contact@eckea-acoustique.com)

**B.E.T VRD - Paysage**

**VEGETUDE**

10 rue Gaston Boyer 51100 REIMS

Téléphone : 03 26 40 66 17 - Courriel : [secretariat.direction@vegetude.fr](mailto:secretariat.direction@vegetude.fr)



**INGENIERIE**

**[www.yac.fr](http://www.yac.fr)**

40 route de Clessé

79350 CHICHE

Téléphone : 05 49 72 13 35

[info@yac.fr](mailto:info@yac.fr)

**AVANT PROJET DEFINITIF**

**Simulation Thermique Dynamique (STD)**

## Table des matières

<b>1-Préambule et méthodologie .....</b>	<b>4</b>
1.1 Le projet .....	4
1.2 Les objectifs de l'étude .....	4
1.3 Les intervenants .....	4
1.4 Les sources d'informations .....	4
1.5 La méthodologie .....	5
<b>2-Hypothèses des simulations .....</b>	<b>6</b>
2.1 Projet : phase APD .....	6
2.2 Coordonnées géographiques et zone climatique.....	6
2.2.1 Site .....	6
2.2.2 Station météorologique .....	6
2.2.3 Vues du bâtiment depuis la position du soleil.....	7
2.3 Zoning.....	10
2.3.1 Tableau des surfaces.....	10
2.3.2 Plan RDC .....	11
2.3.3 Plan R+1.....	12
2.3.4 Plan R+2.....	12
2.4 Hypothèses de base .....	13
2.4.1 La composition de l'enveloppe .....	13
2.4.2 Les menuiseries .....	15
2.4.3 Consignes en fonction des zones.....	15
2.4.4 Charges internes.....	16
<b>3- Estimations des besoins.....</b>	<b>17</b>
3.1 Synthèse des résultats .....	17
3.1.1 Performances énergétiques – « Été Moyen ».....	17
<b>4- Optimisations du confort hygrothermique estival .....</b>	<b>19</b>
4.1 Scénario de base - APD .....	19
4.1.1 Hypothèse du scénario et objectifs du programme.....	19
4.1.2 Synthèse des résultats .....	19
4.2 Amélioration n°1 : Occultations .....	22

4.2.1 Hypothèse .....	22
4.2.2 Analyse des résultats .....	23
4.2 Amélioration n°2 : Adiabatique sur CTA.....	27
4.2.1 Hypothèse .....	27
4.2.2 Analyse des résultats .....	27
4.2 Combinaison : Amélioration n°1 & 2 .....	31
4.2.1 Hypothèse .....	31
4.2.2 Analyse des résultats .....	31
5-Synthèse et conclusions.....	35
5.1 Analyse de la performance énergétique .....	35
5.2 Analyse du confort des occupants.....	35
5.3 Conclusions.....	36
6-Annexes.....	37
6.1 Les scénarios de fonctionnement de base.....	37
6.1 Les scénarios de fonctionnement de l'amélioration n°1 : Brise soleil avec gestion automatique en période estivale .....	51

# Construction d'une maison des associations sur le CAMPUS ST DENIS (93526)

## Simulation Thermique Dynamique – Phase Avant-Projet-Définitif

### 1-Préambule et méthodologie

#### 1.1 Le projet

Le projet consiste en la construction d'une maison des associations sur le campus de l'université Paris 8 à Saint-Denis.

Le présent rapport concerne la présentation de la Simulation Thermique Dynamique (STD) visant à optimiser le confort des occupants dans l'extension.

#### 1.2 Les objectifs de l'étude

Les objectifs de la simulation thermique sont :

- ✚ D'utiliser des outils de simulation permettant de prévoir le comportement du futur bâtiment ;
- ✚ D'estimer de façon indiciaire le confort et l'efficacité énergétique dans chaque zone du bâtiment étudié ;
- ✚ D'apporter au maître d'ouvrage une compréhension des enjeux énergétiques du bâtiment.

#### 1.3 Les intervenants

Maître d'ouvrage	Université Paris 8
Architecte	LT2A
BET Fluides	YAC Ingénierie
BET Structure	MAKE
Acousticien	ECKEA
Economiste	ATEC

#### 1.4 Les sources d'informations

Les éléments techniques utilisés sont issus des notices techniques et des plans de la phase APD établis par **LT2A**.

## 1.5 La méthodologie

La Simulation Thermique Dynamique (STD) du bâtiment est réalisée à l'aide du logiciel COMFIE-PLEIADES de version moteur 5.23.2.1. Ce logiciel prend en compte les différents paramètres agissant sur le comportement du bâtiment. Il opère en régime variable, respecte l'interaction entre les zones, prend en compte l'inertie de chacun des matériaux qui composent l'enveloppe et intègre la topographie exacte du site (masques lointains), et des bâtiments (masques proches). Les simulations permettent de faire vivre virtuellement le projet en utilisant un fichier météorologique horaire sur une année entière.

La simulation thermique dynamique permet d'estimer le niveau de température dans chaque zone thermiquement homogène et d'obtenir les besoins thermiques par zone ou pour le global.

L'outil de modélisation permet de faire varier un paramètre et de voir son incidence sur le confort ou sur la performance énergétique.

Ce dossier présente le projet de base et consiste à donner des valeurs pour le projet tel qu'il a été prévu par la maîtrise d'œuvre au stade APD.

Cette étude doit permettre à la maîtrise d'œuvre de connaître le niveau de performance de son projet et au maître d'ouvrage d'obtenir des niveaux de besoins en chauffage et de confort.

## 2-Hypothèses des simulations

### 2.1 Projet : phase APD

L'université Paris 8 a décidé de construire une maison des associations sur son campus, au 2 rue de la Liberté 93526 Saint-Denis.

### 2.2 Coordonnées géographiques et zone climatique

#### 2.2.1 Site

Nom	Maison des associations Campus de Saint-Denis	Altitude	38m
-----	---	----------	-----

#### 2.2.2 Station météorologique

Suivant la demande de l'université Paris 8, il est souhaité de simuler le bâtiment en prenant en compte un été chaud. Pour cela, nous allons utiliser la station météo « été chaud » pour nos simulations en phase APD.

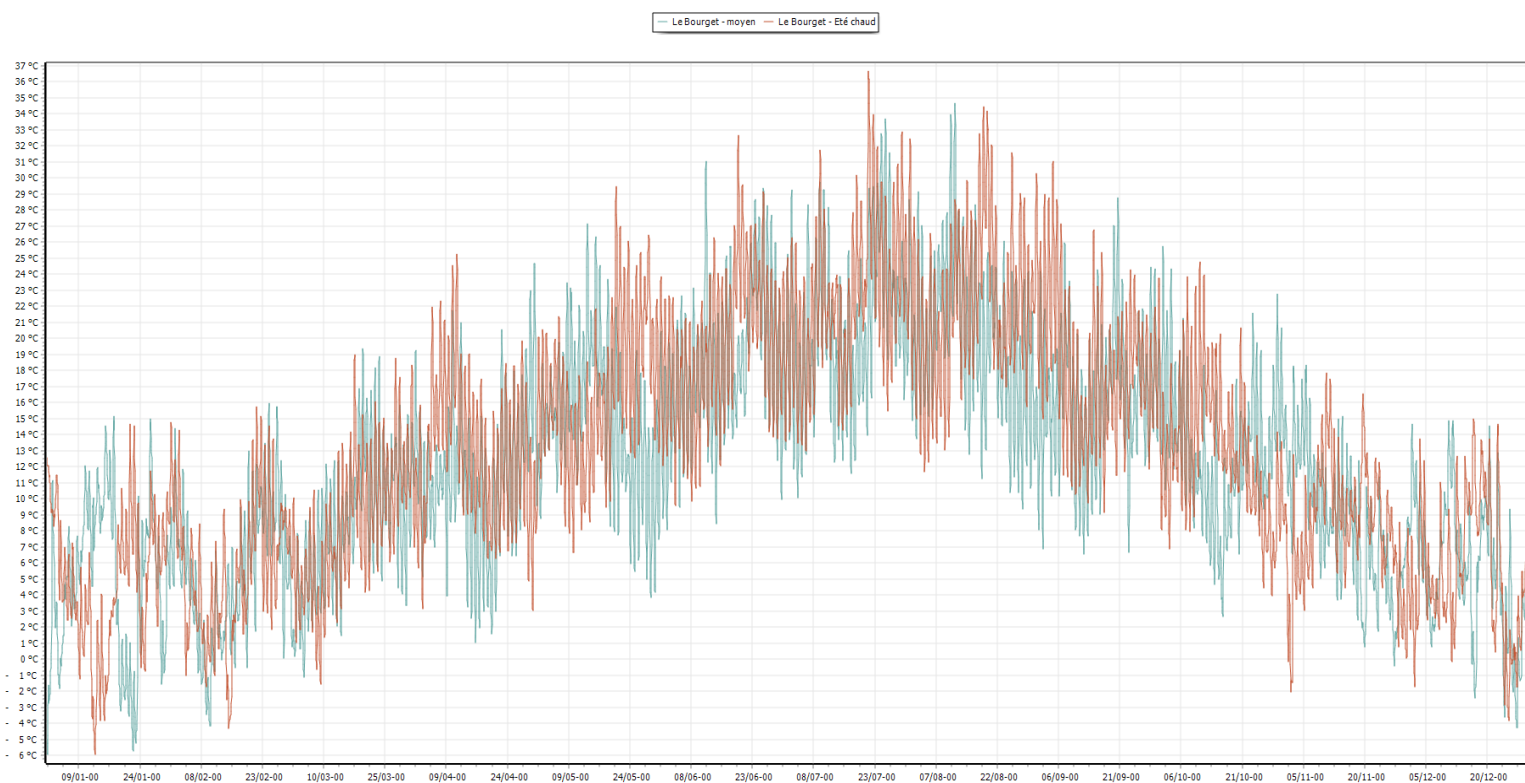
##### ➤ ÉTÉ MOYEN

Nom	Le Bourget – H1a <b>Été moyen</b>	Altitude	66m
Longitude	2°27'0''O	Latitude	48°58'12''N
Températures	Minimale (°C)	Maximale (°C)	Moyenne (°C)
	-6,0	34,7	13,7


##### ➤ ÉTÉ CHAUD

Nom	Le Bourget – H1a <b>Été chaud</b>	Altitude	66m
Longitude	2°27'0''O	Latitude	48°58'12''N
Températures	Minimale (°C)	Maximale (°C)	Moyenne (°C)
	-6,0	36,7	14,9

### Graphique comparatif des stations météo été moyen et été chaud



### 2.2.3 Vues du bâtiment depuis la position du soleil

 Journée du 1<sup>er</sup> mai à 9h00 :



✚ Journée du 1<sup>er</sup> mai à 11h00 :



✚ Journée du 1<sup>er</sup> mai à 13h00 :







✚ Journée du 1<sup>er</sup> mai à 15h00





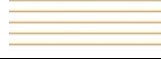








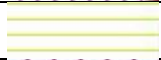
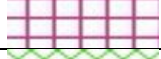



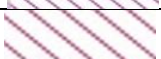
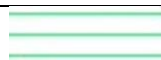

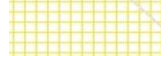



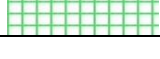
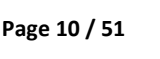

✚ Journée du 1<sup>er</sup> mai à 17h00 :





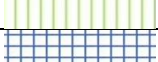
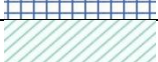







## 2.3 Zoning

Une zone est créée dès lors que les scénarios diffèrent : l'occupation, les consignes de températures, la ventilation, les orientations, les puissances dissipées liées aux apports internes, ... On souhaitait également connaître le comportement précis local par local dans l'école maternelle.

