

ENTE Valenciennes  
11 Rue de Roubaix  
59300 Valenciennes

ENTE Valenciennes

2024-044

PHASE 2 – ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

## AUDIT ENERGETIQUE

### Etat des lieux de l'existant

Indice 2 – Octobre 2024

Emetteur : S2T - Réf affaire : 2024 – 044

**Résumé :**

Le présent document constitue la seconde phase de l'audit énergétique du site ENTE de Valenciennes. Il se divise en trois parties : Un état des lieux de chacun des bâtiments est réalisé dans un premier temps, les consommations de gaz et d'électricité sont ensuite analysées. Enfin des actions d'améliorations des performances énergétiques seront proposées et chiffrées.

**Compétences S2T :**

- ☒ Chauffage / Ventilation / Climatisation
- ☐ Plomberie
- ☒ Thermique
- ☐ Electricité
- ☐ Structure béton / métal
- ☐ Structure bois
- ☐ Productions d'énergie / Process
- ☐ Réseaux énergétiques
- ☒ Performance Energétique

**Contact S2T :**

Anthony DUMOULIN  
[anthony.dumoulin@s2t.fr](mailto:anthony.dumoulin@s2t.fr)

INDICE	DATE	MODIFICATIONS	DOCUMENT REDIGE PAR	DOCUMENT VERIFIE PAR
Ind0	16/07/2024	Rapport intermédiaire 1	S2T - EB	S2T - QB
Ind1	02/08/2024	Rapport 2	S2T - EB	S2T - QB
Ind2	07/10/2024	Rapport 2 Mis à jour	S2T - EB	S2T - QB

## SOMMAIRE

1.	GENERALITES .....	6
1.1.	PRESENTATION DU SITE .....	6
1.2.	DONNEES METEOROLOGIQUES ET CONFORT USAGERS .....	7
2.	ANALYSE GLOBALE ET HYPOTHESES FORMULEES.....	8
2.1.	ANALYSE GLOBALE .....	8
2.2.	EQUIPEMENTS EXISTANTS.....	11
2.2.1.	CHAUFFAGE.....	11
2.2.2.	VENTILATION .....	14
2.2.3.	RECAPITULATIF .....	16
3.	ETAT INITIAL : DESCRIPTIF DETAILLE .....	18
3.1.	BATIMENT 1 : HEBERGEMENT .....	18
3.1.1.	EQUIPEMENTS .....	19
3.1.2.	MENUISERIES.....	19
3.1.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	20
3.1.4.	PONTS THERMIQUES .....	20
3.1.5.	DEPERDITIONS.....	21
3.2.	BATIMENT 2 : ADMINISTRATION .....	22
3.2.1.	EQUIPEMENTS .....	23
3.2.2.	MENUISERIES.....	23
3.2.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	24
3.2.4.	PONTS THERMIQUES .....	26
3.2.5.	DEPERDITIONS.....	26
3.3.	BATIMENT 3 : ENSEIGNEMENT .....	28
3.3.1.	EQUIPEMENTS .....	29
3.3.2.	MENUISERIES.....	29
3.3.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	30
3.3.1.	PONTS THERMIQUES .....	31
3.3.2.	DEPERDITIONS.....	32
3.4.	BATIMENTS 4 : LOGEMENTS PERSONEL .....	33
3.4.1.	EQUIPEMENTS .....	34
3.4.2.	MENUISERIES.....	34
3.4.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	34
3.4.4.	DEPERDITIONS.....	35
3.5.	BATIMENTS 5 : RESTAURATION .....	37

3.5.1.	EQUIPEMENTS .....	38
3.5.2.	MENUISERIES .....	38
3.5.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	39
3.5.4.	PONTS THERMIQUES .....	40
3.5.5.	DEPERDITIONS.....	40
3.6.	BATIMENT 6 : GYMNASE .....	42
3.6.1.	EQUIPEMENTS .....	43
3.6.2.	MENUISERIES .....	43
3.6.3.	CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION .....	44
3.6.4.	PONTS THERMIQUES .....	44
3.6.5.	DEPERDITIONS.....	45
3.7.	RECAPITULATIF DES DEPERDITIONS.....	45
4.	ANALYSE DES CONSOMMATIONS.....	46
4.1.	ANALYSE DES CONSOMMATIONS .....	46
4.1.1.	CONSOMMATIONS DE GAZ .....	46
4.1.2.	CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE .....	48
4.2.	ANALYSE DES CONSOMMATIONS : DESCRIPTIF DETAILLE .....	50
4.2.1.	BATIMENT 1 : HEBERGEMENT .....	51
4.2.2.	BATIMENT 2 : ADMINISTRATION .....	52
4.2.3.	BATIMENT 3 : ENSEIGNEMENT .....	53
4.2.4.	BATIMENT 4 : LOGEMENTS PERSONNELS .....	54
4.2.5.	BATIMENT 5 : RESTAURATION .....	55
4.2.6.	BATIMENT 6 : GYMNASE.....	55
4.3.	DECRET TERTIAIRE : OBJECTIFS ET COMPARAISONS .....	56
4.3.1.	RAPPELS SUR LE DECRET TERTIAIRE .....	56
4.3.2.	OBJECTIFS : VALEURS ABSOLUES .....	57
4.3.3.	OBJECTIFS : VALEURS RELATIVES .....	58
5.	PROPOSITIONS D'AMELIORATION ENERGETIQUES.....	60
5.1.	ACTIONS D'AMELIORATION DE PERFORMANCES ENERGETIQUES .....	61
5.1.1.	ACTIONS A COUTS REDUITS .....	61
5.1.2.	ACTIONS A COUTS MODERES .....	63
5.1.3.	ACTIONS A COUT ELEVE.....	64
5.1.4.	ACTIONS PERMETTANT D'AMELIORER LE CONFORT DES USAGERS .....	71
5.2.	SCENARIOS D'AMELIORATIONS DE PERFORMANCES ENERGETIQUE.....	73
5.2.1.	SCENARIO 1 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A FAIBLE COUT .....	73
5.2.2.	SCENARIO 2 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUTS MODERES (HORS PAC) .....	75
5.2.3.	SCENARIO 3 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUT MODERE (AVEC PAC) .....	76

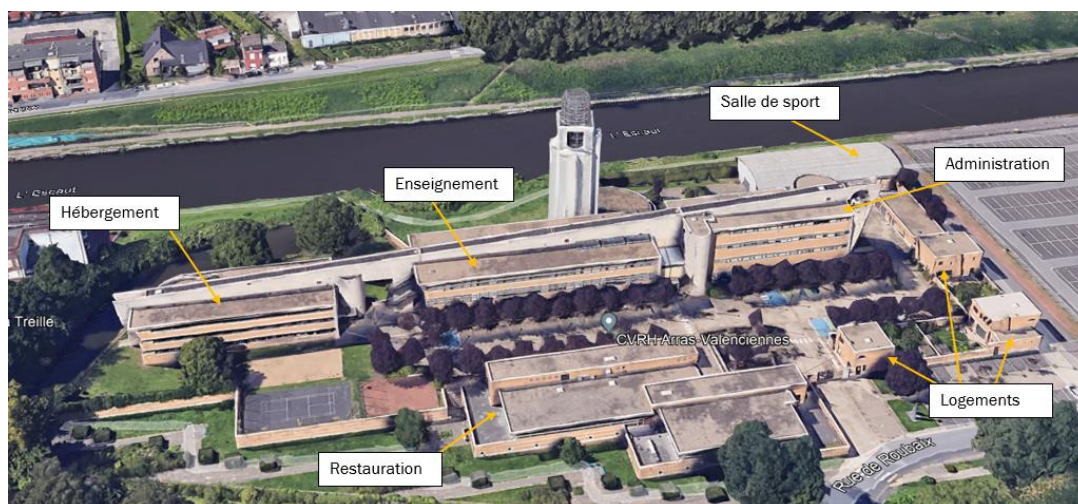
---

5.2.4.	SCENARIO 4 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUT MODERE (AVEC PAC + PV) .....	78
5.2.5.	SCENARIO 5 : REALISATION DE L'ENSEMBLE DES ACTIONS.....	80
6.	SYNTHESE DES SCENARIOS ET CONCLUSION.....	82
7.	ANNEXES .....	83

