

**RAPPORT AUDIT ENERGETIQUE  
AVEC DECRET TERTIAIRE ET STD  
SUR L'ENSEMBLE DU BATIMENT**

Dossier N° :

23004

**AUDIT ENERGETIQUE ET SIMULATION  
THERMIQUE DYNAMIQUE SUR  
L'AMELIORATION DE LA  
PERFORMANCE ENERGETIQUE DU  
BATIMENT « CCI DE SAUMUR »**

**Opération**

CCI Formation SAUMUR  
Square de Balzac  
49400 SAUMUR



## LISTE DES INTERVENANTS




### Maîtrise d'Ouvrage

<u>Intitulé :</u>	<u>Interlocuteur :</u>
<b>CCI du Maine et Loire</b> 8 Boulevard du Roi René 49006 ANGERS ☎ : 02.41.20.49.00 ✉ : ---	<b>Monsieur GOUBIN Pierre-Henri</b> Responsable Pôle Patrimoine / Logistique / Sécurité Sites ANGERS / CHOLET / SAUMUR ☎ : 06.83.72.74.60 / 02.41.49.10.40 ✉ : <a href="mailto:pierre-henri.goubin@maineetloire.cci.fr">pierre-henri.goubin@maineetloire.cci.fr</a>



### Bureau d'études SECC Thermique

<u>Rédacteur :</u>	<u>Vérificateur :</u>
<b>Aurélien LANGLAIS</b> 11 rue des Portières 49214 SAINT BARTHELMY D'ANJOU ☎ : 02 41 32 78 64 - 07 71 68 26 01 ✉ : <a href="mailto:aurelien.langlais@secc-france.com">aurelien.langlais@secc-france.com</a>	<b>Alexandre JESUPRET</b> 11 rue des Portières 49214 SAINT BARTHELMY D'ANJOU ☎ : 02 41 32 78 64 – 07 89 21 57 40 ✉ : <a href="mailto:alexandre.jesupret@secc-france.com">alexandre.jesupret@secc-france.com</a>

### Logiciel utilisé :

<u>Audit énergétique et STD :</u>	<u>Référentiel :</u>
 	

### Certifications/qualifications et normes :

<u>Référentiel :</u>	<u>Intitulé :</u>	<u>Certificat :</u>
	- 1911 : Audit énergétique « maisons individuelles »  - 1905 : Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives)	<b>N° 17 04 3412</b>
<u>Normes :</u>		
	<b>NF EN 16247-1</b> : précise les exigences et les obligations applicables aux audits énergétiques  <b>NF EN 16247-2</b> : précise des exigences spécifiques et supplémentaires à celle de l'EN 16247-1 qui doivent être appliquées simultanément	

### Version des documents

<u>Indice :</u>	<u>Date :</u>	<u>Modification :</u>
0	4 avril 2023	-

## TABLE DES MATIERES

1	Rappel des objectifs de la mission .....	6
1.1	Détermination des surfaces planchers par sous-catégorie.....	7
2	LE DEROULEMENT D'UN AUDIT ENERGETIQUE.....	8
2.1	Déroulement de la visite .....	8
3	donnes generales .....	9
3.1	Caractéristiques du site .....	10
3.2	Historique des travaux .....	10
3.3	Occupation des locaux .....	10
4	Description de l'enveloppe du bâtiment .....	11
4.1	Murs extérieurs et locaux non chauffés .....	11
4.2	Planchers bas ou intermédiaires.....	13
4.3	Plafonds lourds ou terrasses.....	15
4.4	Menuiseries.....	17
5	Répartition des déperditions .....	19
5.1	Caractéristiques thermiques .....	19
6	Synthèse de l'enveloppe du bâtiment .....	20
7	Analyse des systèmes énergétiques .....	22
7.1	Installations de chauffage et de refroidissement .....	22
7.2	Emetteurs de chaleurs et de refroidissements .....	23
7.3	Production d'eau chaude sanitaire .....	24
7.4	Régulation et programmation de chauffage.....	25
7.5	Distributions de chaleur et d'eau chaude sanitaire.....	26
7.6	Auxiliaires de ventilation.....	26
7.7	Eclairage artificiel.....	32
7.8	Appareils électriques.....	32
8	Consommations energetiques .....	33
8.1	Analyse des consommations sur factures d'énergie – Réseau de chaleur BIOMASSE .....	33
8.2	Analyse des consommations sur factures d'électricité - CCI .....	34
8.3	Analyse des consommations sur factures de gaz naturel - PCS.....	35
8.4	Analyse des consommations sur factures de gaz naturel et électricité – Logement de fonction .....	36
8.5	Analyse des consommations sur factures d'énergies avec rapprochement DJU .....	36
8.6	Consommations énergétiques obtenues après correction du climat.....	37
9	Respect des exigences du décret tertiaire.....	38
9.1	Textes législatifs .....	38
9.2	Consommation de référence .....	39
9.3	Méthode de la consommation relative .....	40
9.4	Méthode de la consommation absolue.....	40
9.5	Composante CVC .....	41

9.6	Composante USE.....	41
9.7	Composante CASB (CVC + USE) .....	42
9.8	Conclusions.....	42
9.9	Calcul théorique des consommations pour l'ensemble de la CCI.....	44
9.10	Etiquette de performance énergétique (énergie et climat) .....	44
9.11	Validation de l'état existant .....	45
9.12	Répartition des consommations par énergie (kWhEF/an) .....	45
9.13	Répartition des consommations par poste énergétique .....	46
9.14	Calcul théorique des consommations pour le logement de fonction.....	47
9.15	Etiquette de performance énergétique (énergie et climat) .....	47
10	Simulation thermique dynamique de la verriere .....	48
10.1	Objectifs.....	48
10.2	Outil de simulation.....	48
10.3	Modélisation de la CCI dans son ensemble .....	49
10.4	Conditions internes .....	50
10.5	Conditions des façades existantes .....	50
10.6	Exigence du référentiel de confort d'été .....	50
10.7	Résultats des zones de l'état initial .....	51
10.8	Analyse du confort des usagers.....	57
10.9	Conclusion et les solutions à étudier.....	58
11	Préconisations .....	59
	Mise en œuvre d'un éclairage LED dans l'ensemble des bureaux, locaux communs et zones non chauffés.....	60
11.1	Fiche travaux n°1 : « Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs par l'extérieur du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades NORD-OUEST et NORD-EST en 160 mm ».....	61
11.2	Fiche travaux n°2 : « Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs par l'extérieur du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades SUD-OUEST et SUD-EST en 160 mm » .....	62
11.3	Fiche travaux n°3 : « Isolation thermique supplémentaire des faux plafonds des bureaux et des salles de cours du R+2 en 280 mm » .....	63
11.4	Fiche travaux n°4 : « Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST et donnant sur les circulations du RDC au R+2 » .....	64
11.5	Fiche travaux n°5 : « Remplacement des menuiseries dans les bureaux et salles de cours du RDC au R+2 en façade SUD-OUEST / SUD-EST » .....	70
11.6	Fiche travaux n°6 : « Remplacement des menuiseries dans les bureaux et salles de cours du RDC au R+2 en façade NORD-OUEST / NORD-EST ».....	75
11.7	Fiche travaux n°7 : « Mise en place d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (bureaux, amphithéâtre et salles de cours » .....	76
11.8	Fiche travaux n°8 « Mise en place d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des bâtiments orientés SUD-EST / 640 m² de panneaux ».....	77
12	Tableau de synthèse fiches travaux.....	78
13	Bouquets de travaux.....	80
13.1	Scénario n°1 : scénario de base pour une rénovation.....	80
13.2	Scénario n°2 : scénario éligible aux exigences du décret tertiaire pour 2030.....	81
13.3	Scénario n°3 : 2 <sup>ème</sup> scénario éligible pour les exigences de 2030 .....	82

13.4	Synthèse des scénarios de l’audit énergétique .....	83
14	Conclusion .....	84
15	AnnexES .....	85
15.1	Valeurs absolues du décret tertiaire selon les sous-catégories (arrêté du .....	85
15.2	Evolution des prix des énergies .....	86
15.3	Limiter les surchauffes estivales.....	87
15.4	La TECV : TRANSITION ENERGETIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE .....	88
15.5	La TICPE : Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques .....	89
15.6	La TICGN .....	90
15.7	Les valeurs des émissions de CO2 des différentes énergies : .....	91
15.8	La conversion de l’énergie finale en énergie primaire.....	92
15.9	Glossaires et définition .....	93

## 1 RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION

La présente étude concerne le centre de formation du bâtiment CCI DE SAUMUR. Ce bâtiment est constitué de 3 étages (RDC au R+2) avec des combles perdus destinés à des locaux techniques. La surface plancher de l'ensemble du bâtiment étant  $> 1000 \text{ m}^2$ , l'audit énergétique doit respecter le cahier des charges « audit énergétique dans les bâtiments » et les exigences du décret tertiaire de l'ADEME citées ci-dessous :

Le décret tertiaire est issu de la loi ELAN, il oblige tous les bâtiments tertiaires d'une surface supérieure ou égale à  $1000 \text{ m}^2$  à réduire leur consommation. Pour atteindre ces objectifs, les assujettis ont deux possibilités, ils peuvent :

- ✓ Soit améliorer la performance énergétique de leur bâtiment par rapport à une année de référence (postérieure à 2010) en réalisant une économie d'énergie de -40%, -50% et -60% pour 2030, 2040 et 2050 respectivement « CRELAT » ;
- ✓ Ou atteindre un seuil de consommation d'énergie finale déterminé en valeur absolue « CABS ».

Ce nouvel arrêté du 20 novembre 2020 vient préciser les premières valeurs absolues retenues pour certaines catégories d'activités tertiaires, les exigences à respecter seront découpés selon les activités suivantes :

- Sous-catégorie « Amphithéâtre »
- Sous-catégorie « Administration enseignement supérieur : Bureaux standards »
- Sous-catégorie « Etablissement régional d'enseignement adapté »

Le niveau de consommation d'énergie finale fixé en valeurs absolues pour 2030 est déterminé en annexe 1 pour les différentes sous-catégories. Les niveaux sont définis de la manière suivante :

A minima pour les bâtiments assujettis au dispositif éco énergie tertiaire (obligation issue de la loi Elan du 20 novembre 2020) :

- La composante CVC en  $\text{kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2/\text{an}$  est fixé en  $\text{kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2/\text{an}$  pour la zone géographique du projet ;
- La composante USE en  $\text{kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2/\text{an}$  est fixée en  $\text{kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2/\text{an}$  pour ce bâtiment ;

Sous-catégorie « Amphithéâtre » :

La valeur absolue CABS (CVC+USE) max du projet concernant « L'amphithéâtre » est donc fixée à **55 kWh<sub>EF</sub>/m<sup>2</sup>/an** **pour le respect des horizons de 2030.**

Sous-catégorie « Administration enseignement supérieur : Bureaux standards » :

La valeur absolue CABS (CVC+USE) max du projet concernant « L'amphithéâtre » est donc fixée à **83 kWh<sub>EF</sub>/m<sup>2</sup>/an** **pour le respect des horizons de 2030.**

Sous-catégorie « Etablissement régional d'enseignement adapté » :

La valeur absolue CABS (CVC+USE) max du projet concernant « L'amphithéâtre » est donc fixée à **95 kWh<sub>EF</sub>/m<sup>2</sup>/an** **pour le respect des horizons de 2030.**

La présente opération est une analyse détaillée des données du bâtiment, permettent de dresser des propositions chiffrées et argumentées de programmes d'économies d'énergie. Ce rapport permet au maître d'ouvrage de décider, en connaissances de causes, chiffres en main, le programme des interventions que nécessite son bâtiment pour améliorer la performance énergétique.

Le rapport se présente de la manière suivante :

- **Descriptif thermique du bâtiment sur l'enveloppe existante ;**
- **Descriptif des systèmes énergétiques permettant d'assurer le chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, ventilation... ;**
- **Analyse des consommations énergétiques sur les dernières années ;**
- **Propositions d'améliorations énergétiques sur l'enveloppe énergétique et des systèmes énergétiques ;**
- **Plusieurs scénarios de travaux seront proposés.**

Cette étude a pour objectif d'évaluer les économies d'énergies envisageables à l'échelle du bâtiment. Elle vous permet de choisir les travaux de maîtrise de l'énergie les plus judicieux à mettre en œuvre en fonction de critères techniques et financiers.

### 1.1 Détermination des surfaces planchers par sous-catégorie

Les surfaces prises en compte dans l'étude sont issues des calculs réalisés et déduits à partir de nos métrés réalisés lors de notre visite.

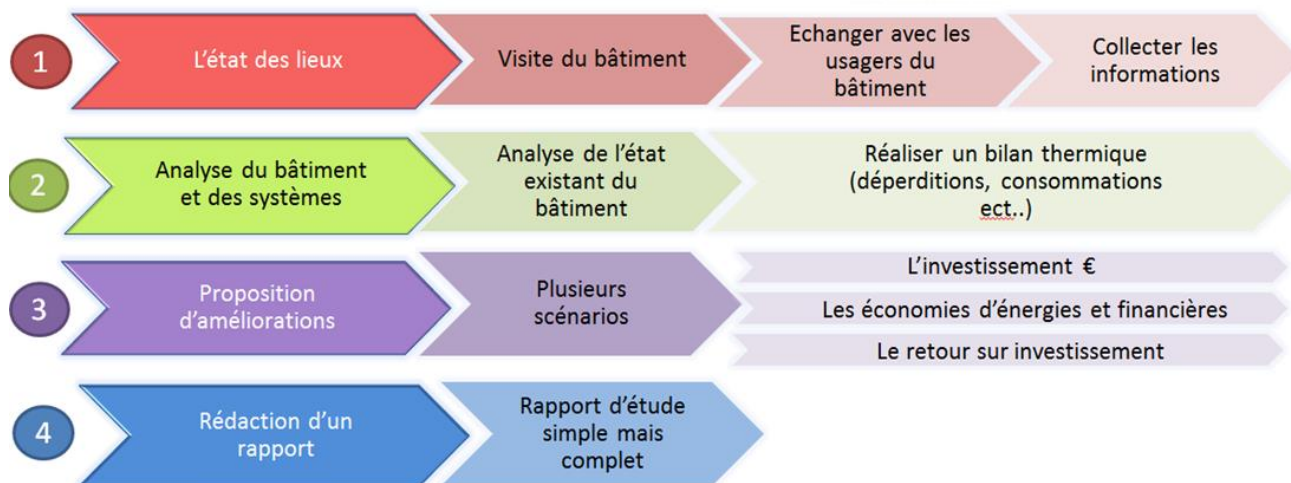
La surface des différents planchers des locaux sont déterminés en fonction de leurs usages :

Bâtiment CCI DE SAUMUR	Surface de plancher (m²)
<u>Logement de fonction :</u>	63.8 m²
<u>Amphithéâtre :</u>	179.8 m²
<u>Bureaux administratifs :</u>	469.1 m²
<u>Etablissement scolaire :</u>	3840.5 m²
<b><u>TOTAL :</u></b>	<b>4 889.4 m²</b>

**Nota :** le logement de fonction n'est pas intégré dans le dispositif du décret tertiaire. Nous avons donc exclu cette surface plancher.



## 2 LE DEROULEMENT D'UN AUDIT ENERGETIQUE



**L'audit énergétique est un outil d'aide à la décision et n'est en aucun cas une mission de maîtrise d'œuvre.**

### 2.1 Déroulement de la visite

Lors de notre visite effectuée le mercredi 1 février 2023 en présence de Monsieur GOUBIN (Responsable Patrimoine), nous avons pu accéder aux zones suivantes du bâtiment :

- Ensemble des locaux intérieurs,
- Extérieurs du bâtiment,
- Chaufferie dans les combles perdus,
- Vide sanitaire du bâtiment D,
- Logement d'habitation au RDC.

Les documents de travail transmis par le maître d'ouvrage de ce site sont les suivants :

- Plans des différents étages avec plans de toitures ;
- Consommations d'électricité, de gaz naturel et du raccordement au réseau de chaleur biomasse (sans les tarifs des énergies de toutes les années) ;
- Programmations de chauffage et de refroidissement pour les différentes zones du bâtiment ;
- Occupation des locaux avec une amplitude horaire ;
- Historique de travaux.

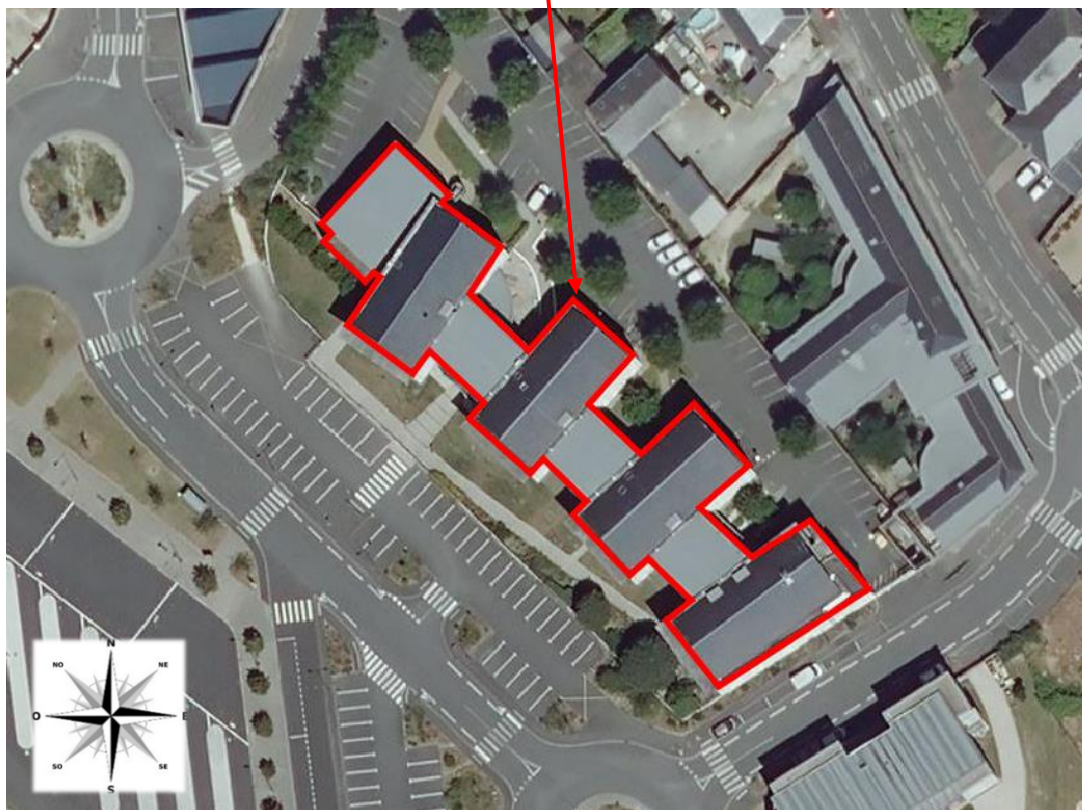


### 3 DONNES GENERALES

**CCI DE SAUMUR**

Square de Balzac

49400 SAUMUR



**Nota :** Certaines façades en SUD-OUEST et NORD-EST sont des façades type façade rideau.

#### Illustrations des façades



Façade SUD-OUEST



Façade NORD-OUEST



Façade NORD-EST



Façade SUD-EST

### 3.1 Caractéristiques du site

<u>Usage :</u>	CCI de SAUMUR – Centre de formation
<u>Surface utile chauffée de la CCI (m²) :</u>	4 374 m²
<u>Surface utile chauffée du logement (m²) :</u>	63.8 m²
<u>Surface SHON totale (m²) :</u>	5 094 m²
<u>Nombre de personnes :</u>	≈ 200 personnes au quotidien
<u>Nombre de niveaux :</u>	3
<u>Date de construction :</u>	2000

Nous avons pris en compte la rigueur climatique locale (DJU moyens trentenaires) dans l'étude des consommations reconstituées du bâtiment.

<u>Département :</u>	Maine et Loire (49)
<u>Altitude :</u>	36 m
<u>Température extérieure de base :</u>	- 7 °C
<u>Température intérieure moyenne :</u>	19 °C
<u>Hauteur sous plafond des étages courants :</u>	2.70 m sous dalle de faux plafond
<u>Type de construction :</u>	Bâtiment tertiaire
<u>DJU trentenaire :</u>	2 074 °C/ J

Nota : Les DJU trentenaires sont généralement plus élevés que ceux mesurés sur les dix dernières années ; en effet les derniers hivers ont été plus doux. Les consommations énergétiques (en kWh) que nous estimons par la suite de notre étude, sont donc légèrement surévaluées comparées aux consommations réelles.

### 3.2 Historique des travaux

<u>Travaux</u>	<u>Année</u>	<u>Source</u>
Raccordement au réseau de chaleur BIOMASSE « Le chemin vert » pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire sur l'ensemble du bâtiment	2017	Historique client
Remplacement des têtes thermostatiques sur l'ensemble des radiateurs à eau chaude dans l'ensemble du bâtiment	Fin 2022	Historique client


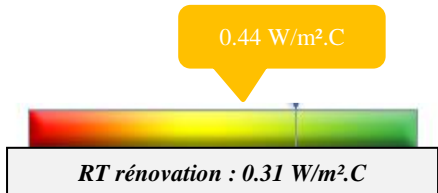

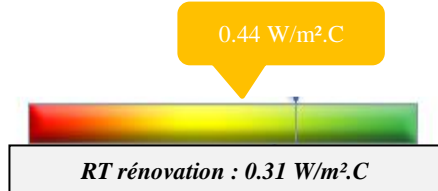

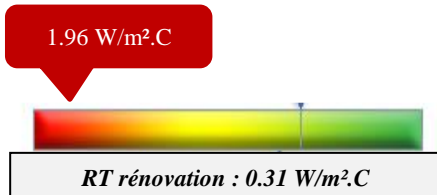
### 3.3 Occupation des locaux

CCI DE SAUMUR – 49400 SAUMUR						
Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
8h00 – 17h00	8h00 – 17h00	8h00 – 17h00	8h00 – 17h00	8h00 – 17h00	8h00 – 17h00	-

Nota : La CCI dispose d'un amphithéâtre dans l'enceinte de l'établissement. Dans notre étude, nous avons considérés que cet espace est utilisé une fois par semaine.

## 4 DESCRIPTION DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT

### 4.1 Murs extérieurs et locaux non chauffés

Descriptif	Photos	U [W/m².C]	Différence réglementaire						
<b>Mur n°1 :</b>  - Murs en parpaing creux avec une isolation thermique intérieure de 80mm en laine de verre, avec revêtement intérieur type plaque de plâtre donnant du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades (y compris logement de fonction )		0.44 W/m².C	- 42 %						
									
<b>Mur n°2 :</b>  - Murs en parpaing creux avec une isolation thermique de 80mm en laine de verre donnant sur des locaux non chauffés « compresseur et TGBT » (b=0.8)		0.44 W/m².C	- 42 %						
									
<b>Mur n°3 :</b>  - Murs en parpaing creux sans isolation thermique donnant sur un local non chauffé « local technique d'eau glacée » (b=0.8)		1.96 W/m².C	- 532 %						
									
<b>Echelle :</b> Selon la valeur réglementaire de la rénovation par élément.									
<table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Peu performant</td><td>Moyen</td><td>Performant</td></tr></table>							Peu performant	Moyen	Performant
Peu performant	Moyen	Performant							



### Visualisation sur plans – Murs extérieurs ou sur locaux non chauffés

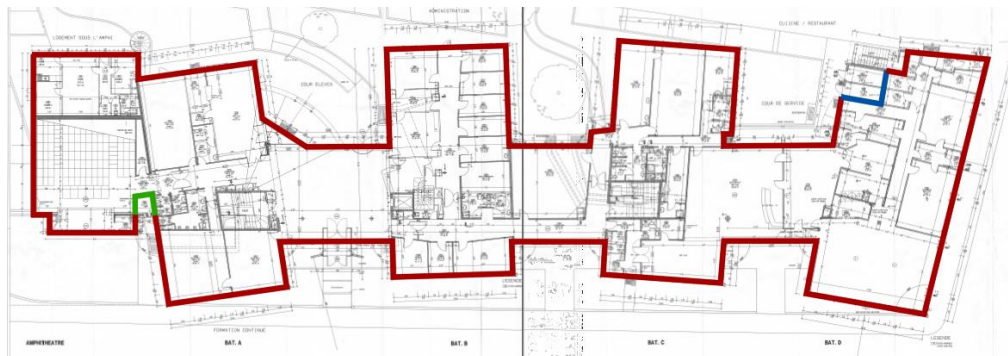
#### Légende :

Mur n°1 : ■

Mur n°2 : ■

Mur n°3 : ■

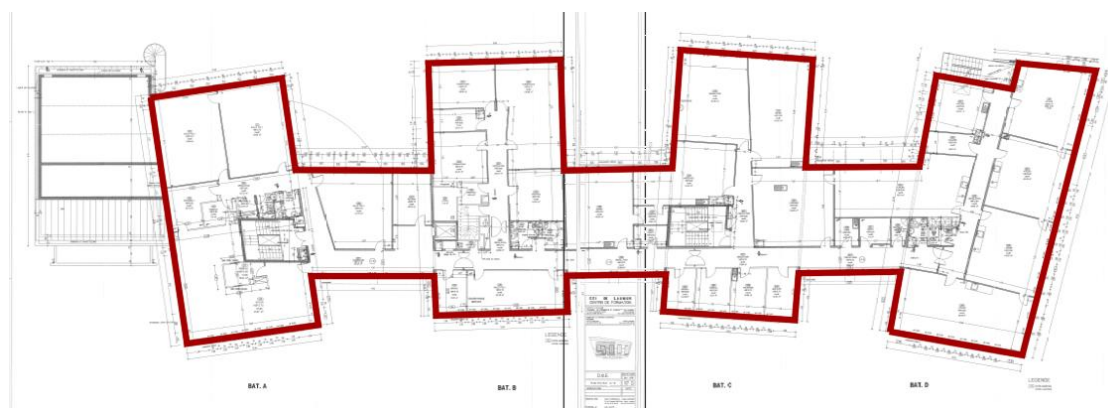
#### Rez-de-chaussée :



#### R+1 :


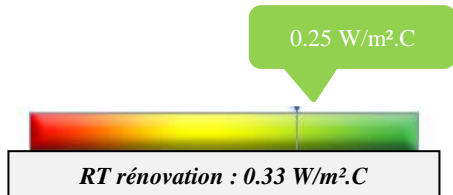

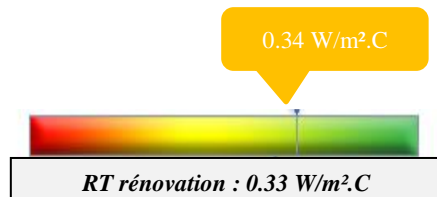

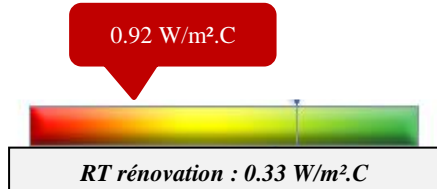

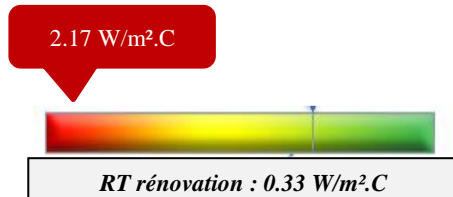


#### R+2 :



**Nota :** Les murs extérieurs n°1 du logement au RDC et de l'ensemble de l'amphithéâtre sont identiques aux murs extérieurs de la CCI.




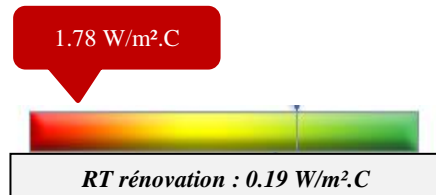

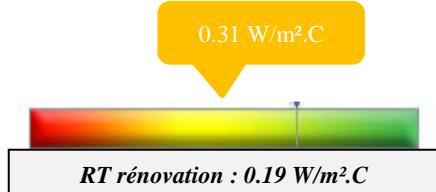

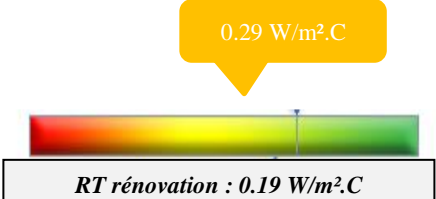

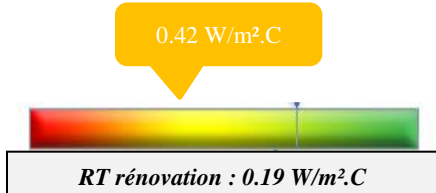
## 4.2 Planchers bas ou intermédiaires






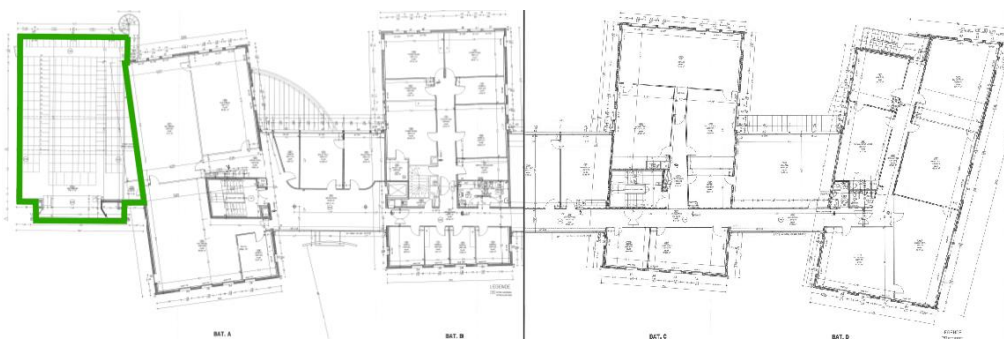
Descriptif	Photos	U [W/m².C]	Différence réglementaire						
<b>Plancher n°1 :</b>  - Plancher bas des zones chauffés du RDC des bâtiments A-B-C type terre-plein avec estimation d'une isolation sous chappe de 60mm en polystyrène		0.25 W/m².C	+ 32 %						
									
<b>Plancher n°2 :</b>  - Plancher bas du bâtiment D donnant sur un vide sanitaire avec estimation d'une isolation thermique de 60mm en polystyrène sous chappe		0.34 W/m².C	- 3 %						
									
<b>Plancher n°3 :</b>  - Plancher haut du local compresseur et TGBT (LNC) avec isolant type coupe-feu en fibralith de 50mm en sous face (b=0.8)		0.92 W/m².C	- 178 %						
									
<b>Plancher n°4 :</b>  - Plancher haut du local technique production d'eau glacée (LNC) du RDC donnant sur des locaux chauffés en dalle béton sans isolation thermique (b= 0.8)		2.17 W/m².C	- 557 %						
									
<b>Echelle :</b> Selon la valeur réglementaire de la rénovation par élément.		<table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Peu performant</td><td>Moyen</td><td>Performant</td></tr></table>					Peu performant	Moyen	Performant
Peu performant	Moyen	Performant							

**Visualisation sur plans – Planchers bas et planchers intermédiaires****Légende :**Plancher n°1 : ■Plancher n°2 : ■Plancher n°3 : ■Plancher n°4 : ■**Rez-de-chaussée et R+1 :**


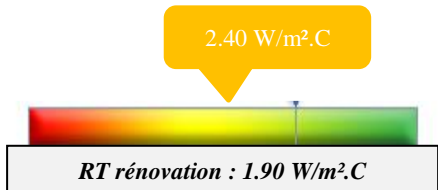

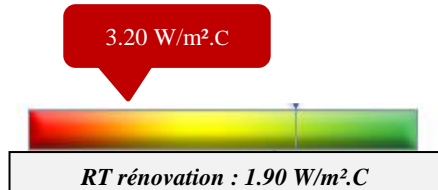

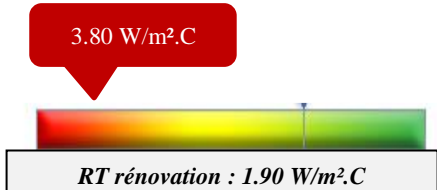

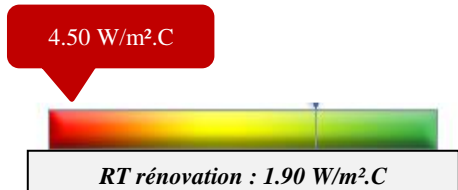


### 4.3 Plafonds lourds ou terrasses

Descriptif	Photos	U [W/m².C]	Différence réglementaire						
<b><u>Plafond n°1 :</u></b>  - Plafond de type combles perdus avec élément porteur en maçonnerie avec une isolation thermique de 150mm en laine minérale sur les bâtiments A-B-C		0.28 W/m².C	- 47 %						
									