### 2.3.1 Tableau des surfaces

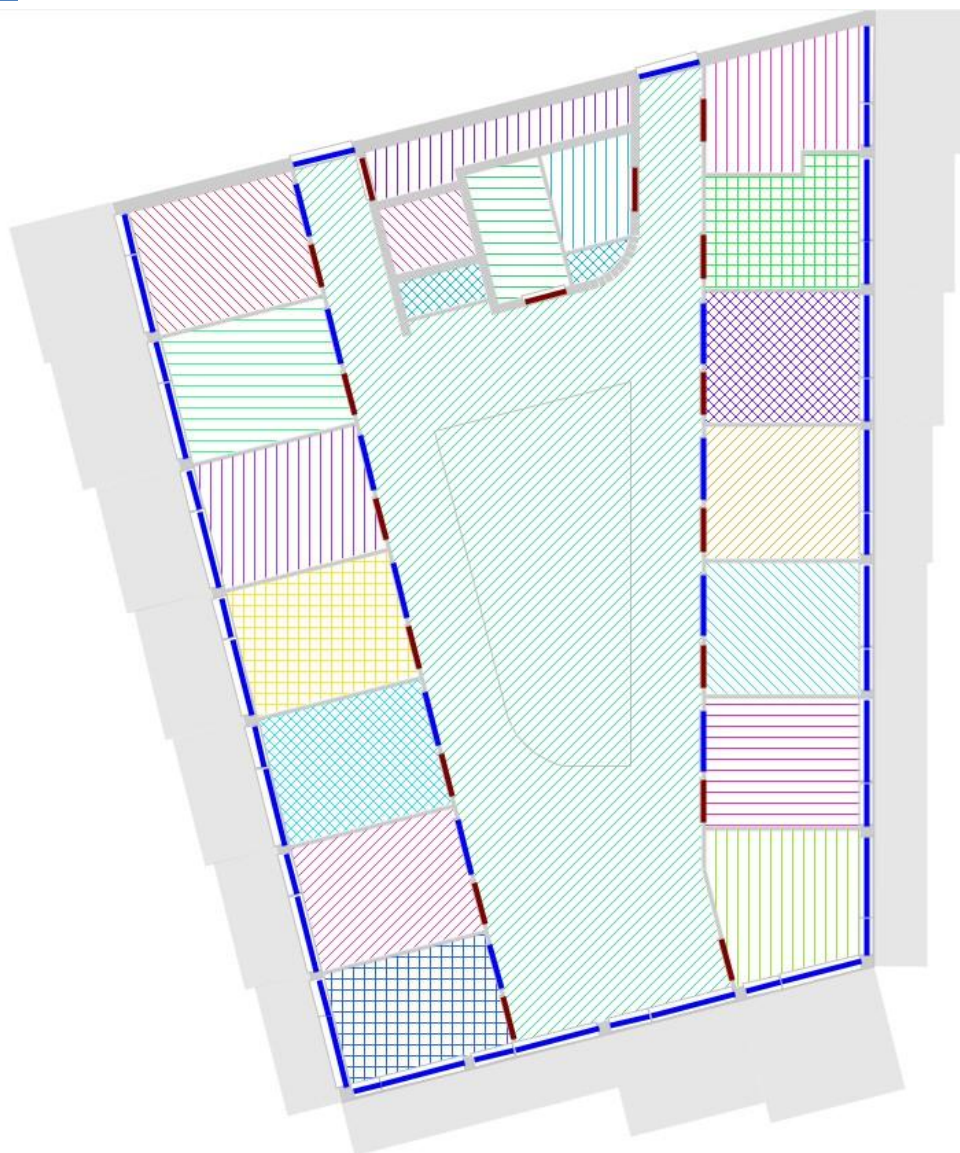
Surfaces (m²)	Zones	Légende de zonage
142,5	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	
16,8	RDC - Salle de réunion 1	
18,6	RDC - Salle de réunion 2	
11,8	RDC - Bureau partagé 1	
12,0	RDC - Bureau partagé 2	
11,8	RDC - Bureau partagé 3	
11,8	RDC - Bureau partagé 4	
11,4	RDC - Bureau individuel 1	
11,1	RDC - Bureau individuel 2	
11,5	RDC - Bureau VPE	
7,4	RDC - SAS entrée	
11,3	RDC - Sanitaires Femme	
9,5	RDC - Sanitaires Homme	
2,3	RDC - Local photocopie	
2,9	RDC - Local ménage	
3,5	RDC - Stockage	
5,5	RDC - Sous station	
/	Ascenseur - NON chauffé	
11,8	R+1 - Bureau partagé 5	
12,0	R+1 - Bureau partagé 6	
11,8	R+1 - Bureau partagé 7	
12,0	R+1 - Bureau partagé 8	
12,0	R+1 - Bureau partagé 9	
11,8	R+1 - Bureau partagé 10	
10,3	R+1 - Bureau individuel 3	
10,4	R+1 - Bureau individuel 4	

11,3	<i>R+1 - Bureau individuel 5</i>	
11,5	<i>R+1 - Bureau individuel 6</i>	
11,4	<i>R+1 - Bureau individuel 7</i>	
11,1	<i>R+1 - Bureau individuel 8</i>	
11,5	<i>R+1 - Bureau individuel 9</i>	
10,7	<i>R+1 - Bureau individuel 10</i>	
97,1	<i>R+1 - Circulation</i>	
4,4	<i>R+1 - Sanitaires</i>	
5,5	<i>R+1 - Local serveur</i>	
9,4	<i>Escalier Nord-Est</i>	
17,0	<i>R+2 - Local CTA</i>	

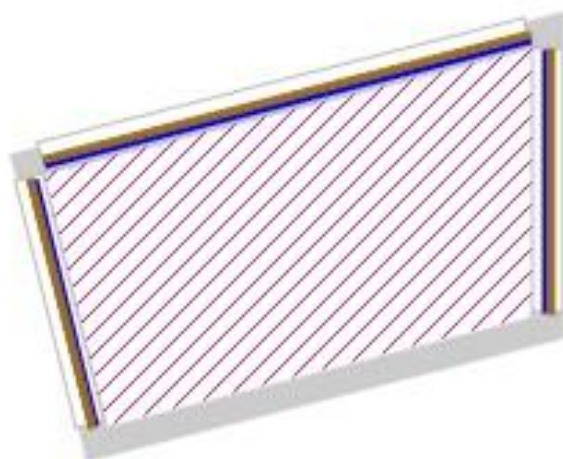
### 2.3.2 Plan RDC



### 2.3.3 Plan R+1



### 2.3.4 Plan R+2





## 2.4 Hypothèses de base

### 2.4.1 La composition de l'enveloppe

#### P1- Mur ossature bois avec bardage :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre x2 ;
- ✚ Isolation intérieure type isolant biosourcé certifiée 100 mm ( $R = 2,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) ;
- ✚ Pare-vapeur ;
- ✚ Isolation entre montant type isolant biosourcé certifiée 145 mm ( $R = 3,63 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) ;
- ✚ Panneau OSB, épaisseur 12 mm ;
- ✚ Pare pluie ;
- ✚ Lamelle d'air, épaisseur 30mm ;
- ✚ Contre-lattage bois ;
- ✚ Bardage métallique ;
- ✚ Extérieur.

#### P2- Mur extérieur Isolé – Béton 20cm :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre ;
- ✚ Isolation intérieure type isolant biosourcé certifiée 186 mm ( $R = 4,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) ;
- ✚ Pare-vapeur ;
- ✚ Béton, épaisseur = 200 mm ;
- ✚ Extérieur.

#### P3- Mur intérieur NON Isolé – Béton 20cm :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre ;
- ✚ Béton, épaisseur = 200 mm ;
- ✚ Plaque de plâtre ;
- ✚ Intérieur.

#### P4- Cloison intérieure 98/48 :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre x2 ;
- ✚ Isolation intérieure type isolant biosourcé certifiée, épaisseur : 48 mm ;
- ✚ Plaque de plâtre x2 ;
- ✚ Intérieur.

#### P5- Cloison intérieure SAD 120 :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre x2 ;
- ✚ Isolation intérieure type isolant biosourcé certifiée, épaisseur : 68 mm ;
- ✚ Plaque de plâtre x2 ;
- ✚ Intérieur.

#### P6- Cloison intérieure 72/48 :

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Plaque de plâtre ;
- ✚ Isolation intérieure type isolant biosourcé certifiée, épaisseur : 48 mm ;
- ✚ Plaque de plâtre ;
- ✚ Intérieur.

#### P7- Plancher bas zone plancher chauffant:

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Revêtement de sol ;
- ✚ Chape liquide anhydrite, épaisseur : 100mm ;
- ✚ Isolant type TMS, épaisseur 140 mm ( $R = 5,60 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Dalle béton, épaisseur : 200mm ;
- ✚ Terreplein.

#### P8- Plancher bas hors zone plancher chauffant:

- ✚ Intérieur ;
- ✚ Revêtement de sol ;
- ✚ Chape mortier, épaisseur : 100mm ;
- ✚ Isolant type TMS, épaisseur 140 mm ( $R = 5,60 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Dalle béton, épaisseur : 200mm ;
- ✚ Terreplein.

#### P9- Plancher intermédiaire CLT :

- ✚ Intérieur étage ;
- ✚ Revêtement de sol ;
- ✚ Chape mortier, épaisseur 60mm ;
- ✚ Isolation sous chape, épaisseur 30 mm ( $R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Ravaillage en béton allégé, épaisseur 30mm ;
- ✚ Plancher CLT, épaisseur 180mm ;
- ✚ Intérieur RDC.

#### P10- Plancher intermédiaire Béton :

- ✚ Intérieur étage ;
- ✚ Revêtement de sol ;
- ✚ Plancher béton, épaisseur 200mm ;
- ✚ Intérieur RDC.

#### P11- Plancher haut avec végétalisation :

- ✚ Extérieur ;
- ✚ Végétalisation ;
- ✚ Couche de drainage, séparation, filtration ;
- ✚ Etanchéité ;
- ✚ Isolant, épaisseur 200 mm donc ( $R = 8,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Pare vapeur ;
- ✚ Plancher CLT, épaisseur : 180mm ;
- ✚ Intérieur.

#### P12- Plancher haut sans végétalisation :

- ✚ Extérieur ;
- ✚ Etanchéité ;
- ✚ Isolant, épaisseur 200 mm donc ( $R = 8,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Pare vapeur ;
- ✚ Plancher CLT, épaisseur : 180mm ;
- ✚ Intérieur.

#### P13- Plancher haut ascenseur :

- ✚ Extérieur ;
- ✚ Etanchéité ;
- ✚ Isolant, épaisseur 200 mm donc ( $R = 8,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ;
- ✚ Pare vapeur ;
- ✚ Dalle béton ;
- ✚ Intérieur.

### 2.4.2 Les menuiseries

#### **Remarque :**

- ✚ Les ouvertures des baies d'un même local autre qu'à occupation passagère s'ouvrent sur au moins 30% de leur surface totale.

#### **Fenêtres et portes fenêtres :**

- Fenêtre en bois et double vitrage anti-effraction au niveau du RDC ;
  - ✚ Châssis vitré : Bois ;
  - ✚ Double vitrage 4/16/4 peu émissif argon ;
  - ✚ Vitrage :  $U_g = 1,10 \text{ W/m}^2\text{.K}$  ;
  - ✚ Partie opaque :  $U_f = 1,80 \text{ W/m}^2\text{.K}$  ;
  - ✚ En moyenne pour les fenêtres :  $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{.K}$  ;
  - ✚ En moyenne pour les portes fenêtres :  $U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{.K}$  ;
  - ✚  $Sw$  (facteur solaire) : 0,40 ;
  - ✚  $TL_w$  (transmission lumineuse) : 0,70.

#### **Lanterneaux :**

- $U_{rc} = 1.3 \text{ W/m}^2\text{.K}^\circ$ .

### 2.4.3 Consignes en fonction des zones

- ✚ L'ensemble des pièces sont chauffées à 19°C en occupation et 16°C en inoccupation pour -7°C extérieur.

## 2.4.4 Charges internes

### • **Occupations :**

Le bâtiment est occupé tout au long de l'année de 8h à 18h du lundi au vendredi et le samedi matin.