## 1. GENERALITES

### 1.1. PRESENTATION DU SITE

Le site étudié, construit en 1995 et situé au 11 rue de Roubaix, 59300 Valenciennes, est un établissement destiné à la formation personnel du Ministère de la Transition Ecologique. Au vu de son architecture, le site est classé au registre des bâtiments à caractère patrimonial remarquable. Il se divise en 6 bâtiments :



*Photographie du site en vue aérienne*

- 1- Hébergement : Il s'agit d'un internat, abritant 54 chambres.
- 2- Administration : Accueillant les activités administratives du site.
- 3- Enseignement : Destinés aux activités éducatives. Comporte notamment un amphithéâtre ainsi qu'une bibliothèque.
- 4- Restauration : Pour la restauration des étudiants le midi. Comporte également une cafétéria.
- 5- Gymnase : Destinée aux activités sportives et éducatives.
- 6- Logements : 3 logements de fonctions destinés aux permanents de sécurité.

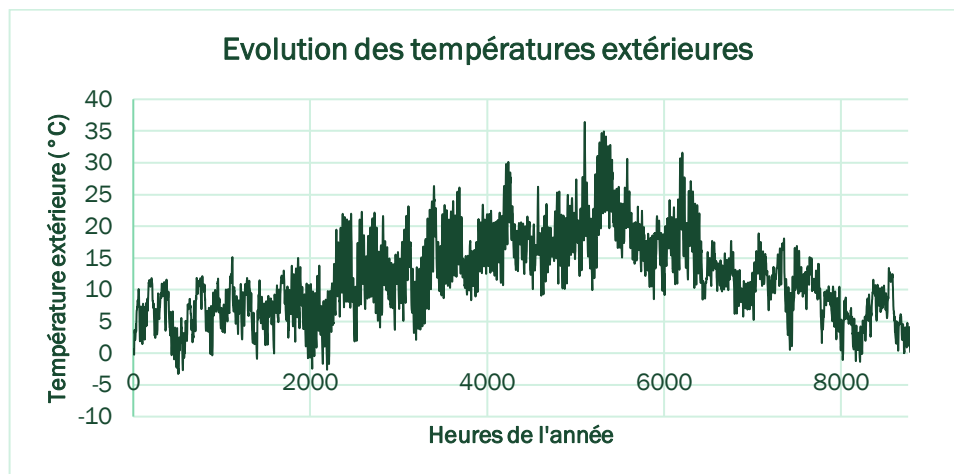
La répartition des surfaces du site est la suivante est la suivante :

Hébergement	1551 m <sup>2</sup>
Administration	1665 m <sup>2</sup>
Enseignement	3072 m <sup>2</sup>
Restaurant	870 m <sup>2</sup>
Salle de sport	457 m <sup>2</sup>
Logements	174 m <sup>2</sup> + 150 m <sup>2</sup> + 120 m <sup>2</sup>

*Surfaces de plancher des différents bâtiments du site*

## 1.2. DONNEES METEOROLOGIQUES ET CONFORT USAGERS

Le site est situé au Nord de la France, en zone géographique H1a, à une altitude d'environ 25m. La température de base considérée est de -9 °C et les DJU annuels sur les 10 dernières années sont de 2456. L'évolution des températures sur une année est présentée ci-dessous :



En termes de confort des usagers, les points suivants ont été notés :

- **Inconfort d'hiver** : Certaines salles sont compliquées à chauffer, de plus, les usagers affirment ressentir des flux d'air froid au niveau des menuiseries.
- **Inconfort d'été** : La majorité des salles sont grandement sujettes à l'inconfort d'été. Au sein du bâtiment administration, deux salles de réunion ont été équipées de systèmes de climatisation autonome et servent de lieu de repli pour les personnels lors des épisodes de canicule.
- **Confort acoustique** : Pas de problématique particulière. Le centre de ressources ainsi que les salles de réunions sont isolés acoustiquement.
- **Qualité de l'éclairage** : Les systèmes de déclenchement de l'éclairage sont assez performants, pas de problématique particulière. De nombreux volets roulants sont hors service au niveau du bâtiment hébergement.
- **Qualité de l'air** : Des systèmes d'épuration d'air ont été mis en place au cours de la période COVID. Suite au retrait de ces systèmes, des relevés ont été réalisés par une entreprise qualifiée en la matière et aucun effet notable n'a été noté. Ces relevés ont conclu, par ailleurs, à une bonne qualité d'air au sein du bâtiment.

Les problématiques liées à l'inconfort thermique seront traitées au cas par cas dans la suite du rapport.

## 2. ANALYSE GLOBALE ET HYPOTHESES FORMULEES

### 2.1. ANALYSE GLOBALE

Le tableau suivant récapitule les hypothèses formulées au sujet de la composition du bâti. Ces hypothèses se basent sur les observations relevées sur site, l'analyse des documents d'archives ainsi que sur nos échanges avec les exploitants du bâtiment. Le tableau présenté ici représente le cas général, les spécificités de chaque bâtiment seront présentées dans la suite de ce rapport.

Elément	Hypothèse	Résistance	Commentaire
Façades	Placo - plâtre 1,3 cm Polystyrène expansé 8 cm Béton plein 15 cm Revêtement de façade 5cm	1,6 m <sup>2</sup> .K/W	L'ensemble des façades sont isolées par l'intérieur.  L'isolation, datant de la construction du bâtiment, est relativement performante.  La composition de façades des logements personnels diffère.
Menuiseries	Double vitrage 4/12/4 Menuiseries aluminium	2,5 W/m <sup>2</sup> .K	L'ensemble des menuiseries et portes vitrées sont équipées de double vitrage.  Le type de vitrage varie en fonction du bâtiment. Cette valeur a été considérée comme par défaut car majoritaire au sein du bâtiment.  Les menuiseries, datant de la construction du bâtiment, sont relativement performantes. Des problèmes d'infiltration ponctuels ont été notés.  Des casquettes solaires sont présentes sur le bâtiment.
Plancher bas	Dalle béton 20 cm Polystyrène expansé 8 cm	2,0 m <sup>2</sup> .K/W	La plupart des bâtiments sont sur dalle portée, à l'exception du bâtiment hébergement (dont une partie est sur vide sanitaire) et du restaurant (sur parking).  Certaines parties sont équipées de plancher chauffant.
Toiture	Béton plein 15 cm Laine de roche 5 cm Gravillons 1,3 cm	1,5 m <sup>2</sup> .K/W	Les planchers hauts sont isolés avec environ 5cm de laine de roche au niveau du faux plafond.  Une refonte des étanchéités a été effectuée.