<b><u>Plafond n°2 :</u></b>  - Plafond de type combles perdus avec structure élément porteur en maçonnerie sans isolation thermique au-dessus du plancher (plancher destiné à des locaux techniques), (b = 0.8)		1.78 W/m².C	- 836 %						
									
<b><u>Plafond n°3 :</u></b>  - Plafond en zinc donnant sur l'ensemble de l'amphithéâtre avec estimation d'une isolation thermique en sous face de 150mm en laine minérale		0.31 W/m².C	- 63 %						
									
<b><u>Plafond n°4 :</u></b>  - Plafond en zinc donnant sur l'ensemble des circulations avec estimation d'une isolation thermique en sous face de 150mm en laine minérale		0.29 W/m².C	- 52 %						
									
<b><u>Plafond n°5 :</u></b>  - Toiture terrasse du bâtiment D au R+2 avec structure porteuse en maçonnerie et estimation d'une isolation au-dessus avec 60mm de laine de roche avec étanchéité bitumeuse		0.42 W/m².C	- 121 %						
									
<b><u>Echelle :</u></b> Selon la valeur réglementaire de la rénovation par élément.									
<table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Peu performant</td><td>Moyen</td><td>Performant</td></tr></table>							Peu performant	Moyen	Performant
Peu performant	Moyen	Performant							


**Visualisation sur plans – Plafonds lourds ou terrasses****Légende :**Plafond n°1 : Plafond n°2 : Plafond n°3 : Plafond n°4 : Plafond n°5 : **Plafonds du RDC :****Plafonds du R+1 :****Plafonds du R+2 :**

## 4.4 Menuiseries

Descriptif	Photos	Uw [W/m².C]	Différence réglementaire						
<b>Menuiserie n°1 :</b>  - Menuiseries en PVC double vitrage type 4/12/4. Les menuiseries des bureaux et salles de cours sont équipées de volets roulants manuels avec des stores extérieurs. Des entrées d'air sont présentes sur les menuiseries. (30 ou 45 m3/h selon chaque bureau). Les coffres de volets roulants et les menuiseries sont peu étanches à l'air.		2.40 W/m².C	- 26 %						
									
<b>Menuiserie n°2 :</b>  - Murs rideaux ou menuiseries en alu double vitrage type 4/10/4 donnant sur la façade SUD-OUEST. Les murs rideaux sont équipés de casquettes solaires sur toute la longueur des murs rideaux à chaque étage.		3.20 W/m².C	- 68 %						
									
<b>Menuiserie n°3 :</b>  - Bow-window en inox en débord de façade NORD-OUEST type 4/6/4 donnant dans l'amphithéâtre		3.80 W/m².C	- 100 %						
									
<b>Menuiserie n°4 :</b>  - Portes en alu non isolées et pas étanches à l'air donnant sur l'extérieur		4.50 W/m².C	- 136 %						
									
<b>Echelle :</b> Selon la valeur réglementaire de la rénovation par élément.									
		<table><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Peu performant</td><td>Moyen</td><td>Performant</td></tr></table>					Peu performant	Moyen	Performant
Peu performant	Moyen	Performant							

### Visualisation sur plans – Menuiseries

**Légende :**

Menuiserie n°1 : Menuiserie n°2 : Menuiserie n°3 : Menuiserie n°4 : 

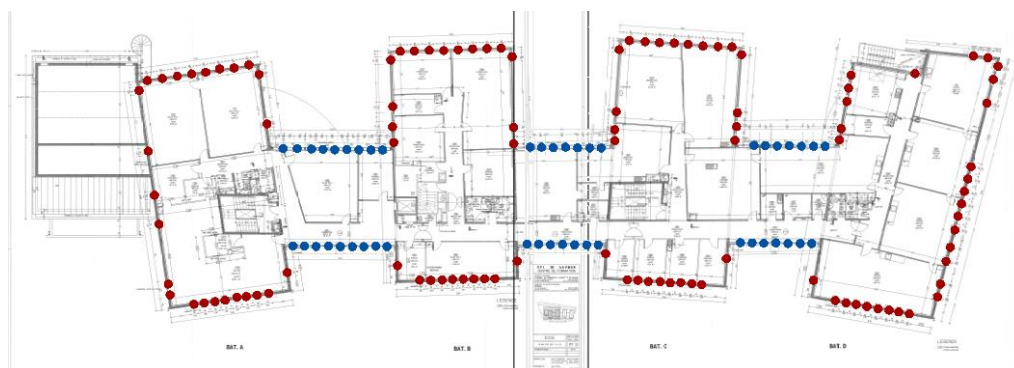
**RDC :**



$R+1$  :



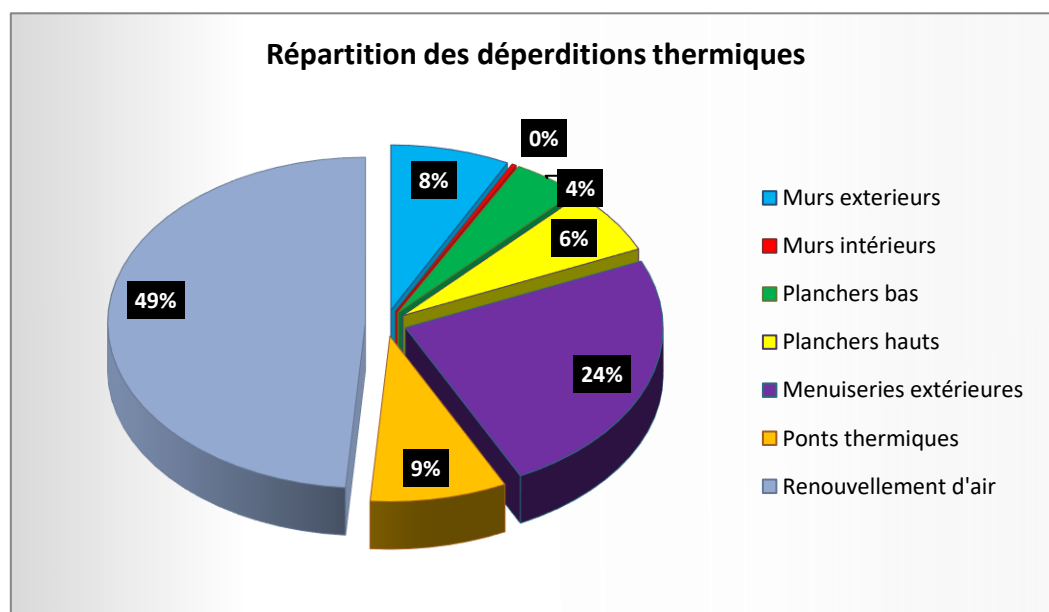
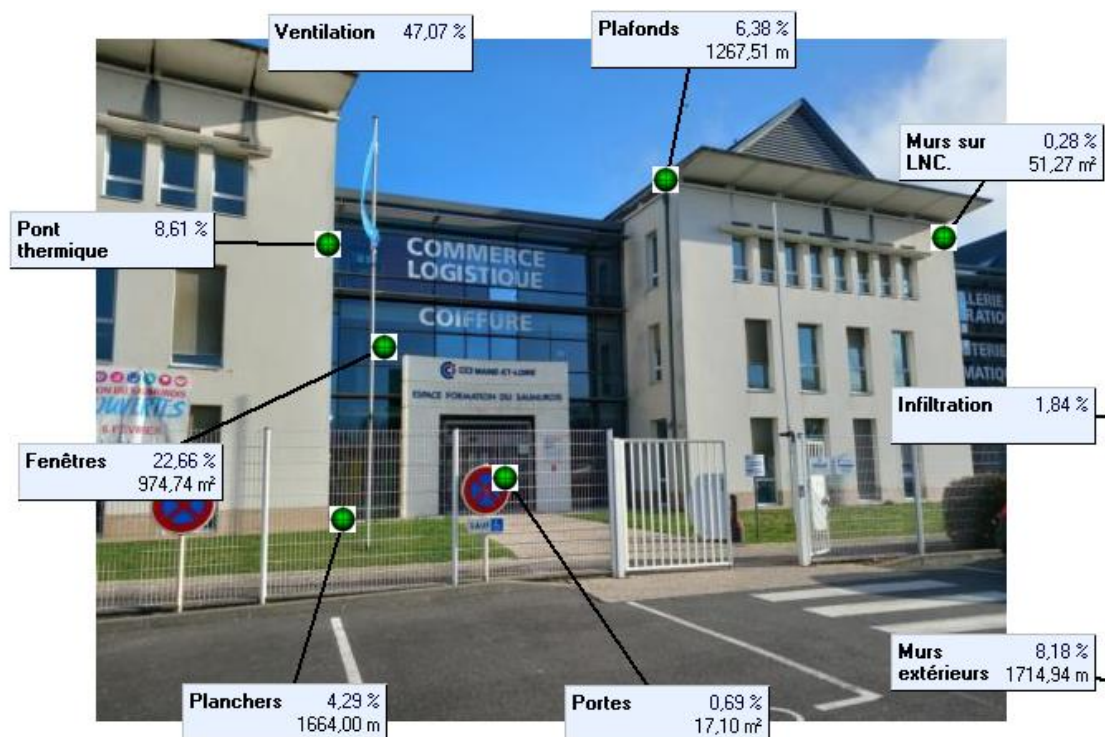
**$R_{+2}$  :**





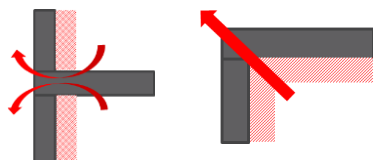
## 5 REPARTITION DES DEPERDITIONS

### 5.1 Caractéristiques thermiques



Le graphique ci-dessus représente la répartition des déperditions thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Les points les plus déperditifs sont le renouvellement d'air y compris les hottes de cuisine et hottes des ateliers (49%), les menuiseries extérieures (24%) et les ponts thermiques (9 %).

**Nota :** Un pont thermique est un point de jonction sur l'enveloppe d'un bâtiment où l'isolation n'est pas continue et qui provoque des pertes de chaleur.



*Illustration d'un pont thermique d'un plancher intermédiaire et d'un angle sortant entre deux murs extérieurs avec isolation par l'intérieur.*

## 6 SYNTHESE DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT

Suite à la description succincte de l'enveloppe énergétique du bâtiment, nous pouvons déduire les déperditions du bâtiment au global permettant de dimensionner des installations.

<b>Déperditions du bâtiment (W)* :</b>	<b>315 400 W</b>
<b>Puissance à installer majorée de 20% (W)* :</b>	<b>378 480 W</b>

### Nota :

Les déperditions prennent en compte les déperditions statiques et dynamiques, pour rappel :

\*Déperditions statiques : déperditions par les parois, représente la somme des flux de chaleur à travers des parois (sols, murs, plafonds...)

\*Déperditions dynamiques : déperditions par renouvellement d'air hygiénique et de confort, représente la somme des infiltrations de l'air extérieur dans le bâtiment. Dans notre étude, nous sommes partis sur un renouvellement d'air de 1 vol/h pour la ventilation de confort.

<b>U bât (W/m².°C) :</b>	<b>0.94 W/m².°C</b>
--------------------------	---------------------

Le coefficient de transmission thermique du bâtiment signifié « Ubat », caractérise la performance générale du bâtiment, ce coefficient est moyen et peut être amélioré. Les actions d'améliorations possibles sont les suivantes :

Nous pouvons constater que les déperditions sur l'ensemble du bâtiment sont générées globalement par le renouvellement d'air, représentant **49%** des déperditions dans l'ensemble du bâtiment. Le renouvellement d'air dans les sanitaires et les salles de cours est respecté. L'extraction se réalise dans les parties communes et les sanitaires, des entrées d'air sont présentes sur les menuiseries des salles de cours. Ce principe permet donc de bien réaliser un brassage d'air dans les salles de cours. Le renouvellement d'air intègre majoritairement le process des hottes de cuisines du rez-de-chaussée et des ateliers du R+2. Les hottes de cuisines sont en fonctionnement seulement en occupation (8h à 14h environ pour 3 jours par semaine).

Les menuiseries extérieures sur l'ensemble du bâtiment sont le deuxième poste le plus déperditif du bâtiment. Elles représentent (dont les façades rideaux en façade SUD-OUEST) **24 %** des déperditions du bâtiment. Les menuiseries dans les bureaux et salles de cours sont d'origines et sont en PVC type double vitrage 4/12/4 ou alu 4/10/4 sans rupteurs de ponts thermiques, elles sont également peu étanches à l'air (des traces d'infiltrations d'air sont présentes sur les murs, voir photos ci-dessous). Les murs rideaux en façade SUD-OUEST sont en double vitrage peu performants, les menuiseries possèdent des caquettes solaires type métalliques peu performantes. La largeur actuelle de ces casquettes ne permet pas d'atténuer confortablement l'inconfort estival. Les menuiseries extérieures sont également équipées de stores extérieurs qui sont grillés par les rayons du soleil, ces stores coulissants n'ont plus d'impact sur le confort estival. Des actions sont donc à mener sur l'ensemble des menuiseries extérieures.

L'isolation des planchers hauts du bâtiment sont à l'origine du bâtiment, représentant **9 %** des déperditions. L'isolation est majoritairement en laine minérale de 150mm au-dessus de la structure porteuse (dalle béton). Cependant les faux plafonds du R+2 ne sont pas isolés, une isolation supplémentaire pourrait être facilement réalisable au-dessus des dalles de faux plafonds afin d'améliorer le confort thermique et de réduire les consommations énergétiques.

Lors de nos relevés, nous avons pu constater que l'ensemble des murs extérieurs sont isolés en laine de verre par l'intérieur avec 80mm, les déperditions calculées sont dans l'ordre de **8 %** représentant une faible part des déperditions générales du bâtiment. Cependant, malgré une faible épaisseur de l'isolation, ce poste n'est pas la priorité du bâtiment. Une isolation supplémentaire par l'extérieur pourrait être envisageable et améliorer l'inertie thermique du bâtiment afin de réduire les déperditions thermiques dans quelques années.



✚ Pathologies rencontrées sur les menuiseries et des coffres de volets roulants :



Nous constatons la prolifération de la pollution extérieure sur toute la hauteur entre la jonction tableau des menuiseries et murs extérieurs. Cette présence de pollution démontre que les menuiseries autour du cadre ne sont pas étanches.



Nous avons relevé et constaté que les coffres de volets roulants sur l'ensemble des menuiseries ne sont pas isolés et pas étanches à l'air. Les volets roulants représentent une part des déperditions des menuiseries dans les 24 % annoncées.


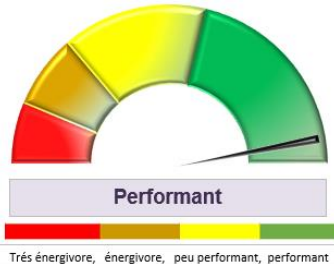



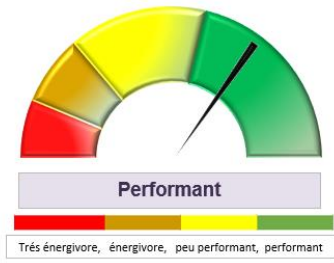
✚ Pathologies rencontrées sur les amenées d'air neuf sur le désenfumage :



Lors des relevés effectués sur site, il a été également constaté que les grilles d'amenée d'air neuf ne sont pas équipées de volets d'air motorisés. En effet, cela provoque un courant d'air et une sensation de froid dans les cages d'escaliers. Cependant les déperditions liées à ce conduit ne sont pas quantifiables, cela va donc dépendre des conditions climatiques extérieures (vent ect..). Des volets d'air motorisés pourront être ajoutées et connectées à la SSI afin de régler ce problème. Nous vous conseillons de mettre les volets aux grilles extérieures (chiffage déjà effectué par le MOA).

## 7 ANALYSE DES SYSTEMES ENERGETIQUES


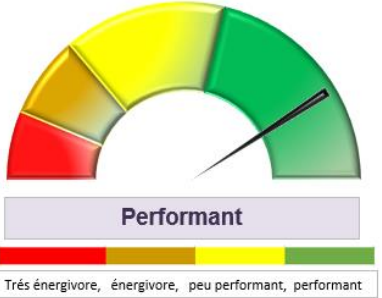
### 7.1 Installations de chauffage et de refroidissement

Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Production n°1 – CHAUFFAGE par un réseau de chaleur urbain - CCI » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réseau de chaleur urbain nommé « CHEMIN VERT – SAUMUR »</li> <li>- Type de production : BIOMASSE type plaquettes avec appoint au gaz naturel</li> <li>- Type d'échangeur : Echangeur à plaques type TRANTER DN100</li> <li>- Unité : 1</li> <li>- Puissance délivrée en sous-station : 600 kW</li> <li>- Position de l'échangeur : en chaufferie au R+3</li> <li>- Année de raccordement : 2017</li> <li>- Pièces concernées : RDC au R+2 (sauf logement de fonction)</li> <li>- Echangeur à plaques avec réseaux de distributions vers panoplie hydraulique calorifugés</li> </ul>		
<p><b><u>Production n°2 - CHAUFFAGE « chaudière gaz murale type condensation - LOGEMENT » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 chaudière gaz naturel murale à condensation</li> <li>- Energie : Gaz naturel</li> <li>- Usage : Chauffage et eau chaude sanitaire (double service)</li> <li>- Année : 2019</li> <li>- Marque : SAUNIER DUVAL</li> <li>- Type : Thermaplus condens 25A</li> <li>- Puissance nominale à pleine charge par chaudière : 24.00 kW</li> <li>- Position de la production : logement de fonction (en volume chauffé)</li> <li>- Pièce concernée : Ensemble du logement</li> <li>- Rendement saisonnier estimé : 98.8 %</li> </ul>		
<p><b><u>Production n°3 - REFROIDISSEMENT de l'amphithéâtre » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groupe de production d'eau glacée à condensation par air alimentant une batterie froide de la CTA</li> <li>- Marque et type : CIAT de type LJA100</li> <li>- Position de groupe extérieur : local technique au rez de chaussée</li> <li>- Ballon tampon d'eau glacée primaire : 300 L</li> <li>- Puissance frigorifique : 25.00 kW</li> <li>- Type d'émission : bouches de soufflages au plafond de l'amphithéâtre (x4)</li> <li>- Coefficient EER nominal estimé : 2.80</li> </ul>		

Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Production n°4 – REFROIDISSEMENT</u></b> <b><u>« pompe à chaleur salle serveur » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pompe à chaleur de type air/air refroidissement constant</li> <li>- Marque : DAIKIN</li> <li>- Type : NC</li> <li>- Unité : 1</li> <li>- Position du groupe extérieur : en toiture</li> <li>- Type d'émission : split mural dans local serveur au R+2</li> <li>- Puissance nominale froid par la PAC : 7.10 kW</li> <li>- Coefficient EER nominal estimé : 3.00</li> </ul> <p>Groupe extérieur non accessible lors de nos relevés</p> <p>Nota : Le local est refroidi tout au long de l'année avec une température constante. La température de consigne relevée dans ce local est de 20°C.</p>		 <p>Performant</p> <p>Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

## 7.2 Emetteurs de chaleurs et de refroidissements

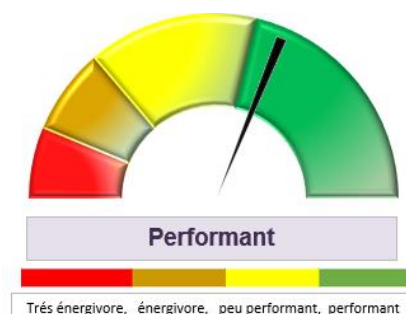
Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Emetteurs n°1 « Radiateurs à eau chaude » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type d'émission : radiateurs à eau chaude dans l'ensemble de l'établissement de type acier</li> <li>- Production : Lié à la production du réseau de chaleur urbain (production n°1)</li> <li>- Régulation terminale : présence de robinets type thermostatiques (fraichement installés fin 2022)</li> <li>- Surface concernée : Ensemble des salles de cours et des bureaux de la CCI (RDC au R+2)</li> </ul>		 <p>Performant</p> <p>Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Emetteurs n°2 « Aérothermes grande cuisine » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type d'émission : Aérothermes à eau chaude pour la cuisine du RDC</li> <li>- Production : lié à la production du réseau de chaleur urbain</li> <li>- Unités : 2</li> <li>- Marque : CIAT</li> <li>- Type : SILENTHERME n°33</li> <li>- Puissance : 31 kW</li> <li>- Débit d'air : 3 000 m3/h</li> </ul>		 <p>Performant</p> <p>Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>



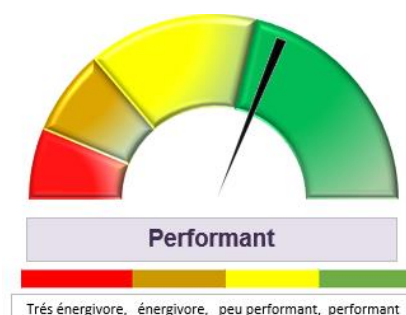
**Emetteurs n°3 « Aérotherme office et plonge » :**

- Type d'émission : Aérotherme à eau chaude pour l'office et la plonge du RDC avec bouches de diffusion au plafond
  - Production : lié à la production du réseau de chaleur urbain
  - Unité : 1
  - Marque : CIAT
  - Type : SILENTHERME n°12
  - Puissance unitaire : 11 kW
- Débit d'air de soufflage : 500/1000 m3/h (petite et grande vitesse)



**Emetteur n°4 « Aérotherme pour labo et pâtisserie » :**

- Type d'émission : Aérotherme à eau chaude pour le labo et le coin pâtisserie
  - Production : lié à la production du réseau de chaleur urbain
  - Unité : 1
  - Marque : CIAT
  - Type : SILENTHERME n°12
  - Puissance unitaire : 11 kW
- Débit d'air de soufflage : 1000/2500 m3/h (petite et grande vitesse)


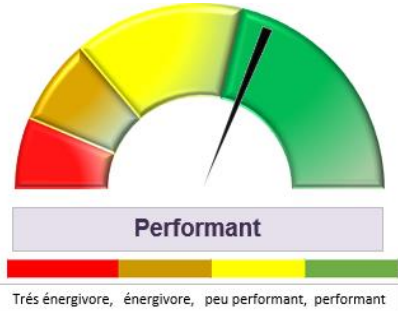

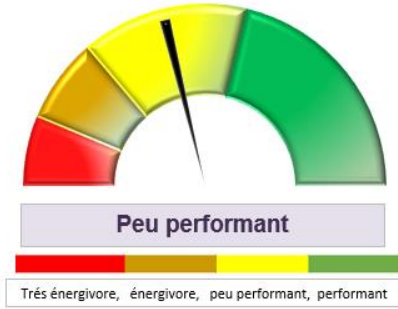


**Nota :** les aérothermes ont une prise d'air directement sur l'extérieur, les aérothermes permettent également de compenser l'extraction des hottes de cuisine, plonge et pâtisserie. Les aérothermes possèdent une batterie à eau chaude et sont mis en route quand les hottes d'aspirations sont en fonctionnement.


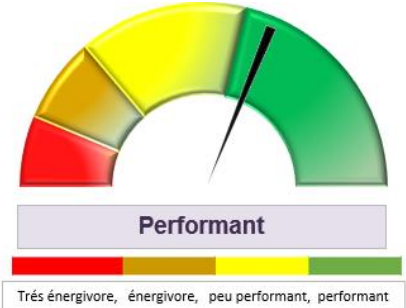
### 7.3 Production d'eau chaude sanitaire

Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Production ECS n°1 « ensemble de la CCI » :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de stockage : préparateur semi-instantané d'eau chaude sanitaire</li> <li>- Type de production : production par le réseau de chaleur urbain « le chemin vert »</li> <li>- Marque : ACV</li> <li>- Type : JAMBO 800</li> <li>- Volume de stockage : 800 L</li> <li>- Position du ballon : chaufferie au R+3</li> <li>- Nombre au total : 1</li> <li>- Pièces desservies : l'eau chaude permet desservir principalement les cuisines se trouvant au rez de chaussée</li> </ul>		<p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

## 7.4 Régulation et programmation de chauffage


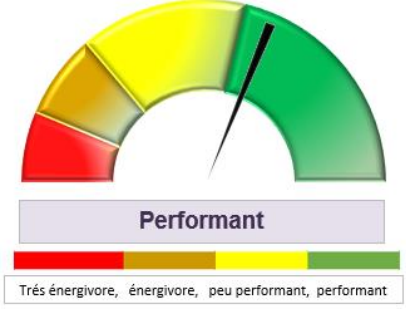
Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Chaufferie du R+2 (combles) :</u></b>  Automate de marque DELTA DORE type ENERGY BOX UC-3 avec réalisation d'une régulation en fonction de la température extérieure (loi d'eau). Une GTB et une GTC est également installée permettant un control à distance :</p> <p>Température de confort estimé : 19 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lundi de 8h00 à 18h00</li> <li>- Mardi de 8h00 à 18h00</li> <li>- Mercredi de 8h00 à 18h00</li> <li>- Jeudi de 8h00 à 18h00</li> <li>- Vendredi de 8h00 à 18h00</li> </ul> <p>La température est considérée de 17°C le restant du temps. Cependant aucunes sondes d'ambiances n'est présent dans la CCI ne permettant pas de relever la température intérieure.</p> <p><i>Nota :</i> Cette installation permet d'être conforme au décret BACS du 30 juillet 2020 relatif au système d'automatisation et de contrôle des bâtiments non résidentiels et à la régulation automatique de la chaleur permettant de suivre et analyser et contrôler les installations techniques.</p>		
<p><b><u>CTA de l'amphithéâtre :</u></b>  Régulation par gestion manuelle de la CTA de soufflage et du caisson de reprise pour le renouvellement d'air de l'amphithéâtre. La CTA est mise en route quand l'amphithéâtre est occupé et reste éteint dans la salle est inoccupée.</p> <p>En occupation, nous avons considéré une température de consigne de 20°C (pour le chauffage) et une température de consigne 21°C (pour le refroidissement). Nous avons considéré une utilisation une fois par semaine tout au long de l'année.</p>		
<p><b><u>Refroidissement du local serveur (R+2) :</u></b></p> <p>Refroidissement constant toute l'année du local serveur au R+2 pour une température de consigne de 20°C.</p>		

## 7.5 Distributions de chaleur et d'eau chaude sanitaire


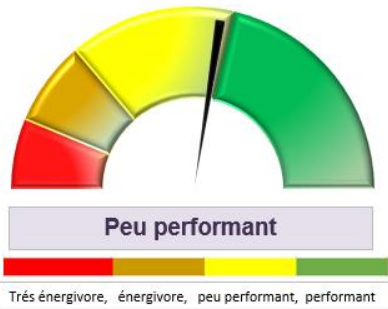

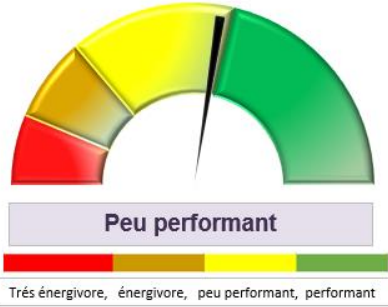
Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Distributions des réseaux de chauffage :</u></b></p> <p>Type de tuyauteries : acier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation : coquille de laine de roche sur chaque départ</li> <li>- 2 circuits régulés en chaufferie : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Circuit NORD-EST régulé avec une V3V</li> <li>✓ Circuit CTA départ constant vers la batterie chaude</li> <li>✓ Circuit SUD-OUEST régulé avec une V3V</li> <li>✓ Circuit ECS constant vers ballon de stockage</li> </ul> </li> <li>- Régulation : Les vannes 3 voies sont régulés en fonction de la température extérieure.</li> </ul> <p><b><u>Distributions des réseaux d'ECS :</u></b></p> <p>Type de tuyauteries : acier et cuivre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation : isolation type armaflex sur l'ensemble des tuyauteries</li> <li>- 2 circuits en chaufferie : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Circuit eau mitigée vers les cuisines du RDC et salon de coiffure</li> <li>✓ Circuit recyclage eau chaude sanitaire</li> </ul> </li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>


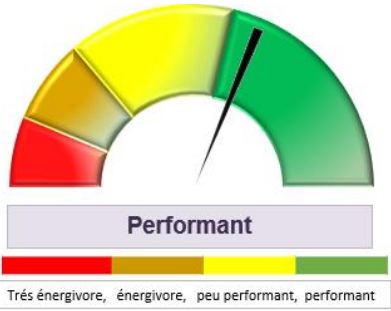


**Nota :** Nous avons constaté lors de nos relevés que les réseaux de distributions au secondaire sont calorifugés en chaufferie (chauffage et eau chaude sanitaire).  
Les réseaux primaires (avant l'échangeur) sont également calorifugés.

## 7.6 Auxiliaires de ventilation


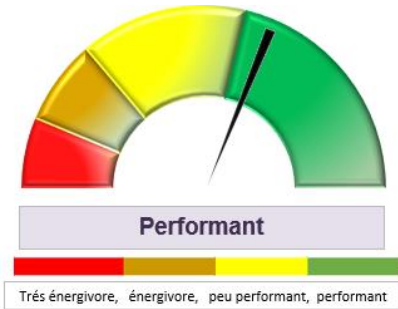


Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction logement de fonction :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux pour logement de fonction au RDC</li> <li>- Marque du caisson : ALDES</li> <li>- Type de caisson : MINI-VEC 160AB</li> <li>- Position du caisson : local technique dans l'amphithéâtre</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 150 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 60 W</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>



<i>Descriptif</i>	<i>Photos</i>	<i>Indicateur de performance énergétique</i>
<p><b><u>Centrale de traitement d'air dans l'amphithéâtre :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : CTA simple flux de soufflage sans recyclage dans l'amphithéâtre avec batterie à eau chaude pour le chauffage et batterie froide pour le refroidissement</li> <li>- Marque : CIAT</li> <li>- Type de CTA : CLIMACIAT n°50</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques au-dessus de l'amphithéâtre</li> <li>- Débit de soufflage estimé total : 8 500 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Puissance du ventilateur : 3.0 kW</li> <li>- Pièce concernée : amphithéâtre</li> <li>- Type de diffuseurs : grilles de diffusion au plafond de l'amphithéâtre (x4)</li> </ul> <p><u>Nota</u> : La CTA est mise en route qu'en période d'occupation de l'amphithéâtre. La mise en route se fait quelques heures manuellement par une tablette de contrôle présente sur le tableau électrique.</p>		
<p><b><u>Caisson d'extraction de confort de l'amphithéâtre :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans l'amphithéâtre</li> <li>- Marque du caisson : CIAT</li> <li>- Type de caisson : VIRTUO 35</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques au-dessus de l'amphithéâtre</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 8 500 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Pièces concernées : ensemble de l'amphithéâtre</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 3.00 kW</li> <li>- Type d'extraction : grilles de reprises présente en position basse de l'amphithéâtre (x2)</li> </ul> <p><u>Nota</u> : ce caisson est également mis en route lors que la CTA de soufflage est mise en route. La mise en route se fait également manuellement.</p>		


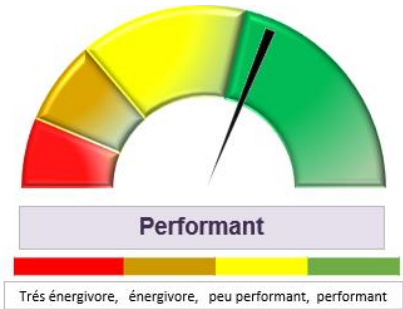
Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction de confort et hygiénique pour le bâtiment A :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans l'ensemble du bâtiment A (RDC au R+2)</li> <li>- Marque du caisson : ALDES</li> <li>- Type de caisson : TYPE C VEC 2500</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment A</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 2 370 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 590 W</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>
<p><b><u>Caisson d'extraction de confort et hygiénique pour le bâtiment B :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans l'ensemble du bâtiment B (RDC au R+2)</li> <li>- Marque du caisson : ALDES</li> <li>- Type de caisson : TYPE C VEC 2500</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment B</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 2 360 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 590 W</li> </ul>		
<p><b><u>Caisson d'extraction de confort et hygiénique pour le bâtiment C :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans l'ensemble du bâtiment C (RDC au R+2)</li> <li>- Marque du caisson : ALDES</li> <li>- Type de caisson : TYPE C VEC 2500</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment C</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 2 520 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 590 W</li> </ul>		
<p><b><u>Caisson d'extraction de confort et hygiénique pour le bâtiment D :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans l'ensemble du bâtiment D (RDC au R+2)</li> <li>- Marque du caisson : ALDES</li> <li>- Type de caisson : TYPE C VEC 2500</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 2 640 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 590 W</li> </ul>		


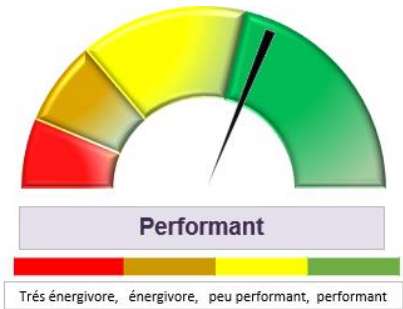
**Nota :** l'ensemble des sanitaires possèdent une bouche d'extraction. L'extraction de confort est également réalisée dans les bureaux et/ou les salles de cours. Des entrées d'air sont présente sur les menuiseries permettant l'équilibrage aéraulique.