Occupation :

- + 15 personnes dans l'accueil polyvalent/espace de travail de 8h à 9h et de 16h à 18h du lundi au samedi ;
- + 25 personnes dans l'accueil polyvalent/espace de travail de 9h à 12h du lundi au samedi et de 14h à 16h du lundi au vendredi ;
- + 35 personnes dans l'accueil polyvalent/espace de travail de 12h à 14h du lundi au vendredi ;
- + 1 personne dans le bureau VPE de 9h à 12h du lundi au samedi et de 14h à 18h du lundi au vendredi ;
- + 1 personne dans les bureaux associatifs de 8h à 9h du lundi au samedi, de 14h à 15h et de 17h à 18h du lundi au vendredi et de 11h à 13h le samedi ;
- + 3 personnes dans les bureaux associatifs de 9h à 12h et de 15h à 17h du lundi au vendredi et de 9h à 11h le samedi ;
- + 6 personnes dans les salles de réunions de 9h à 12h et de 14h à 15h le lundi, mercredi et vendredi et de 10h à 11h le samedi ;

### • **Ventilations :**

Ventilation mécanique contrôlée de type double-flux pour les différents locaux de l'extension.

La ventilation mécanique contrôlée de double-flux est équipée d'un échangeur de récupération avec by-pass.

Le rendement de l'échangeur est fixé à 0.80.

La centrale double flux permet de récupérer les calories de l'air vicié afin de les transmettre à l'air neuf par l'intermédiaire d'un échangeur. Le By-pass permet d'utiliser ou non l'échangeur pour éviter le soufflage d'air chaud en période estivale par exemple.

By-pass si :	Durant la saison de chauffage	Hors période chauffée
Température d'air neuf >	<input type="text" value="22"/> °C	<input type="text" value="12"/> °C
et la température de reprise d'air >	<input type="text" value="21"/> °C	<input type="text" value="24"/> °C
et la température d'air neuf < température de reprise		

### • **Puissances dissipées :**

Équipements mobiliers :

- + 500W (période estivale/hivernal) dans l'accueil polyvalent/espace de travail ;
- + 200W dans les bureaux ;
- + 300W dans les salles de réunion.

### • **Occultations:**

Le bâtiment de base est saisi **sans stores extérieurs**.



### 3- Estimations des besoins

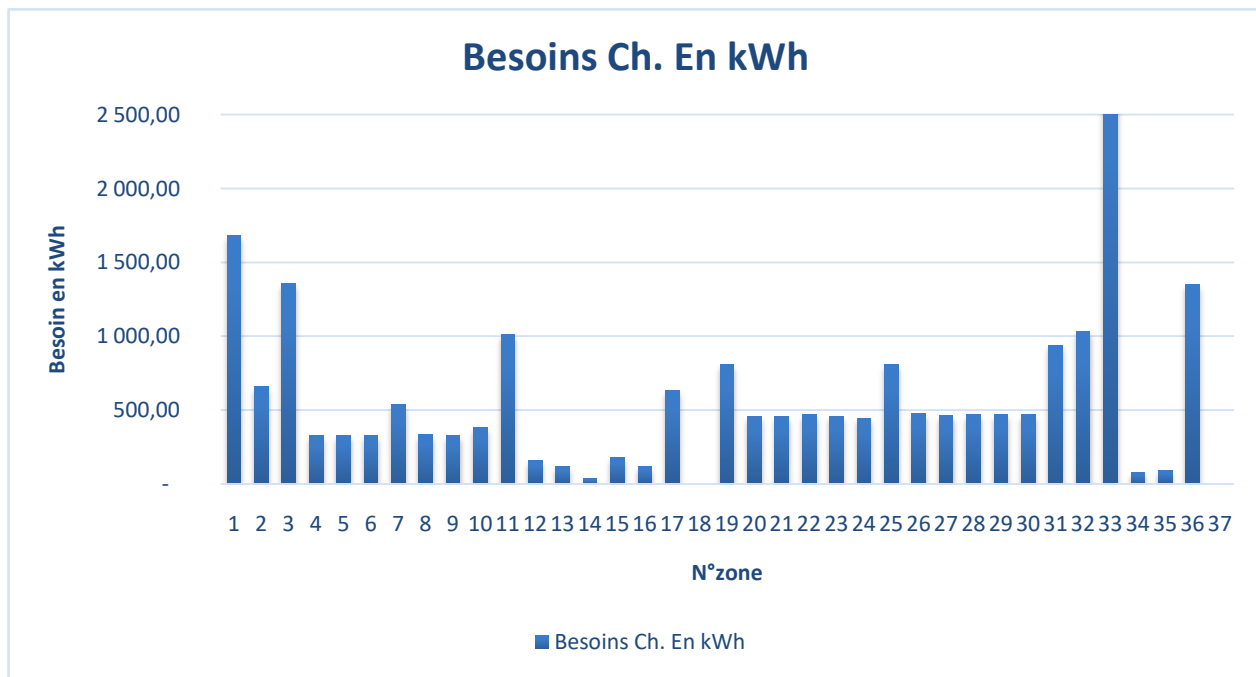
#### 3.1 Synthèse des résultats

##### 3.1.1 Performances énergétiques – « Été Moyen »

N°	Zones	Besoins Ch. En kWh	Besoins Ch. En kWh/m²
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	1 684,90	11,80
2	RDC - Salle de réunion 1	659,50	39,30
3	RDC - Salle de réunion 2	1 355,20	72,80
4	RDC - Bureau partagé 1	327,30	27,80
5	RDC - Bureau partagé 2	327,90	27,40
6	RDC - Bureau partagé 3	326,50	27,70
7	RDC - Bureau partagé 4	537,80	45,70
8	RDC - Bureau individuel 1	335,60	29,50
9	RDC - Bureau individuel 2	330,20	29,60
10	RDC - Bureau VPE	383,80	33,50
11	RDC - SAS entrée	1 011,80	1 011,80
12	RDC - Sanitaires Femme	158,70	158,70
13	RDC - Sanitaires Homme	117,70	117,70
14	RDC - Local photocopie	40,20	40,20
15	RDC - Local ménage	177,70	177,70
16	RDC - Stockage	119,90	119,90
17	RDC - Sous station	631,40	631,40
18	Ascenseur - NON chauffé	-	-
19	R+1 - Bureau partagé 5	811,30	68,90
20	R+1 - Bureau partagé 6	455,50	38,00
21	R+1 - Bureau partagé 7	459,40	39,00
22	R+1 - Bureau partagé 8	469,60	39,10
23	R+1 - Bureau partagé 9	460,70	38,50
24	R+1 - Bureau partagé 10	448,20	38,00
25	R+1 - Bureau individuel 3	809,50	78,80
26	R+1 - Bureau individuel 4	481,10	46,10
27	R+1 - Bureau individuel 5	468,30	41,50
28	R+1 - Bureau individuel 6	474,80	41,40
29	R+1 - Bureau individuel 7	474,20	41,50
30	R+1 - Bureau individuel 8	469,90	42,40
31	R+1 - Bureau individuel 9	941,70	81,90
32	R+1 - Bureau individuel 10	1 032,20	96,80
33	R+1 - Circulation	2 817,00	29,00
34	R+1 - Sanitaires	78,90	17,90
35	R+1 - Local serveur	95,50	17,40
36	Escalier Nord-Est	1 349,10	144,00
37	R+2 - Local CTA	-	-
Total		21 123,00	36,60

### Remarque :

Les résultats obtenus en termes de besoins de chauffage annuels, avec la Simulation Thermique Dynamique sont différents de ceux obtenus avec le calcul réglementaire RE2020. Ce dernier est un calcul inerte qui considère le bâtiment comme un objet statique selon un scénario d'usage standard avec une simple addition de matériaux, sans interaction entre les pièces et avec un calcul des apports solaires théoriques. La simulation thermique dynamique quant à elle, considère le bâtiment comme vivant avec des usages spécifiques (voir scénarios), comme réactif aux éléments extérieurs, et tient compte de l'inertie de chaque matériau présent, des gains thermiques obtenus par la présence d'équipements et de personnes, ...



- Les locaux ayant un besoin de chauffage le plus important sont ceux ayant un grand volume à chauffer ou des surfaces vitrées avec l'extérieur plus importantes.

## 4- Optimisations du confort hygrothermique estival

### 4.1 Scénario de base - APD

#### 4.1.1 Hypothèse du scénario et objectifs du programme

Nous avons simulé, en base, le comportement du bâtiment avec ventilation mécanique contrôlée de type double flux et avec occupations des locaux suivant nos hypothèses listées ci-dessus, afin de pouvoir vérifier leur pertinence et leurs impacts sur les locaux concernés par les scénarios.

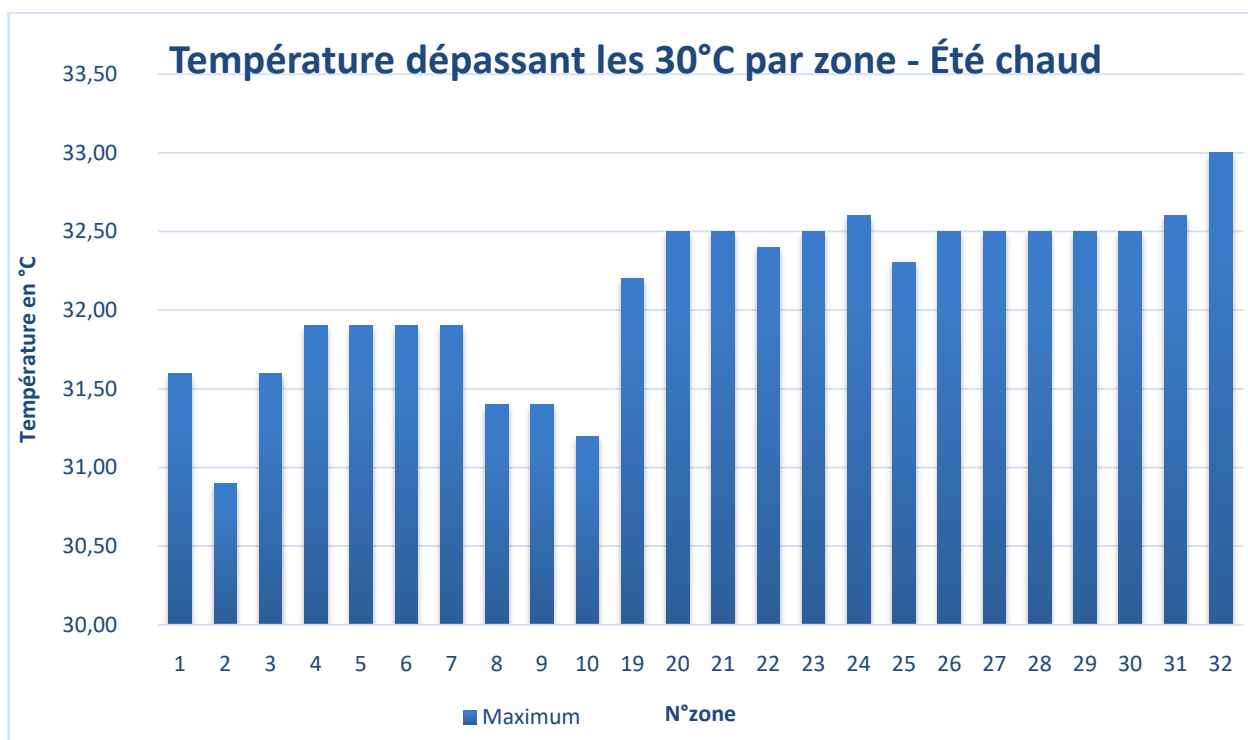
L'indice « Taux d'Inconfort » (noté TI) représente le pourcentage de temps durant lequel la température ambiante est supérieure à 30°C. L'objet de la STD est d'estimer de façon indiciaire le taux d'inconfort thermique d'été (noté TI) des bâtiments concernés par le projet en évaluant le pourcentage de temps durant lequel la température ambiante de la zone considérée est supérieure à 30°C par rapport au temps d'occupation annuelle. Le maître d'ouvrage souhaitant des bâtiments performants au niveau du confort d'été, **il a été fixé, dans le programme, comme objectif d'obtenir un taux d'inconfort inférieur ou égal à 2%.**