Les photographies suivantes illustrent les hypothèses formulées :



*Menuiseries relevées*



*Isolation thermique en faux plafond*





*Extérieur du site et protections solaires*

Les casquettes solaires sont présentes sur certaines surfaces du bâtiment principal. Leur longueur varie en fonction de l'orientation, elle est, par exemple nettement plus importante sur la façade sud (première photo) que sur les façades latérales, où leur impact semble relativement limité.

D'un point de vue extérieur, la longueur des bâtiments est orientée à un angle azimutal de  $21,5^\circ$ . Cela signifie que la longueur des bâtiments (représentant la majeure partie des surface extérieures) est orientée Est - Sud-est d'une part et Ouest - Nord-ouest de l'autre. Assez éloignés des bâtiments, les éléments extérieurs n'ont un impact que très limité sur l'irradiation solaire reçue. C'est en particulier le cas pour les trois bâtiments principaux.

La forte exposition du bâtiment à l'extérieur du bâtiment peut également être responsable d'infiltrations d'air. Les menuiseries notamment, étant assez anciennes et représentant 37,7% des parois horizontales de l'ensemble du site, peuvent être sujettes à d'assez importantes infiltrations. Les résultats d'un test d'étanchéité à l'air pourraient être utile afin de confirmer les hypothèses d'étanchéité moyenne du bâtiment.



*Orientation du bâtiment et éléments extérieurs*



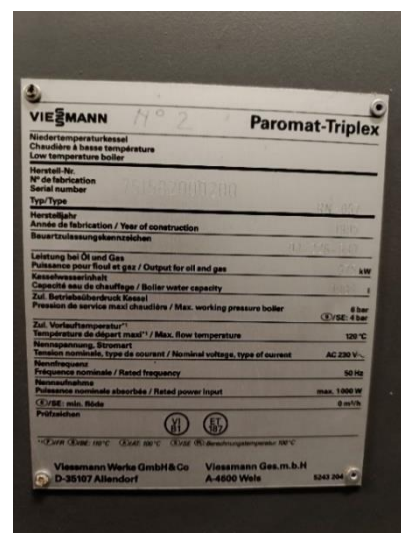
## 2.2. EQUIPEMENTS EXISTANTS

Cette partie a pour but de présenter et analyser les équipements existants, en particulier en termes de chauffage et CVC. Un tableau récapitulatif de l'ensemble des équipements est présenté en fin de partie.

### 2.2.1. CHAUFFAGE

Le chauffage de l'ensemble du site est assuré par la chaufferie située au RDC du bâtiment administration. Seuls les logements personnels n'y sont pas reliés.

La chaufferie est globalement dans un bon état de fonctionnement, bien que vieillissante, elle est équipée de deux chaudières gaz datant de 1995 d'une puissance de 495 kW chacune (initialement 575 kW, les brûleurs ont ensuite été bridés). La production d'ECS de l'hébergement ainsi que des cuisines est également assurée par la chaufferie et transmise via des échangeurs à plaques (cf photos ci-dessous). Aucun ballon de stockage n'a été relevé, l'ECS est produite en instantané. L'ECS des autres bâtiments est assurée par des ballons électriques. La chaufferie est également équipée d'un pot à boues (cf photo ci-dessous).

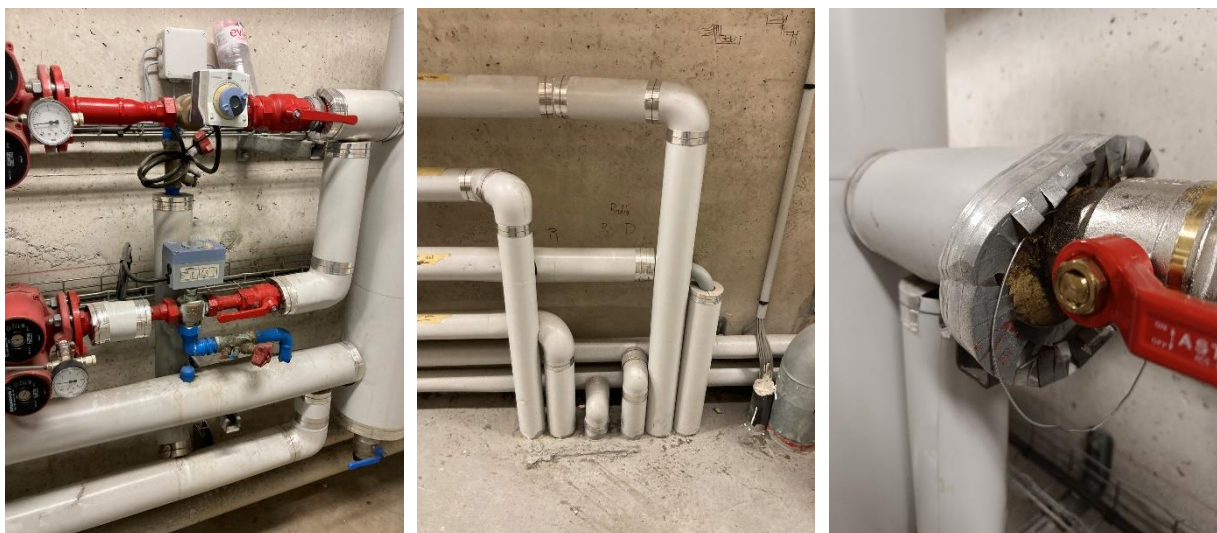


Equipements de chaufferie

Les températures de départ sont de l'ordre de 80 - 70°C pour des retours de 40 à 60 °C. Les températures de départs et débits sont régulés en fonction de la température extérieure (mesurée via des sondes extérieures). Le système de distribution est équipé de pompes à débits variables permettant la régulation de température. L'état de vétusté des pompes ainsi que des vannes 3 voies est assez hétérogène, certaines semblent avoir été remplacées récemment quand d'autres semblent plus anciennes.

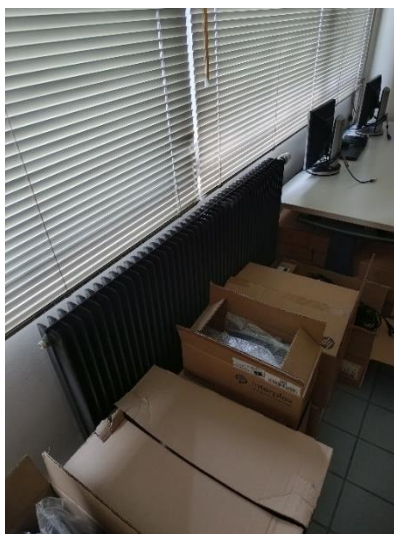
Les départs réseau bitube acier sont équipés de calorifuge, calorifuge laine de roche 40mm. La distribution vers les différents postes se fait via une gaine technique traversante située en toiture du bâtiment principal, principalement en locaux non chauffés. Les réseaux de distribution semblent être d'époque mais sont conservés en bon état.

Dans l'ensemble, au vu de l'âge de la chaufferie, un remplacement semble nécessaire dans les prochaines années. La plupart des équipements (adoucisseur, pot à boues etc...), à l'exception des réseaux de distribution, pourraient également être remplacés à cette occasion.