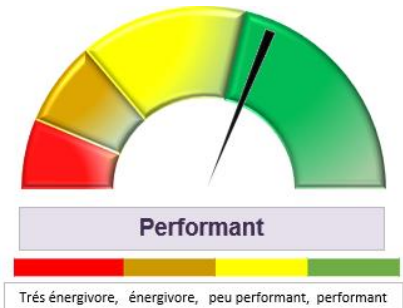
Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction ventilation (HOTTES) de process de la cuisine :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extracteur des hottes de la cuisine au RDC</li> <li>- Type d'extraction : Capteur et hotte de type VORAX PLUS (x3)</li> <li>- Marque du caisson : ABB VIM</li> <li>- Type de caisson : KEDT 3 - 110</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 4000/8000 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 2 500 W</li> </ul>		 <p>Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>
<p><b><u>Caisson d'extraction ventilation (HOTTES) de process de la cuisine labo et de la pâtisserie :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extracteur des hottes de la cuisine labo et de l'atelier pâtisserie</li> <li>- Type d'extraction : Capteur et hotte type VORAX PLU (x2)</li> <li>- Marque du caisson : ABB VIM</li> <li>- Type de caisson : KEDT 3 - 070</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 2000/4000 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 1 500 W</li> </ul>		
<p><b><u>Caisson d'extraction ventilation (HOTTES) de process de la plonge et office :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extracteur des hottes de la plonge et de l'office</li> <li>- Type d'extraction : Grilles carrés de marque France AIR (x4)</li> <li>- Marque du caisson : ABB VIM</li> <li>- Type de caisson : KEDT 3 - 040</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 1000/2000 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 1 000 W</li> </ul>		


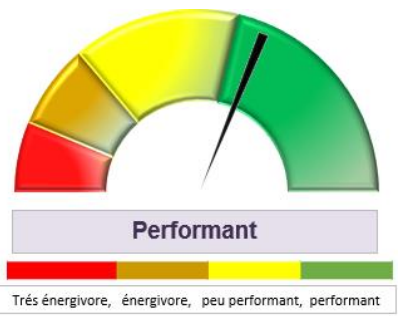
**Nota :** les hottes de cuisines sont utilisées seulement le matin jusqu'à midi. Nous avons considéré un fonctionnement constant du lundi au vendredi de 9h à 14h. Les hottes sont donc coupées le restant du temps.



Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction pour le salon de coiffure au R+2 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans le salon de coiffure au R+2</li> <li>- Marque du caisson : France Air</li> <li>- Type de caisson : IBIZA 200</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment A</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 360 à 720 m3/h (petite et grande vitesse)</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 370 W</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction les ateliers de gemmologie :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux dans les ateliers de gemmologie au R+2</li> <li>- Marque du caisson : MODULYS</li> <li>- Type de caisson : Type 400</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment C</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 1 200 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 250 W</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><b><u>Caisson d'extraction l'atelier salle 252 :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux pour l'atelier salle 252</li> <li>- Marque du caisson : France air</li> <li>- Type de caisson : Type Ibiza</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 500 m3/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 300 W</li> <li>- Ce caisson est en fonctionnement seulement quand la salle est occupée (un contact sec permet de déclencher ce caisson)</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>Performant</b></p> <p style="text-align: center;">Très énergivore, énergivore, peu performant, performant</p>

Descriptif	Photo	Indicateur de performance énergétique
<p><u><b>Caisson d'extraction pour les ateliers de bijouteries :</b></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type de ventilation : Extraction type simple flux pour les ateliers de bijouterie au R+2</li> <li>- Marque du caisson : France air</li> <li>- Type de caisson : Type Ibiza 125</li> <li>- Position du caisson : dans les combles techniques du bâtiment D</li> <li>- Débit d'extraction estimé : 300 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Puissance électrique du ventilateur : 180 W</li> <li>- Ce caisson est en fonctionnement seulement quand la salle est occupée (un contact sec permet de déclencher ce caisson)</li> </ul>		

**Remarques sur l'air neuf dans les bureaux et les salles de cours :**

Les locaux destinés à la « bureautique et locaux d'enseignements » doivent être soumis aux exigences du règlement sanitaire départemental type (RSDT) et du code du travail. En effet, d'après l'article R4222-6 du code du travail, le débit minimal d'air neuf à introduire est fixé à **25 m<sup>3</sup>/h par personne pour les bureaux et 18 m<sup>3</sup>/h par personne pour les locaux d'enseignements**. L'aération est assurée soit par ventilation mécanique, soit par ventilation naturelle permanente. L'aération par ventilation naturelle, assurée exclusivement par ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur, est autorisée lorsque le volume par occupant est égal ou supérieur à 15 mètres cubes pour les bureaux et les locaux où est accompli un travail physique léger.

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (m <sup>3</sup> /h)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

DESTINATION DES LOCAUX	DEBIT MINIMAL D'AIR NEUF en m <sup>3</sup> /h et par occupant (air à 1,2 kg/m <sup>3</sup> )	
	locaux avec interdiction de fumer	locaux sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignement : Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique), maternelles, primaires et secondaires du 1er cycle	15	25
Secondaires du 2e cycle et universitaires	18	25
Ateliers	18	25

Source : extrait du code travail et du RSDT

Lors de nos relevés sur site, nous avons remarqués que cette exigence est respectée par ventilation mécanique permanente. Les caissons d'extractions sont fonctionnels, les débits de renouvellement d'air sont maîtrisés. Les menuiseries présentes dans l'ensemble des bureaux et/ou salles de cours comportent des entrées d'air. Ces entrées d'air sont de type MINI ESEA conformément à un débit d'air neuf d'environ **30m<sup>3</sup>/h ou de 45 m<sup>3</sup>/h** par entrée d'air. Le débit d'air neuf réglementaire à introduire est donc réputé conforme dans chaque local occupé.

## 7.7 Eclairage artificiel

Eclairage artificiel (hypothèse)	P unit. [W]	Puissance totale [W]	Ratio (W/m²)
<i>Ensemble des locaux du RDC au R+2 :</i>			
Eclairage de type fluorescent	18/36/58 W	33 928 W	11.6 W/m²
Eclairage de type fluocompacte	26 W	5 792 W	6.3 W/m²
Eclairage de type LED	18 W	432 W	2.2 W/m²
Eclairage de type halogène	42 W	3 766 W	8.3 W/m²
<b>TOTAL Eclairage artificiel (hypothèse)</b>		<b>43 918 W</b>	<b>7.1 W/m²</b>

**Nota :** Nous pouvons remarquer que l'éclairage est principalement en ampoule types fluorescent dans l'ensemble du bâtiment. Une grosse part d'économie d'énergie est à réaliser sur le remplacement de ces luminaires par une technologie de type LED.

Les sanitaires et les parties communes sont en éclairage type fluocompacte et type halogène, cependant la gestion est réalisée par bouton poussoir et sans détection de présence.



Lors de nos relevés, nous avons constaté que les luminaires de type fluorescent dans l'ensemble des salles de cours ont été déconnectés à 50%. Ce principe a été simulé dans notre état initial.

## 7.8 Appareils électriques

Descriptif	Photos	Indicateur de performance énergétique
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 125 postes fixes (ordinateurs) ;</li> <li>- 2 distributeurs à boissons ;</li> <li>- 3 distributeurs à friandises ;</li> <li>- 2 télévisions ;</li> <li>- 2 cafetières ;</li> <li>- 5 micro-ondes</li> <li>- 5 photocopieuses / imprimantes</li> <li>- 23 vidéoprojecteurs ;</li> <li>- 1 machine à lavée ;</li> <li>- 3 congélateurs ;</li> <li>- 8 fours professionnels ;</li> <li>- 7 réfrigérateurs professionnels ;</li> <li>- 3 distributeurs à glaçons ;</li> <li>- 1 sèche-linge ;</li> <li>- 1 fontaine à eau ;</li> <li>- 77 postes à souder pour les ateliers du R+2</li> <li>- 25 lampes pour les postes à souder (process des ateliers)</li> </ul> <p>Puissance déduite en bureautique : 15 000 W Puissance autre totale déduite en électricité : 56 190 W</p>		



## 8 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

### 8.1 Analyse des consommations sur factures d'énergie – Réseau de chaleur BIOMASSE

L'ensemble de la CCI est actuellement chauffé par le réseau de chaleur urbain de la ville de Saumur, le réseau de chaleur est nommé « Chemin vert »

Usages	Energie facturée	Fournisseur d'énergie
Chauffage sur l'ensemble de la CCI et ECS	Biomasse	Réseau de chaleur « Chemin vert » de SAUMUR

#### ➤ Energie facturée sur l'ensemble du bâtiment (PCI) :

Année	Energie facturée ensemble du site	Dépense (R1)	€ TTC / kWh (R1)	Abonnement (R2) € TTC	DJU	Ratio consommation
	kWh PCI	[€ TTC]			°C/jour	[kWh/DJU]
01/10/2017 – 31/12/2017	43 010 kWh PCI	13 977 €	0,05	11 698 €	2 024	21 kWh/DJU
01/01/2018 – 31/12/2018	425 070 kWh PCI	34 227 €	0.05 € / kWh	11 698 €	1 948	218 kWh/DJU
01/01/2019 – 31/12/2019	348 753 kWh PCI	30 182 €	0.05 € / kWh	11 698 €	1 991	175 kWh/DJU
01/01/2020 – 31/12/2020	328 731 kWh PCI	29 121 €	0.05 € / kWh	11 698 €	1 765	186 kWh/DJU
01/01/2021 – 31/12/2021	385 455 kWh PCI	32 127 €	0.05 € / kWh	11 698 €	2 177	177 kWh/DJU
01/01/2022 – 31/12/2022	353 423 kWh PCI	30 429 €	0.05 € / kWh	11 698 €	1 805	196 kWh/DJU
<b>Moyenne</b>	<b>368 286 kWh PCI</b>	<b>31 217 €</b>	<b>0.05 €/kWh</b>	<b>11 698 €</b>	<b>1 937</b>	<b>190 kWh/DJU</b>

Les consommations qui nous ont été communiquées sont celles de 2017 à 2022. Nous pouvons remarquer que les consommations sont stables à partir de l'année 2019. L'année 2017 n'a pas été retenue pour comparer aux autres années car c'est une année incomplète (année de raccordement au réseau de chaleur le chemin vert).

Cependant, seul le tarif de l'énergie de l'année 2022 a été transmis. Nous avons appliqué ce tarif de l'énergie sur les années précédentes.

Les consommations indiquées permettent la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire de la CCI. La consommation moyenne sur les 4 dernières années et de 368 286 kWh PCI.

Nous pouvons également remarquer que le ratio de consommation en kWh/DJU est relativement stable sur les 4 dernières années.

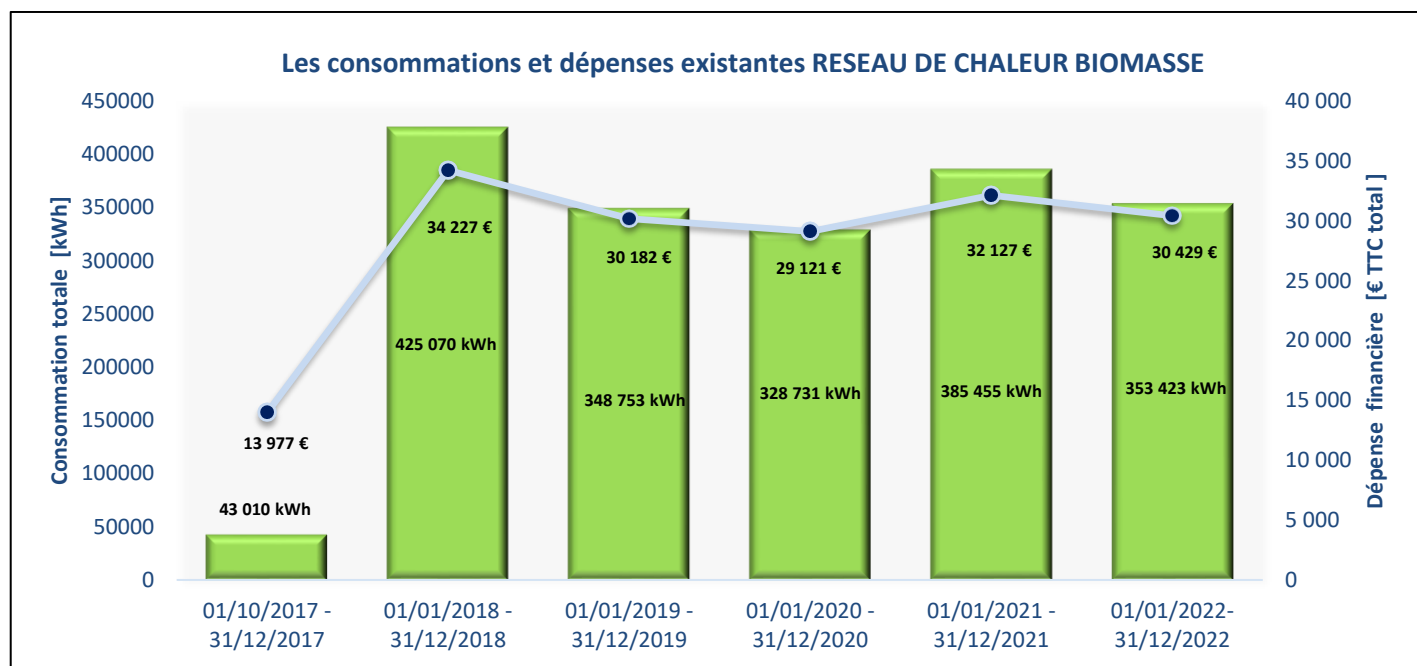
Rappel sur les termes R1 et R2 :

#### R1 - Consommation :

Cette part de la facturation est proportionnelle à l'énergie calorifique consommée par l'utilisateur (kWh utiles). Le R1 évolue en fonction des coûts d'achats de combustible.

#### R2 – Abonnement :

Cette part correspond à l'abonnement de la facture (correspondant aux charges fixes et déterminée en fonction de la puissance souscrite par l'abonné).



## 8.2 Analyse des consommations sur factures d'électricité - CCI

L'électricité est utilisée pour l'éclairage, les ventilateurs des caissons de ventilation et tout le process du bâtiment.

Usages	Energie facturée	Fournisseur d'énergie
Refroidissement, éclairage, auxiliaires, électroménager, ventilation	Electricité	EDF Tarif BT > 36 kVA courte utilisation

### ➤ Energie facturée sur l'ensemble du bâtiment :

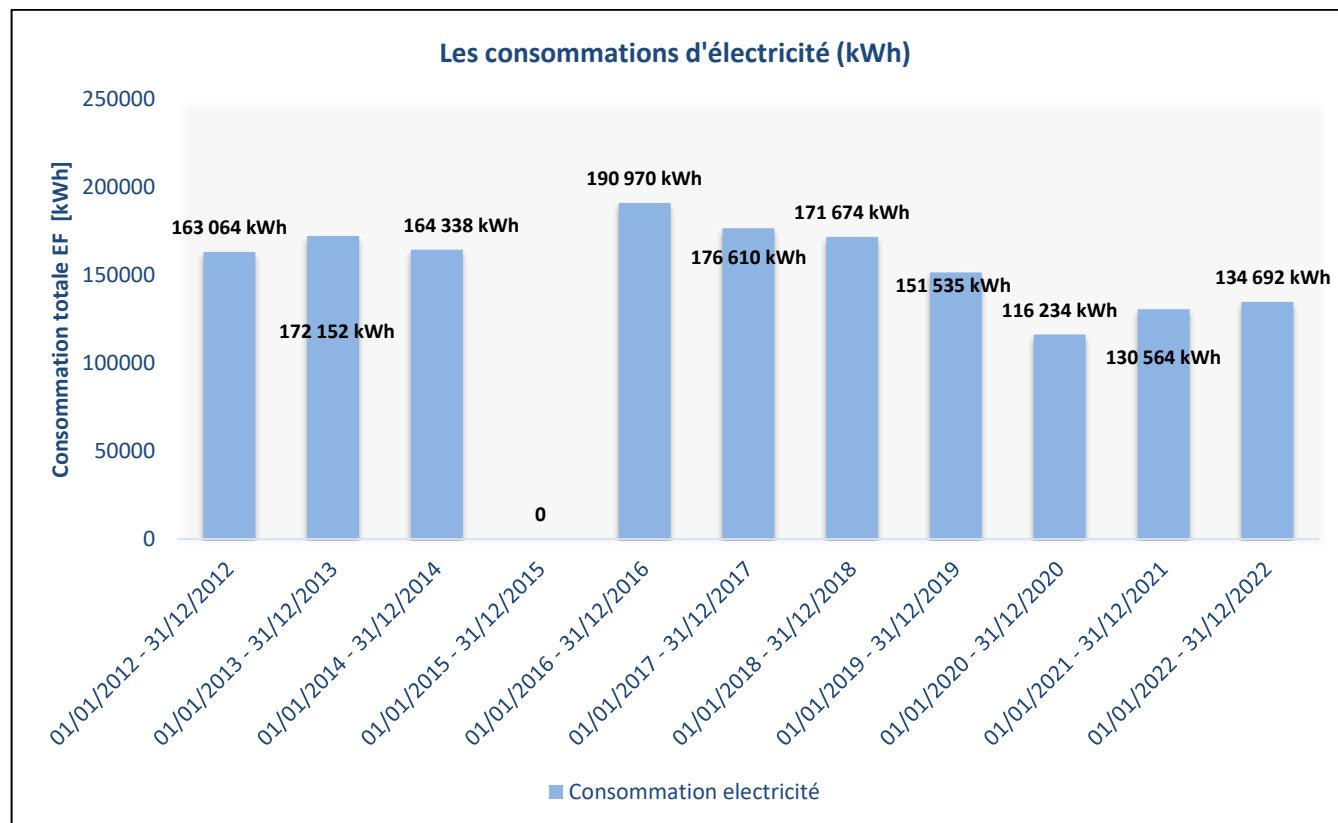
Année	Energie facturée ensemble du site	Dépense	€ TTC / kWh
	kWh ELEC	[€ TTC]	
01/01/2012-31/12/2012	163 064 kWh	NC	-
01/01/2013-31/12/2013	172 152 kWh	NC	-
01/01/2014-31/12/2014	164 338 kWh	NC	-
01/01/2015-31/12/2015	-	NC	-
01/01/2016-31/12/2016	190 970 kWh	NC	-
01/01/2017-31/12/2017	176 610 kWh	NC	-
01/01/2018-31/12/2018	171 674 kWh	NC	-
01/01/2019-31/12/2019	151 535 kWh	NC	-
01/01/2020-31/12/2020	116 234 kWh	NC	-
01/01/2021-31/12/2021	130 564 kWh	NC	-
01/01/2022-31/12/2022	134 692 kWh	43 634 €	0,32 €/kWh
<b>Moyenne</b>	<b>157 183 kWh</b>	<b>43 634 €</b>	<b>0,32 €/kWh</b>

Nous pouvons constater que la consommation d'électricité est relativement stable depuis 2012 (outre 2020 avec une consommation plus faible que les années précédentes lié au COVID-19). L'année 2020 n'a pas été retenue pour comparer.

Le tarif de l'énergie n'a pas été communiqué sauf pour l'année 2022, nous sommes sur l'estimation de 320 €/MWh dans notre étude.

La consommation d'électricité moyenne des dernières années sur l'ensemble du site est de 157 183 kWh.

Pour rappel : une grande partie de l'énergie électrique est également au process et à l'activité de l'établissement.



### 8.3 Analyse des consommations sur factures de gaz naturel - PCS

Le bâtiment possède encore des consommations de gaz naturel lié au process de la cuisson. Les consommations transmises sur les dernières années sont les suivantes :

Année	Energie facturée ensemble du site	Dépense	€ TTC / kWh
	kWh PCS	[€ TTC]	
01/01/2018-31/12/2018	13 137 kWh PCS	920 € TTC	0.07 €/kWh
01/01/2019-31/12/2019	14 806 kWh PCS	1 036 € TTC	0.07 €/kWh
01/01/2020-31/12/2020	5 679 kWh PCS	454 € TTC	0.08 €/kWh
01/01/2021-31/12/2021	7 708 kWh PCS	694 € TTC	0.09 €/kWh
01/01/2022-31/12/2022	7 796 kWh PCS	936 € TTC	0,12 €/kWh
<b>Moyenne</b>	<b>9 825 kWh PCS</b>	<b>808 € TTC</b>	<b>0,09 €/kWh</b>

Le tarif de l'énergie n'a pas été transmis pour l'ensemble des années citées.

Nous avons estimé le tarif de l'énergie gaz naturel selon une moyenne des années des consommations.

La consommation de gaz naturel dans la suite de l'étude retenu pour le process cuisson est de 9 825 kWh PCS soit 8 851 kWh PCI pour le tarif de l'énergie à 120 € TTC/MWh (tarif du moment).

## 8.4 Analyse des consommations sur factures de gaz naturel et électricité – Logement de fonction

Le logement de fonction possède une chaudière gaz à condensation individuelle double service (chauffage et ECS) indépendante de la CCI. Les consommations reçues sur les dernières années sont les suivantes :

### Gaz naturel :

Année	Energie facturée	Dépense	€ TTC / kWh
	kWh PCS	[€ TTC]	
Consommation gaz naturel de 10/2016 à 10/2017	6 261 kWh PCS	438 € TTC	0.07 €/kWh
<b>Moyenne</b>	<b>6 261 kWh PCS</b>	<b>438 € TTC</b>	<b>0,07 €/kWh</b>

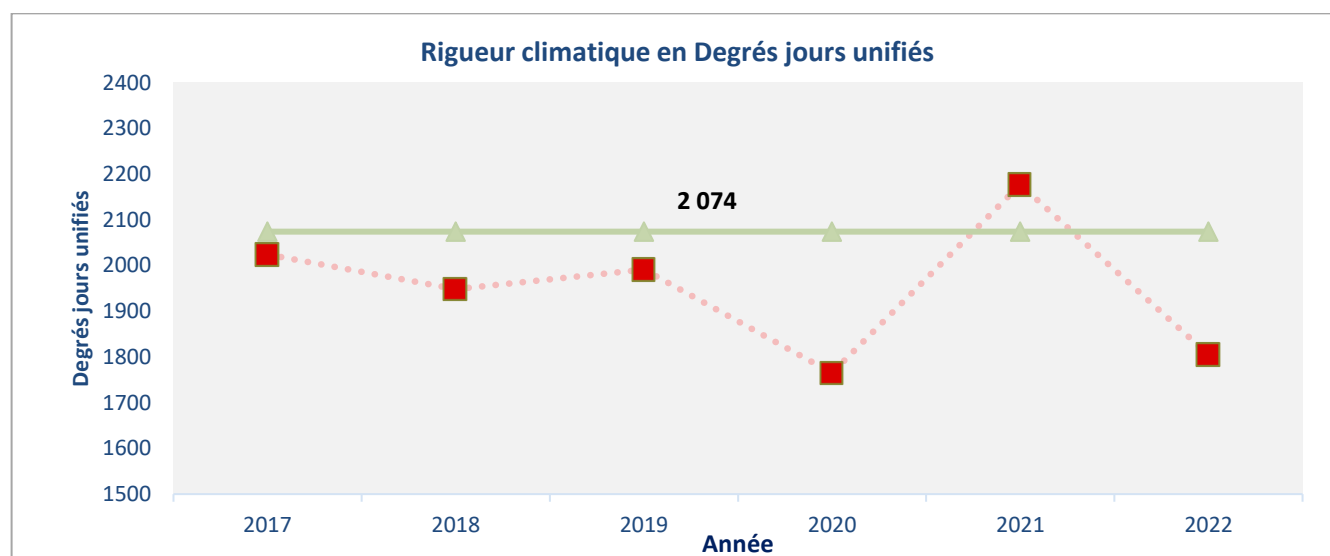
### Electricité :

Année	Energie facturée	Dépense	€ TTC / kWh
	kWh	[€ TTC]	
Consommation électricité de 10/2016 à 10/2017	2 149 kWh	322 € TTC	0.15 €/kWh
<b>Moyenne</b>	<b>2 149 kWh</b>	<b>322 € TTC</b>	<b>0,15 €/kWh</b>

Le tarif de l'énergie électricité et gaz naturel n'ont pas été communiqués. Nous avons donc estimé les tarifs des énergies selon les années de consommations.

Pour la suite de l'étude nous avons retenu une consommation de gaz naturel de 6 261 kWh PCS soit 5 640 kWh PCI et une consommation électrique de 2 149 kWh.

## 8.5 Analyse des consommations sur factures d'énergies avec rapprochement DJU



Les degrés jours représentent la rigueur climatique de l'année, c'est-à-dire que plus la valeur est élevée plus l'hiver a été froid, sinon plus la valeur est faible et cela signifie que l'hiver a été doux. DJU chauffagiste (1<sup>er</sup> Janvier – 20 Mai / 1<sup>er</sup> Octobre – 31 décembre).

Source : Info climat – Station : Angers (49)

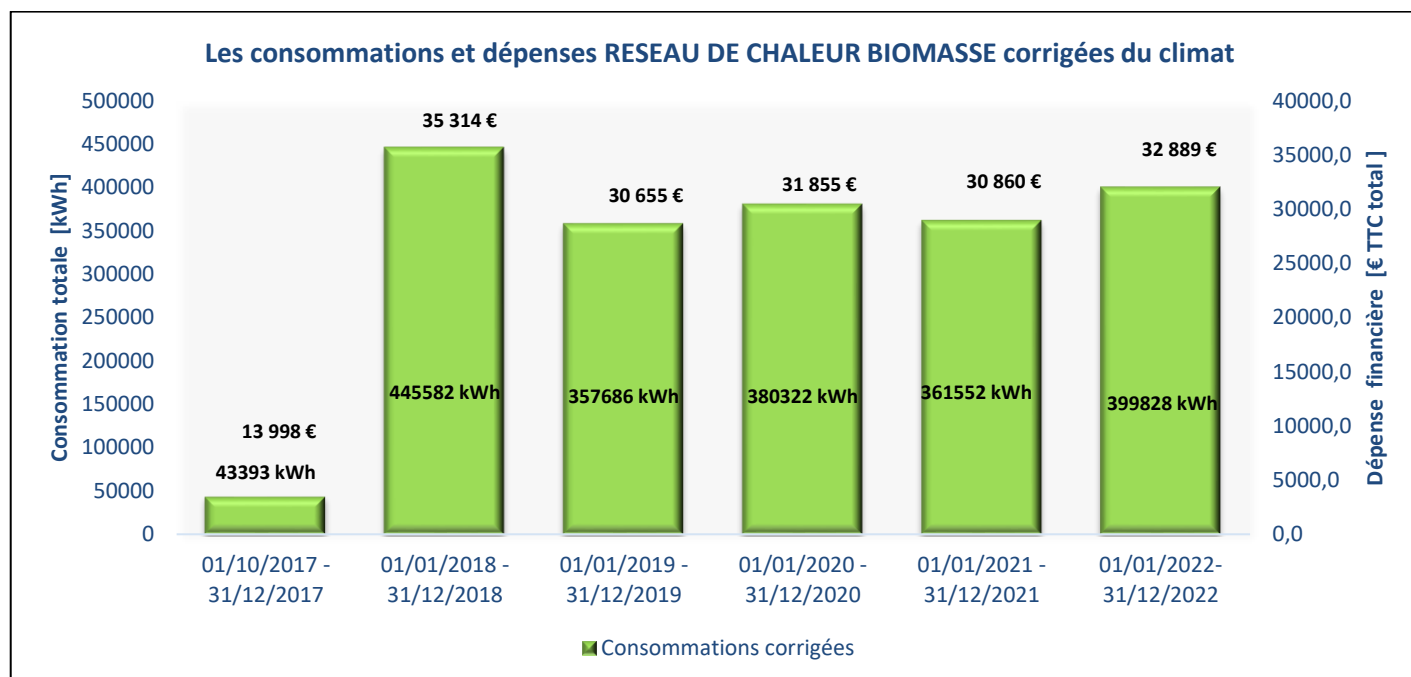


La moyenne des trente dernières années observées est de 2074 DJU, elle sert de base d'analyse aux consommations d'énergies dédiées au chauffage.

Ainsi, nous pouvons voir que les dernières années étudiées ont été très douce par rapport à la moyenne des 30 dernières années, tout particulièrement l'année 2020.

Le but de ce chapitre est de visualiser les consommations dites « corrigées du climat », afin de visualiser ce qu'aurait été les consommations avec un climat moyen lissé sur les trente dernières années. Cela permet d'être plus pertinent sur les résultats obtenus et d'anticiper la consommation sur des hivers un peu moins doux.

## 8.6 Consommations énergétiques obtenues après correction du climat



### Consommations corrigées du chauffage – Réseau de chaleur BIOMASSE (kWh PCI) :

Moyenne	Consommation moyenne théorique corrigée [kWh] PCI	€/ TTC (R1 + R2)
2017-2022	388 994 kWh PCI	32 315 €

### Consommations corrigées du chauffage – Gaz naturel (kWh PCI) – LOGEMENT DE FONCTION :

Moyenne	Consommation moyenne théorique corrigée [kWh] PCI	€/ TTC
2016/2017	5 780 kWh PCI	694 €

\* Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) correspond à la chaleur latente dans la vapeur d'eau produite par la combustion

\* Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) correspond à la quantité de chaleur dégagée par la combustion.

La différence entre PCS et PCI est dû au fait que le PCS intègre l'énergie libérée par la combustion de l'eau (chaleur latente de condensation) après la combustion, tandis que le PCI ne l'intègre pas.

Les résultats qui sont évoqués en page suivante de l'étude sont en PCI, nous déduisons que la consommation moyenne corrigée en fonction du climat est de **388 994 kWh PCI pour la CCI chauffée avec le réseau de chaleur**, cette consommation sera notre référence pour l'état initial du projet.

La consommation de référence pour le logement de fonction est de **5 780 kWh PCI**

## 9 RESPECT DES EXIGENCES DU DECRET TERTIAIRE

Comme vu au tout début du rapport, le décret tertiaire est issu de la loi ELAN, il oblige tous les bâtiments tertiaires d'une surface supérieure ou égale à 1000 m<sup>2</sup> à réduire leur consommation. Pour atteindre ces objectifs, les assujettis ont deux possibilités, ils peuvent :

- ✓ Soit améliorer la performance énergétique de leur bâtiment par rapport à une année de référence, choisie entre 2010 et 2019, en réalisant une économie d'énergie de -40%, -50% et -60% pour 2030, 2040 et 2050 respectivement. (Méthode valeur relative)
- ✓ Ou atteindre un seuil de consommation d'énergie finale déterminé en valeur absolue « CABS » (Méthode valeur absolue)

L'objectif retenu (absolu ou relatif) dépend de la performance énergétique initiale du site. Pour les sites peu énergivores, présentant une bonne isolation thermique et des systèmes performants, la valeur absolue semble la plus intéressante, tandis que l'objectif relatif est plus adapté à des sites fortement énergivores, peu isolés, et avec des équipements vieillissants.

### 9.1 Textes législatifs

→ Décret du 23 juillet 2019 :

Le décret 2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire mentionne les points suivants :

Sont assujettis tout bâtiment hébergeant exclusivement des activités tertiaires sur une surface de plancher supérieure ou égale à 1 000 m<sup>2</sup> ; les surfaces de plancher consacrées, le cas échéant, à des activités non tertiaires accessoires aux activités tertiaires sont prises en compte pour l'assujettissement à l'obligation

La consommation énergétique de référence mentionnée au 1<sup>o</sup> du I de l'article L. 111-10-3 correspond à la consommation d'énergie finale du bâtiment, de la partie de bâtiment ou de l'ensemble de bâtiments à usage tertiaire, constatée pour une année pleine d'exploitation et ajustée en fonction des variations climatiques selon une méthode définie par arrêté pris par les ministres chargés de la construction, de l'énergie et des outre-mer.

→ Arrêté du 24 novembre 2020 :

L'arrêté du 24 novembre 2020 modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiment à usage tertiaire apporte des précisions et des compléments pour mieux aborder le texte de loi. Nous avons retenu entre autres :

Les données de consommations énergétiques de l'année 2020 ne peuvent pas être considérées comme représentatives en raison du contexte sanitaire,

Les assujettis concernés par le dispositif peuvent déclarer leur consommation énergétique de référence jusqu'au 30 septembre 2022 en s'appuyant sur une année pleine d'exploitation comprise entre 2012 et 2020 comportant 12 mois consécutifs,

Le niveau de consommation d'énergie finale exprimé en valeur absolue (Cabs) est fixé pour chaque décennie,

Les secteurs d'activité tertiaire peuvent être concernés par des activités connexes (restauration, stationnement...). Ces catégories seront proposées aux assujettis en complément de l'activité principale lors de la saisie sur la plateforme OPERAT.