#### 4.1.2 Synthèse des résultats

Les températures obtenues :

N°	Zones	Température en °C				
		Minimum	Moyenne		Maximum	
			été moyen	été chaud	été moyen	été chaud
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	16,00	20,00	20,80	29,80	31,60
2	RDC - Salle de réunion 1	16,00	19,80	20,70	29,20	30,90
3	RDC - Salle de réunion 2	16,00	19,80	20,70	30,00	31,60
4	RDC - Bureau partagé 1	16,00	20,00	20,80	30,70	31,90
5	RDC - Bureau partagé 2	16,00	20,00	20,80	30,70	31,90
6	RDC - Bureau partagé 3	16,00	20,00	20,80	30,70	31,90
7	RDC - Bureau partagé 4	16,00	19,80	20,60	30,60	31,90
8	RDC - Bureau individuel 1	16,00	19,90	20,70	30,00	31,40
9	RDC - Bureau individuel 2	16,00	19,90	20,70	30,00	31,40
10	RDC - Bureau VPE	16,00	19,90	20,70	29,90	31,20
19	R+1 - Bureau partagé 5	16,00	19,60	20,50	30,70	32,20
20	R+1 - Bureau partagé 6	16,00	19,90	20,80	31,00	32,50
21	R+1 - Bureau partagé 7	16,00	19,80	20,80	31,00	32,50
22	R+1 - Bureau partagé 8	16,00	19,80	20,70	31,00	32,40
23	R+1 - Bureau partagé 9	16,00	19,80	20,70	31,00	32,50
24	R+1 - Bureau partagé 10	16,00	19,90	20,80	31,10	32,60
25	R+1 - Bureau individuel 3	16,00	19,60	20,40	30,70	32,30
26	R+1 - Bureau individuel 4	16,00	19,80	20,70	31,10	32,50
27	R+1 - Bureau individuel 5	16,00	19,80	20,70	31,10	32,50
28	R+1 - Bureau individuel 6	16,00	19,80	20,70	31,10	32,50
29	R+1 - Bureau individuel 7	16,00	19,80	20,70	31,10	32,50
30	R+1 - Bureau individuel 8	16,00	19,80	20,70	31,10	32,50
31	R+1 - Bureau individuel 9	16,00	19,60	20,50	31,20	32,60
32	R+1 - Bureau individuel 10	16,00	19,70	20,60	31,70	33,00

**Nota :** Les zones à occupations passagères ne sont pas représentées.

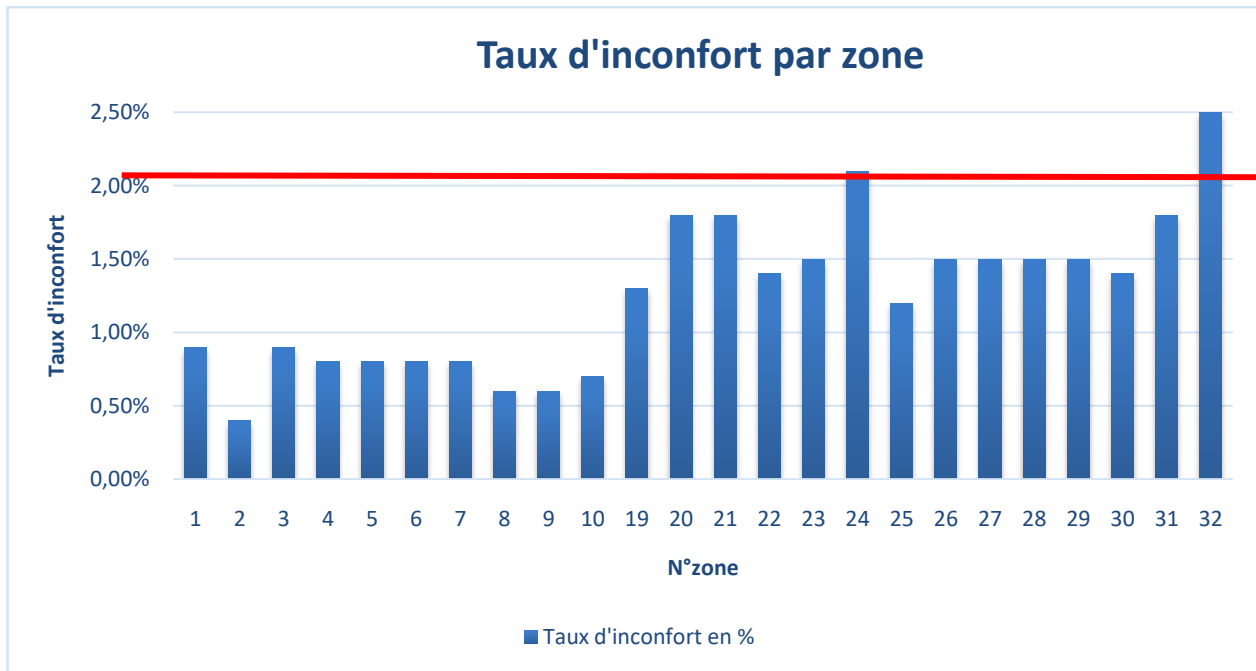


On remarque que les pièces ayant les températures les plus élevées sont celles situées à l'étage du fait que la végétation extérieure ne soit pas assez haute, ainsi que le soleil rasant du matin ou du soir ne permet pas aux casquettes de faire correctement leur effet. Ces locaux sont donc plus ensoleillés et donc nous observons quelques dérives de température intérieure allant jusqu'à 33°C.

#### Le Taux d'Inconfort en fonction des périodes d'occupation – Été Chaud :

N°	Zones	Heures > T°Inconfort en heure	Taux d'inconfort en %
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	13	0,90%
2	RDC - Salle de réunion 1	2	0,40%
3	RDC - Salle de réunion 2	4	0,90%
4	RDC - Bureau partagé 1	14	0,80%
5	RDC - Bureau partagé 2	14	0,80%
6	RDC - Bureau partagé 3	14	0,80%
7	RDC - Bureau partagé 4	14	0,80%
8	RDC - Bureau individuel 1	11	0,60%
9	RDC - Bureau individuel 2	11	0,60%
10	RDC - Bureau VPE	9	0,70%
19	R+1 - Bureau partagé 5	23	1,30%
20	R+1 - Bureau partagé 6	32	1,80%
21	R+1 - Bureau partagé 7	31	1,80%
22	R+1 - Bureau partagé 8	24	1,40%
23	R+1 - Bureau partagé 9	26	1,50%
24	R+1 - Bureau partagé 10	36	2,10%

25	R+1 - Bureau individuel 3	20	1,20%
26	R+1 - Bureau individuel 4	26	1,50%
27	R+1 - Bureau individuel 5	26	1,50%
28	R+1 - Bureau individuel 6	26	1,50%
29	R+1 - Bureau individuel 7	26	1,50%
30	R+1 - Bureau individuel 8	25	1,40%
31	R+1 - Bureau individuel 9	31	1,80%
32	R+1 - Bureau individuel 10	44	2,50%



**Nota :** Les zones à occupations passagères ne sont pas représentées.

- ✚ Le graphique ci-dessus montre que l'objectif fixé d'obtenir un taux d'inconfort inférieur à 2% est atteint dans la plupart des locaux du bâtiment sauf pour :
  - R+1\_Bureau partagé 10
  - R+1\_Bureau individuel 10
- ✚ Cela s'explique notamment par le fait que ces 2 locaux ne sont pas protégés des apports solaires en fin d'après-midi.

## 4.2 Amélioration n°1 : Occultations

### 4.2.1 Hypothèse

Mise en place de brise soleil extérieurs sur les façades du bâtiment listées ci-dessous :

- Façade SUD-EST ;
- Façade SUD-OUEST.

#### Période d'occultation estivale (semaine 19 à 37)

Hebdomadaire	% d'occultation						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	100	100	100	100	100	100	100
1h-2h	100	100	100	100	100	100	100
2h-2h	100	100	100	100	100	100	100
3h-4h	100	100	100	100	100	100	100
4h-5h	100	100	100	100	100	100	100
5h-6h	100	100	100	100	100	100	100
6h-7h	100	100	100	100	100	100	100
7h-8h	100	100	100	100	100	100	100
8h-9h	30	30	30	30	30	30	100
9h-10h	30	30	30	30	30	30	100
10h-11h	30	30	30	30	30	30	100
11h-12h	30	30	30	30	30	30	100
12h-13h	60	60	60	60	60	60	100
13h-14h	60	60	60	60	60	100	100
14h-15h	80	80	80	80	80	100	100
15h-16h	80	80	80	80	80	100	100
16h-17h	80	80	80	80	80	100	100
17h-18h	80	80	80	80	80	100	100
18h-19h	100	100	100	100	100	100	100
19h-20h	100	100	100	100	100	100	100
20h-21h	100	100	100	100	100	100	100
21h-22h	100	100	100	100	100	100	100
22h-23h	100	100	100	100	100	100	100
23h-24h	100	100	100	100	100	100	100

#### Nota :

- ✚ 100% d'occultation = les brises soleil sont fermés complètement (hors période d'occupation)
- ✚ 30% d'occultation = ouverture des brises soleil le matin afin de profiter des apports gratuits
- ✚ 60% et 80% d'occultation = fermeture progressive des brises soleil afin de limiter les apports solaires excessifs.
- ✚ Hors période d'occultation estivale, les brises soleil sont complètement ouverts en journée.

## 4.2.2 Analyse des résultats

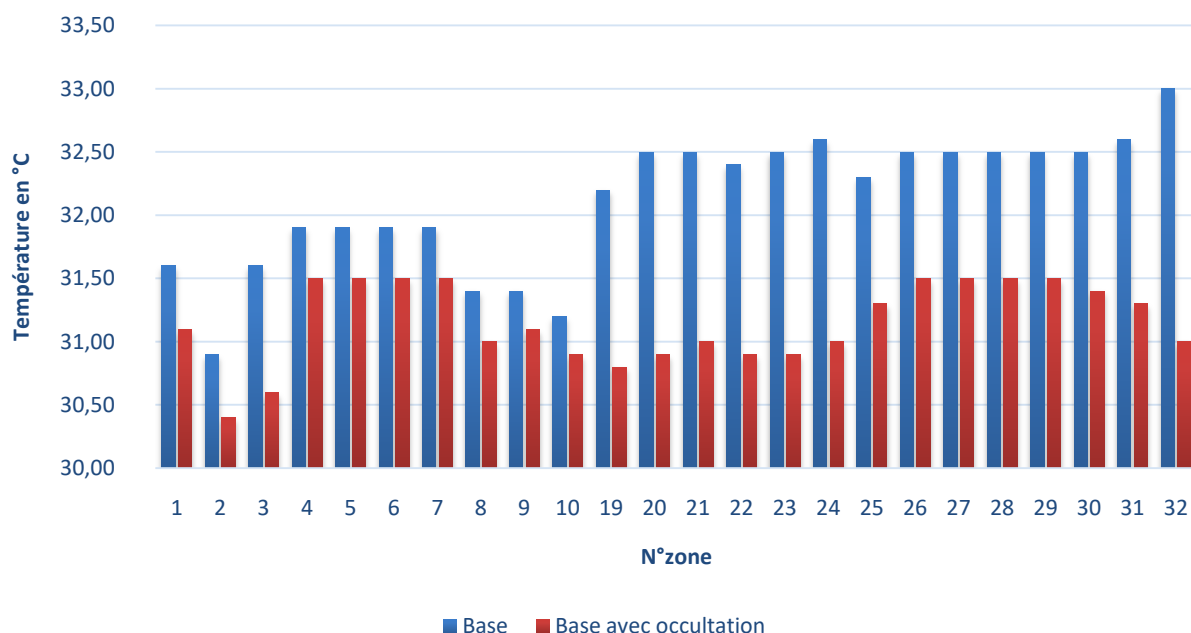
### Analyse des performances énergétiques :

Les besoins annuels de chauffage sont équivalents à la base. La limitation des apports solaires par la fermeture des brises soleil n'ayant lieu qu'en période estivale, cela n'influe pas sur les besoins annuels de chauffage.