*Equipements de distribution en gaine technique*

La diffusion au sein des locaux se fait grâce à des radiateurs (alliage 30% fonte – 70% acier d'après l'exploitant) équipés de robinets thermostatiques. L'ensemble des têtes thermostatiques du bâtiment enseignement et administration ont été changées (166 au total) afin de limiter la température de chauffe à 19°C. Certains locaux sont également équipés de plancher chauffant (hall d'entrée, centre de ressources et restaurant) les régimes d'eau du plancher chauffant ne sont pas connus.

*Radiateurs*

Un système de GTB est mis en place depuis 2022 afin d'optimiser les consommations. Cette régulation agit principalement sur les horaires de chauffage ainsi que les températures de chauffe.

En termes de températures, les hypothèses formulées sont les suivantes :

Température de confort	19 °C
Température réduit de nuit	15 °C
T° de départ ECS	60 °C
Point haut chauffe	80 °C
Point bas chauffe	20 °C
Coefficient directeur courbe de chauffe	1,5

*Températures caractéristiques du site*

Initialement à 21°C et 18°C, les températures de confort et de réduit de nuit ont été baissées respectivement à 19°C et 15°C.

Le phasage des températures est présenté ci-dessous :

	Lundi	Semaine	Week end
Administration	4h30 - 19h	6h30 - 19h	-
Hébergement	4h30 - 9h et 16h30 - 00h	6h30 - 9h et 16h30 - 00h	5h30 - 00h
CTA Amphithéâtre	7h30 - 16h - Activation en fonction des besoins		-
CTA Restaurant	7h30 - 15h		-

CTA Cafétéria	7h30 - 00h		7h30 - 00h
Enseignement	4h30 - 12h30 et 13h30 - 19h30	7h30 - 12h30 et 13h30 - 19h30	-
CDR Plancher	5h - 19h30	7h30 - 19h30	-
Laboratoire	9h - 13h30 et 16 - 19h30	9h - 13h30 et 16 - 19h30	-

#### Programme de mise en route du chauffage

Le chauffage est mis en route de mi-octobre à mi-mai. De façon générale, le programme de chauffage semble assez optimisé et être en adéquation avec l'utilisation du bâtiment. Il est cependant important de noter que le bâtiment enseignement est occupé à 35% en moyenne sur 47 semaines / an, la densité d'occupation n'est ainsi pas optimale. L'utilisation du site est vouée à évoluer au cours des prochaines années, avec notamment une volonté de densification.

Concernant le bâtiment hébergement, une température réduite est appliquée aux chambres non occupées.

Les consommations d'ECS estimées pour chacun des bâtiments sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Bâtiment	Consommation ECS	Type	Consommation
Hébergement	690 m3/an	Gaz	39 714 kWh/an
Enseignement	22 m3/an	Electricité	1 261 kWh/an
Administration	37 m3/an	Electricité	2 101 kWh/an
Logements	66 m3/an	Gaz individuel	3 782 kWh/an
Restauration	832 m3/an	Gaz	47 897 kWh/an
Gymnase	17 m3/an	Gaz individuel	985 kWh/an

#### Consommations d'ECS estimées

Ces consommations pourraient être précisées par des relevés réels.

### 2.2.2. VENTILATION

L'extraction de l'air se fait au sein des sanitaires via des VMC sanitaires ainsi que dans certaines salles via des systèmes de VMC simple flux classiques. Les entrées d'air se font au niveau des menuiseries, les caissons d'extraction sont situés au sein de la galerie technique située en toiture. Les systèmes d'extraction sont assez récents et globalement en bon état. Les parties restauration, cafétéria et amphithéâtre sont équipées de CTA.



Les différents débits d'extraction sont présentés ci-dessous :

Bâtiment	Sous bâtiment	Débit d'extraction
Administration	Administration	145 m <sup>3</sup> /h
	Sanitaires administration	207 m <sup>3</sup> /h
Enseignement	Enseignement	1469 m <sup>3</sup> /h
	Bibliothèque	211 m <sup>3</sup> /h
	Sanitaires enseignement	373 m <sup>3</sup> /h
Hébergement	Hébergement	1860 m <sup>3</sup> /h *
Restauration	Restaurant (CTA double flux)	8000/4000 m <sup>3</sup> /h *
	Cafétéria (CTA double flux)	4000/2000 m <sup>3</sup> /h *
	Laverie	2000 m <sup>3</sup> /h *
	Hotte cuisine	4000 m <sup>3</sup> /h *
	Sanitaires cuisine	330 m <sup>3</sup> /h *
	Sanitaires restaurant	330 m <sup>3</sup> /h *

#### *Débits d'extraction des différentes régions du site*

Les débits d'extractions marqués d'astérisque n'étant pas connus avec exactitude. Les débits retenus sont ainsi ceux présents sur les schémas de principes affichés sur site. Ces valeurs semblent surévaluées par rapport aux débits réels. Ce facteur sera pris en compte pour le calcul des déperditions.



*Equipements de ventilation*

Les préconisations du code du travail relatives aux renouvellements d'air sont présentées ci-dessous :

**Ventilation naturelle (Art R. 4222-5) :**

- Autorisée dans les locaux à pollution non spécifique, assurée exclusivement par ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur.
- Le volume de local par occupant doit être supérieur ou égal à 15m<sup>3</sup>/h pour les bureaux et locaux avec travail physique léger et 25m<sup>3</sup>/h pour les autres locaux

**Ventilation mécanique (Art R. 4222-6) :**

- Débit minimal d'air neuf : 25m<sup>3</sup>/h/occupant pour les bureaux et locaux sans travail physique et 30m<sup>3</sup>/h/occupant pour les locaux de restauration et de réunion notamment.

Pour les locaux sanitaires, les débits à introduire sont présentés ci-dessous (Art R. 4212-6) :

Désignation des locaux	Débit minimal d'air introduit (en mètres cubes par heure et par local)
Cabinet d'aisances isolé (**)	30
Salle de bains ou de douches isolé (**)	45
Commune avec un cabinet d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N (*)
Lavabos groupés	10 + 5 N (*)
N (*) : nombre d'équipements dans le local (**) : pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 mètres cubes par heure si ce local n'est pas à usage collectif.	

Les mesures réalisées sur site ne permettent pas de statuer avec exactitude sur la conformité réglementaire des débits d'air neuf des bâtiments. Il semble cependant, d'après les examens précédents, que ces débits d'extraction permettent une bonne qualité d'air.

### 2.2.3. RECAPITULATIF

Le tableau ci-dessus récapitule les informations relatives aux différents équipements relevés.