## 9.2 Consommation de référence

La consommation de référence doit se calculer à partir de l'année 2010. Les données transmises par la CCI concernant les consommations de chauffage et ECS survenues entre 2010 et 2022 sont les suivantes :

### **Chauffage et ECS par réseau de chaleur BIOMASSE (et gaz naturel avant 2016) :**

Année	Type énergie	Consommations en kWh PCI	DJU (°/jours)	Surface plancher (m²)	Ratio (kWh/DJU/m²SDP)
2012	Gaz naturel	461 171 kWh PCI	2 150	4 489 m² SDP	47.7 Wh/DJU/m²SDP
2013	Gaz naturel	496 459 kWh PCI	2 299	4 489 m² SDP	48.1 Wh/DJU/m²SDP
2014	Gaz naturel	257 068 kWh PCI	1 828	4 489 m² SDP	31.3 Wh/DJU/m²SDP
2015	Année incomplète				
<b>2016</b>	<b>Gaz naturel</b>	<b>463 996 kWh PCI</b>	<b>2 190</b>	<b>4 489 m² SDP</b>	<b>47.2 Wh/DJU/m²SDP</b>
2017	Année incomplète				
2018	Réseau de chaleur	425 070 kWh PCI	1 948	4 489 m² SDP	48.6 Wh/DJU/m²SDP
2019	Réseau de chaleur	348 753 kWh PCI	1 991	4 489 m² SDP	39.0 Wh/DJU/m²SDP
2020	Réseau de chaleur	328 731 kWh PCI	1 765	4 489 m² SDP	41.4 Wh/DJU/m²SDP
2021	Réseau de chaleur	385 455 kWh PCI	2 177	4 489 m² SDP	39.4 Wh/DJU/m²SDP
2022	Réseau de chaleur	353 423 kWh PCI	1 805	4 489 m² SDP	43.6 Wh/DJU/m²SDP

### **Electricités pour autres usages :**

Année	Consommations en kWh ELEC	Surface plancher (m²)	Ratio (kWh/m²SDP)
2012	163 064 kWh	4 489 m² SDP	36.3 kWh/m²SDP
2013	172 152 kWh	4 489 m² SDP	38.3 kWh/m²SDP
2014	164 338 kWh	4 489 m² SDP	36.6 kWh/m²SDP
2015	Non transmis		
<b>2016</b>	<b>190 970 kWh</b>	<b>4 489 m² SDP</b>	<b>42.5 kWh/m²SDP</b>
2017	176 610 kWh	4 489 m² SDP	39.3 kWh/m²SDP
2018	171 674 kWh	4 489 m² SDP	38.2 kWh/m²SDP
2019	151 535 kWh	4 489 m² SDP	33.8 kWh/m²SDP
2020	116 234 kWh	4 489 m² SDP	25.9 kWh/m²SDP
2021	130 564 kWh	4 489 m² SDP	29.1 kWh/m²SDP
2022	134 692 kWh	4 489 m² SDP	30.0 kWh/m²SDP

Les consommations de 2015 et de 2017 n'ont pas pu être étudiées car elles sont incomplètes. Le bâtiment de la CCI a été connecté au réseau de chaleur biomasse « Le Chemin Vert » courant l'année 2017. La surface de référence n'a pas évolué depuis 2010, nous pouvons nous baser sur une des années citées ci-dessus. Il est plus facile pour un bâtiment d'atteindre les niveaux de performance des différentes décennies si la consommation de référence retenue est importante. Pour cela, il faut ramener les consommations à la surface et à la rigueur climatique. A défaut de connaître la part réelle du chauffage et les consommations d'ECS, nous ramenons des consommations au nombre de DJU de la saison de chauffe de chaque année. A la suite de l'analyse des consommations annuelles, nous proposons de retenir l'année 2016 comme année de référence pour le chauffage et l'électricité qui est une des années les plus consommatrices pour les deux postes. Le ratio est donc de **145.90 kWh/m<sup>2</sup>SDP pour le chauffage et l'électricité**.




### 9.3 Méthode de la consommation relative

La méthode de la consommation relative impose de réaliser trois diminutions des consommations totales sur trois laps de temps espacés de 10 ans. Ces objectifs de diminution se résument de la manière suivante :

Années	Réduction des consommations	Consommations à atteindre
2030	Consommation de référence – 40%	87,5 kWh/m <sup>2</sup>
2040	Consommation de référence – 50%	73,0 kWh/m <sup>2</sup>
2050	Consommation de référence – 60%	58.4 kWh/m <sup>2</sup>

### 9.4 Méthode de la consommation absolue

L'annexe du décret tertiaire à cette approche calculatoire absolue ne concerne à ce jour que l'horizon de 2030. La CCI se place dans la catégorie « enseignement ». On retrouve pour notre cas étudié trois sous-catégories :

-  Sous-catégorie « Amphithéâtre »
-  Sous-catégorie « Administration enseignement supérieur : Bureaux standards »
-  Sous-catégorie « Etablissement régional d'enseignement adapté »

La CCI se situe en zone climatique H2B et à une altitude inférieure à 400 mètres.

Les surfaces retenues dans le cadre de l'évaluation de la méthode absolue sont les suivantes :

Bâtiment CCI DE SAUMUR	Surface de plancher (m <sup>2</sup> )
<u>Logement de fonction (non compris) :</u>	63.8 m <sup>2</sup>
<u>Amphithéâtre :</u>	179.8 m <sup>2</sup>
<u>Bureaux administratifs :</u>	469.1 m <sup>2</sup>
<u>Etablissement scolaire :</u>	3840.5 m <sup>2</sup>

**Nota :** La CCI intègre un logement de fonction qui est chauffé indépendamment par une chaudière gaz à condensation individuelle. Le logement de fonction de l'établissement scolaire n'est pas intégré dans le dispositif car celui-ci fait l'objet d'un compteur d'électricité et gaz naturel différent.

La méthode de calcul a été pensée pour évaluer une consommation standardisée liée aux installations climatiques (chauffage, climatisation et ventilation) et une consommation standardisée liée aux autres usages (éclairage,



bureautique, process...). Cette méthode permet de définir la consommation absolue appelée CABS en additionnant les deux composantes CVC et USE de manière à ce que :

$$\text{CABS} = \text{CVC} + \text{USE}$$

## 9.5 Composante CVC

La composante CVC est identique quel que soit les sous-catégories de la CCI. La composante CVC se calcule au moyen des facteurs suivants :

Zone climatique	H2B
Altitude	36 m
Composante CVC « Amphithéâtre »	50 kWh/m²SDP
Composante CVC « Enseignement »	60 kWh/m²SDP
Composante CVC « Bureaux »	50 kWh/m²SDP

## 9.6 Composante USE

La composante USE standardisée appelée « USE étalon » est différente selon les sous-catégories. Elle a été calculée selon une densité temporelle équivalente à un nombre d'heures d'ouverture à l'année. Si la densité temporelle réelle de la CCI est différente, il faut moduler la valeur USE, celle-ci devient alors « USE modulée » et sert à la définition de la composante finale.

Densité temporelle standard « Amphithéâtre » retenue :	600 heures
Valeur USE retenue :	5 kWh/m²SDP/an

**Nota :** ne connaissant pas réellement l'occupation réelle de l'amphithéâtre, nous avons retenu de conserver la valeur USE standard pour l'amphithéâtre.

Densité temporelle standard « Enseignement » retenue :	1 900 heures
Valeur USE retenue :	35 kWh/m²SDP/an

**Nota :** l'occupation reste standard pour l'ensemble des salles de cours de la CCI. La valeur par défaut est donc appliquée.

Densité temporelle standard « Bureaux » retenue :	2 070 heures
Valeur USE retenue :	33 kWh/m²SDP/an

**Nota :** l'occupation reste standard pour l'ensemble des bureaux d'enseignements de la CCI. La valeur par défaut est donc appliquée.

## 9.7 Composante CASB (CVC + USE)

La composante finale CABS à atteindre en 2030 est donc la suivante pour l'ensemble des catégories :

Sous-catégorie	Amphithéâtre	Enseignement	Bureaux
Composante CVC	50 kWh/m²SDP	60 kWh/m²SDP	50 kWh/m²SDP
Composante USE	5 kWh/m²SDP	35 kWh/m²SDP	33 kWh/m²SDP
Surface dédiée à la sous-catégorie	179.8 m²	3 840.5 m²	469.1 m²
Calcul CVC	8 990 kWh/an	230 430 kWh/an	23 455 kWh/an
Calcul USE	899 kWh/an	134 417 kWh/an	15 480 kWh/an
Cumul CVC + USE (par catégorie)	9 889 kWh/an	364 847 kWh/an	38 935 kWh/an
CABS global pour l'ensemble de la CCI pour 2030	<b>413 671 kWh /an soit 92.2 kWh/m²</b>		

## 9.8 Conclusions

Nous avons calculé deux objectifs de performance à atteindre en 2030. Le décret tertiaire impose que l'un des deux objectifs soit rempli à minima. Pour rappel les deux objectifs sont les suivants :

Consommation	Méthode relative	Méthode absolue
Objectif de consommation	87.5 kWh/m²SDP	92.2 kWh/m²SDP

Les objectifs de performance à atteindre en 2030 calculés sont les deux méthodes et permettent de constater qu'il est plus facile de respecter le décret tertiaire par la méthode absolue que par rapport à la méthode relative.

Pour la suite de l'étude, nous sommes donc partis sur le respect du décret par valeur absolue étant la solution la plus appropriée au bâtiment.

→ Consommation énergétique annuelle du site pour 2030 < 413 886 kWh EF

Exigence du décret tertiaire respectée CASB max > CASB projet :

**NON**

Dans le chapitre ci-dessus la moyenne des consommations obtenues corrigées du climat sur les dernières années est de **388 994 kWh PCI** pour le réseau de chaleur, **157 183 kWh ELEC** de consommation électrique et **5 780 kWh PCI** concernant le gaz naturel pour la cuisson. La moyenne de l'ensemble des consommations de toutes les énergies du site est de **551 957 kWh/an**. Cette moyenne de cette consommation permet de démontrer que les exigences en valeur absolue pour 2030 n'est pas respectée.

En complément de cette analyse des factures, la simulation énergétique de notre simulation par rapport à l'état initial nous permet d'estimer la consommation énergétique de votre site. La consommation a été estimée à **546 023 kWh EF** annuelle, ce qui confirme que la consommation actuelle est au-dessus au seuil d'exigence « Valeur absolue ». Des travaux sont donc à prévoir dans le cadre du respect des exigences du décret tertiaire à l'horizon 2030.

En revanche, il reste intéressant de mener des travaux d'amélioration énergétique complémentaires dès aujourd'hui afin de réaliser des économies d'énergie et aussi anticiper sur les prochaines échéances à venir.

Ci-dessous les prochaines exigences pour les prochaines années à venir :



## 9.9 Calcul théorique des consommations pour l'ensemble de la CCI

Les consommations sur calcul sont données pour une année conventionnelle de chauffage soit pour une **rigueur climatique de 2074 DJU (station météo de Angers)**.

Ce tableau donne une répartition théorique des consommations d'énergies par usage selon les déperditions, planning d'occupation et des performances des équipements relevés sur site.

Poste énergétique	Consommation d'énergie			Emission CO2	Dépense financière
/	Energie finale [kWh/an]	Energie primaire [kWh/an]	kWh EP/m²/an	kg CO2/m².an	€ TTC/an
Chauffage réseau de chaleur BIOMASSE	370 760	370 760	85	-	20 731 €
ECS réseau de chaleur BIOMASSE	7 545	7 545	2	-	422 €
Refroidissement	2 034	4 678	1	-	656 €
Eclairage	56 498	129 945	30	-	18 224 €
Ventilateurs	42 801	98 442	23	-	13 806 €
Auxiliaires et autres usages (électricité)	56 559	130 086	29	-	19 226 €
Process de cuissons (gaz naturel)	9 825	9 825	2	-	

<b>TOTAL consommation</b>	<b>546 022</b>	<b>751 281</b>	<b>172</b>	<b>5</b>	<b>73 064 €</b>
---------------------------	----------------	----------------	------------	----------	-----------------

Abonnement R2 – réseau de chaleur					11 678 €
-----------------------------------	--	--	--	--	----------

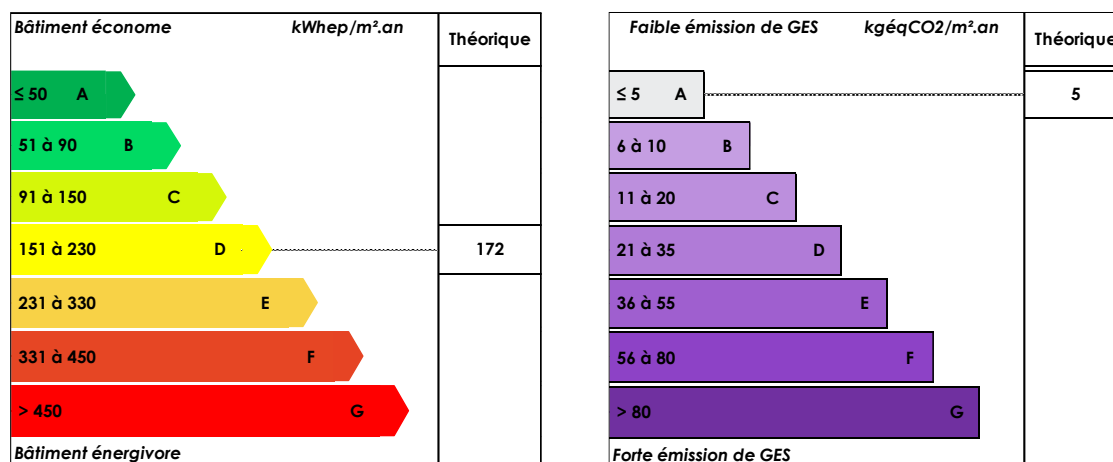
Abonnement électricité (36 kVA)					578 €
---------------------------------	--	--	--	--	-------

Abonnement gaz naturel (cuisson)					82 €
----------------------------------	--	--	--	--	------

TOTAL entretien (estimé)					300 €
--------------------------	--	--	--	--	-------

<b>TOTAL ANNUEL</b>					<b>85 702 €</b>
---------------------	--	--	--	--	-----------------

## 9.10 Etiquette de performance énergétique (énergie et climat)



Etiquette élaborée suivant la méthode « mensuelle » en fonction de la surface utile et fonction de l'énergie primaire (voir conversion énergie finale en énergie finale en annexe 15)  
(Tous usages : Chauffage, Refroidissement, ECS, Eclairage et auxiliaires)



### 9.11 Validation de l'état existant

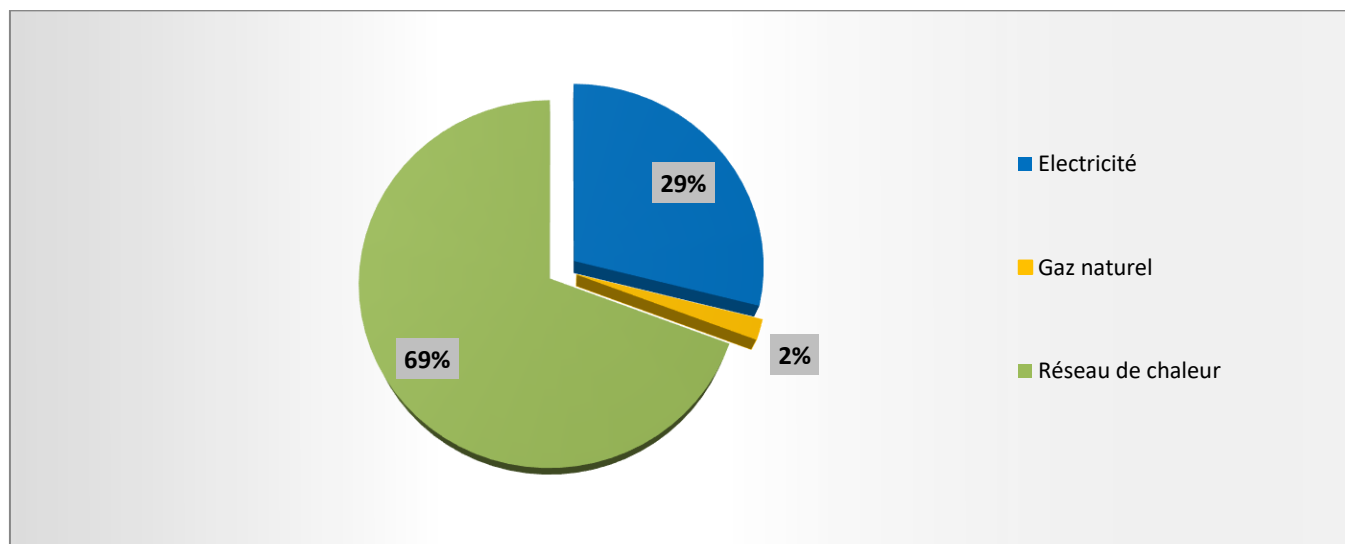
Dans le chapitre 8, nous avons estimé les consommations théoriques avec correction du climat. Notre état simulé l'état initial qui permet de déduire les consommations suivantes :

	Résultats théoriques des factures	Résultats de la simulation	Ecart (%)
<b>Consommation moyenne réseau de chaleur BIOMASSE sur factures[kWh]</b>	388 994 kWh PCI	378 305 kWh PCI	- 3 %
<b>Consommation moyenne électricité sur factures[kWh]</b>	157 183 kWh	157 892 kWh	+ 0.1 %
<b>Consommation moyenne gaz naturel sur facture</b>	5 780 kWh PCI	5 780 kWh PCI	0 %

Nous pouvons constater un léger écart entre la théorie et l'état simulé car nous avons pris en compte dans notre état simulé la présence de robinets thermostatiques dans l'ensemble du bâtiment sur les radiateurs à eau chaude. Pour rappel les robinets thermostatiques ont été mis en œuvre à la fin de l'année 2022, ce qui permet une optimisation de la régulation.

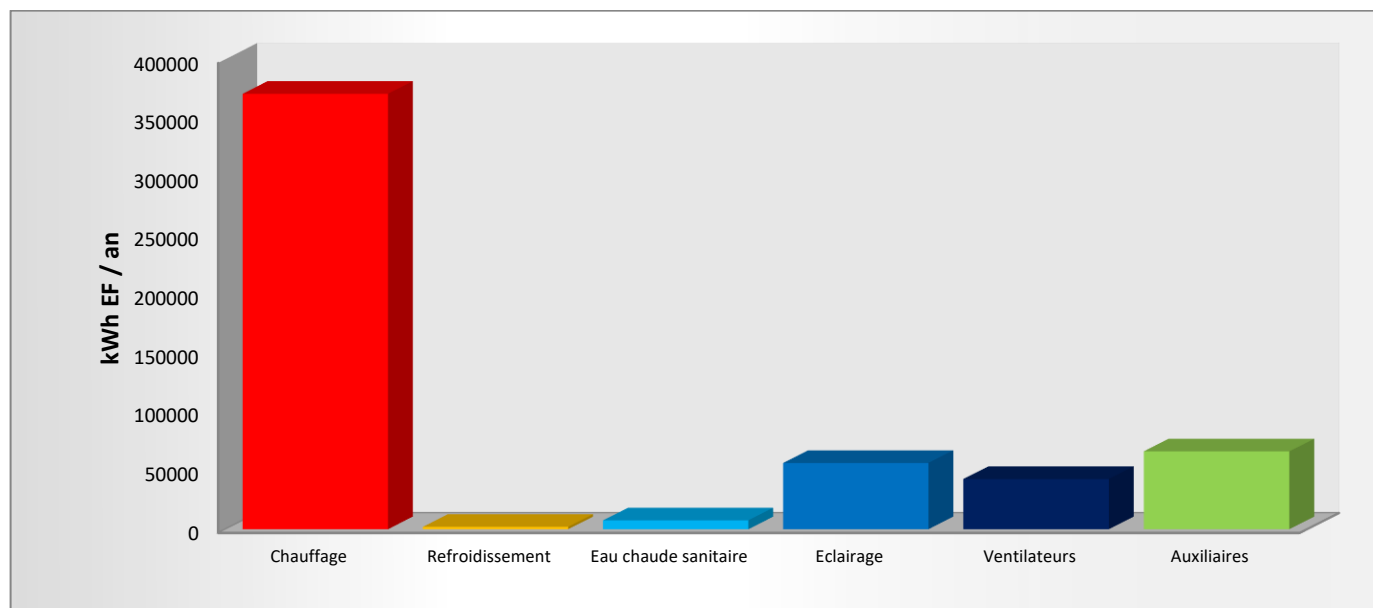
De façon général, le faible écart de chaque poste de consommation permet de statuer que notre état simulé est cohérent aux résultats théoriques.

### 9.12 Répartition des consommations par énergie (kWhEF/an)



Les consommations d'énergies de ce bâtiment proviennent majoritairement d'origine du réseau de chaleur le chemin vert pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (69 %).

### 9.13 Répartition des consommations par poste énergétique



L'analyse des graphiques obtenus permet très nettement de confirmer que le poste chauffage est la principale source de consommation d'énergie de ce bâtiment.

La consommation auxiliaire qui représente pour le process est le deuxième poste le plus consommateur (PC, imprimantes ect..).

#### Remarques sur le prix de l'énergie retenu pour la CCI et le logement de fonction :

D'un point de vue économique, une hypothèse forte réside dans la détermination du prix de l'énergie. De nos jours, la fluctuation de l'énergie est telle qu'il est difficile d'anticiper l'évolution du prix des énergies. Nous nous sommes basés sur les prix suivant :

- ✚ Prix du kWh réseau de chaleur : 0.05 € cts TTC (R1) (prix moyen des dernières factures) + abonnement de 11 698 € TTC (R2)
- ✚ Prix du kWh électrique : 0.32 € cts TTC (prix moyen des dernières factures)
- ✚ Prix du kWh de gaz naturel : 0.12 € cts TTC (prix moyen en 2023)

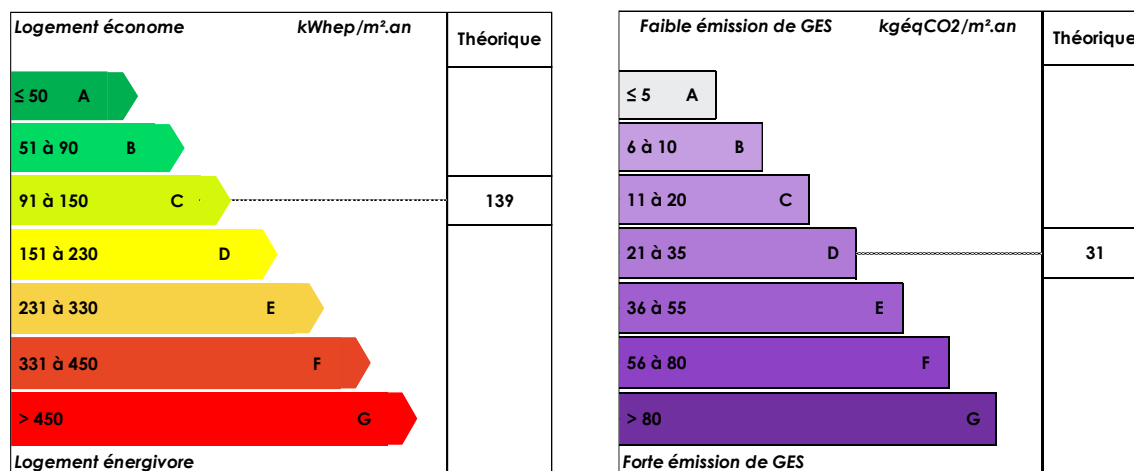
### 9.14 Calcul théorique des consommations pour le logement de fonction

Les consommations sur calcul sont données pour une année conventionnelle de chauffage soit pour une **rigueur climatique de 2074 DJU (station météo de Angers)**.

Ce tableau donne une répartition théorique des consommations d'énergies par usage selon les déperditions, planning d'occupation et des performances des équipements relevés sur site.

Poste énergétique	Consommation d'énergie			Emission CO2	Dépense financière
/	Energie finale [kWh/an]	Energie primaire [kWh/an]	kWh EP/m²/an	kg CO2/m².an	€ TTC/an
Chauffage gaz naturel PCI	5 049	5 049	79	-	606 €
ECS gaz naturel PCI	1 934	1 934	30	-	232 €
Refroidissement	-	-	-	-	-
Eclairage	256	589	9	-	46 €
Ventilateurs	526	1 210	19	-	95 €
Auxiliaires et autres usages (électricité)	65	150	2	-	12 €
<b>TOTAL consommation</b>	<b>7 830</b>	<b>8932</b>	<b>139</b>	<b>31</b>	<b>991 €</b>
Abonnement électricité					120 €
<b>TOTAL ANNUEL</b>					<b>1 111 €</b>

### 9.15 Etiquette de performance énergétique (énergie et climat)



Etiquette élaborée suivant la méthode « mensuelle » en fonction de la surface utile et fonction de l'énergie primaire (voir conversion énergie finale en énergie finale en annexe 15)  
(Tous usages : Chauffage, Refroidissement, ECS, Eclairage et auxiliaires)

## 10 SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE DE LA VERRIERE

### 10.1 Objectifs

L'étude thermique dynamique, doit permettre, à partir d'une analyse détaillée des données du projet, d'évaluer les performances énergétiques et plus particulièrement d'évaluer le niveau de confort des usagers. Cette simulation s'inscrit dans une réflexion de rénovation du bâtiment par la maîtrise d'ouvrage, opération préalable aux phases projet de maîtrise d'œuvre.

Cette étude visera à se rapprocher au plus près du comportement réel du bâtiment, dans le but d'identifier les risques encourus et ainsi apporter des suggestions améliorant le confort du bâtiment.

Pour cela, notre démarche s'établira de la façon suivante :

- Définition du niveau de confort actuel des salles de cours et des bureaux sur une année en fonction des données climatiques ;
- Evaluation du temps d'exposition de surchauffe cumulée sur une année en fonction du seuil admissible ;
- Détermination des températures théoriques de la zone pour chaque préconisation ;

### 10.2 Outil de simulation

La simulation thermique dynamique a été réalisée à l'aide du logiciel PLEIADES.



Cet outil de simulation est aussi bien adapté pour les études d'avant-projet comme au contrôle sur des bâtiments existants. PLEIADES permet la conception de projets bioclimatiques en régime dynamique, l'analyse des performances et des ambiances, la formation et l'enseignement sur le comportement thermique des bâtiments.

PLEIADES est également adapté à la conception solaire bioclimatique et à la réalisation de bâtiments où la qualité thermique et environnementale des ambiances sont prises en compte.

Il permet notamment de connaître et de prendre en compte :

- Apports solaires ;
- L'inertie thermique ;
- Éclairement naturel ;
- Les besoins de chauffage et de rafraîchissement ;
- Les consommations en éclairage artificiel ;
- De nombreux indicateurs de confort hygrothermique.

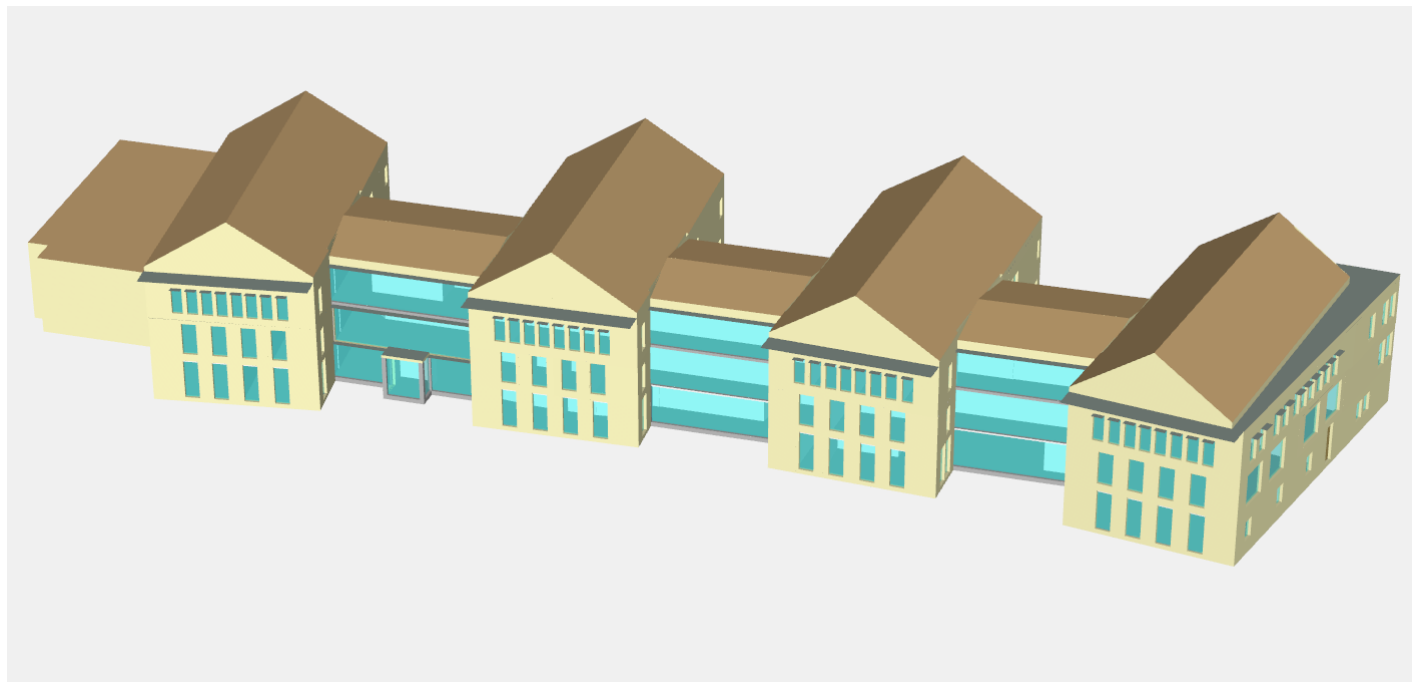


### **10.3 Modélisation de la CCI dans son ensemble**

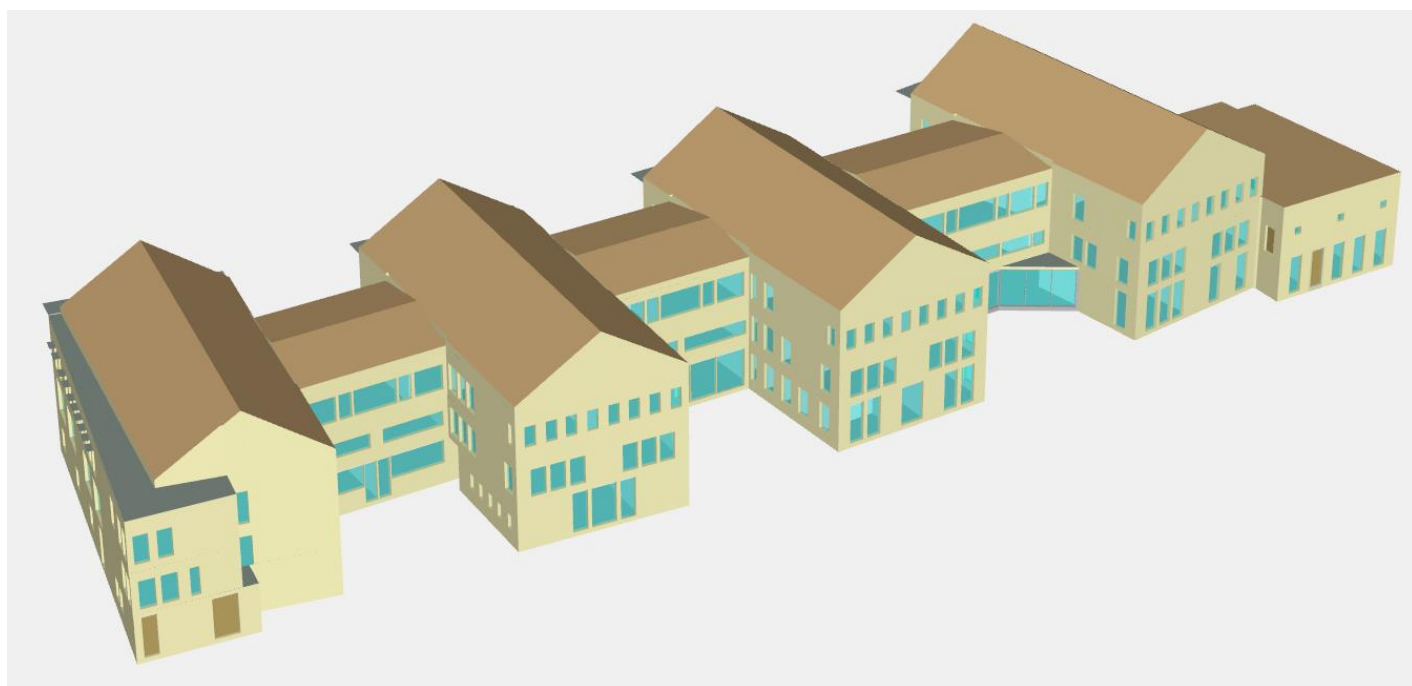
Vous trouverez ci-dessous la visualisation du projet modélisé sur le logiciel.