### Analyse du confort thermique :

N°	Zones	Température en °C - <b>Été chaud</b>			Réduction surchauffe
		Minimum	Moyenne	Maximum	Comparaison Tmax base (été chaud)
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	16,00	20,20	31,10	-0,50
2	RDC - Salle de réunion 1	16,00	20,00	30,40	-0,50
3	RDC - Salle de réunion 2	16,00	19,90	30,60	-1,00
4	RDC - Bureau partagé 1	16,00	20,20	31,50	-0,40
5	RDC - Bureau partagé 2	16,00	20,20	31,50	-0,40
6	RDC - Bureau partagé 3	16,00	20,20	31,50	-0,40
7	RDC - Bureau partagé 4	16,00	20,10	31,50	-0,40
8	RDC - Bureau individuel 1	16,00	20,30	31,00	-0,40
9	RDC - Bureau individuel 2	16,00	20,30	31,10	-0,30
10	RDC - Bureau VPE	16,00	20,20	30,90	-0,30
19	R+1 - Bureau partagé 5	16,00	20,00	30,80	-1,40
20	R+1 - Bureau partagé 6	16,00	20,20	30,90	-1,60
21	R+1 - Bureau partagé 7	16,00	20,10	31,00	-1,50
22	R+1 - Bureau partagé 8	16,00	20,20	30,90	-1,50
23	R+1 - Bureau partagé 9	16,00	20,20	30,90	-1,60
24	R+1 - Bureau partagé 10	16,00	20,30	31,00	-1,60
25	R+1 - Bureau individuel 3	16,00	20,10	31,30	-1,00
26	R+1 - Bureau individuel 4	16,00	20,30	31,50	-1,00
27	R+1 - Bureau individuel 5	16,00	20,30	31,50	-1,00
28	R+1 - Bureau individuel 6	16,00	20,30	31,50	-1,00
29	R+1 - Bureau individuel 7	16,00	20,30	31,50	-1,00
30	R+1 - Bureau individuel 8	16,00	20,20	31,40	-1,10
31	R+1 - Bureau individuel 9	16,00	20,00	31,30	-1,30
32	R+1 - Bureau individuel 10	16,00	20,00	31,00	-2,00

## Température dépassant les 30°C par zone



On remarque que l'impact de la mise en place de brises soleil sur les menuiseries des façades SUD-EST et SUD-OUEST, permet la diminution des températures maximales dans tous les locaux à occupation prolongée. Nous observons une baisse moins importante dans les locaux exposés NORD-EST, puisque ceux-là ne disposent pas de protections solaires extérieures.

N°	Zones	Heures > T°Inconfort en heure	
		Base	Base avec Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	13	8
2	RDC - Salle de réunion 1	2	1
3	RDC - Salle de réunion 2	4	1
4	RDC - Bureau partagé 1	14	11
5	RDC - Bureau partagé 2	14	11
6	RDC - Bureau partagé 3	14	11
7	RDC - Bureau partagé 4	14	11
8	RDC - Bureau individuel 1	11	9
9	RDC - Bureau individuel 2	11	9
10	RDC - Bureau VPE	9	7
19	R+1 - Bureau partagé 5	23	6
20	R+1 - Bureau partagé 6	32	6
21	R+1 - Bureau partagé 7	31	6
22	R+1 - Bureau partagé 8	24	6
23	R+1 - Bureau partagé 9	26	6
24	R+1 - Bureau partagé 10	36	6
25	R+1 - Bureau individuel 3	20	11
26	R+1 - Bureau individuel 4	26	14

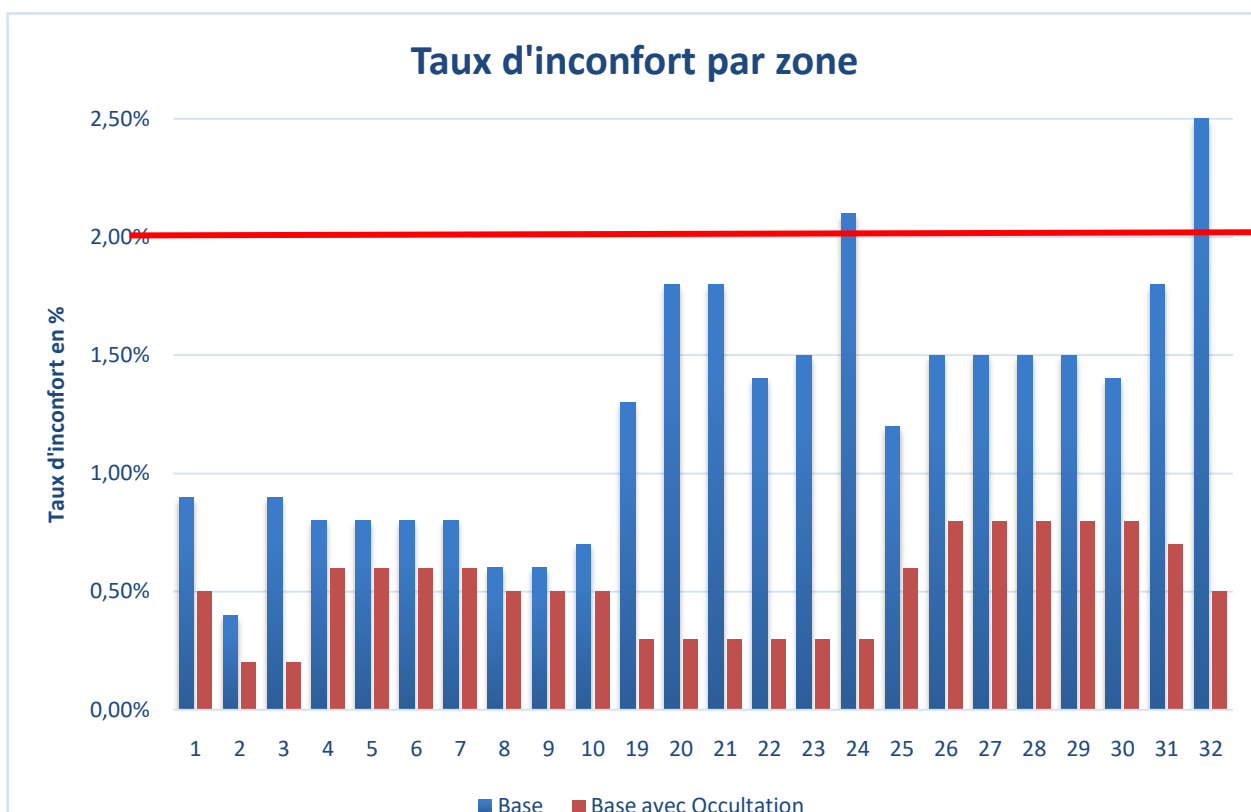


27	R+1 - Bureau individuel 5	26	14
28	R+1 - Bureau individuel 6	26	14
29	R+1 - Bureau individuel 7	26	14
30	R+1 - Bureau individuel 8	25	14
31	R+1 - Bureau individuel 9	31	14
32	R+1 - Bureau individuel 10	44	12



On remarque que l'impact de la mise en place de brises soleil permet également une diminution des heures dépassant les 30°C dans l'ensemble des locaux à occupation prolongée.

N°	Zones	Taux d'inconfort en %	
		Base	Base avec Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	0,90%	0,50%
2	RDC - Salle de réunion 1	0,40%	0,20%
3	RDC - Salle de réunion 2	0,90%	0,20%
4	RDC - Bureau partagé 1	0,80%	0,60%
5	RDC - Bureau partagé 2	0,80%	0,60%
6	RDC - Bureau partagé 3	0,80%	0,60%
7	RDC - Bureau partagé 4	0,80%	0,60%
8	RDC - Bureau individuel 1	0,60%	0,50%
9	RDC - Bureau individuel 2	0,60%	0,50%
10	RDC - Bureau VPE	0,70%	0,50%
19	R+1 - Bureau partagé 5	1,30%	0,30%
20	R+1 - Bureau partagé 6	1,80%	0,30%
21	R+1 - Bureau partagé 7	1,80%	0,30%
22	R+1 - Bureau partagé 8	1,40%	0,30%
23	R+1 - Bureau partagé 9	1,50%	0,30%
24	R+1 - Bureau partagé 10	2,10%	0,30%
25	R+1 - Bureau individuel 3	1,20%	0,60%
26	R+1 - Bureau individuel 4	1,50%	0,80%
27	R+1 - Bureau individuel 5	1,50%	0,80%
28	R+1 - Bureau individuel 6	1,50%	0,80%
29	R+1 - Bureau individuel 7	1,50%	0,80%
30	R+1 - Bureau individuel 8	1,40%	0,80%
31	R+1 - Bureau individuel 9	1,80%	0,70%
32	R+1 - Bureau individuel 10	2,50%	0,50%



✚ Le graphique précédent nous montre que l'objectif que nous nous sommes fixé a pu être amélioré par la mise en place de brises soleil sur les menuiseries extérieures des façades SUD-EST et SUD-OUEST.

## 4.2 Amélioration n°2 : Adiabatique sur CTA

### 4.2.1 Hypothèse

Une option est proposée sur la centrale de traitement d'air double-flux qui est le rafraîchissement adiabatique. Le rafraîchissement par évaporation adiabatique est une technique de climatisation écologique qui n'utilise aucun fluide frigorigène.

Aspiré au moyen d'un ventilateur, l'air chaud extérieur passe au travers d'un média constamment humidifié. En s'évaporant l'eau absorbe la chaleur, refroidissant ainsi l'air qui peut alors être soufflé dans le bâtiment.

Par le biais de cette amélioration, nous allons simuler l'impact de cette technologie sur ce bâtiment.

### 4.2.2 Analyse des résultats

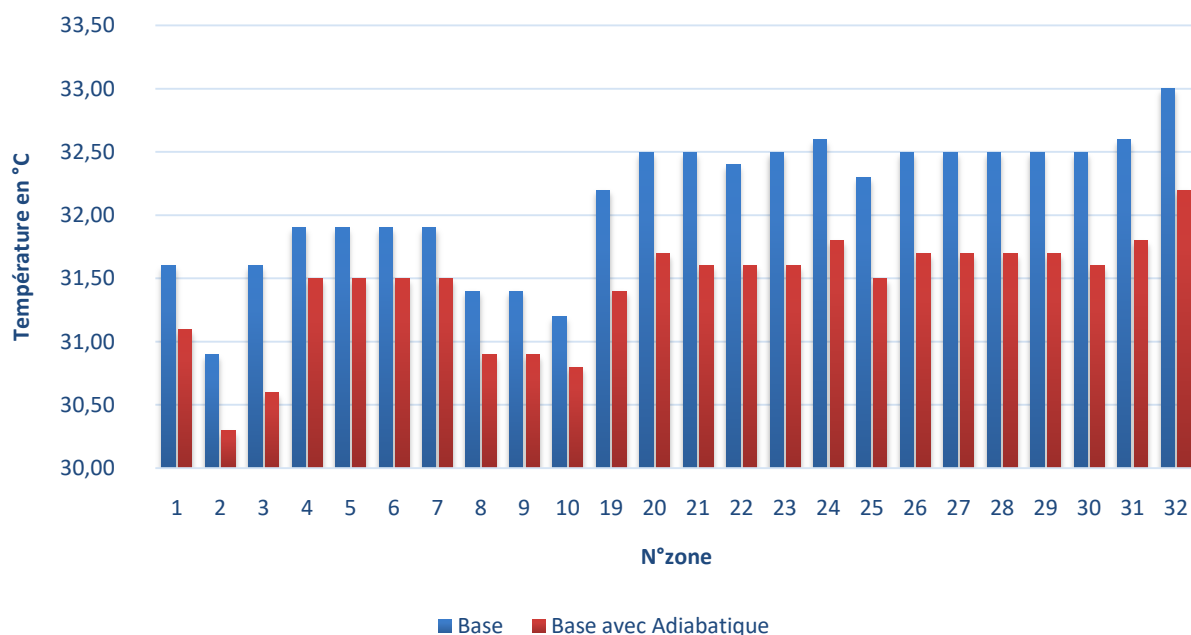
#### Analyse des performances énergétiques :

Les besoins annuels de chauffage sont équivalents à la base. Le rafraîchissement adiabatique n'ayant lieu qu'en période estivale, cela n'influe pas sur les besoins annuels de chauffage.