Elément	Marque / Modèle	Caractéristique	Etat	Age	Durée de vie résiduelle	Coût de remplacement (H.T.)
Chaudières	Viessmann Paromat-Triplex-RN-057	P = 495 kW (Initialement 575 kW)	Fonctionnelles mais vieillissantes	29 ans	0-5 ans	250 k€ pour le remplacement de l'ensemble.
Brûleurs	Cuenod	P = 495 kW	Bon état général	Moins de 15 ans	-	-
Pompes	Grundfos UPCD 40/120 Grundfos UPD 40/50 Grundfos UPD 32/80	Débits fixes	Vieillissantes	Plus de 20 ans	0-5 ans	3 – 6 k€
Pompes	Grundfos Magna 1	A débit variable et asservies.	Bon état général	Moins de 5 ans	10-15 ans	3 – 6 k€



Vanne 3 voies	Siemens SAS 31	-	Bon état général	Moins de 5 ans	10-15 ans	1 k€
Vanne 3 voies	Siemens SQS 35	-	Relativement vieillissante	Plus de 15 ans	0-5 ans	1 k€
Echangeur ECS	NC	Echangeur à plaques - Non calorifugé	Bon état général, relativement vieillissant	NC	NC	7-10 k€
Distribution	-	Tubes acier - Calorifuge laine de roche 4 cm	Bon état général	29 ans	Plus de 20 ans	50€/m
Adoucisseur	NC	-	Fonctionnel mais vieillissant	29 ans	0-5 ans	5 – 10 k€
Vase d'expansion	NC	-	Fonctionnel mais vieillissant	29 ans	0 - 5 ans	1 – 2 k€
Pot à boues	NC	-	Fonctionnel mais vieillissant	29 ans	0-5 ans	3 – 5 k€
Onduleur	Vertif Liebert		Bon état général	5 ans	NC	NC
Climatiseur	Fujitsu - AOYG24KBTA3	Réversible Pfroid = 6,9 kW Pchaud = 8 kW EER = 4,4 Fluide frigo : R-32	NC	2 ans	NC	NC
Caisson VMC Administration	VIM - KMDT 08 NU	P = 0,135 / 0,05 kW Q = 145 m3/h	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson VMC WC admin	VIM - KMDT 08 NU	P = 0,135 / 0,05 kW Q = 207 m3/h	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson VMC Bibliothèque	VIM - KMDT 08 NU	P = 0,135 / 0,05 kW Q = 211 m3/h	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson VMC enseignement	VIM - KSTD 25	P = 0,65 / 0,45 / 0,2 kW Q = 1469 m3/h	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson VMC WC Enseignement	VIM - KMDT 08 NU	P = 0,65 / 0,45 / 0,2 kW Q = 373 m3/h	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson VMC Hébergement	NC	NC	Bon état général	Moins de 5 ans	15-20 ans	2 k€
Caisson CTA Amphithéâtre	GEA HAPPLE 10.10	Q = 841 m3/h	Bon état général	NC	NC	NC

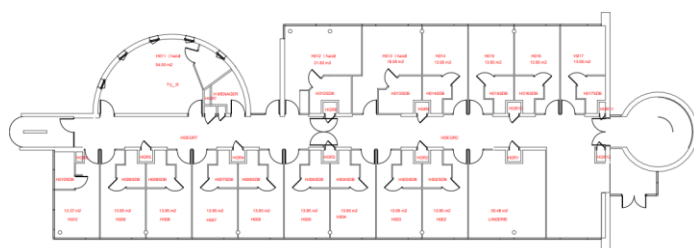
### 3. ETAT INITIAL : DESCRIPTIF DETAILLE

Cette partie a pour but de présenter au cas par cas chacun des bâtiments.

#### 3.1. BATIMENT 1 : HEBERGEMENT

Le bâtiment, d'une surface de plancher de 1551 m<sup>2</sup>, est composé de 54 chambres d'internat réparties sur 3 niveaux, d'une salle « laverie » et 2 salles « détente » (une par étage, sur la partie circulaire). Son utilisation est estimée à 320 jours / an avec une occupation de 17h à 9h en semaine et 24h/24 le week-end.

Le couloir du bâtiment est disposé sur vide sanitaire. Le reste est sur dalle portée.



Plan du RDC et vue aérienne du bâtiment hébergement

Situé au bord de la rivière et peu abrité, le bâtiment est assez fortement exposé aux infiltrations de l'air extérieur.

L'inconfort d'été est assez présent sur l'ensemble des régions du bâtiment hébergement. Les volets extérieurs permettent de limiter cet inconfort mais la plupart d'entre eux sont hors service.

Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois du bâtiment hébergement ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m².K/W)	U (W/m².K)	U RT (W/m².K)	Surface (m²)	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,6	0,63	0,36	646	409
	Polystyrène expansé	0,08						
	Béton plein	0,15						
	Brique pleine	0,05						
Plancher bas vide sanitaire	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,27	73	29
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Béton plein	0,15	Moyen	1,5	0,68	0,27	517	351
	Laine de roche	0,05						
	Gravillon	0,013						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>1236</b>	<b>789</b>

*Synthèse des parois du bâtiment hébergement*

Le circuit « escalier » du bâtiment hébergement fonctionne aux mêmes plages horaires que le circuit du bâtiment mais est à l'arrêt sur la plage de réduction de températures.

**3.1.1. EQUIPEMENTS**

Les équipements relevés sont les suivants :

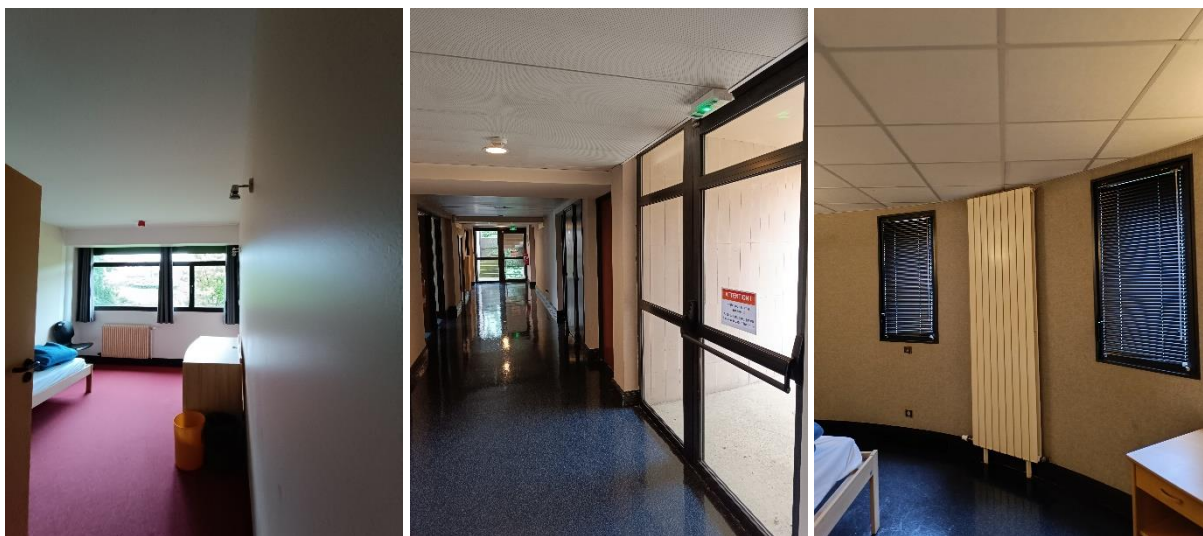
- 3 lave-linges et 1 sèche-linge
- 2 TV LCD

Le bâtiment est équipé à 100% de LED au RDC, 50% au N+1 et 0% au N+2. Les relevés et puissances des différents luminaires sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
Spot LED allée	42	8	336
Spot fluo allée	42	72	3024
Neon SDB	38	21	798
Spot LED autre	24	20	480
Neons Laverie	2	116	232
Néon T8 36W chambres	34	36	1224
Spots LED chambres	34	8	272
Tube néon 8W	34	8	272

*Caractéristiques des luminaires relevés au sein du bâtiment***3.1.2. MENUISERIES**

Des menuiseries sont posées sur l'ensemble de la longueur de chaque niveau du bâtiment. Des fenêtres sont également présentes au sein de la partie circulaire du bâtiment. Les entrées de chaque côté du bâtiment sont des baies vitrées. Les portes présentes au niveau de l'escalier extérieur sont également vitrées. La majorité des menuiseries sont orientées sur la longueur du bâtiment (orientation Nord – Nord-ouest et orientation Sud - Sud-est).