Avertissement : Les représentations sont extraites du logiciel, le rendu et la qualité des textures des façades et/ou des matériaux peuvent être différents, mais ces caractéristiques sont néanmoins prises en considération dans la définition du projet.

#### **Façade SUD-OUEST de la CCI modélisée :**



#### **Façade NORD-EST de la CCI modélisée :**



## 10.4 Conditions internes

Les conditions intérieures correspondent à l'usage du bâtiment. Ces données sont issues des relevés effectués lors des relevés sur site.

Le scénario d'occupation est établi pour un usage de type 8h00-17h00 (scénarios identiques à l'audit énergétique).

Les scénarios de chauffage ont été repris à 19°C de 8h00 à 17h00 en semaine, et considéré une température de 17°C le reste du temps.

Pour rappel, aujourd'hui aucun système de refroidissement est présent dans l'ensemble de la CCI (sauf le local serveur qui est climatisé en permanence à 20°C).

## 10.5 Conditions des façades existantes

Dans ce chapitre, nous vous présentons les résultats théoriques à la suite de la simulation à l'état initial. Concernant la présentation des différents résultats de températures intérieures, des taux d'inconforts, nous nous focaliserons sur les bureaux ou salles de cours dans lesquels c'est inconfortable.

Les murs rideaux de la façade SUD-OUEST sont équipés de casquettes solaires métalliques sur chaque niveau. Malheureusement, ces casquettes apportent peu d'ombre sur le vitrage (largeur de 60 cm), cela n'influence peu les rayons du soleil. L'ensemble des menuiseries ne possèdent pas de traitement solaire au niveau du vitrage, c'est ainsi une des raisons pour laquelle la température intérieure grimpe assez rapidement. Des stores extérieurs sont présents mais semblent aujourd'hui inefficaces pour le confort des usagers.

## 10.6 Exigence du référentiel de confort d'été

Pour définir le nombre d'heure d'inconfort maximale admissible, nous prenons comme repère le niveau d'exigence de la cible 08 (niveau de confort d'été) du référentiel HQE®, à savoir :

Désignations	Bureaux
Niveau Très Performant "TP"	27°C ≤ 35 heures
Niveau Performant "P"	27°C ≤ 50 heures
Niveau de Base "B"	27°C ≤ 80 heures
Non conforme "NC"	27°C > 81 heures

La démarche HQE® est une démarche environnementale globale visant à prendre en compte toutes les facettes du développement durable durant les phases de réalisation d'un projet (Programmation, conception, réalisation, suivi des performances, etc.).

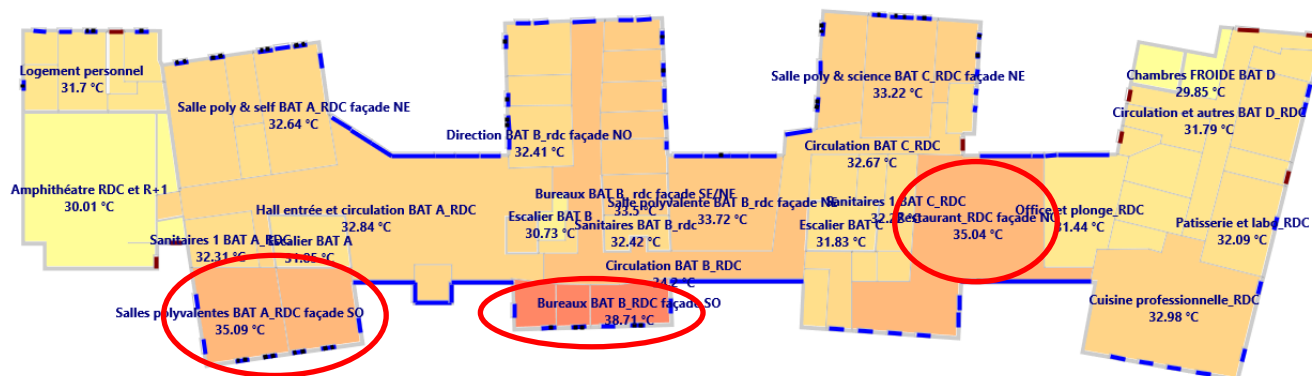
Cette démarche est constituée d'un système de management ainsi que d'un référentiel fixant des exigences de performance.

Pour la suite de notre étude, nous nous donnerons comme objectif d'atteindre **le niveau Très Performant pour l'ensemble des pièces étudiées.**

## 10.7 Résultats des zones de l'état initial

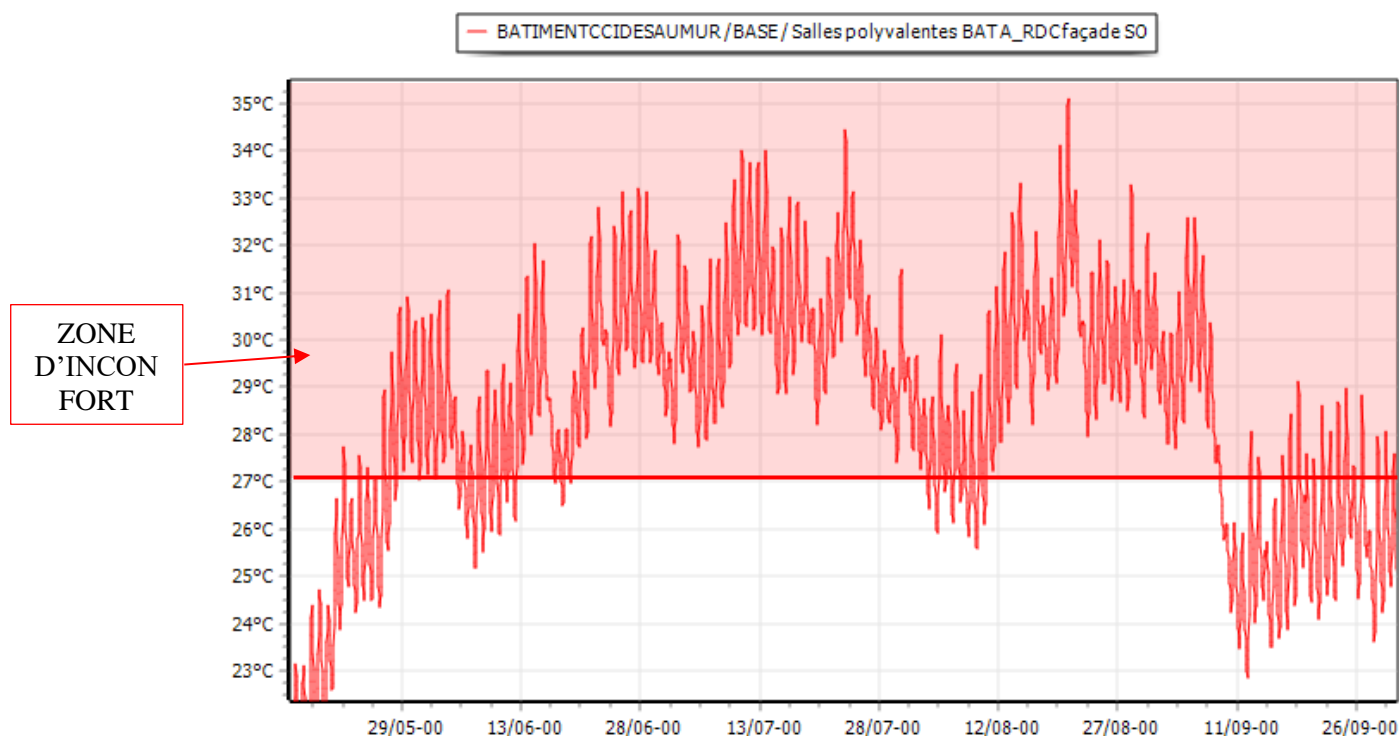
Pour la suite de l'étude, nous avons retenu d'étudier deux ou trois salles/pièces par étage. Les salles retenues se situent généralement en façade SUD-OUEST, façade la plus inconfortable pour ce bâtiment.

RDC



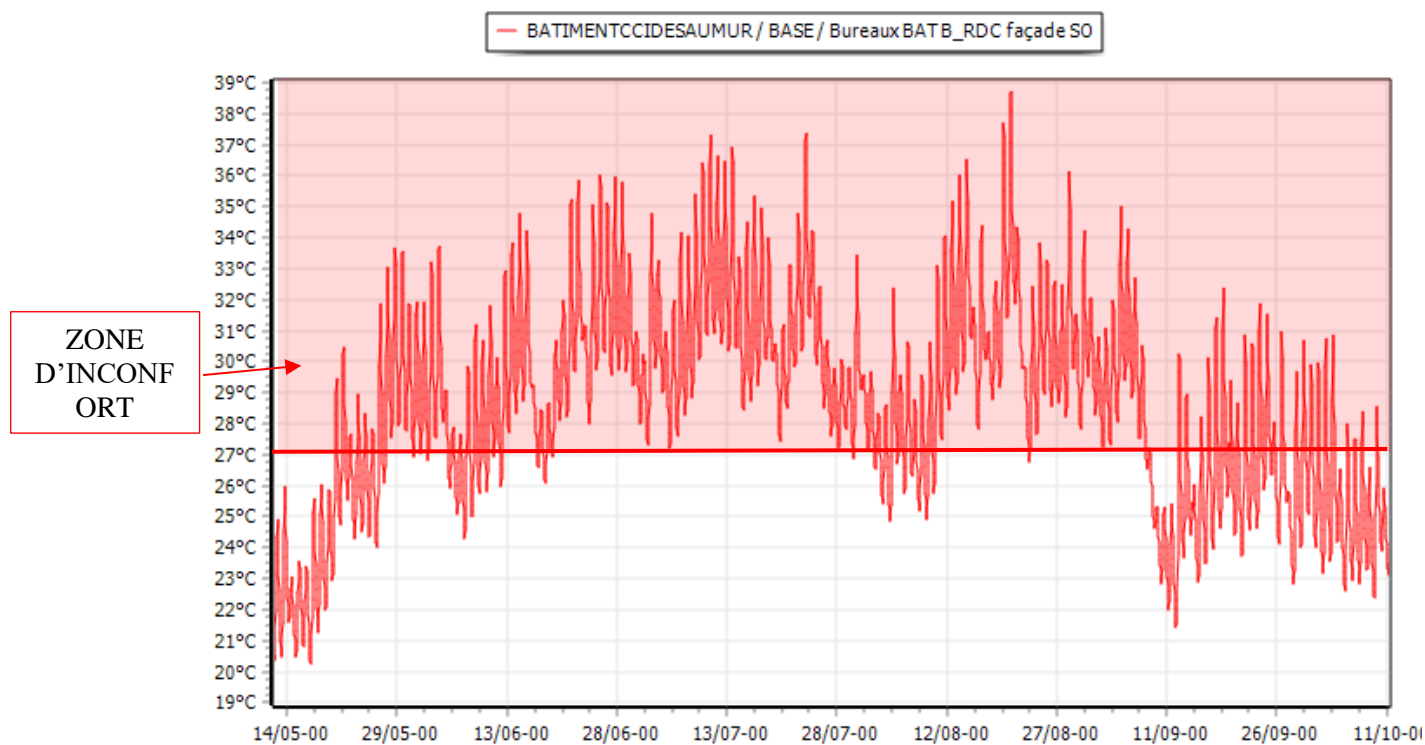
Nous pouvons constater que les bureaux ou salles de cours donnant en façade SUD-OUEST sont les pièces les plus inconfortables. Les températures indiquées sont les températures maximales pouvant être atteintes en saison estivale.

Pour la suite de l'étude, nous retenons d'étudier l'impact des préconisations sur **les salles polyvalentes BAT A RDC, bureaux BAT B RDC et le restaurant BAT C RDC.**

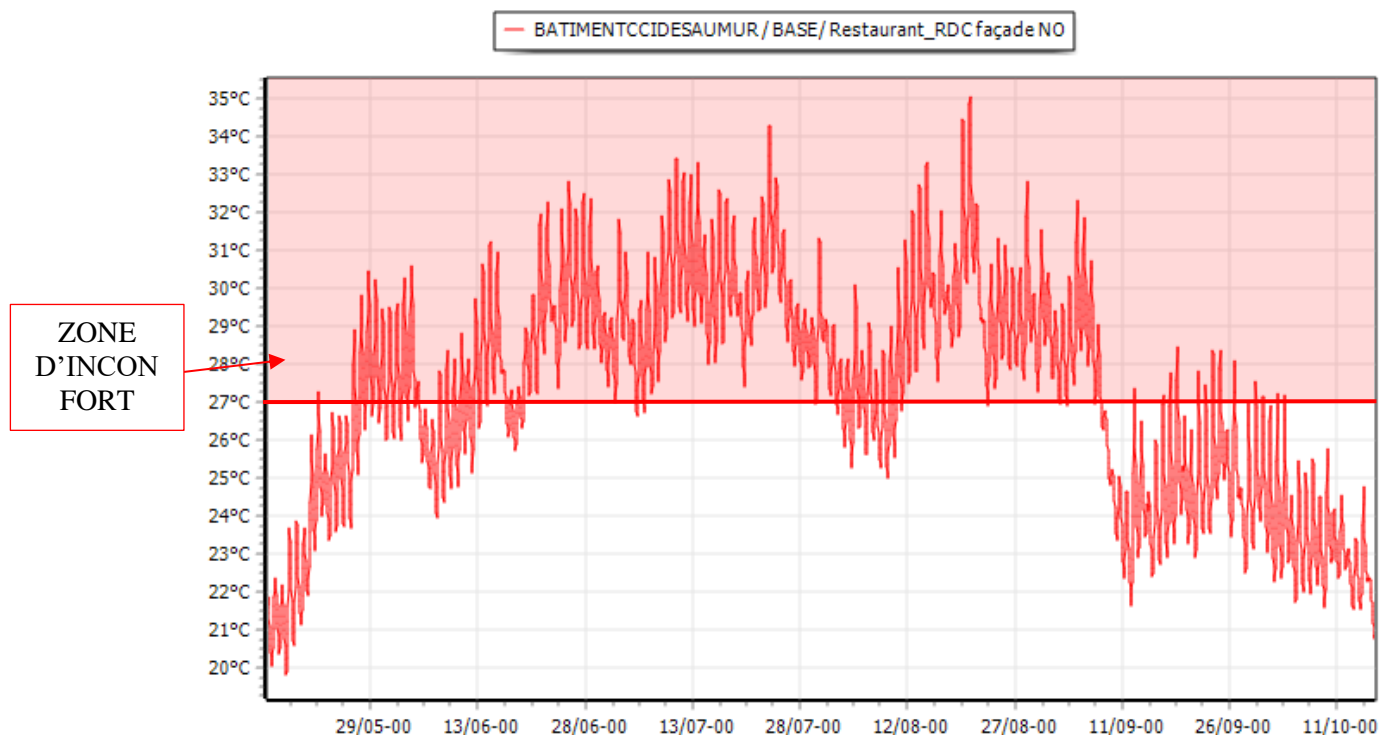


Seuil d'inconfort à 27°C : —

Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Bureaux BAT B RDC :



Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Restaurant BAT C\_RDC :

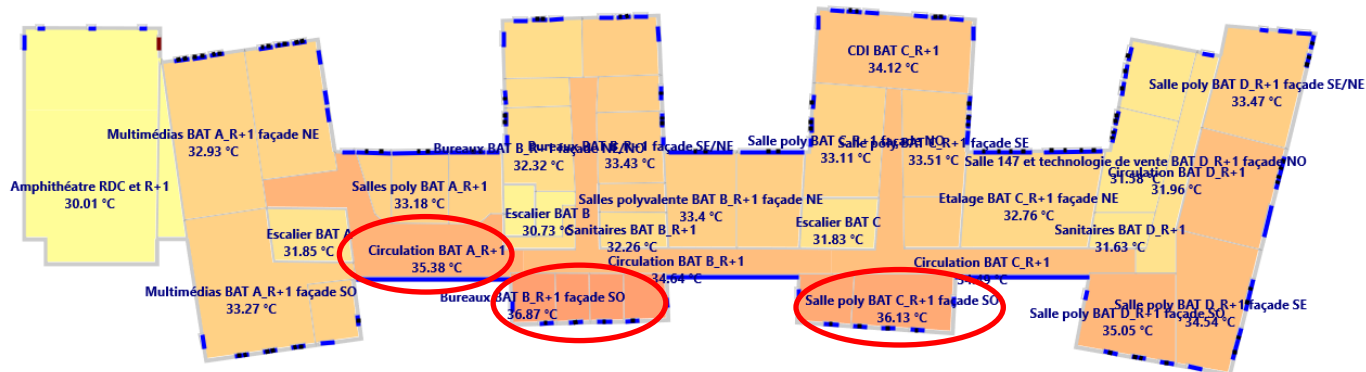


Seuil d'inconfort à 27°C : —

Nota : une zone creuse est constatée entre la mi-juillet et mi-aout car le site est considéré inoccupé.



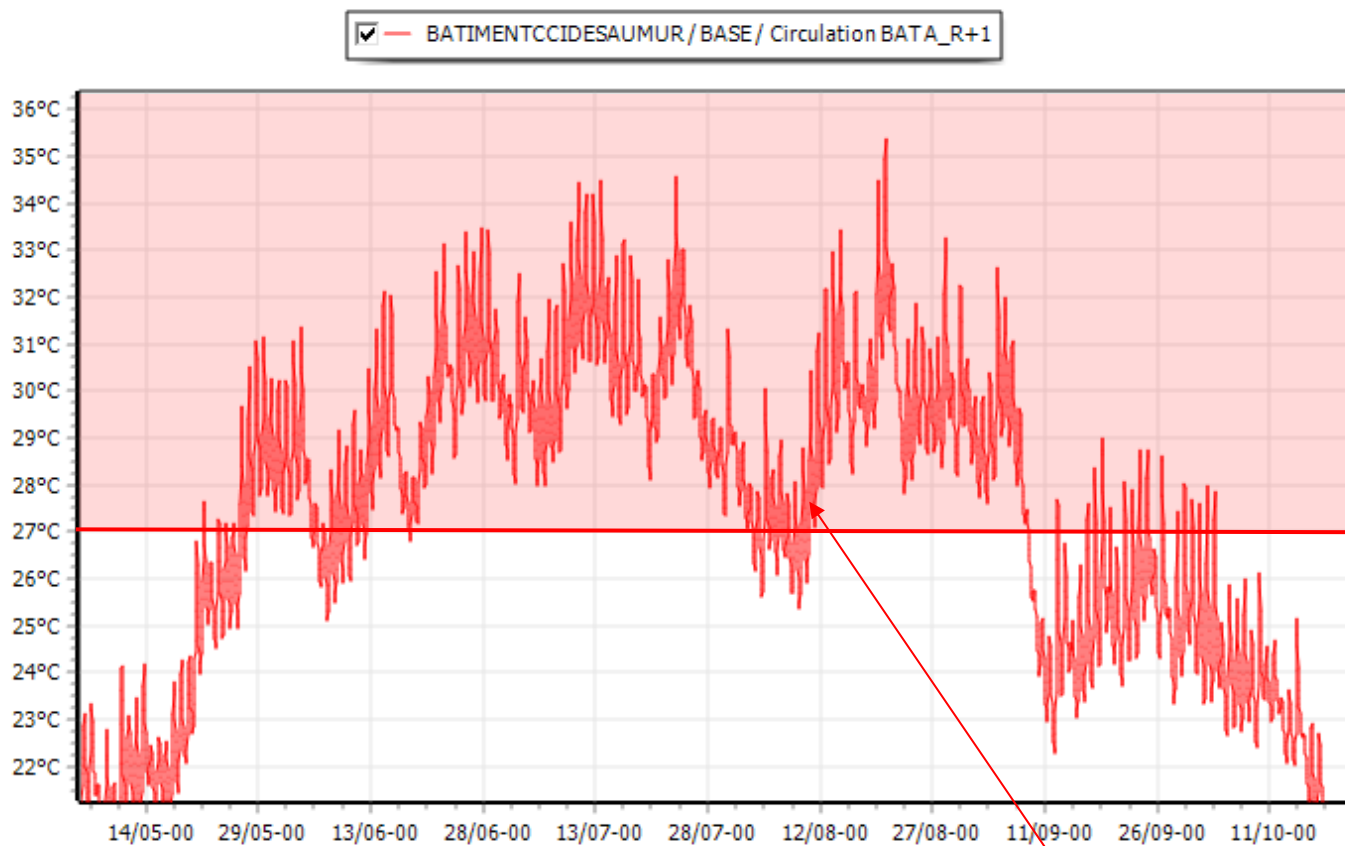
R+1



Nous pouvons constater que les bureaux ou circulations donnant en façade SUD-OUEST sont les pièces les plus inconfortables du bâtiment. Les températures indiquées sont les températures maximales pouvant être atteintes en saison estivale.

Pour la suite de l'étude, nous retenons d'étudier l'impact des préconisations sur la circulation BAT A\_R+1, bureaux BAT B\_R+1 et les salles polyvalentes BAT C\_R+1.

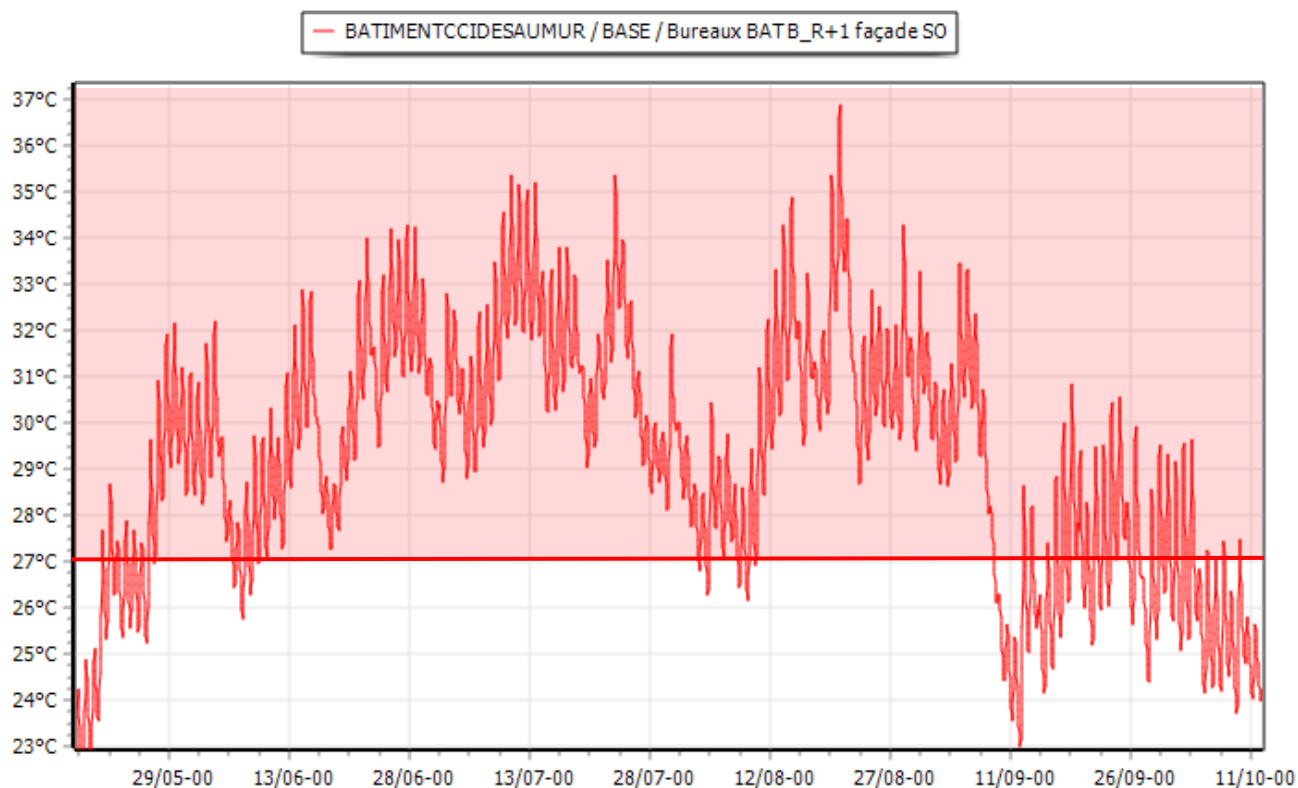
Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Circulation BAT A\_R+1 :



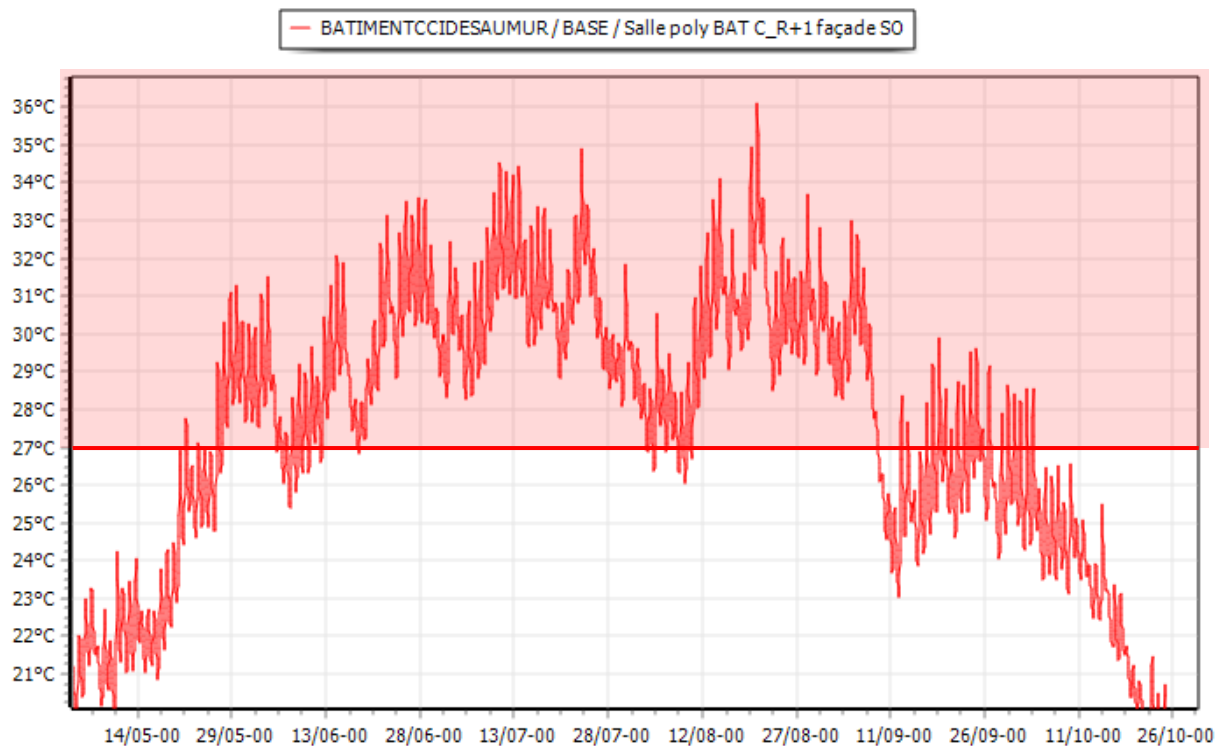
Seuil d'inconfort à 27°C : —

ZONE  
D'INCONFORT

Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Bureaux BAT B\_R+1 :

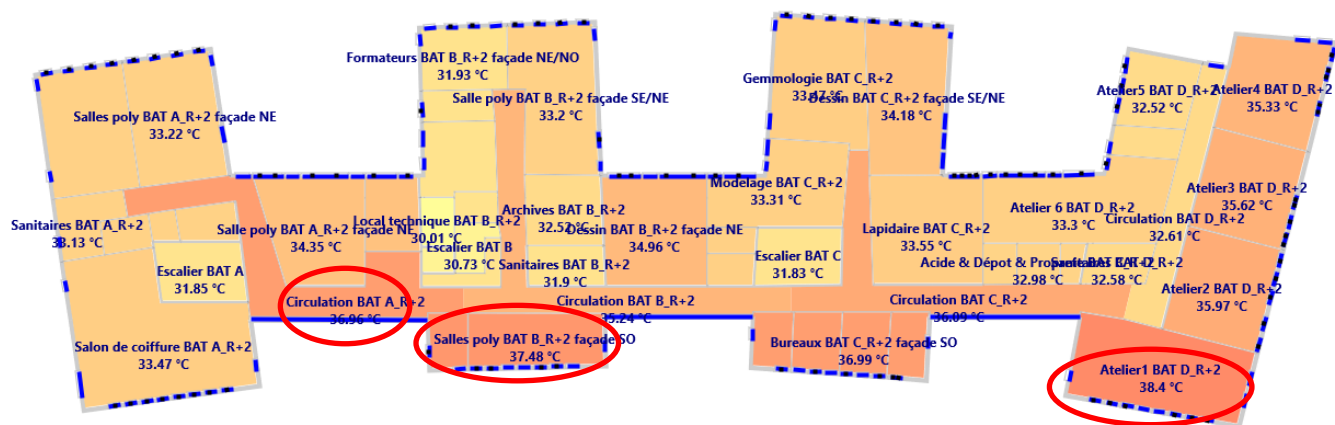


Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Salles polyvalente BAT C\_R+1 :



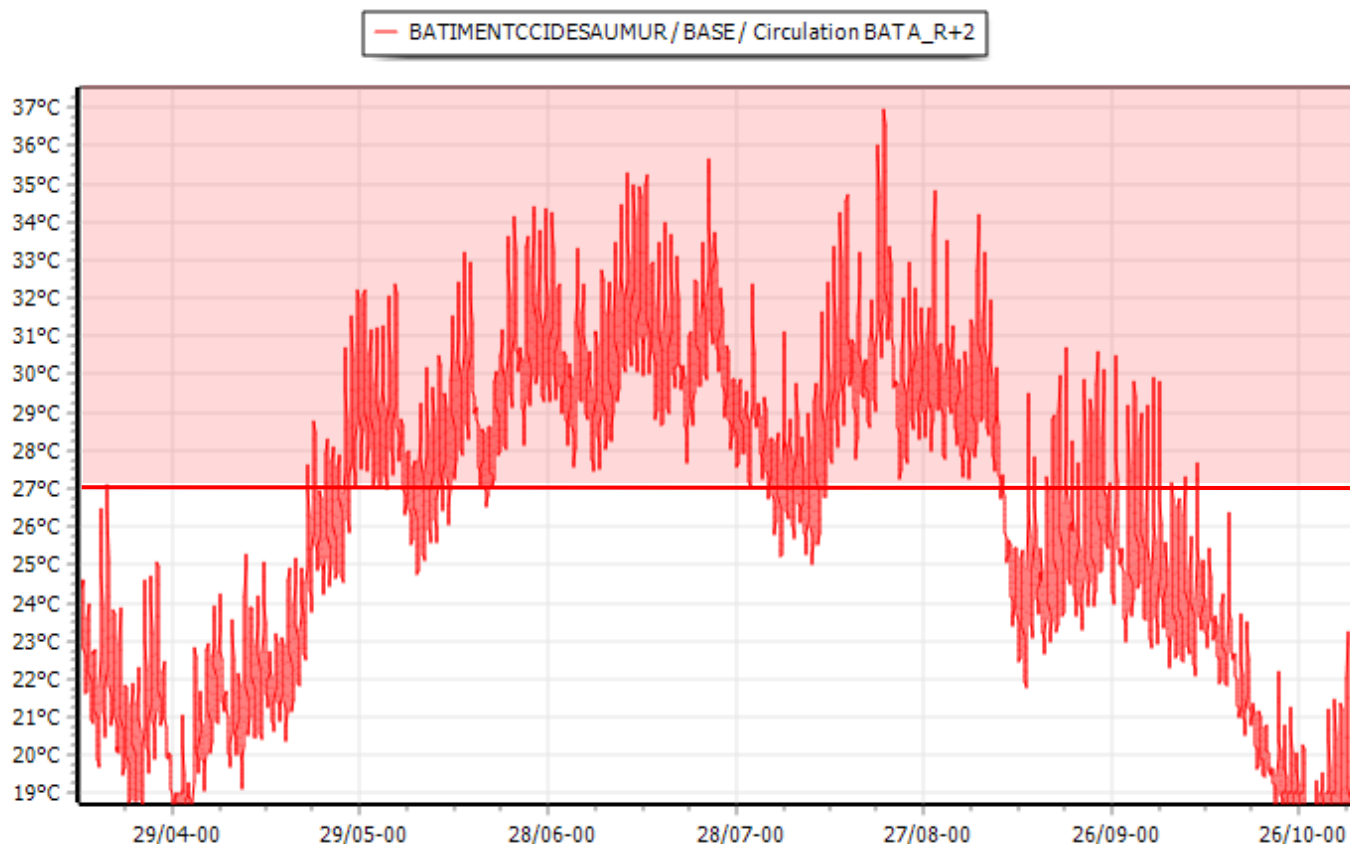
Seuil d'inconfort à 27°C : —

R+2

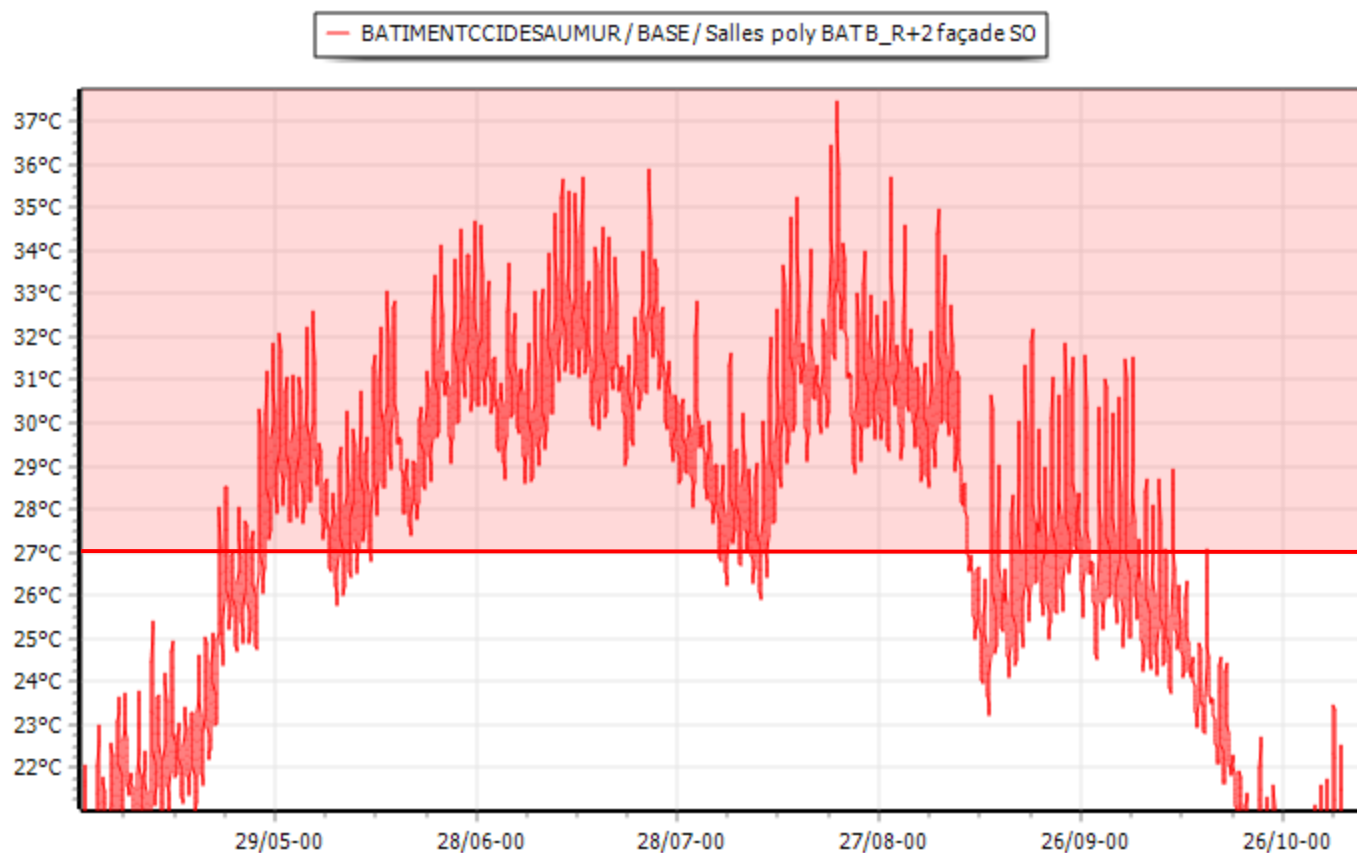


Nous pouvons constater que l'atelier 1 du bâtiment D est la pièce la plus inconfortable du bâtiment avec une température maximale pouvant atteindre **38.4 °C**. Les autres pièces tels que bureaux ou circulations donnant en façade SUD-OUEST sont également inconfortables. Les températures indiquées sont les températures maximales pouvant être atteintes en saison estivale. Pour la suite de l'étude, nous retenons d'étudier l'impact des préconisations sur **Circulation BAT A\_R+2**, **Salles polyvalentes BAT B\_R+2** et **atelier 1 BAT D\_R+2**.