#### Analyse du confort thermique :

N°	Zones	Température en °C - <b>Été chaud</b>			Réduction surchauffe
		Minimum	Moyenne	Maximum	Comparaison Tmax base (été chaud)
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	16,00	20,70	31,10	-0,50
2	RDC - Salle de réunion 1	16,00	20,60	30,30	-0,60
3	RDC - Salle de réunion 2	16,00	20,60	30,60	-1,00
4	RDC - Bureau partagé 1	16,00	20,70	31,50	-0,40
5	RDC - Bureau partagé 2	16,00	20,70	31,50	-0,40
6	RDC - Bureau partagé 3	16,00	20,70	31,50	-0,40
7	RDC - Bureau partagé 4	16,00	20,70	31,50	-0,40
8	RDC - Bureau individuel 1	16,00	20,70	30,90	-0,50
9	RDC - Bureau individuel 2	16,00	20,70	30,90	-0,50
10	RDC - Bureau VPE	16,00	20,60	30,80	-0,40
19	R+1 - Bureau partagé 5	16,00	20,50	31,40	-0,80
20	R+1 - Bureau partagé 6	16,00	20,70	31,70	-0,80
21	R+1 - Bureau partagé 7	16,00	20,70	31,60	-0,90
22	R+1 - Bureau partagé 8	16,00	20,60	31,60	-0,80
23	R+1 - Bureau partagé 9	16,00	20,60	31,60	-0,90
24	R+1 - Bureau partagé 10	16,00	20,70	31,80	-0,80
25	R+1 - Bureau individuel 3	16,00	20,40	31,50	-0,80
26	R+1 - Bureau individuel 4	16,00	20,60	31,70	-0,80
27	R+1 - Bureau individuel 5	16,00	20,60	31,70	-0,80
28	R+1 - Bureau individuel 6	16,00	20,60	31,70	-0,80
29	R+1 - Bureau individuel 7	16,00	20,60	31,70	-0,80
30	R+1 - Bureau individuel 8	16,00	20,60	31,60	-0,90
31	R+1 - Bureau individuel 9	16,00	20,40	31,80	-0,80
32	R+1 - Bureau individuel 10	16,00	20,50	32,20	-0,80

## Température dépassant les 30°C par zone



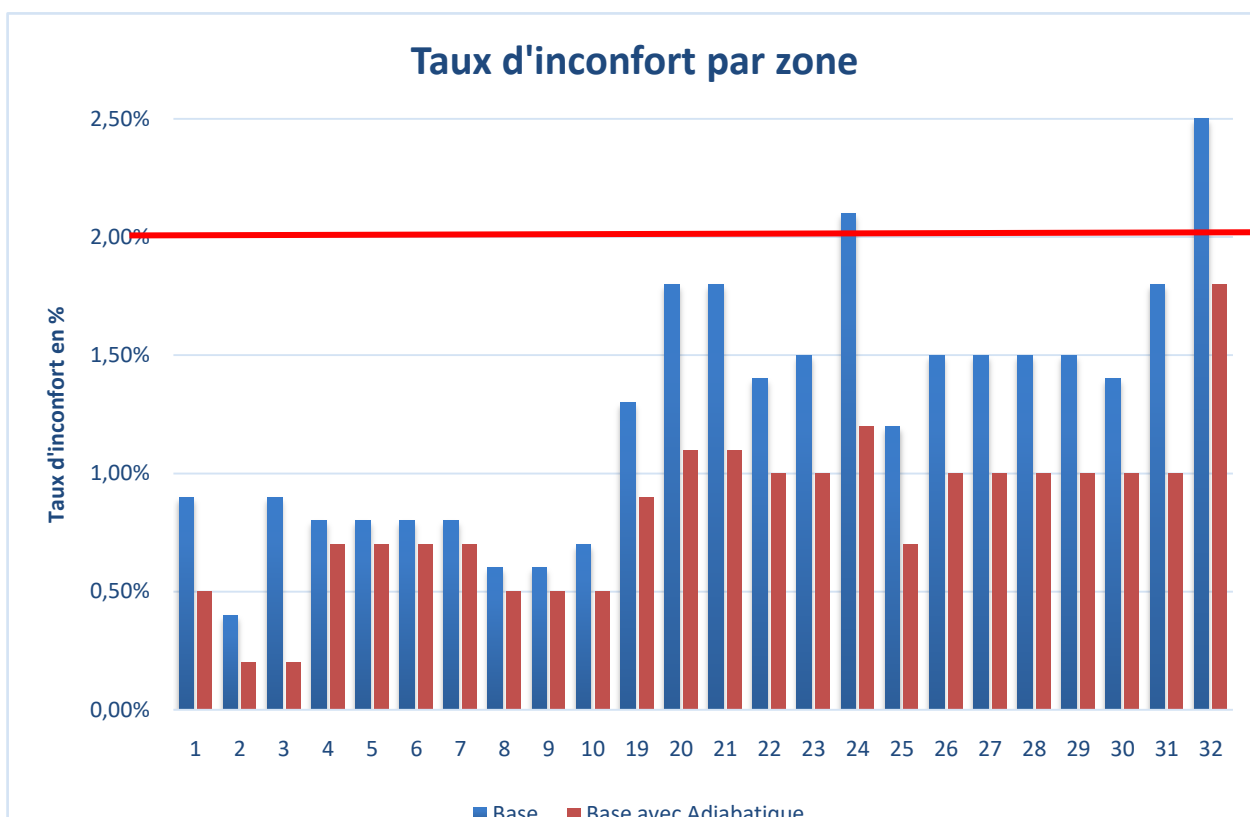
On remarque que l'impact de la mise en place du module de rafraîchissement adiabatique sur la double-flux, permet la diminution des températures maximales dans tous les locaux à occupation prolongée.

N°	Zones	Heures > T°Inconfort en heure	
		Base	Base avec Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	13	8
2	RDC - Salle de réunion 1	2	1
3	RDC - Salle de réunion 2	4	1
4	RDC - Bureau partagé 1	14	12
5	RDC - Bureau partagé 2	14	12
6	RDC - Bureau partagé 3	14	12
7	RDC - Bureau partagé 4	14	13
8	RDC - Bureau individuel 1	11	9
9	RDC - Bureau individuel 2	11	9
10	RDC - Bureau VPE	9	6
19	R+1 - Bureau partagé 5	23	16
20	R+1 - Bureau partagé 6	32	19
21	R+1 - Bureau partagé 7	31	19
22	R+1 - Bureau partagé 8	24	18
23	R+1 - Bureau partagé 9	26	18
24	R+1 - Bureau partagé 10	36	21
25	R+1 - Bureau individuel 3	20	13
26	R+1 - Bureau individuel 4	26	18
27	R+1 - Bureau individuel 5	26	18
28	R+1 - Bureau individuel 6	26	18

29	R+1 - Bureau individuel 7	26	18
30	R+1 - Bureau individuel 8	25	18
31	R+1 - Bureau individuel 9	31	18
32	R+1 - Bureau individuel 10	44	32

On remarque que l'impact de la mise en place du module de rafraîchissement adiabatique sur la double-flux permet également une diminution des heures dépassant les 30°C dans l'ensemble des locaux à occupation prolongée.

N°	Zones	Taux d'inconfort en %	
		Base	Base avec Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	0,90%	0,50%
2	RDC - Salle de réunion 1	0,40%	0,20%
3	RDC - Salle de réunion 2	0,90%	0,20%
4	RDC - Bureau partagé 1	0,80%	0,70%
5	RDC - Bureau partagé 2	0,80%	0,70%
6	RDC - Bureau partagé 3	0,80%	0,70%
7	RDC - Bureau partagé 4	0,80%	0,70%
8	RDC - Bureau individuel 1	0,60%	0,50%
9	RDC - Bureau individuel 2	0,60%	0,50%
10	RDC - Bureau VPE	0,70%	0,50%
19	R+1 - Bureau partagé 5	1,30%	0,90%
20	R+1 - Bureau partagé 6	1,80%	1,10%
21	R+1 - Bureau partagé 7	1,80%	1,10%
22	R+1 - Bureau partagé 8	1,40%	1,00%
23	R+1 - Bureau partagé 9	1,50%	1,00%
24	R+1 - Bureau partagé 10	2,10%	1,20%
25	R+1 - Bureau individuel 3	1,20%	0,70%
26	R+1 - Bureau individuel 4	1,50%	1,00%
27	R+1 - Bureau individuel 5	1,50%	1,00%
28	R+1 - Bureau individuel 6	1,50%	1,00%
29	R+1 - Bureau individuel 7	1,50%	1,00%
30	R+1 - Bureau individuel 8	1,40%	1,00%
31	R+1 - Bureau individuel 9	1,80%	1,00%
32	R+1 - Bureau individuel 10	2,50%	1,80%



✚ Le graphique précédent nous montre que l'objectif que nous nous sommes fixé a pu être amélioré par la mise en place du module adiabatique sur la centrale double-flux.

## 4.2 Combinaison : Amélioration n°1 & 2

### 4.2.1 Hypothèse

Au cours de cette phase APD, nous avons étudiés plusieurs scénarios d'amélioration afin de se rapprocher, voir même, atteindre les objectifs fixés.

Nous vous présentons donc, la combinaison de l'ensemble de ces améliorations :

- 1 / Mise en place de protections solaires extérieures sur les façades vitrées orientées SUD-OUEST et SUD-EST ;
- 2 / Mise en place d'un module adiabatique sur la centrale double-flux.

### 4.2.2 Analyse des résultats

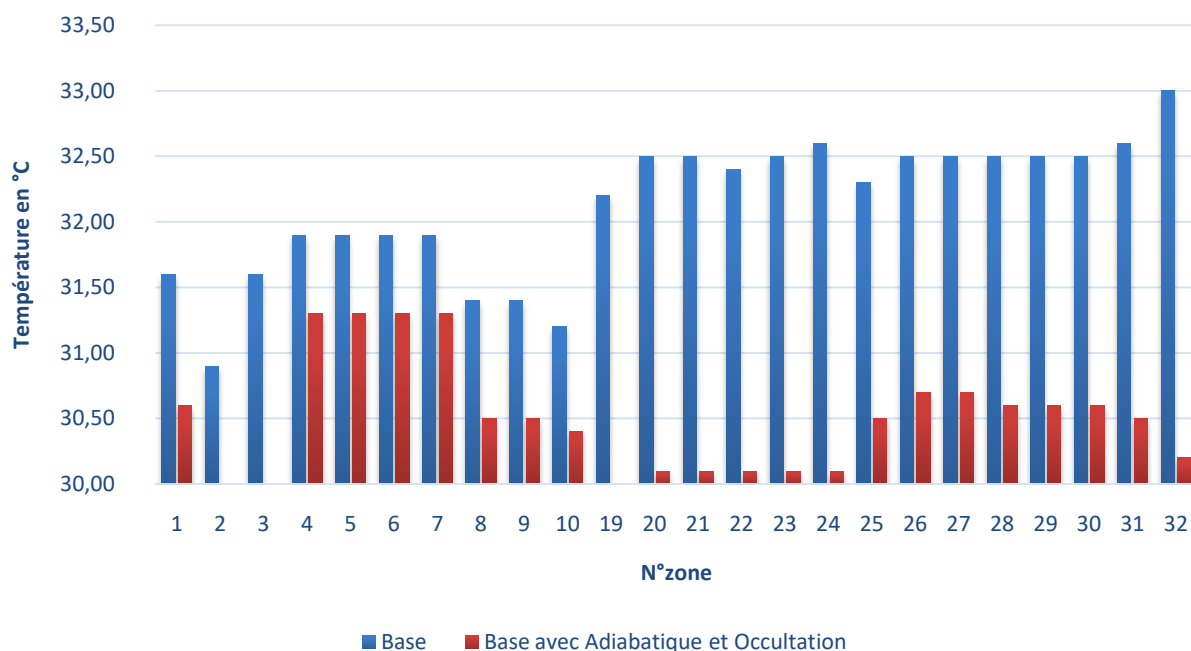
#### Analyse des performances énergétiques :

Les besoins annuels de chauffage sont équivalents à l'amélioration n°1 puisque le rafraîchissement adiabatique n'ayant lieu qu'en période estivale, cela n'influe pas sur les besoins annuels de chauffage.