*Exemples de menuiseries relevées sur place*

La surface totale de menuiseries relevée est de 270 m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 29.5% des surface horizontales du bâtiment Hébergement.

Des stores extérieurs sont présents dans chaque chambre, mais leur utilisation est assez faible et certains sont hors service.

### 3.1.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Comme expliqué précédemment, la chaleur est produite par la chaufferie gaz et la distribution est faite via des radiateurs à thermostat variable. Les têtes thermostatiques des radiateurs ont été changées en 2018, permettant de limiter la température de confort à 19 °C.

Chaque chambre est équipée de VMC sanitaire. Le caisson d'extraction a été remplacé en 2020.

### 3.1.4. PONTS THERMIQUES

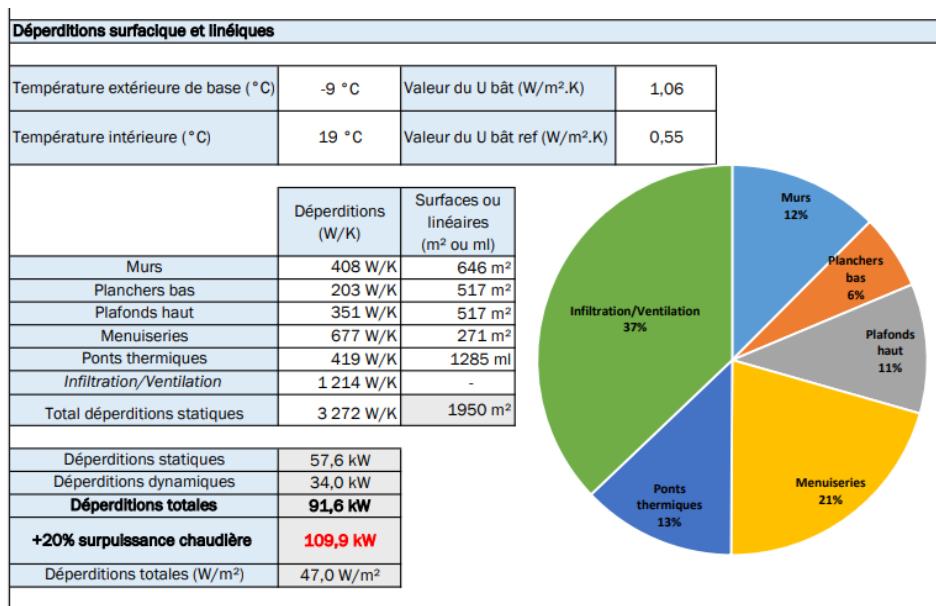
Le tableau suivant synthétise les différents ponts thermiques considérés ainsi que leurs caractéristiques.

Type			Isolation		mI	$\psi$ (W/mI.K)	Déperditions (W/K)
Orientation	Classement réglementaire	Liaison Mur -	Isolation du mur	Position (menuiserie) ou Isolant (paroi en contact du mur)			
-	-	Menuiserie	ITI	Au centre du mur	704	0,19	133,7
Horizontale	L.8	Plancher bas (Sous-sol)	ITI	Isolant dessus	123	0,13	16,0
Horizontale	L.9	Plancher Intermédiaire	ITI	-	246	0,95	233,7
-	L.10	Plancher haut	ITI	Isolant en sous-face	123	0,08	9,8
Verticale	-	Angle rentrant	ITI	ITI	60	0,03	1,8
Verticale	-	Angle sortant	ITI	ITI	30	0,8	23,8
<b>Total</b>					<b>1285</b>		<b>418,9</b>

*Ponts thermiques du bâtiment Hébergement*

### 3.1.5. DEPERDITIONS

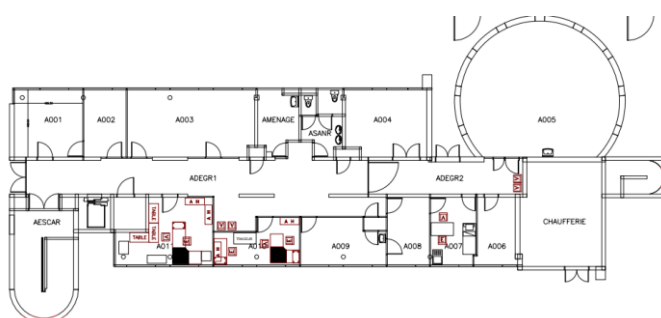
Le calcul des déperditions donne le résultat suivant :



Les infiltrations représentent le premier poste de déperditions, ce résultat est dû aux nombreuses VMC sanitaires ainsi qu'à la forte exposition du bâtiment à l'air extérieur. L'importante surface des menuiseries est également responsable d'environ 21% des déperditions.

### 3.2. BATIMENT 2 : ADMINISTRATION

D'une surface de 1665 m<sup>2</sup>, le bâtiment accueille les activités administratives du site. Il est composé de 4 niveaux. Il comporte notamment la salle chaufferie au RDC, une salle circulaire à chaque étage (destinée aux archives et aux réunions) des salles classiques type bureaux ainsi que des sanitaires à chaque étage. Son utilisation est estimée à 260 jours / an, de 8h à 18h en semaine, et fermé les Week-ends. Le local du serveur informatique est présent au sein du bâtiment administration.



Plan du RDC et vue aérienne du bâtiment Administration

Le bâtiment est sur terre-plein, situé au bord de la rivière et peu abrité, le bâtiment est assez fortement exposé aux infiltrations de l'air extérieur.

L'ensemble des pièces du bâtiment administration sont sujettes à l'inconfort d'été. Plus abrité, le RDC est relativement plus tempéré. Les salles 105, 207 et 307 (salles circulaires) sont équipées de climatisation permettant de limiter cet inconfort, leur utilisation reste cependant très limitée.

L'occupation du bâtiment est assez faible, de nombreuses salles sont en effet inutilisées. Un programme de densification est prévu pour les prochaines années.

Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois du bâtiment administration ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	U RT (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,6	0,63	0,36	626	396
	Polystyrène expansé	0,08						
	Béton plein	0,15						
	Brique pleine	0,05						
Plancher bas	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,27	391	153
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Béton plein	0,15	Moyen	1,5	0,68	0,27	425	289
	Laine de roche	0,05						
	Gravillon	0,013						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>1441</b>	<b>838</b>

Synthèse des parois du bâtiment administration



### 3.2.1. EQUIPEMENTS

Les équipements relevés sont les suivants :

- 30 PC environ
- 30 ventilateurs colonne

Les éclairages relevés sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
Spot LED allée	38	8	304
Spot Fluo allée	134	15	2010
Néon T8 2x58W	38	116	4408
Néon T8 4x18W	113	72	8136

#### *Caractéristiques des luminaires relevés au sein du bâtiment*

La salle de réunion compte un éclairage assez important (26 spots fluo ont été relevés dans les salles de réunions des deux étages supérieurs).