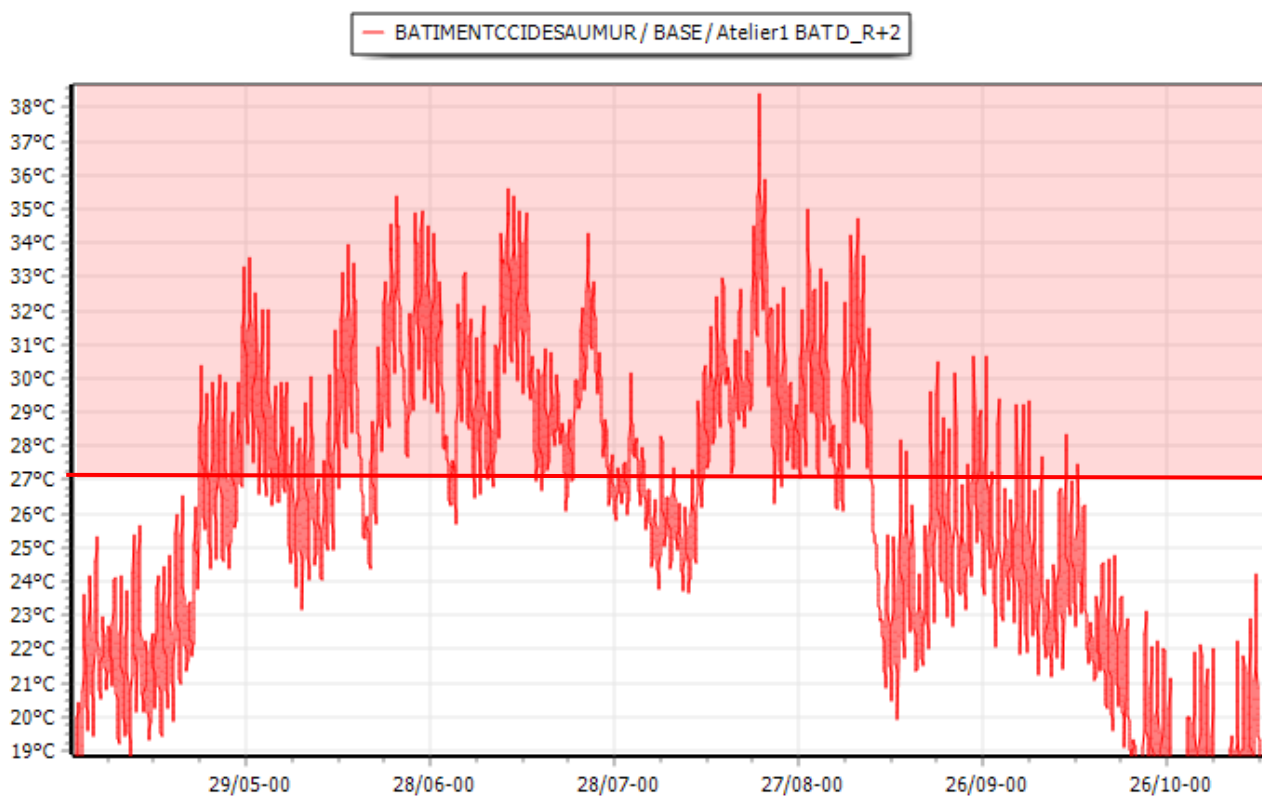
Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Circulation BAT A\_R+2 :



Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Salles polyvalentes BAT B\_R+2 :



Evolution de la température intérieure sur la période estivale – Atelier 1 BAT D\_R+2 :



## 10.8 Analyse du confort des usagers

Nous considérons comme seuil de limite haute acceptable, la température intérieure de : **27°C**.

Nous pouvons constater que dans l'ensemble le bâtiment est aujourd'hui inconfortable dans son ensemble et que le nombre d'heures d'inconfort est important dans certaines pièces (notamment les salles du R+2).

La température intérieure maximale obtenue lors de notre simulation est de **38.4 °C**.

Nota : lors de notre simulation, nous avons retenu une station météo de Angers avec des prévisions de températures extérieures donnant sur 2040.

Zone	Indice de l'inconfort		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Salles polyvalentes BAT A_RDC	23.1 %	552 h	22.2 °C	35.1 °C
Bureaux BAT B_RDC	24.4 %	583 h	23.3 °C	38.7 °C
Restaurant BAT C_RDC	19.7 %	470 h	22.4 °C	35.0 °C
Circulation BAT A_R+1	21.5 %	514 h	22.8 °C	35.4 °C
Bureaux BAT B_R+1	25.2 %	602 h	23.5 °C	36.9 °C
Salles polyvalentes BAT C_R+1	22.9 %	547 h	23.1 °C	36.1 °C
Circulation BAT A – R+2	23.3 %	556 h	22.9 °C	39.7 °C
Salles polyvalentes BAT B – R+2	26.0 %	620 h	23.4 °C	37.5 °C
Atelier 1 BAT D – R+2	24.5 %	584 h	22.6 °C	38.4 °C

En conclusion, nous pouvons très vite constater que le bâtiment dans son ensemble est **NON CONFORME par rapport au référentiel** et le nombre d'heures d'inconfort est supérieur à l'objectif.

### Taux d'inconfort en % :

L'indice « Taux d'inconfort » représente le pourcentage de temps d'occupation durant lequel la température de la zone est supérieure au seuil considéré. Pour cette étude, la limite acceptable a été fixée à 27°C.

*Remarque :* Une zone d'inconfort est considérée uniquement en période d'occupation, cela n'empêche pas cette zone d'être en surchauffe hors occupation.

Nous remarquons que l'ensemble des façades orientées sud-ouest souffrent d'un taux d'inconfort élevé. Ces résultats mettent en évidence que la surface menuisée importante est source de ces températures élevées des locaux.



## **10.9 Conclusion et les solutions à étudier**

Comme constaté un peu plus haut dans le rapport, les façades SUD-OUEST et les façades rideaux des circulations sont peu performantes au niveau du vitrage, aucun traitement solaire n'est aujourd'hui appliqué sur le vitrage. De plus, nous remarquons avec la STD et les résultats obtenues ci-dessus, des températures maximales avoisinants les 40°C intérieur et un nombre d'heures d'inconfort supérieurs à la normale. La problématique vient majoritairement des menuiseries extérieures sur l'ensemble des pièces. La température grimpe assez rapidement dans les locaux, provoquant le phénomène naturel « d'effet de serre ».

Afin d'améliorer le confort d'été de ces pièces, nous nous concentrons majoritairement sur l'enveloppe du bâtiment dont les façades rideaux notamment sur la façade SUD-OUEST, cette façade étant la plus exposée au soleil et comptabilise un nombre d'heures d'ensoleillement plus important. Nous nous focaliserons également sur une isolation complémentaire de l'enveloppe (murs, plafonds ect..).

Dans les chapitres suivants, des solutions techniques seront proposées afin d'atteindre l'objectif d'avoir un nombre d'heures d'inconfort inférieur à 35 heures. Pour chaque solution, nous exposerons le taux d'inconfort, les heures d'inconfort, l'évolution de la température intérieure ainsi que les températures maximales.

## 11 PRECONISATIONS

L'ensemble des préconisations de notre audit, ont été étudiées et chiffrées en rapport direct avec la recherche d'efficacité énergétique.

De ce fait, dans nos fiches et dans nos bouquets de travaux, le budget annoncé est seulement lié à la rénovation énergétique en incluant quelques travaux incidents tels que :

- Pour l'ITE (Isolation Thermique par l'Extérieur) : avancement toiture pour ITE, déplacement des descendants d'EP,
- Pour l'ITI (Isolation Thermique par l'Intérieur) : dépose/repose des radiateurs et prises de courant.

Les travaux d'embellissement ou de réaménagement des locaux ne sont donc pas inclus, tels que :

- Peinture, revêtement de sol,
- modification de cloisonnement,
- travaux extérieurs,
- etc.

Les travaux éventuels de mise en conformité spécifiques ne sont pas pris en compte dans notre audit, tels que :

- Alarme incendie,
- désenfumage,
- coupe-feu des locaux à risque,
- distribution gaz,
- protections ECS contre le risque de légionelle,
- TGBT et redistribution électrique courant Fort,
- courant faible,
- accès PMR et éclairage de signalisation,
- etc.

En cas de travaux, et afin de maîtriser au mieux le budget adapté au souhait de réaménagement de la commune, nous vous conseillons au préalable de vous rapprocher d'une équipe de MOE qui pourra s'appuyer sur notre audit.

Il est donc nécessaire d'ajouter aux chiffrages de nos préconisations les honoraires de MOE, de bureau SPS, de bureau de contrôle (environ 15% du montant HT des travaux).

Le chiffrage économique des préconisations et des scénarios est une estimation budgétaire préliminaire à +/- 20 % (selon cahier des charges de l'ADEME).

Vous trouverez ci-dessous l'ensemble des préconisations que nous vous proposons pour améliorer votre enveloppe énergétique et vos installations énergétiques votre site :

N°	Liste des préconisations
<b>Enveloppe du bâtiment</b>	
1	Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades NORD-EST et NORD-OUEST
2	Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades SUD-EST et SUD-OUEST
3	Isolation thermique complémentaire dans le faux plafond du R+2 donnant sur les bureaux et salles de cours
4	Remplacement des façades rideaux en SUD-OUEST avec traitement solaire (avec options 4.1 et 4.2)
5	Remplacement des menuiseries donnant sur l'ensemble des bureaux du RDC au R+2 en façade SUD-OUEST et SUD-EST
6	Remplacement des menuiseries donnant sur l'ensemble des bureaux du RDC au R+2 en façade NORD-OUEST et SUD-EST
<b>Eclairage</b>	
8	Mise en œuvre d'un éclairage LED dans l'ensemble des bureaux, locaux communs et zones non chauffés
<b>Energies renouvelables</b>	
9	Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur les toitures des bâtiments A, B, C et D

## 11.1 Fiche travaux n°1 : « Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs par l'extérieur du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades NORD-OUEST et NORD-EST en 160 mm »

Isolation thermique complémentaires des murs extérieurs par ITE sur l'ensemble des façades NO et NE

### Illustration :



### Proposition technique :

Les murs extérieurs du RDC au R+2 donnant sur les bureaux et salles de cours sont actuellement isolés en 80mm de laine de verre par l'intérieur. La préconisation est de mettre en place une isolation supplémentaire par l'extérieur des murs (à l'identique des murs du RDC au R+2 sur les façades NORD-OUEST et NORD-EST) ;

Matériau d'isolation de type fibre de bois :

- Isolant de type fibre de bois PAVAWALL en panneau avec une épaisseur 160 mm pour l'ensemble des murs extérieurs ( $R_{th} = 4.10 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ ) ;

### Précision sur la mise en œuvre :

- Nettoyage des façades extérieures ;
- Pose de l'isolant chevillé ou collé en façade ;
- Prévoir un revêtement extérieur du type enduit ou bardage bois ou métallique ;
- Prévoir isolation sur les retours de menuiseries ;
- Maîtriser la migration de la vapeur d'eau (éviter le phénomène de la condensation) ;

### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Mur extérieur existant :	$U = 0.44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$
Mur suivant préconisation :	$U \approx 0.16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$

### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique	Investissement plus coûteux qu'une ITI
Réduction des parois froides	Maîtriser la migration de vapeur (isolation répartie)
Pas de pertes de surfaces intérieures	

### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	27 722 kWh/an
Economie financière :	1 567 € TTC/an
Investissement (sans les aides) :	174 000 € HT
Surface ( $\text{m}^2$ ) :	800 $\text{m}^2$
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	12 570 €
Temps de retour brut (avec les aides) :	>30 ans

### Nota :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de CEE car la résistance thermique de la rénovation doit être supérieure à  $> 3.70 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ , fiche BAT-EN-102.

### Visualisation sur plan :

### Légende :

Mur n°1 : ■

Cette préconisation concerne les murs du RDC au du R+2 en façade NORD-OUEST et NORD-EST



## 11.2 Fiche travaux n°2 : « Isolation thermique complémentaire des murs extérieurs par l'extérieur du RDC au R+2 sur l'ensemble des façades SUD-OUEST et SUD-EST en 160 mm »

Isolation thermique complémentaires des murs extérieurs par ITE sur l'ensemble des façades SO et SE

### Illustration :



### Proposition technique :

Les murs extérieurs du RDC au R+2 donnant sur les bureaux et salles de cours sont actuellement isolés en 80mm de laine de verre par l'intérieur. La préconisation est de mettre en place une isolation supplémentaire par l'extérieur des murs (à l'identique des murs du RDC au R+2 sur les façades SUD-OUEST et SUD-EST) ;

Matériau d'isolation de type fibre de bois :

- Isolant de type fibre de bois PAVAWALL en panneau avec une épaisseur 160 mm pour l'ensemble des murs extérieurs ( $R_{th} = 4.10 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ ) ;

### Précision sur la mise en œuvre :

- Nettoyage des façades extérieures ;
- Pose de l'isolant chevillé ou collé en façade ;
- Prévoir un revêtement extérieur du type enduit ou bardage bois ou métallique ;
- Prévoir isolation sur les retours de menuiseries ;
- Maîtriser la migration de la vapeur d'eau (éviter le phénomène de la condensation) ;

### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Mur extérieur existant :	$U = 0.44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$
Mur suivant préconisation :	$U \approx 0.16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$

### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique	Investissement plus coûteux qu'une ITI
Réduction des parois froides	Maîtriser la migration de vapeur
Pas de pertes de surfaces intérieures	

### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	11 051 kWh/an
Economie financière :	<b>624 € TTC/an</b>
Investissement (sans les aides) :	<b>167 000 € HT</b>
Surface ( $\text{m}^2$ ) :	760 $\text{m}^2$
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	12 093 €
Temps de retour brut (avec les aides) :	>30 ans

### Nota :

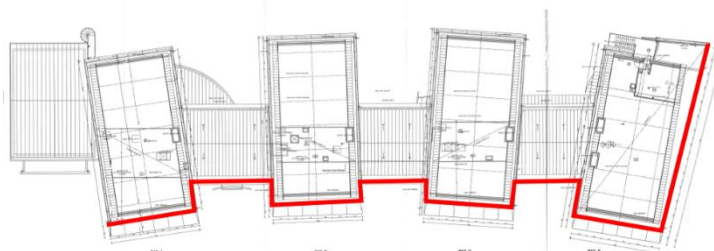
Cette préconisation est éligible aux dispositifs de CEE car la résistance thermique de la rénovation doit être supérieure à  $> 3.70 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ , fiche BAT-EN-102.

### Visualisation sur plan :

### Légende :

Mur n°1 : ■

Cette préconisation concerne les murs du RDC au du R+2 en façade SUD-OUEST et SUD-EST





### 11.3 Fiche travaux n°3 : « Isolation thermique supplémentaire des faux plafonds des bureaux et des salles de cours du R+2 en 280 mm »

#### Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond

##### Illustration :



##### Proposition technique :

Les plafonds existants sont isolés au-dessus de la dalle béton du R+2 avec 150mm de laine de verre datant des années 2000. Certaines parties ne sont pas isolées. Les faux plafonds du R+2 ne sont pas isolés. La préconisation est de mettre en œuvre une isolation supplémentaire dans les faux plafonds :

Matériau d'isolation de type laine de roche :

- Isolant de type laine de roche en rouleau type ROULROCK CRAFT avec une épaisseur 280 mm au-dessus des dalles n°1 ( $R_{th} = 7.00 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ )

##### Précision sur la mise en œuvre :

- Dépose des dalles de faux plafonds existantes ;
- Pose de l'isolation complémentaire sur les supports des dalles de faux plafonds

**Nota :** Cette préconisation pourra être réaliser simultanément des remplacements de l'éclairage des bureaux facilitant la pose de l'isolant.

##### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Plafond existant :	$U = 1.78 \text{ à } 0.28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$
Plafond suivant préconisation :	$U \approx 0.10 \text{ à } 0.13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$

##### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique	Mise en œuvre compliquée en site occupé
Amélioration l'inertie du bâtiment	Gaines techniques pouvant gêner lors de la pose

##### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	29 608 kWh/an
Economie financière :	<b>1 673 € TTC/an</b>
Investissement (sans les aides) :	<b>67 000 € HT</b>
Surface ( $\text{m}^2$ ) :	1 100 $\text{m}^2$
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	9 588 €
Temps de retour brut (avec les aides) :	34 ans

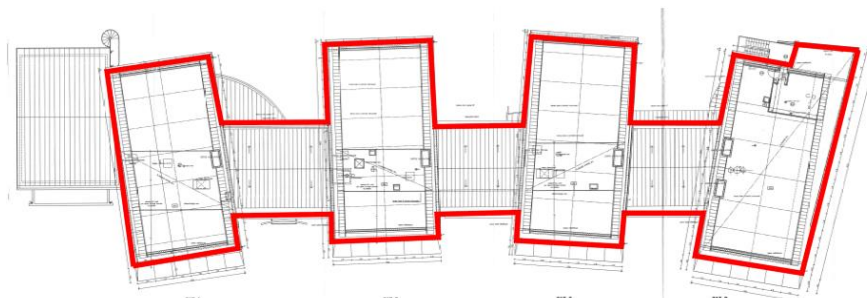
##### Nota :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de CEE car la résistance thermique de la rénovation doit être supérieure à  $> 6.00 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ , fiche BAT-EN-101.

#### Visualisation sur plan :

##### Légende :

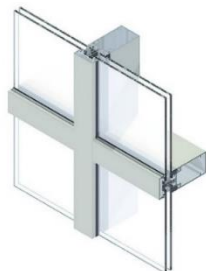
Plafonds du R+2 : ■■■



## 11.4 Fiche travaux n°4 : « Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST et donnant sur les circulations du RDC au R+2 »

### Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST du RDC au R+2

#### Illustration :



#### Proposition technique :

Les façades rideaux en SUD-OUEST donnant sur les circulations sont actuellement en double vitrage alu peu performants, les menuiseries sont peu étanches et sans rupteurs de ponts thermiques. La préconisation est de remplacer l'ensemble de ces menuiseries par des menuiseries en double vitrage de type 4-20-4 avec isolation renforcée :

#### Caractéristiques thermiques des menuiseries :

- Uw de chaque menuiserie : 1.30 W/m<sup>2</sup>.k ; Sw < 0.35
- Vitrage avec traitement solaire pour éviter les surchauffes estivales

#### Précision sur la mise en œuvre :

- Suivi du DTU 36.5 menuiseries pose en rénovation
- Dépose de la menuiserie existante
- Mise en œuvre de la nouvelle menuiserie en double vitrage sur l'ensemble des murs rideaux
- Le calfeutrement assurant l'étanchéité à l'air et à l'eau doit impérativement être réalisé pour la pose de la nouvelle menuiserie.

**Nota :** Une étude de structure devra être réalisée pour calculer la nouvelle structure porteuse des vitrages.

#### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Performance thermique existant :	Uw de 3.20 W/m <sup>2</sup> .k
Performance thermique suivant préconisation :	Uw de 1.30 W/m <sup>2</sup> .k

#### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique et vitrage traité	Coût d'investissement
Réduction des parois froides et limite des surchauffes	Emission de CO <sub>2</sub> à la fabrication des matériaux
Bonne étanchéité	

#### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	31 613 kWh/an
Economie financière :	<b>1 787 € TTC/an</b>
Investissement (sans les aides) :	<b>390 000 € HT</b>
Surface vitrée (m <sup>2</sup> ) :	275 m <sup>2</sup>
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	5 086 €
Temps de retour brut (avec les aides) :	> 30 ans

#### Nota :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de C2E car le coefficient de performance des menuiseries doit être inférieure à < 1.30 W/m<sup>2</sup>.k et Sw < 0.35, fiche BAT EN-104.

### Visualisation sur plan :

#### Légende :

Menuiseries des façades Rideaux SUD-OUEST (RDC au R+2) et donnant sur les circulations du R+2 :



🌈 Résultats de la simulation thermique dynamique sur le remplacement des façades rideaux en SUD-OUEST (sans protection solaire) :

Zone	Indice de l'inconfort (état initial)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Restaurant BAT C_RDC	19.7 %	470 h	22.4 °C	35.0 °C
Circulation BAT A_R+1	21.5 %	514 h	22.8 °C	35.4 °C
Circulation BAT A – R+2	23.3 %	556 h	22.9 °C	39.7 °C

Zone	Indice de l'inconfort (REMPLACEMENT DES FACADES RIDEAUX)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Maximum (°C)	Gain (°C)
Restaurant BAT C_RDC	19.5 %	459 h ( -11 heures)	33.8 °C	- 1.2 °C
Circulation BAT A_R+1	21.2 %	508 h ( - 6 heures)	33.2 °C	- 2.2 °C
Circulation BAT A – R+2	22.7 %	543 h ( - 13 heures)	34.3 °C	- 5.4 °C

#### Commentaires :

Nous pouvons constater que le remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST permet de réaliser un gain énergétique.

Nous pouvons également constater que le remplacement des façades rideaux donnant sur les circulations du RDC au R+2 permettrait de diminuer considérablement la température intérieure maximale du R+2 de **- 5.4 °C**.

Cependant, même avec le remplacement des murs rideaux, les circulations restent **NON CONFORME** et le nombre d'heures d'inconfort est encore supérieur à l'objectif.

*Nota : les autres pièces étudiées ne sont pas impactées par cette préconisation*









### **OPTION n°1 : Mises en œuvre de brises soleils en casquette sur les murs rideaux en façade SUD-OUEST**

Le nombre d'heures d'inconfort reste encore important en changeant seulement les menuiseries des murs rideaux en façades SUD-OUEST. Actuellement, des casquettes solaires type métallique sont déjà intégrés aux murs rideaux. Cependant les casquettes ne sont pas assez longues pour avoir un intérêt sur le confort d'été.

Les façades SUD-OUEST étant la façade la plus exposée au soleil, nous nous sommes concentrés sur celle-ci afin de réduire le nombre d'heures d'inconfort et la température maximale du hall.

Pour cela, nous avons étudiés la solution de mettre des brises soleils en casquette intégrés à la structure porteuse avec le remplacement du vitrage.

Caractéristiques techniques des brises soleils en caquette simulés :

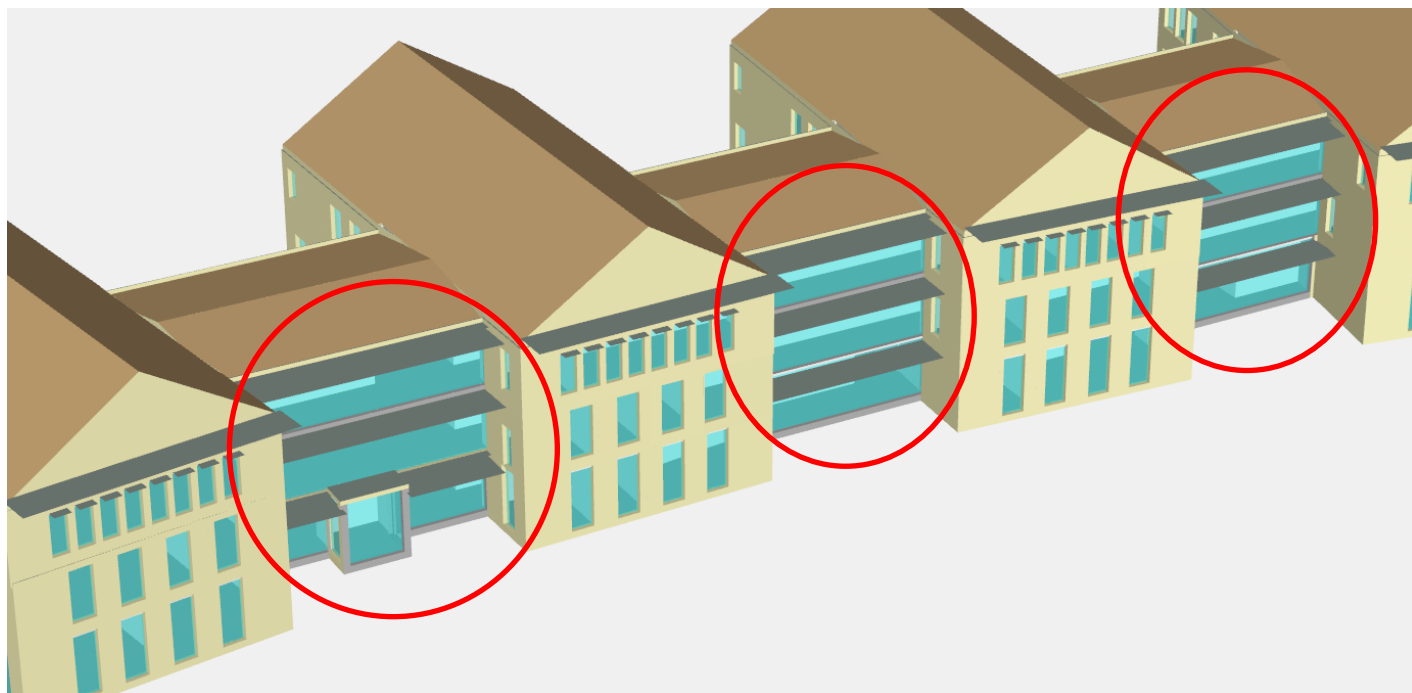
-  Marque : TELLIER BRISE-SOLEIL
-  Type : ailes d'avion
-  Référence : gamme AZUR AS160x36
-  Longueur de la casquette : 1.50 m
-  Largeur d'une lame : 0.160 m
-  Epaisseur : 0.036 m
-  Pas de lames : 0.160 m
-  Inclinaison des lames intérieures : 35 °

Les brises soleils en casquette seront installées perpendiculairement au mur rideau. Les lames intérieures seront fixes.

Nota : Cette option réduirait légèrement la lumière naturelle dans les circulations.



- Représentation des BSO en caquette sur le bâtiment (en façade SUD-OUEST des murs rideaux) :



Nota : les casquettes solaires métalliques actuelles seront déposées sur l'ensemble des murs rideaux.

🌈 Résultats de la simulation thermique dynamique en remplacement des murs rideaux en façade SO et brises soleils en casquette sur le mur rideau en façade SUD-OUEST :

Zone	Indice de l'inconfort (état initial)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Restaurant BAT C_RDC	19.7 %	470 h	22.4 °C	35.0 °C
Circulation BAT A_R+1	21.5 %	514 h	22.8 °C	35.4 °C
Circulation BAT A – R+2	23.3 %	556 h	22.9 °C	39.7 °C

Zone	Indice de l'inconfort (REMPLACEMENT DES FACADES RIDEAUX + CASQUETTES)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Maximum (°C)	Gain (°C)
Restaurant BAT C_RDC	17.7 %	422 h (- 48 heures)	32.7 °C	- 2.3 °C
Circulation BAT A_R+1	18.4 %	440 h (- 74 heures)	31.6 °C	- 3.8 °C
Circulation BAT A – R+2	19.6 %	458 h (- 98 heures)	32.2 °C	- 7.5 °C

Investissement de l'OPTION n°1 avec pose

95 000 € HT

Commentaire :

L'ajouts des BSO en casquette solaire sur les murs rideaux en façade SUD-OUEST permet de limiter la température intérieure maximale jusqu'à **-7.5 °C** par rapport à l'état initial. Dans la circulation du BAT A au R+2, nous avons un gain de **98h** sur le nombre d'heures d'inconfort.

Cependant le nombre d'heures d'inconfort reste **NON CONFORME** selon le référentiel HQE.



✚ **OPTION n°2 : Mises en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble du mur rideau en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35°**

La deuxième option se porte sur la mise en œuvre de brises soleils orientables (ou fixes) sur les murs rideaux en façade SUD-OUEST.

Caractéristiques techniques des brises soleils simulés :

- ✚ Marque : TELLIER BRISE-SOLEIL
- ✚ Type : ailes d'avion
- ✚ Référence : gamme AZUR AS200x50
- ✚ Largeur d'une lame : 0.200 m
- ✚ Epaisseur : 0.05 m
- ✚ Pas de lames : 0.283 m
- ✚ Inclinaison des lames intérieures : 35 °

**Nota :** une étude de structure devra être réaliser pour déterminer la structure porteuse du nouveau mur rideau et des brises soleils



- **Représentation des BSO sur le bâtiment :**



La mise en œuvre de brises soleils orientables sur la première trame de menuiseries du bâtiment A et bâtiment B n'implique peu de différence sur les résultats du confort thermique des locaux.

Avec cette préconisation les apports solaires et la lumière naturelle serait largement diminuer. C'est ainsi pour ces raisons que nous vous conseillons de mettre en œuvre des BSO orientables.