#### Analyse du confort thermique :

N°	Zones	Température en °C - <b>Été chaud</b>			Réduction surchauffe
		Minimum	Moyenne	Maximum	Comparaison Tmax base (été chaud)
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	16,00	20,20	30,60	-1,00
2	RDC - Salle de réunion 1	16,00	20,00	29,40	-1,50
3	RDC - Salle de réunion 2	16,00	19,80	29,40	-2,20
4	RDC - Bureau partagé 1	16,00	20,20	31,30	-0,60
5	RDC - Bureau partagé 2	16,00	20,20	31,30	-0,60
6	RDC - Bureau partagé 3	16,00	20,20	31,30	-0,60
7	RDC - Bureau partagé 4	16,00	20,00	31,30	-0,60
8	RDC - Bureau individuel 1	16,00	20,30	30,50	-0,90
9	RDC - Bureau individuel 2	16,00	20,30	30,50	-0,90
10	RDC - Bureau VPE	16,00	20,20	30,40	-0,80
19	R+1 - Bureau partagé 5	16,00	20,00	29,90	-2,30
20	R+1 - Bureau partagé 6	16,00	20,10	30,10	-2,40
21	R+1 - Bureau partagé 7	16,00	20,10	30,10	-2,40
22	R+1 - Bureau partagé 8	16,00	20,10	30,10	-2,30
23	R+1 - Bureau partagé 9	16,00	20,10	30,10	-2,40
24	R+1 - Bureau partagé 10	16,00	20,20	30,10	-2,50
25	R+1 - Bureau individuel 3	16,00	20,00	30,50	-1,80
26	R+1 - Bureau individuel 4	16,00	20,20	30,70	-1,80
27	R+1 - Bureau individuel 5	16,00	20,20	30,70	-1,80
28	R+1 - Bureau individuel 6	16,00	20,20	30,60	-1,90
29	R+1 - Bureau individuel 7	16,00	20,20	30,60	-1,90
30	R+1 - Bureau individuel 8	16,00	20,20	30,60	-1,90
31	R+1 - Bureau individuel 9	16,00	20,00	30,50	-2,10
32	R+1 - Bureau individuel 10	16,00	19,90	30,20	-2,80

## Température dépassant les 30°C par zone



On remarque que l'impact de la combinaison de ces 2 améliorations, permet la diminution des températures maximales dans tous les locaux à occupation prolongée.

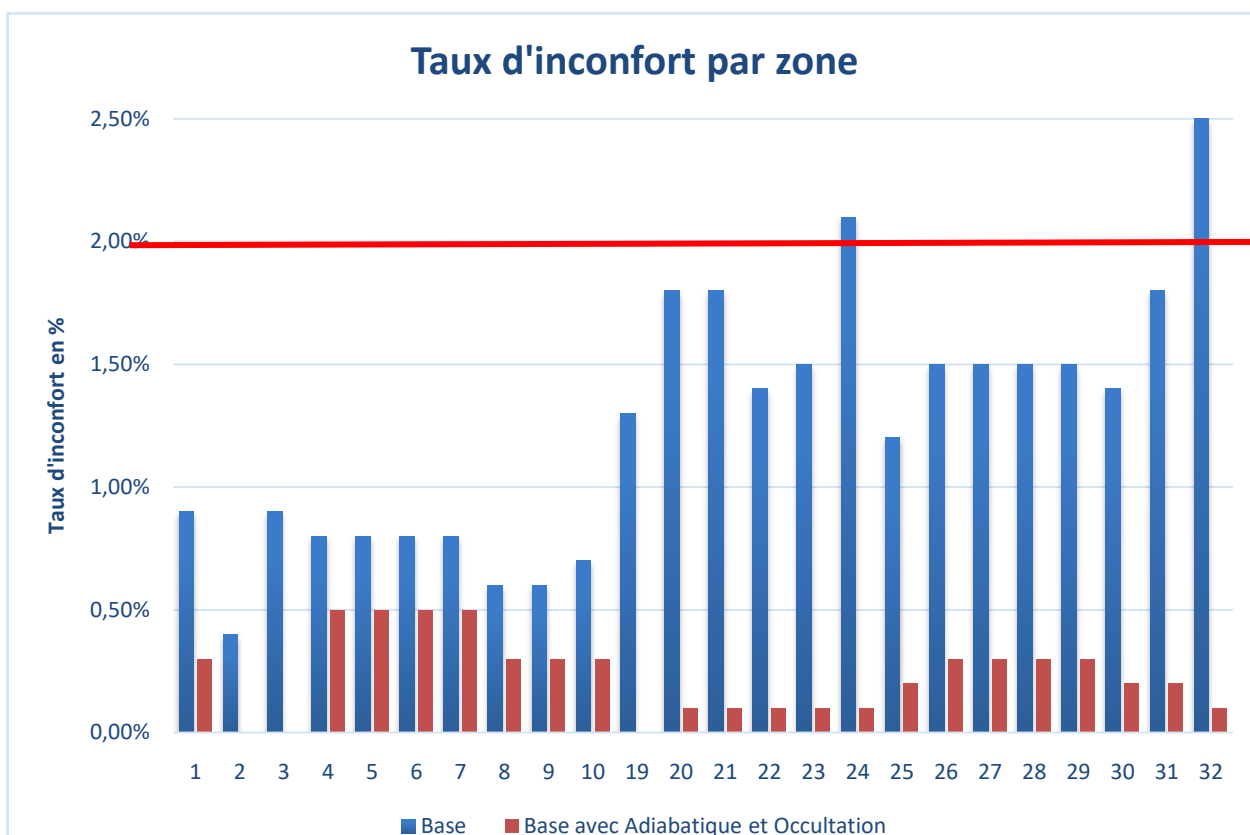
N°	Zones	Heures > T°Inconfort en heure	
		Base	Base avec Adiabatique et Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	13	5
2	RDC - Salle de réunion 1	2	0
3	RDC - Salle de réunion 2	4	0
4	RDC - Bureau partagé 1	14	8
5	RDC - Bureau partagé 2	14	8
6	RDC - Bureau partagé 3	14	8
7	RDC - Bureau partagé 4	14	8
8	RDC - Bureau individuel 1	11	5
9	RDC - Bureau individuel 2	11	6
10	RDC - Bureau VPE	9	4
19	R+1 - Bureau partagé 5	23	0
20	R+1 - Bureau partagé 6	32	2
21	R+1 - Bureau partagé 7	31	2
22	R+1 - Bureau partagé 8	24	2
23	R+1 - Bureau partagé 9	26	2
24	R+1 - Bureau partagé 10	36	2
25	R+1 - Bureau individuel 3	20	3
26	R+1 - Bureau individuel 4	26	5



27	R+1 - Bureau individuel 5	26	5
28	R+1 - Bureau individuel 6	26	5
29	R+1 - Bureau individuel 7	26	5
30	R+1 - Bureau individuel 8	25	4
31	R+1 - Bureau individuel 9	31	3
32	R+1 - Bureau individuel 10	44	2

On remarque que l'impact de la mise en place de ces 2 améliorations permet également une diminution des heures dépassant les 30°C dans l'ensemble des locaux à occupation prolongée.

N°	Zones	Taux d'inconfort en %	
		Base	Base avec Adiabatique et Occultation
1	RDC - Accueil polyvalent et espace de travail	0,90%	0,30%
2	RDC - Salle de réunion 1	0,40%	0,00%
3	RDC - Salle de réunion 2	0,90%	0,00%
4	RDC - Bureau partagé 1	0,80%	0,50%
5	RDC - Bureau partagé 2	0,80%	0,50%
6	RDC - Bureau partagé 3	0,80%	0,50%
7	RDC - Bureau partagé 4	0,80%	0,50%
8	RDC - Bureau individuel 1	0,60%	0,30%
9	RDC - Bureau individuel 2	0,60%	0,30%
10	RDC - Bureau VPE	0,70%	0,30%
19	R+1 - Bureau partagé 5	1,30%	0,00%
20	R+1 - Bureau partagé 6	1,80%	0,10%
21	R+1 - Bureau partagé 7	1,80%	0,10%
22	R+1 - Bureau partagé 8	1,40%	0,10%
23	R+1 - Bureau partagé 9	1,50%	0,10%
24	R+1 - Bureau partagé 10	2,10%	0,10%
25	R+1 - Bureau individuel 3	1,20%	0,20%
26	R+1 - Bureau individuel 4	1,50%	0,30%
27	R+1 - Bureau individuel 5	1,50%	0,30%
28	R+1 - Bureau individuel 6	1,50%	0,30%
29	R+1 - Bureau individuel 7	1,50%	0,30%
30	R+1 - Bureau individuel 8	1,40%	0,20%
31	R+1 - Bureau individuel 9	1,80%	0,20%
32	R+1 - Bureau individuel 10	2,50%	0,10%



✚ Le graphique précédent nous montre que l'objectif que nous nous sommes fixé a pu être amélioré par la mise en place des 2 améliorations citées précédemment.

## 5-Synthèse et conclusions

Au cours de cette étude en phase APD sur le comportement du bâtiment, le confort des occupants a été estimé en fonction des choix techniques et architecturaux indiqués.

### 5.1 Analyse de la performance énergétique

A ce stade, le projet de base présente des consommations énergétiques faibles, en effet, les besoins de chauffage annuels sont estimés à 36,60 kWh/m<sup>2</sup>.

### 5.2 Analyse du confort des occupants

La simulation thermique dynamique permet d'étudier :

- ✚ Les températures maximales obtenues en période chaude et ceci pour chaque zone ;
- ✚ Le taux d'inconfort des occupants par zone occupée.

Sur l'ensemble du bâtiment, les résultats de base sont (suivant fichier météo « été chaud ») :

- ✚ Les températures maximales atteintes en période d'occupation varient de 30,9°C à 33,0°C ;
- ✚ Le nombre d'heure d'inconfort dans chaque pièce est à considérer (heure maximale d'inconfort = 44h).
- ✚ Les 2% de battement tolérés sur le taux d'inconfort ressentit en période d'occupation sont respectés pour la plupart des locaux du bâtiment sauf pour les 2 bureaux au R+1 :
  - Bureau partagé 10 : **2,10%**
  - Bureau individuel 10 : **2,50 %**
- ✚ L'objectif n'est donc pas atteint.

Sur l'ensemble du bâtiment, les résultats avec l'amélioration n°1 (occultation) sont (été chaud) :

- ✚ Les températures maximales atteintes en période d'occupation varient de 30,4°C à 31,5°C ;
- ✚ Le nombre d'heure d'inconfort a diminué dans chaque pièce (heure maximale d'inconfort = 14h).
- ✚ Les 2% de battement tolérés sur le taux d'inconfort ressentit en période d'occupation sont respectés pour tous les locaux.
- ✚ L'objectif est donc atteint.