*Eclairage salle de réunion*

### 3.2.2. MENUISERIES

Des menuiseries sont posées sur l'ensemble de la longueur du bâtiment. Les salles de réunions (salles circulaires) sont également équipées de menuiseries. Les portes donnant sur l'escalier extérieur sont également vitrées. L'escalier comporte également des menuiseries circulaires, des problèmes d'étanchéité y sont présents. L'entrée du bâtiment se fait par la verrière d'entrée (cette dernière partie a été comptée comme faisant partie du bâtiment enseignement). Les salles sont également équipées de stores intérieurs. La majorité des menuiseries sont orientées sur la longueur du bâtiment (orientation Nord - Nord-ouest et orientation Sud - Sud-est).



*Exemples de menuiseries relevées*

La surface totale des menuiseries relevée est de : 573 m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 47,8% des surface horizontales du bâtiment Administration.

### 3.2.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Comme expliqué précédemment, la chaleur est produite par la chaufferie gaz et la distribution est faite via des radiateurs à thermostat variable. Les têtes thermostatiques des radiateurs ont été changées en juin 2022, permettant de limiter la température de confort à 19°C. 97 remplacements ont été effectués sur ce bâtiment.

Les sanitaires du bâtiment sont équipés de VMC sanitaires et certaines salles sont ventilées. Les caissons d'extraction sont situés dans la gaine technique en toiture.



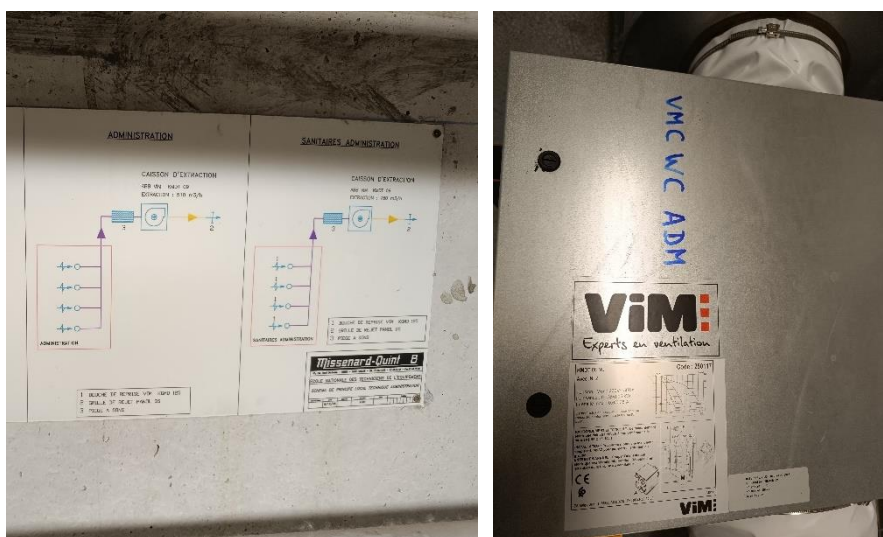


Schéma de principe et caisson de ventilation

Concernant le rafraîchissement, les salles de réunion des niveaux R+1, R+2 et R+3 sont climatisées. Les systèmes de production de froid sont situés au niveau des escaliers extérieurs pour le R+1 et le R+2 et au niveau de la galerie technique pour le R+3.



Systèmes de production de distribution de froid

L'utilisation de la climatisation se fait par commande manuelle.

L'eau chaude sanitaire, dont la consommation est assez marginale, est produite par des ballons électriques de 50 L (1 par étage), situés au niveau des faux plafonds des sanitaires.

Les équipements de chauffage, ventilation et climatisation semblent être en bon état.

### 3.2.4. PONTS THERMIQUES

Le tableau suivant synthétise les différents ponts thermiques considérés ainsi que leurs caractéristiques.

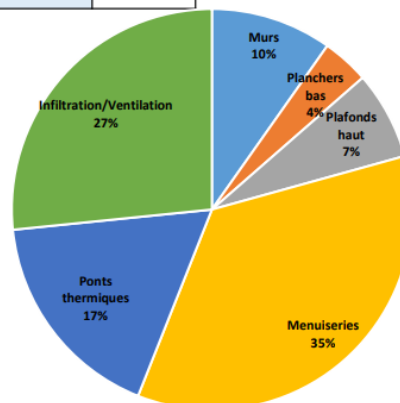
Type			Isolation		ml	$\psi$ (W/ml.K)	Déperditions (W/K)
Orientation	Classement réglementaire	Liaison Mur -	Isolation du mur	Position (menuiserie) ou isolant (paroi en contact du mur)			
-	-	Menuiserie	ITI	Au centre du mur	1489	0,19	282,9
Horizontale	L.8	Plancher bas (Terre-plein)	ITI	Isolant dessus	123	0,13	16,0
Horizontale	L.9	Plancher Intermédiaire	ITI	-	368	0,95	350,0
-	L.10	Plancher haut	ITI	Isolant en sous-face	123	0,08	9,8
Verticale	-	Angle rentrant	ITI	ITI	67	0,03	2,0
Verticale	-	Angle sortant	ITI	ITI	54	0,8	42,9
<b>Total</b>					<b>2224</b>		<b>703,6</b>

Ponts thermiques du bâtiment Administration

### 3.2.5. DEPERDITIONS

Le calcul des déperditions donne le résultat suivant :

Déperditions surfacique et linéiques			
Température extérieure de base (°C)	-9 °C	Valeur du U bât (W/m².K)	1,48
Température intérieure (°C)	19 °C	Valeur du U bât ref (W/m².K)	0,82
	Déperditions (W/K)	Surfaces ou linéaires (m² ou ml)	
Murs	396 W/K	626 m²	
Planchers bas	153 W/K	391 m²	
Plafonds haut	289 W/K	425 m²	
Menuiseries	1 431 W/K	573 m²	
Ponts thermiques	704 W/K	2224 ml	
Infiltration/Ventilation	1 078 W/K	-	
Total déperditions statiques	4 052 W/K	2014 m²	
Déperditions statiques	83,3 kW		
Déperditions dynamiques	30,2 kW		
<b>Déperditions totales</b>	<b>113,4 kW</b>		
<b>+20% surpuissance chaudière</b>	<b>136,1 kW</b>		
Déperditions totales (W/m²)	56,3 W/m²		



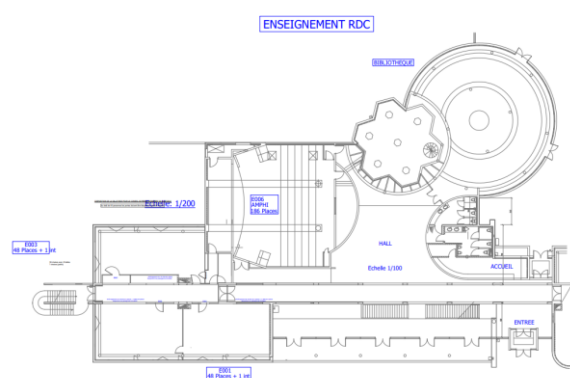
Déperditions estimées

Les infiltrations et les menuiseries représentent le premier poste de déperditions, ce résultat est dû aux débits et systèmes de ventilation, à la forte exposition du bâtiment à l'air extérieur ainsi qu'aux importantes surfaces vitrées.