Les lames pourront être orientables l'hiver permettant de laisser entrer les apports solaires, afin de limiter les consommations de chauffage.

🚧 Résultats de la simulation thermique dynamique en remplacement des murs rideaux en façade SO et brises soleils orientables sur les murs rideaux en façade SUD-OUEST :

Zone	Indice de l'inconfort (état initial)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Restaurant BAT C_RDC	19.7 %	470 h	22.4 °C	35.0 °C
Circulation BAT A_R+1	21.5 %	514 h	22.8 °C	35.4 °C
Circulation BAT A – R+2	23.3 %	556 h	22.9 °C	39.7 °C

Zone	Indice de l'inconfort (REPLACEMENT DES FACADES RIDEAUX + CASQUETTES)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Maximum (°C)	Gain (°C)
Restaurant BAT C_RDC	16.0 %	422 h ( -48 heures)	31.9 °C	- 3.1 °C
Circulation BAT A_R+1	15.1 %	359 h ( - 155 heures)	30.5 °C	- 4.9 °C
Circulation BAT A – R+2	16.7 %	400 h ( - 156 heures)	31.3 °C	- 8.4 °C

Investissement de l'OPTION n°2 avec pose et raccordement électrique

162 000 € HT

Commentaire :

L'ajouts des BSO orientables sur la quasi-totalité des murs rideaux en façade SUD-OUEST permet de limiter la température intérieure maximale jusqu'à **-8.4 °C** par rapport à l'état initial. Dans la circulation du BAT A au R+21 et R+2, nous avons un gain de **156 h** sur le nombre d'heures d'inconfort.

Cependant le nombre d'heures d'inconfort reste **NON CONFORME** selon le référentiel HQE.

## 11.5 Fiche travaux n°5 : « Remplacement des menuiseries dans les bureaux et salles de cours du RDC au R+2 en façade SUD-OUEST / SUD-EST »

Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST

### Illustration :



### Proposition technique :

Les menuiseries actuelles sont en double vitrage PVC ou alu peu performantes et sans rupteurs de ponts thermiques et peu étanches à l'air. Les coffres de volets roulants existants sont pas étanches à l'air. La préconisation est de remplacer l'ensemble de ces menuiseries par des menuiseries en double vitrage de type 4-20-4 avec isolation renforcée :

Caractéristiques thermiques des menuiseries :

- Uw de chaque menuiserie : 1.30 W/m².k
- Remplacement des coffres de volets roulants isolés Uc : 1.00 W/m².k

### Précision sur la mise en œuvre :

- Suivi du DTU 36.5 menuiseries pose en rénovation
- Dépose de la menuiserie existante et du coffre volet roulant
- Mise en œuvre de la nouvelle menuiserie en double vitrage avec nouveau coffre volet roulant
- Le calfeutrement assurant l'étanchéité à l'air et à l'eau doit impérativement être réalisé pour la pose de la nouvelle menuiserie.

### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Performance thermique existant :	Uw de 2.40 à 3.20 W/m².k
Performance thermique suivant préconisation :	Uw = 1.30 W/m².k

### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique en hiver et en été	Coût d'investissement
Réduction des parois froides	Emission de CO2 à la fabrication des matériaux

### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	22 289 kWh/an
Economie financière :	<b>1 260 € TTC/an</b>
Investissement (sans les aides) :	385 000 € HT
Surface vitrée (m²)	365 m²
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	6 738 €
Temps de retour brut (avec les aides)	> 30 ans

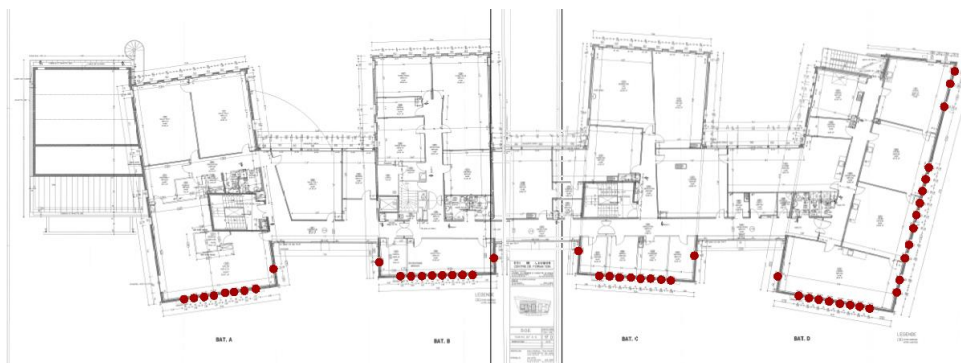
### Nota :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de C2E car le coefficient de performance des menuiseries doit être inférieure à < 1.30 W/m².k et Sw < 0.35, fiche BAT EN-104.

### Visualisation sur plan :

### Légende :

Menuiseries des bureaux  
Et salles de cours du RDC  
au R+2 (façade SUD-  
OUEST  
et SUD-EST) :



Zone	Indice de l'inconfort (état initial)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Salles polyvalentes BAT A_RDC	23.1 %	552 h	22.2 °C	35.1 °C
Bureaux BAT B_RDC	24.4 %	583 h	23.3 °C	38.7 °C
Bureaux BAT B_R+1	25.2 %	602 h	23.5 °C	36.9 °C
Salles polyvalentes BAT C_R+1	22.9 %	547 h	23.1 °C	36.1 °C
Salles polyvalentes BAT B – R+2	26.0 %	620 h	23.4 °C	37.5 °C
Atelier 1 BAT D – R+2	24.5 %	584 h	22.6 °C	38.4 °C

Zone	Indice de l'inconfort (+ REMPLACEMENTS DES MENUISERIES EN FACADE SO/SE)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Maximum (°C)	Gain (%)
Salles polyvalentes BAT A_RDC	17.0 %	407 h (- 145 heures)	31.9 °C	- 3.2 °C
Bureaux BAT B_RDC	18.5 %	442 h (- 141 heures)	34.7 °C	- 4.0 °C
Bureaux BAT B_R+1	19.9 %	475 h (- 127 heures)	34.1 °C	- 2.8 °C
Salles polyvalentes BAT C_R+1	18.9 %	547 h (- 96 heures)	33.6 °C	- 2.5 °C
Salles polyvalentes BAT B – R+2	21.1 %	620 h (- 140 heures)	34.3 °C	- 3.2 °C
Atelier 1 BAT D – R+2	19.9 %	584 h (- 113 heures)	36.2 °C	- 2.2 °C

Commentaire :

Le remplacement des menuiseries en façade SUD-OUEST et SUD-EST sur le RDC, R+1 et R+2 permettent d'atténuer la température intérieure et de réduire le nombre d'heures d'inconfort dans les locaux.

La température diminue de **-4.0 °C** dans les bureaux du bâtiment B en remplacement seulement les menuiseries.

🚦 **OPTION n°1 : Mises en œuvre de volets roulants électriques sur l'ensemble des menuiseries extérieures donnant sur l'extérieur**

Nous jugeons intéressant de mettre également en plus du remplacement des menuiseries sur l'ensemble des bureaux et salles de cours, le remplacement des volets existants. Nous vous préconisons de mettre des volets roulants électriques qui permettront de limiter les surchauffages estivaux. Les volets pourront être fermés à tout moment pour limiter la température intérieure dans chaque local.



Investissement de l'OPTION volets roulants électriques avec pose

97 000 € HT

🚦 **OPTION n°2 : Mises en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST et SUD-EST avec une inclinaison de 35°**

La deuxième option se porte sur la mise en œuvre de brises soleils orientables (ou fixes) sur les menuiseries en façade SUD-OUEST et SUD-EST.

Caractéristiques techniques des brises soleils simulés :

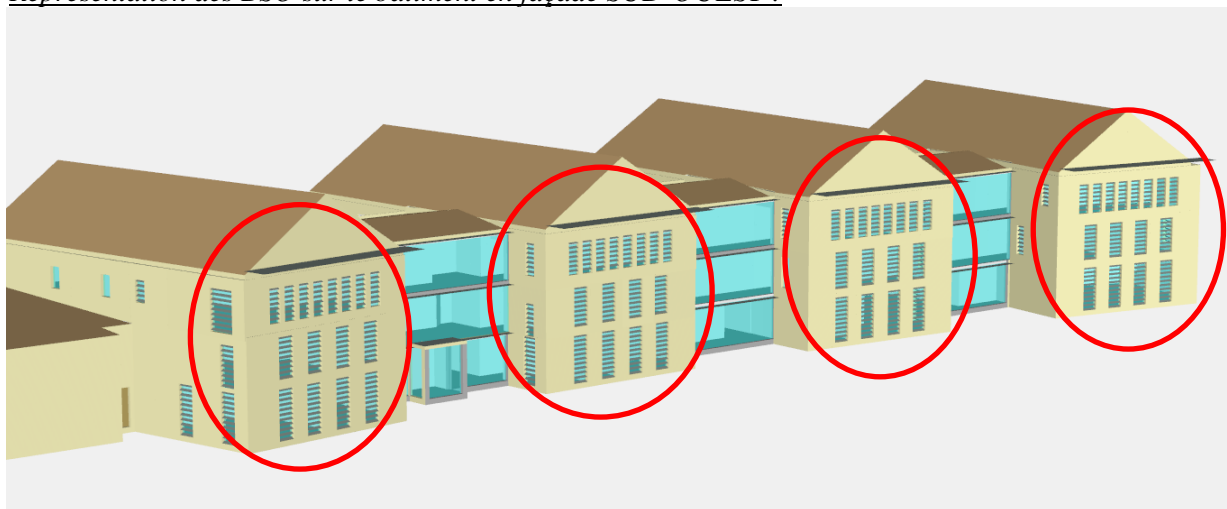
- 🚦 Marque : TELLIER BRISE-SOLEIL
- 🚦 Type : ailes d'avion
- 🚦 Référence : gamme AZUR AS200x50
- 🚦 Largeur d'une lame : 0.200 m
- 🚦 Epaisseur : 0.05 m
- 🚦 Pas de lames : 0.283 m
- 🚦 Inclinaison des lames intérieures : 35 °

**Nota :** une étude de structure devra être réalisée pour déterminer la structure porteuse du nouveau mur rideau et des brises soleils

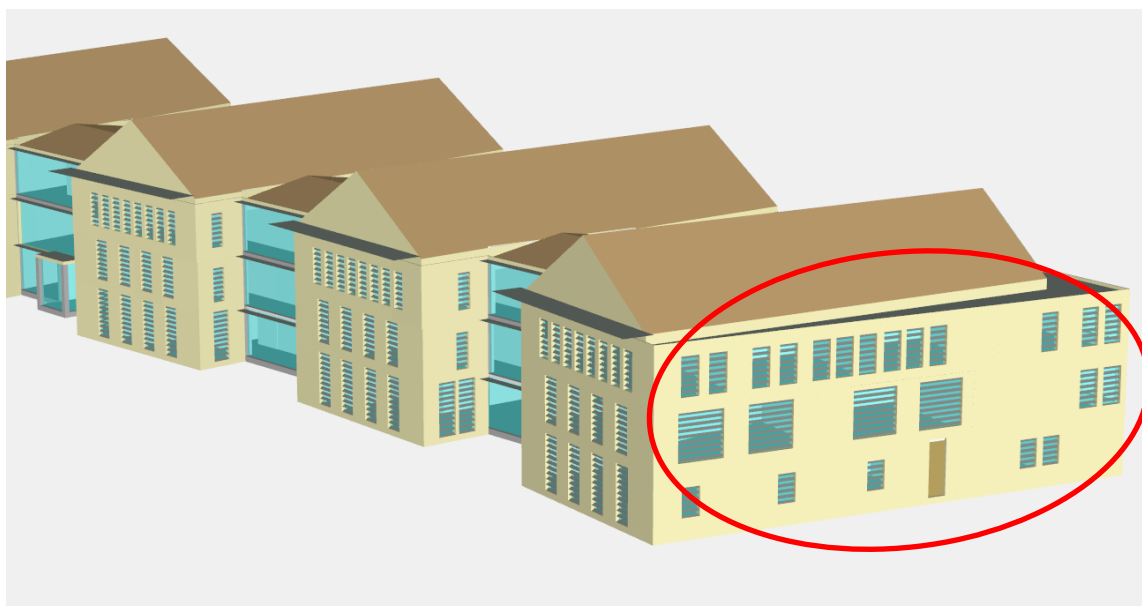




- Représentation des BSO sur le bâtiment en façade SUD-OUEST :



- Représentation des BSO sur le bâtiment en façade SUD-EST :



Zone	Indice de l'inconfort (état initial)		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Moyenne à l'année (°C)	Maximum (°C)
Salles polyvalentes BAT A_RDC	23.1 %	552 h	22.2 °C	35.1 °C
Bureaux BAT B_RDC	24.4 %	583 h	23.3 °C	38.7 °C
Bureaux BAT B_R+1	25.2 %	602 h	23.5 °C	36.9 °C
Salles polyvalentes BAT C_R+1	22.9 %	547 h	23.1 °C	36.1 °C
Salles polyvalentes BAT B – R+2	26.0 %	620 h	23.4 °C	37.5 °C
Atelier 1 BAT D – R+2	24.5 %	584 h	22.6 °C	38.4 °C

Zone	Indice de l'inconfort (+ REMPLACEMENTS DES MENUISERIES EN FACADE SO/SE) + BSO		Température	
	Taux d'inconfort (%)	Nombres d'heures d'inconfort (>27°C)	Maximum (°C)	Gain (%)
Salles polyvalentes BAT A_RDC	0.0 %	0 h (- 552 heures)	27.6 °C	- 7.5 °C
Bureaux BAT B_RDC	2.1 %	20 h (- 563 heures)	29.8 °C	- 8.9 °C
Bureaux BAT B_R+1	6.80 %	65 h (- 537 heures)	30.4 °C	- 6.5 °C
Salles polyvalentes BAT C_R+1	10.0 %	96 h (- 451 heures)	30.7 °C	- 5.4 °C
Salles polyvalentes BAT B – R+2	9.4 %	90 h (- 530 heures)	30.5 °C	- 7.0 °C
Atelier 1 BAT D – R+2	5.02 %	16 h (- 568 heures)	30.3 °C	- 8.1 °C

**Investissement de l'OPTION n°2 avec pose et raccordement électrique**

**220 000 € HT**

Commentaire :

Le remplacement des menuiseries en façade SUD-OUEST et SUD-EST sur le RDC, R+1 et R+2 permet d'atténuer la température intérieure et de réduire considérablement le nombre d'heures d'inconfort dans les locaux.

La température diminue de **-5 °C à 9 °C** dans les bureaux du bâtiment en remplacement des menuiseries avec l'installation de brises soleils orientables.

Dans l'ensemble le bâtiment est donc **CONFORME** selon le référentiel en remplaçant les menuiseries avec ajouts de brises soleils orientables sur les façades SUD-OUEST et SUD-EST.

## 11.6 Fiche travaux n°6 : « Remplacement des menuiseries dans les bureaux et salles de cours du RDC au R+2 en façade NORD-OUEST / NORD-EST »

Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades NORD-OUEST-EST

### Illustration :



### Proposition technique :

Les menuiseries actuelles sont en double vitrage PVC ou alu peu performantes et sans rupteurs de ponts thermiques et peu étanches à l'air. Les coffres de volets roulants existants sont pas étanches à l'air. La préconisation est de remplacer l'ensemble de ces menuiseries par des menuiseries en double vitrage de type 4-20-4 avec isolation renforcée et des volets roulants :

Caractéristiques thermiques des menuiseries :

- Uw de chaque menuiserie : 1.30 W/m².k
- Remplacement des coffres de volets roulants isolés Uc : 1.00 W/m².k

### Précision sur la mise en œuvre :

- Suivi du DTU 36.5 menuiseries pose en rénovation
- Dépose de la menuiserie existante et du coffre volet roulant
- Mise en œuvre de la nouvelle menuiserie en double vitrage avec nouveau coffre volet roulant
- Le calfeutrement assurant l'étanchéité à l'air et à l'eau doit impérativement être réalisé pour la pose de la nouvelle menuiserie.

### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergétique
Performance thermique existant :	Uw de 2.40 à 3.20 W/m².k
Performance thermique suivant préconisation :	Uw = 1.30 W/m².k

### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique en hiver et en été	Coût d'investissement
Réduction des parois froides	Emission de CO2 à la fabrication des matériaux

### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	35 809 kWh/an
Economie financière :	<b>2 024 € TTC/an</b>
Investissement menuiseries (sans les aides) :	595 000 € HT
Investissement volets roulants électriques (sans les aides) :	140 000 € HT
Surface vitrée (m²)	560 m²
Temps de retour brut (sans les aides) :	> 30 ans
Estimation des CEE :	10 355 €
Temps de retour brut (avec les aides)	> 30 ans

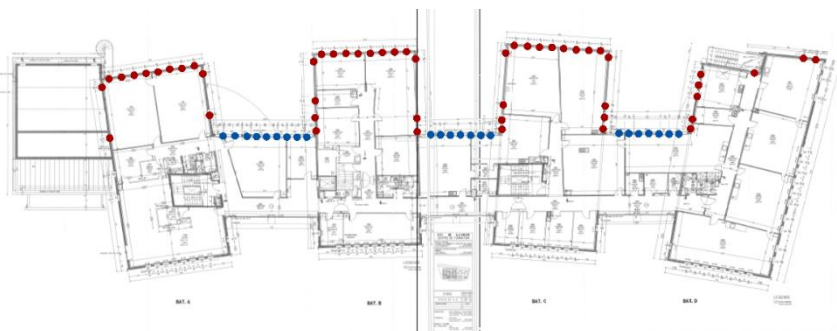
### Nota :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de C2E car le coefficient de performance des menuiseries doit être inférieure à < 1.30 W/m².k et Sw < 0.35, fiche BAT EN-104.

### Visualisation sur plan :

### Légende :

Menuiseries des bureaux  
Et salles de cours du RDC  
au R+2 (façade NORD-OUEST  
et NORD-EST) :



## 11.7 Fiche travaux n°7 : « Mise en place d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (bureaux, amphithéâtre et salles de cours) »

### Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment

#### Illustration :



#### Proposition technique :

L'ensemble des bureaux et salles de cours sont éclairés avec des tubes fluorescents ou et les parties communes (circulations) sont éclairés par des ampoules types fluocompactes.

Nous vous préconisons de remplacer ces systèmes qui sont énergivores et vieillissants.

Pour cela, la préconisation est de mettre en place une technologie de type LED

- Dalles LED avec bouton poussoir marche/arrêt pour l'ensemble des bureaux et salles de cours ;
- Ampoules LED avec détection de présence pour les circulations ;
- Ampoules LED pour les sanitaires avec détection de présence ;

#### Précision sur la mise en œuvre :

- Respecter la NF-C 15-100,
- Conservations d'une partie des câblages existants.

#### Remarque :

Une étude d'éclairement devra être réalisée afin de mettre en œuvre ce type de système.

#### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergie
Eclairage existant :	Fluorescents / halogènes / Fluocompactes
Eclairage suivant préconisations :	LED dans l'ensemble

Caractéristiques	Unité énergie
Puissance existante (moyenne) :	10.20 W/m²
Puissance après préconisations (moyenne) :	4.70 W/m²

#### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Performance thermique	Coût d'investissement
Durée de vie allongée	Lumière blanche

#### Les données :

Données	Résultats
<u>Economie d'énergie finale :</u>	5 494 kWh/an
<u>Economie financière :</u>	<b>9 281 € TTC/an</b>
<u>Investissement (sans les aides) :</u>	44 000 € HT
<u>Temps de retour brut (sans les aides) :</u>	5 ans
<u>Estimation des CEE :</u>	3 442 €
<u>Temps de retour brut (avec les aides) :</u>	4 ans

#### Remarque :

Cette préconisation est éligible aux dispositifs de C2E, avec la fiche BAT-EQ-127.

#### Nota :

Relamping : Diminue les consommations d'énergies liées à l'éclairage, mais diminue également les apports internes (moins de puissances).  
Cependant cela entraîne une légère hausse des consommations de chauffage.

## 11.8 Fiche travaux n°8 « Mise en place d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des bâtiments orientés SUD-EST / 640 m<sup>2</sup> de panneaux »

### Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST

#### Illustration :



#### Proposition technique :

Lors de nos relevés, nous avons remarqués que la surface en toiture sous rampants était largement satisfaisante pour accueillir une installation photovoltaïque sur l'ensemble des bâtiments. Le dimensionnement réalisé est selon la surface exploitable en toiture rampant orienté en SUD-EST.

Mise en œuvre d'une installation solaire photovoltaïque :

- ✚ Surface de captage : 640 m<sup>2</sup> (ensemble des bâtiments)
- ✚ Nombre de panneaux préconisés : 400 panneaux (100 panneaux par bâtiment)
- ✚ Type : Multi cristallin
- ✚ Orientation : SUD-EST
- ✚ Inclinaison : 30 °

#### Précision sur la mise en œuvre :

- Respecter la NF-C 15-100

#### Remarque :

Pour cette préconisation, nous avons estimés que l'énergie produite sera directement utilisée sur site.  
Une étude de faisabilité solaire devra être réalisée afin de confirmer son intérêt économique.

#### Performance thermique :

Caractéristiques	Unité énergie
Energie renouvelable existante :	0 kWc
Energie renouvelable suivant préconisation :	120.0 kWc

#### Avantages / inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Economie d'énergie	Entretien et nettoyage des panneaux en toiture
Energie renouvelable	-

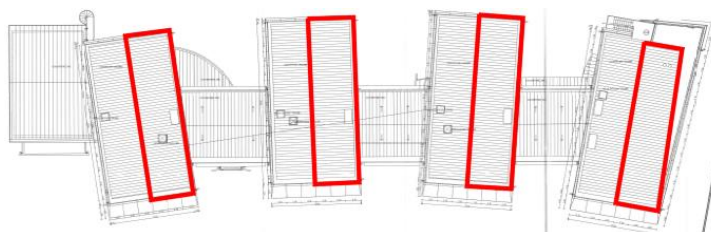
#### Les données :

Données	Résultats
Economie d'énergie finale :	74 900 kWh/an
Economie financière :	13 482 € TTC/an
Investissement (sans les aides) :	256 000 € HT
Temps de retour brut (sans les aides) :	19 ans
Estimation des CEE :	-
Temps de retour brut (avec les aides) :	19 ans

#### Visualisation sur plan :

#### Légende :

Surface exploitable pour une installation photovoltaïque :






## 12 TABLEAU DE SYNTHESE FICHES TRAVAUX

N°	Préconisations	Consommation d'énergie finale (kWhEF/an)	Coût consommation d'énergie (€ TTC / an)	Coûts des investissements à réaliser (€ HT)	Economie réalisée (€ TTC /an)	Temps de retour brut sans aides (Années)	CEE (€) à 6.80 €/MWh Cumac	Temps de retour brut avec aides (Années)
0	Etat initial	546 023 kWhEF	85 702 €	-	-	-	-	-
1	Isolation thermique complémentaires des murs extérieurs par ITE sur l'ensemble des façades NO et NE	518 301 kWhEF	84 135 €	174 000 € HT	1 374 €	> 30 ans	12 570 €	> 30 ans
2	Isolation thermique complémentaires des murs extérieurs par ITE sur l'ensemble des façades SO et SE	534 972 kWhEF	85 078 €	167 000 € HT	624 €	> 30 ans	12 093 €	> 30 ans
3	Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond	516 415 kWhEF	84 029 €	67 000 € HT	1 673 €	> 30 ans	9 588 €	> 30 ans
4	Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST du RDC au R+2	514 410 kWhEF	83 915 €	390 000 € HT	1 787 €	> 30 ans	5 086 €	> 30 ans
4.1	OPTION n°1 : Mises en œuvre de brises soleils en casquette sur les murs rideaux en façade SUD-OUEST	-	-	95 000 € HT	-	-	-	-
4.2	OPTION n°2 : Mises en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble du mur rideau en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35°	-	-	162 000 € HT	-	-	-	-
5	Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST	523 734 kWhEF	84 442 €	385 000 € HT	1 260 €	> 30 ans	6 738 €	> 30 ans
5.1	OPTION n°1 : Mise en œuvre de volets roulants électriques sur l'ensemble des menuiseries	-	-	97 000 € HT	-	-	-	-


N°	Préconisations	Consommation d'énergie finale (kWhEF/an)	Coût consommation d'énergie (€ TTC / an)	Coûts des investissements à réaliser (€ HT)	Economie réalisée (€ TTC /an)	Temps de retour brut sans aides (Années)	CEE (€) à 6.80 €/MWh Cumac	Temps de retour brut avec aides (Années)
5.2	OPTION n°2 : Mise en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35°	-	-	220 000 € HT	-	-	-	-
6	Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades NORD-OUEST-EST	510 214 kWhEF	83 678 €	595 000 € HT	2 024 €	> 30 ans	10 355 €	> 30 ans
6.1	OPTION n°1 : Mise en œuvre de volets roulants électriques sur l'ensemble des menuiseries	-	-	140 000 € HT	-	-	-	-
7	Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment	540 529 kWhEF	76 421 €	44 000 € HT	9 281 €	5 ans	3 442 €	4 ans
8	Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST	471 123 kWhEF	72 220 €	256 000 € HT	13 482 €	19 ans	-	19 ans

## 13 BOUQUETS DE TRAVAUX


### 13.1 Scénario n°1 : scénario de base pour une rénovation

Scénario n°1 : fiches travaux n°3+5+5.2+7				
Listing des travaux :		Etiquettes énergie et climat après travaux :		
<div>- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)</div> <div>- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST (5)</div> <div>- OPTION n°2 : Mise en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35° (5.2)</div> <div>- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)</div>		<div><div><div><div>Logement économe</div><div>kWhep/m².an</div><div><div>≤ 50 A</div><div>51 à 90 B</div><div>91 à 150 C</div><div>151 à 230 D</div><div>231 à 330 E</div><div>331 à 450 F</div><div>&gt; 450 G</div></div><div>Logement énergivore</div></div><div><div>Théorique</div><div></div><div>148</div><div></div></div><div><div>Faible émission de GES</div><div>kgéqCO2/m².an</div><div><div>≤ 5 A</div><div>6 à 10 B</div><div>11 à 20 C</div><div>21 à 35 D</div><div>36 à 55 E</div><div>56 à 80 F</div><div>&gt; 80 G</div></div><div>Forte émission de GES</div></div><div><div>Théorique</div><div></div><div>5</div><div></div></div></div></div>		
Empreinte CO2 après travaux :				
<div>Cette action éviterait une émission de CO2 de : 700 kgCO2/an</div> <div></div>				
Performance énergétiques et environnementale :				
Données		Résultats		
Consommation en énergie finale avant travaux		546 023 kWhEF/an		
Consommation en énergie finale après travaux		487 926 kWhEF/an		
Etiquette énergétique après travaux :		148 kWhEP/m²/an		
Etiquette climat après travaux :		5 kWhEP/m²/an		
Economie en énergie finale		58 097 kWhEF/an (- 11 %)		
Economie en énergie primaire		24 kWhEP/m²/an (- 14 %)		
Economie en émission de CO2		700 kgCO2/an (- 13%)		
Economie financière avec maintenance		12 254 € TTC/an		
Coût des travaux		716 000 € HT		
Aides et subventions		19 768 €		
Temps de retour brut sans aides		>30 ans		
Temps de retour brut avec aides		>30 ans		
Objectifs		Conso en kWhEF/m²/an	Objectif	
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet initial (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		121.6 kWhEF/m²SDP/an	-	
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet après travaux (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		108.7 kWhEF/m²/an	< 92.2 kWhEF/m²SDP/an	
CABS projet en kWhEF/m²/an < 92.2 kWhEF/m²/an CABS initial		NON		

### 13.2 Scénario n°2 : scénario éligible aux exigences du décret tertiaire pour 2030

Scénario n°2 : fiches travaux n°3+6+7+8			
Listing des travaux :		Etiquettes énergie et climat après travaux :	
<div>- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)</div> <div>- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades NORD-OUEST-EST (6)</div> <div>- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)</div> <div>- Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST (8)</div>		<div><div><div>Logement économe</div><div><div><div>≤ 50</div><div>A</div></div><div><div>51 à 90</div><div>B</div></div><div><div>91 à 150</div><div>C</div></div><div><div>151 à 230</div><div>D</div></div><div><div>231 à 330</div><div>E</div></div><div><div>331 à 450</div><div>F</div></div><div><div>&gt; 450</div><div>G</div></div></div><div>kWhep/m².an</div><div>Logement énergivore</div></div><div><div>Théorique</div><div></div><div>106</div><div></div></div><div><div>Faible émission de GES</div><div><div><div>≤ 5</div><div>A</div></div><div><div>6 à 10</div><div>B</div></div><div><div>11 à 20</div><div>C</div></div><div><div>21 à 35</div><div>D</div></div><div><div>36 à 55</div><div>E</div></div><div><div>56 à 80</div><div>F</div></div><div><div>&gt; 80</div><div>G</div></div></div><div>kgéqCO2/m².an</div><div>Forte émission de GES</div></div><div><div>Théorique</div><div></div><div>5</div><div></div></div></div>	
Empreinte CO2 après travaux :			
Cette action éviterait une émission de CO2 de : 790 			
Performance énergétiques et environnementale			
Données		Résultats	
Consommation en énergie finale avant travaux		546 023 kWhEF/an	
Consommation en énergie finale après travaux		399 341 kWhEF/an	
Consommation en énergie primaire avant travaux		172 kWhEP/m²/an	
Consommation en énergie primaire après travaux		106 kWhEP/m²/an	
Economie en énergie finale		146 682 kWhEF/an (- 27 %)	
Economie en énergie primaire		66 kWhEP/m²/an (- 39 %)	
Economie en émission de CO2		790 kgCO2/an (-15%)	
Economie financière avec maintenance		26 509 € TTC/an	
Coût des travaux		962 000 € HT	
Aides et subventions		23 385 €	
Temps de retour brut sans aides		36 ans	
Temps de retour brut avec aides		35 ans	
Objectifs		Conso en kWhEF/m²/an	Objectif
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet initial (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		121.6 kWhEF/m²SDP/an	-
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet après travaux (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		88.9 kWhEF/m²SDP/an	< 92.2 kWhEF/m²SDP/an
CABS projet en kWhEF/m²/an < 92.2 kWhEF/m²/an CABS initial		OUI	

### 13.3 Scénario n°3 : 2<sup>ème</sup> scénario éligible pour les exigences de 2030

Scénario n°3 : fiches travaux n°3+4+5+5.2+7+8				
Listing des travaux :		Etiquettes énergie et climat après travaux :		
<div>- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)</div> <div>- Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST du RDC au R+2 (4)</div> <div>- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST (5)</div> <div>- OPTION n°2 : Mise en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35° (5.2)</div> <div>- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)</div> <div>- Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST (8)</div>		<div><div><div>Logement économe</div><div><div>≤ 50 A</div><div>51 à 90 B</div><div>91 à 150 C</div><div>151 à 230 D</div><div>231 à 330 E</div><div>331 à 450 F</div><div>&gt; 450 G</div></div><div>Logement énergivore</div></div><div><div>kWhep/m².an</div><div>Théorique</div><div>101</div></div><div><div>Faible émission de GES</div><div><div>≤ 5 A</div><div>6 à 10 B</div><div>11 à 20 C</div><div>21 à 35 D</div><div>36 à 55 E</div><div>56 à 80 F</div><div>&gt; 80 G</div></div><div>Forte émission de GES</div></div><div><div>kgéqCO2/m².an</div><div>Théorique</div><div>5</div></div></div>		
Empreinte CO2 après travaux :				
Cette action éviterait une émission de CO2 de : 880 kgCO2/an 				
Performance énergétiques et environnementale				
Données		Résultats		
Consommation en énergie finale avant travaux		546 023 kWhEF/an		
Consommation en énergie finale après travaux		386 930 kWhEF/an		
Consommation en énergie primaire avant travaux		172 kWhEP/m²/an		
Consommation en énergie primaire après travaux		103 kWhEP/m²/an		
Economie en énergie finale		159 093 kWhEF/an (- 30 %)		
Economie en énergie primaire		69 kWhEP/m²/an (- 40 %)		
Economie en émission de CO2		880 kgCO2/an		
Economie financière avec maintenance		27 211 € TTC/an		
Coût des travaux		1 362 000 € HT		
Aides et subventions		24 854 €		
Temps de retour brut sans aides		>30 ans		
Temps de retour brut avec aides		>30 ans		
Objectifs		Conso en kWhEF/m²/an		Objectif
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet initial (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		121.6 kWhEF/m²/an		-
Consommation en valeurs absolues « CABS 2030 » du projet après travaux (kWhEF/m²/an) selon décret du 20 novembre 2021 :		86.2 kWhEF/m²/an		< 92.2 kWhEF/m²/an
CABS projet en kWhEF/m²/an < 100 kWhEF/m²/an CABS initial		OUI		



### 13.4 Synthèse des scénarios de l'audit énergétique

Désignation	Consommation (kWEF/an)	Economie (€ TTC)	T de CO2 émis	Economies de CO2 (kg)	Diminution consommation kWhEF	Diminution consommation kWhEP
Etat initial	546 023	-	5.5	-	-	-
Scénario 1	487 626	12 254	4.8	700	- 11 %	- 14 %
Scénario 2	399 341	26 509	4.7	790	- 27 %	- 39 %
Scénario 3	386 930	27 211	4.6	880	- 30 %	- 40 %

#### Scénario 1 :

- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)
- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST (5)
- OPTION n°2 : Mise en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35° (5.2)
- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)

#### Scénario 2 :

- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)
- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades NORD-OUEST-EST (6)
- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)
- Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST (8)

#### Scénario 3 :

- Isolation thermique supplémentaire des bureaux et salles de cours du R+2 en faux plafond (3)
- Remplacement des murs rideaux en façade SUD-OUEST du RDC au R+2 (4)
- Remplacement des fenêtres dans les bureaux du RDC au R+2 en double vitrage façades SUD-OUEST-EST (5)
- OPTION n°2 : Mise en œuvre de brises soleils orientables sur l'ensemble des menuiseries en façade SUD-OUEST avec une inclinaison de 35° (5.2)
- Mise en œuvre d'un éclairage type LED dans l'ensemble du bâtiment (7)
- Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque sur l'ensemble des toitures orientés SUD-EST (8)

## 14 CONCLUSION

L'audit énergétique que nous avons réalisé sur cet ouvrage, nous a permis de cibler nettement les actions prioritaires à mettre en œuvre de manière à obtenir une amélioration de sa performance énergétique.