Sur l'ensemble du bâtiment, les résultats avec l'amélioration n°2 (adiabatique) sont (été chaud) :

- ✚ Les températures maximales atteintes en période d'occupation varient de 30,3°C à 32,2°C ;
- ✚ Le nombre d'heure d'inconfort a diminué dans chaque pièce (heure maximale d'inconfort = 32h).
- ✚ Les 2% de battement tolérés sur le taux d'inconfort ressentit en période d'occupation sont respectés pour tous les locaux.
- ✚ L'objectif est donc atteint.

Sur l'ensemble du bâtiment, les résultats avec la combinaison des 2 améliorations sont (été chaud) :

- ✚ Les températures maximales atteintes en période d'occupation varient de 29,4°C à 31,3°C ;
- ✚ Le nombre d'heure d'inconfort a diminué dans chaque pièce (heure maximale d'inconfort = 8h).
- ✚ Les 2% de battement tolérés sur le taux d'inconfort ressentit en période d'occupation sont respectés pour tous les locaux.
- ✚ L'objectif est donc atteint.

### 5.3 Conclusions

Le bâtiment de base ne permet pas d'assurer un confort respectant les exigences que nous nous sommes fixées sur l'ensemble des locaux à occupation prolongée.

L'ajout de brises soleil extérieurs ainsi que l'ajout du module adiabatique sur la double-flux, ont permis d'optimiser les résultats de la base afin d'arriver à des résultats en adéquation avec le souhait du maître d'ouvrage qui était d'obtenir un bâtiment performant au niveau du confort d'été.

Le nombre d'heures dépassant les 30°C est au maximum de 8h sans usage de climatisation.

## 6-Annexes

### 6.1 Les scénarios de fonctionnement de base

#### Les consignes de température :

Salle de réunion/Bureaux/Accueil polyvalent/Sanitaires/Stockage/Locaux techniques/Photocopies/Serveur							
Hebdomadaire	Consigne de chauffage en °C						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	16	16	16	16	16	16	16
1h-2h	16	16	16	16	16	16	16
2h-2h	16	16	16	16	16	16	16
3h-4h	16	16	16	16	16	16	16
4h-5h	16	16	16	16	16	16	16
5h-6h	16	16	16	16	16	16	16
6h-7h	16	16	16	16	16	16	16
7h-8h	19	19	19	19	19	19	16
8h-9h	19	19	19	19	19	19	16
9h-10h	19	19	19	19	19	19	16
10h-11h	19	19	19	19	19	19	16
11h-12h	19	19	19	19	19	19	16
12h-13h	19	19	19	19	19	16	16
13h-14h	19	19	19	19	19	16	16
14h-15h	19	19	19	19	19	16	16
15h-16h	19	19	19	19	19	16	16
16h-17h	19	19	19	19	19	16	16
17h-18h	19	19	19	19	19	16	16
18h-19h	16	16	16	16	16	16	16
19h-20h	16	16	16	16	16	16	16
20h-21h	16	16	16	16	16	16	16
21h-22h	16	16	16	16	16	16	16
22h-23h	16	16	16	16	16	16	16
23h-24h	16	16	16	16	16	16	16

## L'occupation :

Accueil polyvalent/Espace de travail							
Hebdomadaire	Occupation (en personnes)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	15	15	15	15	15	15	0
9h-10h	25	25	25	25	25	25	0
10h-11h	25	25	25	25	25	25	0
11h-12h	25	25	25	25	25	25	0
12h-13h	35	35	35	35	35	0	0
13h-14h	35	35	35	35	35	0	0
14h-15h	25	25	25	25	25	0	0
15h-16h	25	25	25	25	25	0	0
16h-17h	15	15	15	15	15	0	0
17h-18h	15	15	15	15	15	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0



Bureau VPE							
Hebdomadaire	Occupation (en personnes)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	0	0	0	0	0	0	0
9h-10h	1	1	1	1	1	1	0
10h-11h	1	1	1	1	1	1	0
11h-12h	1	1	1	1	1	1	0
12h-13h	0	0	0	0	0	0	0
13h-14h	0	0	0	0	0	0	0
14h-15h	1	1	1	1	1	0	0
15h-16h	1	1	1	1	1	0	0
16h-17h	1	1	1	1	1	0	0
17h-18h	1	1	1	1	1	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0

Bureau associatifs							
Hebdomadaire	Occupation (en personnes)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	1	1	1	1	1	1	0
9h-10h	3	3	3	3	3	3	0
10h-11h	3	3	3	3	3	3	0
11h-12h	3	3	3	3	3	1	0
12h-13h	0	0	0	0	0	1	0
13h-14h	0	0	0	0	0	0	0
14h-15h	1	1	1	1	1	0	0
15h-16h	3	3	3	3	3	0	0
16h-17h	3	3	3	3	3	0	0
17h-18h	1	1	1	1	1	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0



Salle de réunion							
Hebdomadaire	Occupation (en personnes)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	0	0	0	0	0	0	0
9h-10h	6	0	6	0	6	0	0
10h-11h	6	0	6	0	6	6	0
11h-12h	6	0	6	0	6	0	0
12h-13h	0	0	0	0	0	0	0
13h-14h	0	0	0	0	0	0	0
14h-15h	6	0	6	0	6	0	0
15h-16h	0	0	0	0	0	0	0
16h-17h	0	0	0	0	0	0	0
17h-18h	0	0	0	0	0	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0

## Les ventilations

Accueil polyvalent/Espace de travail							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (soufflage/reprise)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	18	18	18	18	18	18	18
9h-10h	18	18	18	18	18	18	18
10h-11h	450	450	450	450	450	450	18
11h-12h	450	450	450	450	450	450	18
12h-13h	630	630	630	630	630	18	18
13h-14h	630	630	630	630	630	18	18
14h-15h	450	450	450	450	450	18	18
15h-16h	450	450	450	450	450	18	18
16h-17h	270	270	270	270	270	18	18
17h-18h	270	270	270	270	270	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

Bureau VPE							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (soufflage/reprise)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	18	18	18	18	18	18	18
9h-10h	18	18	18	18	18	18	18
10h-11h	18	18	18	18	18	18	18
11h-12h	18	18	18	18	18	18	18
12h-13h	18	18	18	18	18	18	18
13h-14h	18	18	18	18	18	18	18
14h-15h	18	18	18	18	18	18	18
15h-16h	18	18	18	18	18	18	18
16h-17h	18	18	18	18	18	18	18
17h-18h	18	18	18	18	18	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

Bureaux associatifs							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (soufflage/reprise)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	18	18	18	18	18	18	18
9h-10h	54	54	54	54	54	54	18
10h-11h	54	54	54	54	54	54	18
11h-12h	54	54	54	54	54	54	18
12h-13h	18	18	18	18	18	18	18
13h-14h	18	18	18	18	18	18	18
14h-15h	18	18	18	18	18	18	18
15h-16h	54	54	54	54	54	18	18
16h-17h	54	54	54	54	54	18	18
17h-18h	18	18	18	18	18	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

Sanitaires/Stockage/Locaux techniques/Photocopies/Serveur							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (reprise)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	18	18	18	18	18	18	18
9h-10h	18	18	18	18	18	18	18
10h-11h	18	18	18	18	18	18	18
11h-12h	18	18	18	18	18	18	18
12h-13h	18	18	18	18	18	18	18
13h-14h	18	18	18	18	18	18	18
14h-15h	18	18	18	18	18	18	18
15h-16h	18	18	18	18	18	18	18
16h-17h	18	18	18	18	18	18	18
17h-18h	18	18	18	18	18	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

Salle de réunion							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (soufflage/reprise)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	18	18	18	18	18	18	18
9h-10h	342	18	342	18	342	18	18
10h-11h	342	18	342	18	342	342	18
11h-12h	342	18	342	18	342	18	18
12h-13h	18	18	18	18	18	18	18
13h-14h	18	18	18	18	18	18	18
14h-15h	342	18	342	18	342	18	18
15h-16h	18	18	18	18	18	18	18
16h-17h	18	18	18	18	18	18	18
17h-18h	18	18	18	18	18	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

Circulation R+1							
Hebdomadaire	Ventilation Double Flux en m3/h (soufflage)						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	18	18	18	18	18	18	18
1h-2h	18	18	18	18	18	18	18
2h-2h	18	18	18	18	18	18	18
3h-4h	18	18	18	18	18	18	18
4h-5h	18	18	18	18	18	18	18
5h-6h	18	18	18	18	18	18	18
6h-7h	18	18	18	18	18	18	18
7h-8h	18	18	18	18	18	18	18
8h-9h	162	162	162	162	162	162	18
9h-10h	162	162	162	162	162	162	18
10h-11h	162	162	162	162	162	162	18
11h-12h	162	162	162	162	162	162	18
12h-13h	18	18	18	18	18	18	18
13h-14h	18	18	18	18	18	18	18
14h-15h	162	162	162	162	162	18	18
15h-16h	162	162	162	162	162	18	18
16h-17h	162	162	162	162	162	18	18
17h-18h	18	18	18	18	18	18	18
18h-19h	18	18	18	18	18	18	18
19h-20h	18	18	18	18	18	18	18
20h-21h	18	18	18	18	18	18	18
21h-22h	18	18	18	18	18	18	18
22h-23h	18	18	18	18	18	18	18
23h-24h	18	18	18	18	18	18	18

## Les puissances dissipées :

Accueil polyvalent/Espace de travail							
Hebdomadaire	Puissance dissipé en W						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	500	500	500	500	500	500	0
9h-10h	500	500	500	500	500	500	0
10h-11h	500	500	500	500	500	500	0
11h-12h	500	500	500	500	500	500	0
12h-13h	500	500	500	500	500	500	0
13h-14h	500	500	500	500	500	0	0
14h-15h	500	500	500	500	500	0	0
15h-16h	500	500	500	500	500	0	0
16h-17h	500	500	500	500	500	0	0
17h-18h	500	500	500	500	500	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0



Bureaux							
Hebdomadaire	Puissance dissipé en W						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	200	200	200	200	200	200	0
9h-10h	200	200	200	200	200	200	0
10h-11h	200	200	200	200	200	200	0
11h-12h	200	200	200	200	200	200	0
12h-13h	0	0	0	0	0	0	0
13h-14h	0	0	0	0	0	0	0
14h-15h	200	200	200	200	200	0	0
15h-16h	200	200	200	200	200	0	0
16h-17h	200	200	200	200	200	0	0
17h-18h	200	200	200	200	200	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0



Salle de réunion							
Hebdomadaire	Puissance dissipé en W						
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche
0h-1h	0	0	0	0	0	0	0
1h-2h	0	0	0	0	0	0	0
2h-2h	0	0	0	0	0	0	0
3h-4h	0	0	0	0	0	0	0
4h-5h	0	0	0	0	0	0	0
5h-6h	0	0	0	0	0	0	0
6h-7h	0	0	0	0	0	0	0
7h-8h	0	0	0	0	0	0	0
8h-9h	0	0	0	0	0	0	0
9h-10h	300	0	300	0	300	0	0
10h-11h	300	0	300	0	300	300	0
11h-12h	300	0	300	0	300	0	0
12h-13h	0	0	0	0	0	0	0
13h-14h	0	0	0	0	0	0	0
14h-15h	300	0	300	0	300	0	0
15h-16h	0	0	0	0	0	0	0
16h-17h	0	0	0	0	0	0	0
17h-18h	0	0	0	0	0	0	0
18h-19h	0	0	0	0	0	0	0
19h-20h	0	0	0	0	0	0	0
20h-21h	0	0	0	0	0	0	0
21h-22h	0	0	0	0	0	0	0
22h-23h	0	0	0	0	0	0	0
23h-24h	0	0	0	0	0	0	0

## 6.1 Les scénarios de fonctionnement de l'amélioration n°1 : Brise soleil avec gestion automatique en période estivale

Période estivale de gestion de fermeture des brises soleil :

Annuel					Amélioration n°1							
Jour	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9		Période										
10		Ventilat ion									Période	
11		Base									Ventilation	
12											Base	
13												
14							Période					
15							Ventilat ion					
16							nocturn e					
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												