Globalement, le site est performant d'un point de vue énergétique. Mais il est important de respecter les exigences de valeur absolue Cabs pour les exigences du décret tertiaire. Ce seuil Cabs est déterminé selon l'arrêté « valeur absolue II » du 24 Avril 2022.

L'état initial simulé par notre logiciel, confirmé par l'étude des factures énergétiques, nous renseigne sur une consommation énergétique du site autours des **546 023 kWhEF** par an.

Malheureusement, aujourd'hui la consommation annuelle du site est supérieure au seuil de consommation Cabs imposé par les exigences du décret tertiaire. Nous sommes donc pas conformes aux exigences du décret tertiaire. Des travaux sont donc à prévoir dans le cadre du respect des exigences du décret tertiaire pour l'horizon 2030. Pour se faire, des axes d'amélioration sont facilement réalisables, notamment :

Le bâtiment existant possède une enveloppe thermique peu performante et peut être améliorer :

- La majorité des murs extérieurs sont déjà isolés par l'intérieur et sont dans la globalité performants. Cependant, comme proposé dans la fiche travaux n°1 et n°2, des possibilités d'améliorations énergétiques existent, la mise en œuvre est assez simpliste à réaliser, par la réalisation d'un doublage par l'extérieur.
- L'ensemble des toitures sont principalement isolés avec 150mm de laine minérale au-dessus de la dalle béton, les faux plafonds ne sont pas isolés. Une isolation des faux plafonds en sous face est recommandée.
- Ce bâtiment est majoritairement vitré, les menuiseries du RDC au R+2 sont dans la globalité en faible double vitrage, elles démontrent quelles sont peu performantes et ont une mauvaise étanchéité à l'air. C'est également le cas pour l'ensemble des murs rideaux. Nous vous conseillons vivement de les remplacer par du double vitrage avec la mise en œuvre de brises soleils ou casquette permettant de couper les rayons pour limiter les surchauffes estivales. Comme constaté dans la STD et les scénarios étudiés, il est indispensable de remplacement les menuiseries et de mettre en œuvre une protection solaire de type brises soleils ou casquettes solaires pour que le nombre d'heures d'inconforts soit diminués.

Concernant les systèmes du bâtiment :

- L'ensemble des bureaux et salles de cours du RDC au R+2 sont chauffés par un réseau de chaleur biomasse urbain raccordé en 2017. L'installation est performante et n'a pas besoin d'être remplacée, les réseaux secondaires sont calorifugés.
- Concernant le renouvellement d'air, la ventilation dite « hygiénique » est respectée dans l'ensemble du bâtiment, l'ensemble des sanitaires sont équipées de bouches d'extractions. L'air neuf concernant la ventilation de confort et les normes exigées par le code du travail est ainsi respectée. En effet, tous les bureaux et salles de cours sont équipés d'entrées d'air permettant l'arrivée de l'air neuf, l'extraction se réalise dans les parties communes.
- Enfin, l'éclairage est principalement en FLUORESCENT et FLUOCOMPACTE dans l'ensemble du bâtiment. Nous vous recommandons vivement de remplacer ce système énergivore par une technologie type LED. Nous constatons que cette action permet de réaliser un gain financier important.
- Enfin, l'usage du bâtiment démontre qu'il est énergivore en électricité (process). Nous vous recommandons vivement de songer à une installation photovoltaïque sur la surface exploitable en toiture de chaque bâtiment (orientés en SUD-EST).

*Nota : lors de notre venue sur site, il a été évoqué d'un projet d'extension en NORD-EST du bâtiment. Si des actions d'améliorations sont réalisées sur le bâtiment existant, les déperditions actuelles seront donc diminuées. Cela permettra de se piquer sur le réseau existant et de raccorder la future extension au réseau de chaleur (une étude de puissance selon les travaux effectués devra être réalisée).*

## 15 ANNEXES

### 15.1 Valeurs absolues du décret tertiaire selon les sous-catégories (arrêté du

« Sous-catégorie " Grande salle de réunion – Auditorium - Amphithéâtre " (NAF : Section N – Activités de service administratif et de soutien – code 82.20Z.)

Composante CVC en kWh/m²/an	Zones Géographiques										Guyane	Guadeloupe	Martinique	Mayotte	Réunion
	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3							
Altitude < 400 m Référence 100 m	57	66	62	57	50	56	63	40	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	
Altitude 400 à 800 m Référence 500 m	68	77	71		61	64	66	44	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté		Définie par arrêté	Définie par arrêté	
Altitude 800 à 1200 m Référence 900 m		90	81			75	68	54			Définie par arrêté		Définie par arrêté	Définie par arrêté	
Altitude 1200 m - 1600m Référence 1400 m		125	115			109	99	84					Définie par arrêté	Définie par arrêté	
Altitude > 1600m Référence 1700 m			133			117	107	92							
Composante USE					USE étalon = 5 kWh/m²/an										
Type d'indicateur d'intensité d'usage	Indicateur d'intensité d'usage à renseigner par l'assujéti Valeur de référence associée à la USE étalon								Indicateur d'intensité d'usage étalon						
Indicateurs d'intensité d'usage temporels	Amplitude horaire annuelle (utilisation/ an) Nb_h utilisation							625	Densité Temporelle étalon (h ouvrées/an) DT_étalon				600		
Indicateurs d'intensité d'usage surfaciques	Surface Plancher / place ou Surface Utile Brute (m²/place) Surf_place			5	Taux d'occupation nominal (%) T_occ			70	Surface / Poste étalon (m²/poste) Surf_place_étalon Taux d'occupation étalon (%) T_occ_étalon				5 70		
Formule de modulation en fonction du volume d'activité	USE modulé (kWh/m²/an) = USE étalon x [0,05 + 0,95 x (T_occ / T_occ_étalon) x (Surf_place_étalon / Surf_place) x (Nb_h ouvrées/ DT_étalon) + 0,28 (Nb_h utilisation - DT_étalon) / DT_étalon]														

Nota : DT\_étalon à 600 h utilisation/an correspond à 52 semaines ouvrées x 3 jours utilisation par semaine x 4 h amplitude quotidienne (12 h hebdomadaires d'utilisation)  
Nb\_h utilisation serait de 576 h utilisation/an pour 48 semaines ouvrées x 3 jours ouvrés x 4 h amplitude quotidienne (fermetures 4 semaines congés)  
0,28 (Nb\_h ouvrées - DT\_étalon) / DT\_étalon correspond à l'impact indirect sur la composante CVC du nombre d'heure ouvrées réelles par rapport à la densité temporelle étalon

« Administration enseignement supérieur - Bureaux Standards » (cloisonnés – attribués)  
(NAF : Section N – Activités de service administratif et de soutien – code 82.11Z.)

Composante CVC en kWh/m²/an	Zones Géographiques												
	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3	Guyane	Guadeloupe	Martinique	Mayotte	Réunion
Altitude < 400 m Référence 100 m	57	66	62	57	50	56	63	40	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté
Altitude 400 à 800 m Référence 500 m	68	77	71		61	64	66	44	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté		Définie par arrêté
Altitude 800 à 1200 m Référence 900 m		90	81			75	68	54			Définie par arrêté		Définie par arrêté
Altitude 1200 m - 1600m Référence 1400 m		125	115			109	99	84					Définie par arrêté
Altitude > 1600m Référence 1700 m			133			117	107	92					
Composante USE					USE étalon = 33				kWh/m²/an				
Type d'indicateur d'intensité d'usage	Indicateur d'intensité d'usage à renseigner par l'assujéti Valeur de référence associée à la USE étalon								Indicateur d'intensité d'usage étalon				
Indicateurs d'intensité d'usage temporels	Amplitude horaire annuelle (h ouvrées/ an) Nb_h ouvrées							2 070	Densité Temporelle étalon (h ouvrées/an) DT_étalon			2 070	
Indicateurs d'intensité d'usage surfaciques	Surface Plancher / poste de travail ou Surface Utile Brute (m²/poste) Surf_poste			18	Taux d'occupation (%) T_occ				70	Surface / Poste étalon (m²/poste) Surf_étalon Taux d'occupation étalon (%) T_occ_étalon			18 70
Formule de modulation en fonction du volume d'activité	USE modulé (kWh/m²/an) = USE étalon x [0,05 + 0,95 x (T_occ / T_occ_étalon) x (Surf_étalon / Surf_poste) x (Nb_h ouvrées/ DT_étalon) + 0,28 (Nb_h utilisations - DT_étalon)/ DT_étalon]												

Nota : Informations sur le ratio d'heures ouvrées à savoir s'appuyer sur les 1600 h (45,7 semaines x 35 h) : nbr semaines de fonctionnement x X h d'amplitude quotidienne (2070 = 46x5x9) soit 232 j  
0,28 (Nb\_h ouvrées - DT\_étalon) / DT\_étalon correspond à l'impact indirect sur la composante CVC du nombre d'heure ouvrées réelles par rapport à la densité temporelle étalon

« Sous-catégorie " Etablissement régional d'enseignement adapté " (NAF : Section P – Enseignement – code 85.31Z et 85.32Z.)

Composante CVC en kWh/m²/an	Zones Géographiques												
	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3	Guyane	Guadeloupe	Martinique	Mayotte	Réunion
Altitude < 400 m Référence 100 m	70	79	72	69	60	64	66	44	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté
Altitude 400 à 800 m Référence 500 m	88	96	87		77	79	76	54	Définie par arrêté	Définie par arrêté	Définie par arrêté		Définie par arrêté
Altitude 800 à 1200 m Référence 900 m		115	104			96	87	69			Définie par arrêté		Définie par arrêté
Altitude 1200 m -1600m Référence 1400 m		161	148			140	128	109					Définie par arrêté
Altitude > 1600m Référence 1700 m			159			152	138	119					
Composante USE					USE étalon = 35 kWh/m²/an								
Type d'indicateur d'usage	Indicateur d'intensité d'usage à renseigner par l'assujéti Valeur de référence associée à la USE étalon								Indicateur d'intensité d'usage étalon				
Indicateurs d'intensité d'usage temporels	Durée supplémentaire d'ouverture en période de chauffe par rapport à l'étalon (h/an) : DS1				0	Durée supplémentaire d'ouverture hors période de chauffe par rapport à l'étalon (h/an) : DS2			0	Densité Temporelle étalon (h ouvrées/an) DT <sub>étalon</sub>			1 900
Formule de modulation en fonction du volume d'activité	USE modulé (kWh/m²/an) = USE étalon x [ 1 + 2 x DS1/DT <sub>étalon</sub> + DS2/DT <sub>étalon</sub> ]												

## 15.2 Evolution des prix des énergies

Dans un contexte de renforcement des politiques énergétiques et climatiques mondiales, voici les projections de prix des différentes formes énergétiques qu'il est proposé de retenir pour le calcul économique ou financier relatif à l'analyse de projet menée par l'ADEME :

*Evolution des prix de l'énergie, taux de croissance annuel moyen 2020-2040*

	TCAM du prix en euros constants	TCAM du prix en euros courants <sup>1</sup>
Essence	1.7%	3.6%
Gazole	2.0%	3.9%
Fioul domestique et GPL	2.8%	4.7%
Gaz nat - industrie	2.9%	4.8%
Gaz nat - bâtiment	2.2%	4.1%
Elec - industrie	1.2%	3.0%
Elec - bâtiment	1.1%	3.0%
Biomasse (dont bois) - industrie	1.2%	3.0%
Biomasse (dont bois) - bâtiment	1.2%	3.1%

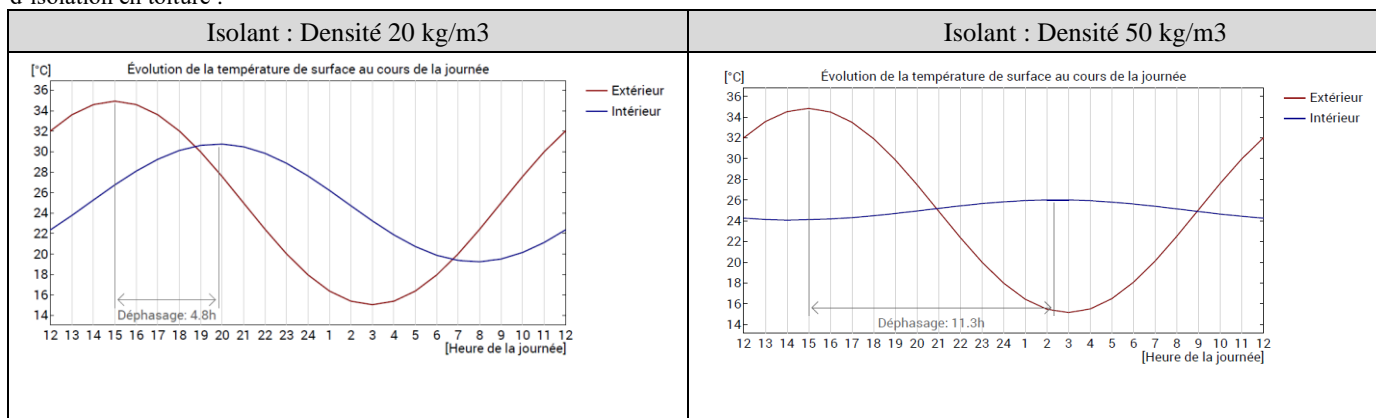
<sup>1</sup> Pour obtenir l'évolution en euros courants (i.e. le prix qui apparaît sur la facture), nous avons pris les projections d'inflation de la Banque Centrale Européenne, qui réalise des projections d'inflation à 1 an, 2 ans et 5 ans. Les dernières disponibles au 1<sup>er</sup> octobre 2015 sont : 1,2% à un an ; 1,5% à 2 ans et 1,9% à 5 ans, cf [https://www.ecb.europa.eu/stats/prices/indic/forecast/html/table\\_hist\\_hicp.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/prices/indic/forecast/html/table_hist_hicp.en.html). En l'absence de projections postérieures, le taux d'inflation à 5 ans a été appliqué aux années suivantes. Cela fait un taux d'inflation annuel moyen de 1,85%. A noter que certaines différences entre les deux colonnes sont liées à des effets de troncature.

### 15.3 Limites les surchauffes estivales

#### – Inertie thermique des matériaux :

Nous vous conseillons l'application de matériaux de construction permettant un déphasage (indiqué en heures), dans lequel le pic de chaleur de la journée atteint le plus tard possible le côté intérieur du bâtiment.

Afin d'expliquer le phénomène d'inertie thermique, ci-dessous nous présentons un choix comparatif de deux solutions (à épaisseur égale) d'isolation en toiture :



Avec une isolation en toiture à faible densité (20 kg/m<sup>3</sup>), nous obtenons un déphasage de 4.8 heures. C'est-à-dire qu'à partir de 20 heures la chaleur extérieure pénètre dans le bâtiment. Les températures intérieures au point le plus chaud sont de 30°C à 20 heures.

Très grand risque d'inconfort dans cette situation (le pic de chaleur à l'intérieur du bâtiment survient le soir) : Surchauffe estivale.

Avec une isolation en toiture à densité moyenne (50 kg/m<sup>3</sup>), nous obtenons un déphasage de 11.3 heures. C'est-à-dire que la chaleur extérieure ne pénètre qu'à partir de 2 heures du matin. Les températures intérieures au point le plus chaud est de 26°C et restent quasiment stables sur toute la journée.

Cette solution dispose d'une forte inertie, et permet de limiter ainsi les surchauffes estivales.

#### – Protection solaire :

La mise en œuvre de brise soleil orientable avec lames métalliques permet d'orienter les lames en fonction des besoins et de limiter les apports solaires tout en gardant un confort d'éclairage naturel.





## 15.4 La TECV : TRANSITION ENERGETIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE

Ce projet de rénovation entre dans le cadre de la transition énergétique pour la croissance verte.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) publiée au Journal Officiel du 18 août 2015, ainsi que les plans d'action qui l'accompagnent visent à permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement, ainsi que de renforcer son indépendance énergétique tout en offrant à ses entreprises et ses citoyens l'accès à l'énergie à un coût compétitif.

LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (1)



**Réduire** nos émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4).

**Porter** la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de la consommation finale brute d'énergie en 2030.



**Réduire** la part du nucléaire à 50 % de la production d'électricité.

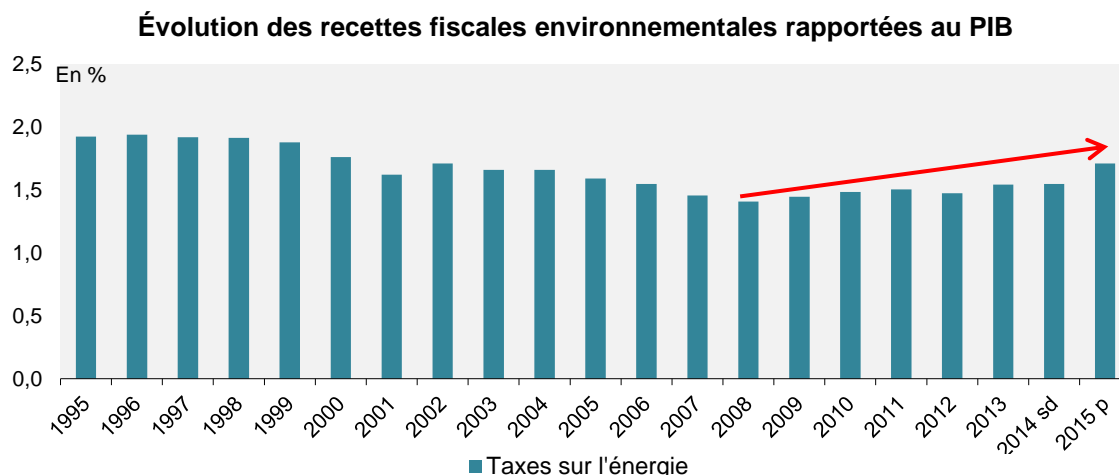
**Réduire** notre consommation énergétique primaire d'énergies fossiles à 30 % en 2030 par rapport à la référence 2015.



**Réduire** notre consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012 en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030.

## 15.5 La TICPE : Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques

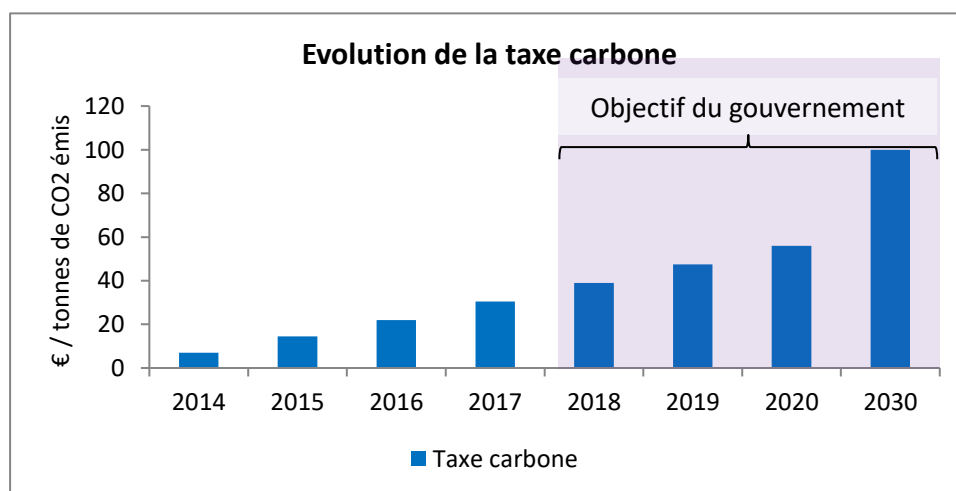
La Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE, anciennement « taxe intérieure de consommation sur les produits pétroliers » ou TIPP) est la principale taxe perçue en France sur certains produits énergétiques, notamment ceux d'origine pétrolière. C'est un droit d'accise. La TICPE correspond à un montant par unité produite. Ce montant est fixé par la loi de finances initiale (LFI).



**Notes :** sd = données semi-définitives ; p = données provisoires.

Après avoir fortement baissé entre 2000 et 2008, le rapport entre les recettes fiscales environnementales et le PIB est reparti progressivement à la hausse depuis. Ainsi, en 2015, ce ratio retrouve son niveau de l'an 2000. **Cette tendance devrait se poursuivre à moyen terme avec la montée en charge de la composante carbone de la TICPE.**

La TICPE intègre la taxe carbone, qui se compose d'un prix / tonnes de CO<sub>2</sub> émis, dont voici l'évolution ci-dessous :



## 15.6 La TICGN

La Taxe Intérieure de Consommation sur le Gaz Naturel a été instituée en 1986. Selon le Projet de Loi de Finances (PLF 2018), adopté définitivement le 21 décembre 2017, la TICGN devrait très fortement augmenter au cours des prochaines années. Par rapport à 2017, la taxe a évolué à la hausse de 44% cette année 2018 et devrait évoluer encore de + 172 % d'ici à 2022.

Depuis le 1er avril 2008, la quasi-totalité des professionnels consommant du gaz naturel paie la Taxe intérieure de consommation sur le gaz naturel. Jusqu'au 1er avril 2014, les particuliers bénéficiaient d'une exonération, supprimée par la Loi de Finances 2014 dans le cadre de la Contribution Climat Energie. Elle représentait cette année-là un coût de 1,27 €/MWh, avant de doubler l'année suivante pour atteindre 2,64 €/MWh.

Le 1er janvier 2016, deux autres taxes ont intégré la TICGN :

- La Contribution au service public du gaz (CSPG) qui finançait essentiellement le soutien au développement du biométhane ;
- La Contribution au Tarif Spécial de Solidarité Gaz (CTSSG) qui compensait les charges liées aux tarifs sociaux du gaz pour les ménages précaires (qui prennent dorénavant la forme de chèque-énergie en 2018).

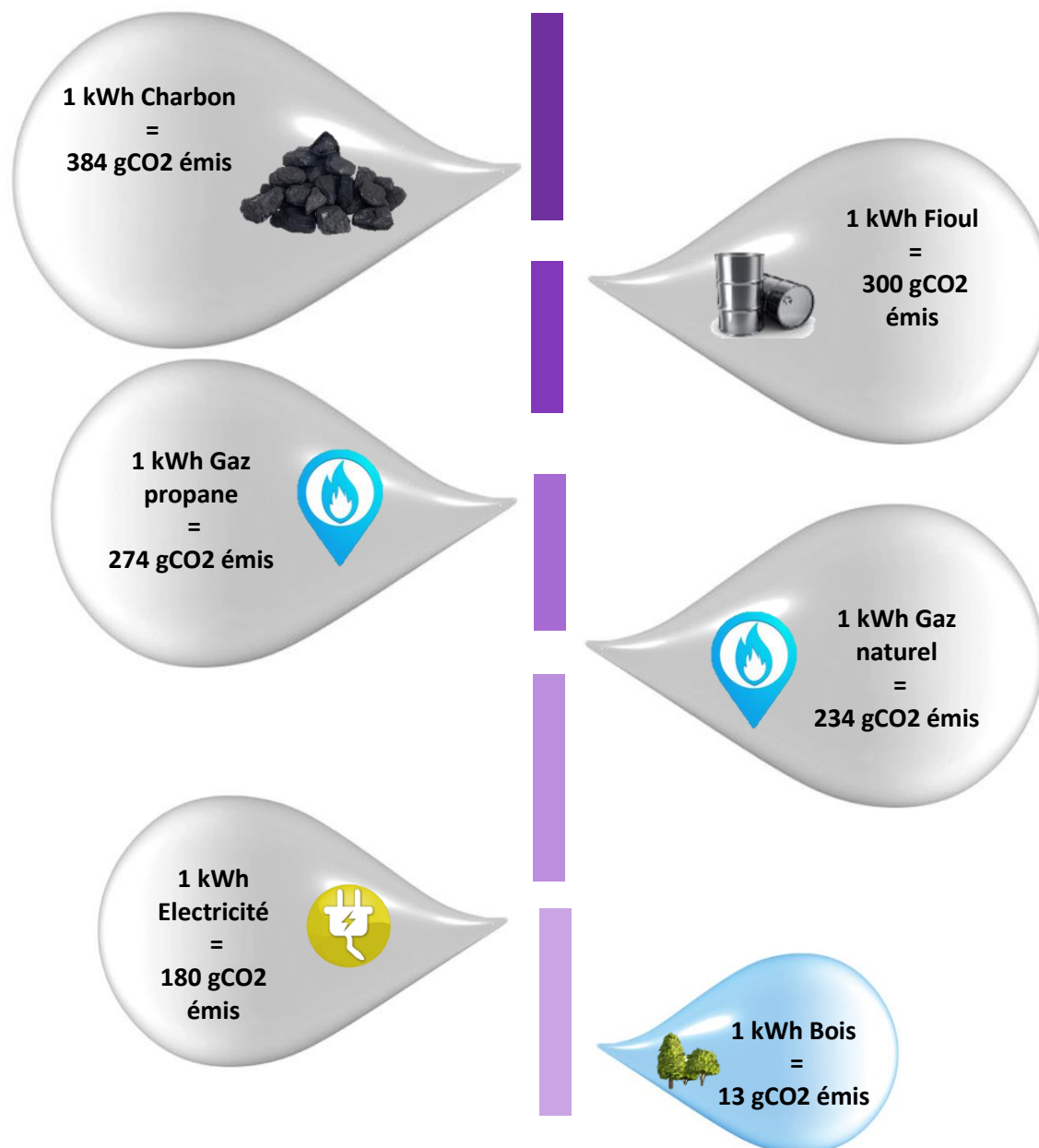
En 2017, les taxes sur l'énergie représentaient déjà environ 1/3 du montant total des factures de gaz naturel - et de même pour l'électricité. Or cette proportion devrait semble-t-il s'agrandir encore au cours des prochaines années.

### Evolution du montant de la TICGN

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Montant	1,27 €/MWh	2,64 €/MWh	4,34 €/MWh	5,88 €/MWh	8,45 €/MWh	10,34 €/MWh	12,24 €/MWh	14,13 €/MWh	16,02 €/MWh
Evolution d'une année à l'autre	-	+ 107,9 %	+ 64,4 %	35,5 %	+ 43,7 %	+ 22,4 %	+ 18,4 %	+ 15,4 %	+ 13,4 %
Evolution depuis 2014	-	+ 107,9 %	+ 241,7 %	+ 363 %	+ 565,4 %	+ 714,2 %	+ 863,8 %	+ 1012,6 %	+ 1161,4 %
Evolution depuis 2017	-	-	-	-	+ 43,7 %	+ 75,9 %	+ 108,2 %	+ 140,3 %	+ 172,4 %

Source : Projet de Loi de Finances pour 2018.

### 15.7 Les valeurs des émissions de CO2 des différentes énergies :



En conclusion, une énergie qui a un impact fort sur les émissions de CO2 aura une forte dépendance à l'augmentation de la taxe carbone.

## 15.8 La conversion de l'énergie finale en énergie primaire

L'énergie finale correspond à l'énergie payée au compteur d'énergie du site. L'énergie primaire représente l'énergie nécessaire à la fourniture de cette énergie finale. Le facteur de conversion entre ces deux énergies représente les pertes lors du transport, l'énergie nécessaire à l'extraction ou à la transformation de celle-ci. Ces facteurs sont réglementés par type d'énergie. En France, les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique sont les suivants :

Énergie	EF	Facteur de conversion en EP
Electricité	1 kWh	2,30
Gaz, fioul, réseau de chaleur, charbon	1 kWh	1.00
Biomasse	1 kWh	1 (Pour le calcul du Cep de niveau BBC : 0,6)

### Émissions de CO<sub>2</sub> :

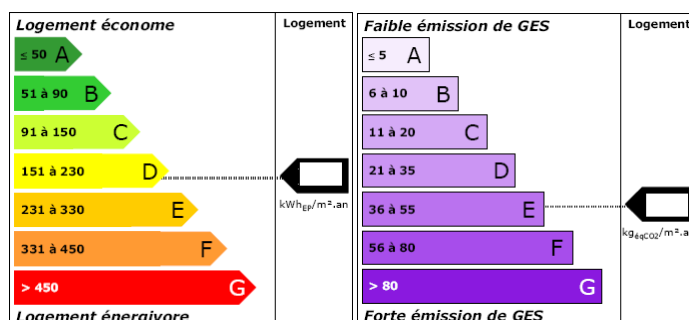
Les facteurs de conversion des émissions de gaz à effet de serre suivant l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 sont présentés dans le tableau suivant :

Énergie	Conversion [kgCO <sub>2</sub> /kWh EF]
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Gaz propane ou butane	0,274
Électricité spécifique « sur factures ou mesures »	0,084
Électricité chauffage « sur calcul »	0.180

### Classement énergétique DPE pour logement :

Le contenu et les modalités d'établissement du DPE sont réglementés. Le DPE décrit le bâtiment ou le logement ainsi que ses équipements de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de refroidissement et de ventilation. Il indique, suivant les cas, soit la quantité d'énergie effectivement consommée (sur la base de factures), soit la consommation d'énergie estimée pour une utilisation standardisée du bâtiment ou du logement. La lecture du DPE est facilitée par deux étiquettes à 7 classes de A à G (A correspondant à la meilleure performance, G à la plus mauvaise) :

- L'étiquette énergie pour connaître la consommation d'énergie primaire ;
- L'étiquette climat pour connaître la quantité de gaz à effet de serre émise.





## 15.9 Glossaires et définition

- $\lambda$  : La conductivité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert de chaleur par conduction. C'est une valeur propre à chaque matériau (exemple :  $\lambda$  béton = 1.75 W/m. °C).
- R : La résistance thermique est une valeur permettant de caractériser la capacité de résistance qu'un matériau oppose au transfert de chaleur entre ses deux faces.  
Plus R est grand, plus le matériau est isolant.

$$R \left[ m^2 \cdot \frac{k}{W} \right] = \frac{\text{épaisseur} [m]}{\lambda \left[ \frac{W}{m} \cdot ^\circ C \right]}$$

R totale : La résistance thermique totale d'une paroi est la somme des résistances de conduction des éléments qui la composent et des résistances superficielles de convection  $R_{si} + R_{se}$  (0,17 m².K/W pour les parois verticales type mur donnant sur l'extérieur, 0,14 m².K/W et 0,21 m².K/W pour les parois horizontales respectivement du type toiture terrasse et plancher bas).

- U : Le coefficient de transfert thermique, c'est l'inverse de la résistance thermique.

$$U \left[ \frac{W}{m^2 \cdot k} \right] = \frac{1}{R_{totale} \left[ m^2 \cdot \frac{k}{W} \right]}$$

**Remarque :** Plus la résistance thermique R d'une paroi est importante, plus elle est isolante. A l'inverse, plus le coefficient de transmission thermique (U) d'une paroi est faible, plus elle est isolante.

- $U_w$  : en W/(m².k) définit la performance de l'isolation thermique de l'ouvrant. Ce coefficient varie en de la performance thermique du cadre ( $U_w$ ) et de la performance thermique du vitrage ( $U_g$ ).  
Plus le coefficient  $U_w$  est faible, meilleur sera l'isolation de l'ouvrant. Le coefficient  $U_{jn}$  est utilisé en présence d'une protection solaire (ex. volets battants).
- Temps de retour brut : C'est un temps de retour sur investissement qui ne prend pas en compte l'évolution du prix de l'énergie et ni le taux d'actualisation de la valeur monétaire.
- Temps de retour actualisé : C'est un temps de retour sur investissement qui prend en compte l'évolution du prix de l'énergie et le taux d'actualisation de la valeur monétaire.