### 3.3. BATIMENT 3 : ENSEIGNEMENT

Le bâtiment enseignement complète le groupe principal de bâtiments. D'une surface de plancher de 3072 m<sup>2</sup> répartis sur 3 niveaux, il abrite les activités éducatives de l'établissement et accueille environ 425 personnes. Il comporte notamment un hall d'accueil au RDC, une salle circulaire « bibliothèque » en extension du bâtiment sur un niveau, un amphithéâtre ainsi que des salles de classe. Le local de l'onduleur est présent au sein du bâtiment enseignement. Chaque étage du bâtiment comporte des sanitaires. L'utilisation du bâtiment enseignement est estimée à 260 jours / an, de 8h à 18h en semaine, et fermé les Week-ends.

Le bâtiment enseignement comporte également l'ancien silo à grains. Cette partie n'est ni chauffée, ni utilisée.



Plan du RDC et vue aérienne du bâtiment Enseignement

Situé au bord de la rivière et relativement abrité, le bâtiment est assez exposé à l'air extérieur.

De même que pour le bâtiment administration, l'inconfort d'été est assez présent dans l'ensemble des salles avec un climat relativement plus tempéré au RDC. Le centre de ressources, grâce à sa relativement faible surface vitrée ainsi qu'à la végétation environnante, est généralement moins sujet à l'inconfort d'été.

Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois du bâtiment enseignement ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	U RT (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,6	0,63	0,36	1035	656
	Polystyrène expansé	0,08						
	Béton plein	0,15						
	Brique pleine	0,05						
Plancher bas	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,27	1352	530
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Béton plein	0,2	Moyen	1,5	0,67	0,20	1327	798
	Laine de roche	0,05						
	Gravillon	0,013						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>3714</b>	<b>1984</b>

Synthèse des parois du bâtiment enseignement

### 3.3.1. EQUIPEMENTS

Les équipements relevés sont les suivants :

- 3 imprimantes
- 115 PC dont l'utilisation est assez importante
- Toutes les salles sont équipées de projecteurs et d'écrans rétractables
- 1 Onduleur

Les éclairages relevés sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
Spot LED	108	8	864
Spot Fluo	188	15	2820
Neon T8 2x58W	105	116	12180

*Caractéristiques des luminaires relevés au sein du bâtiment*

La salle amphithéâtre ainsi que les parties « couloir / hall » comptent un nombre assez important de lampes. (52 spots LED ont été relevés dans l'amphithéâtre).



*Exemples d'éclairages relevés au sein du bâtiment enseignement*

### 3.3.2. MENUISERIES

Des menuiseries sont posées sur l'ensemble de la longueur de chaque niveau du bâtiment (à l'exception de l'amphithéâtre) avec des surfaces assez importantes, notamment au RDC. Des fenêtres sont également présentes au sein de la partie circulaire du bâtiment. L'entrée du bâtiment est une verrière s'étendant sur deux niveaux. La partie supérieure de la verrière peut être couverte afin d'éviter l'inconfort d'été. Des volets intérieurs sont présents sur une grande partie des menuiseries. La salle « bibliothèque » est équipée de fenêtres sur sa circonférence ainsi que de deux portes vitrées. La



majorité des menuiseries sont orientées sur la longueur du bâtiment (orientation Nord – Nord-ouest et orientation Sud – Sud-est).



*Exemples de menuiseries relevées sur place*

La surface totale de menuiseries relevée est de 693 m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 40,1% des surface horizontales du bâtiment Enseignement.

### 3.3.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Comme expliqué précédemment, la chaleur est produite par la chaufferie gaz et la distribution est faite via des radiateurs à thermostat variable. Le hall du RDC ainsi que la bibliothèque sont équipés de plancher chauffant. Les têtes thermostatiques des radiateurs ont été changées en Juin 2022, permettant de limiter la température de confort à 19°C. 69 remplacements ont été effectués sur ce bâtiment.

Les sanitaires du bâtiment sont équipés de VMC sanitaires et certaines salles sont ventilées. Les parties bibliothèque et amphithéâtre sont également ventilées. Les caissons d'extraction sont situés dans la gaine technique en toiture.

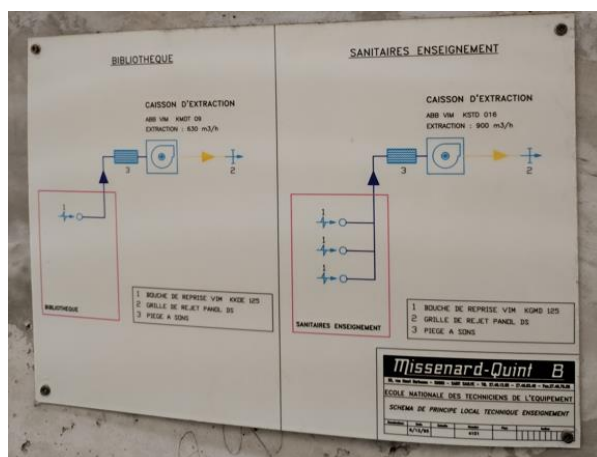


Schéma de principe et caisson de ventilation

Concernant le rafraîchissement, trois principales zones sont climatisées :

- Serveur informatique
- Salle onduleur

Les climatisations des salles serveur et onduleur sont permanentes.

Comme pour le bâtiment administration, les consommations d'ECS sont minoritaires et sont réalisées par des chauffe-eaux électriques de 50 L, 1 par étage, situés au niveau des faux plafonds des sanitaires.

Les équipements de chauffage, ventilation et climatisation semblent être en bon état.

### 3.3.1. PONTS THERMIQUES

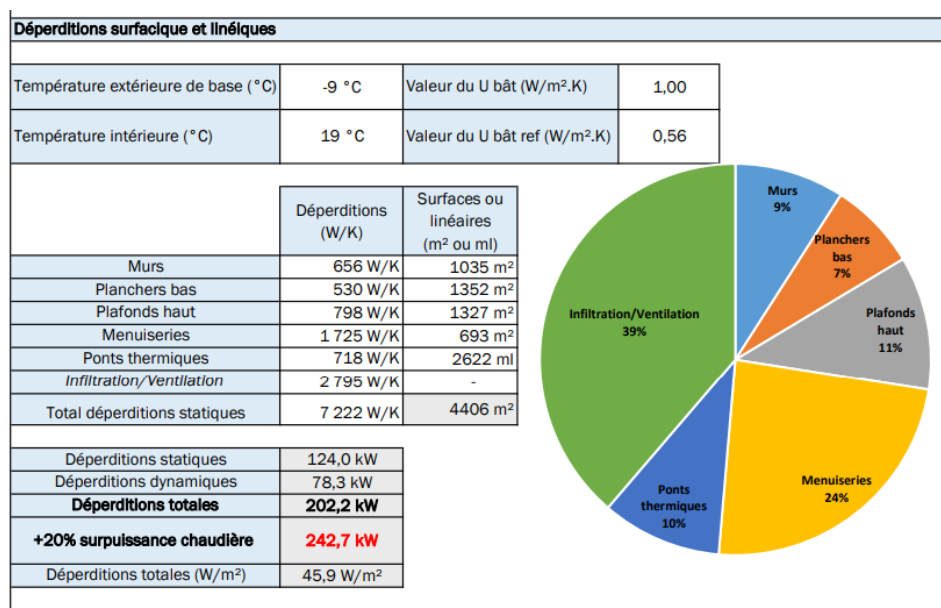
Le tableau suivant synthétise les différents ponts thermiques considérés ainsi que leurs caractéristiques.

Type			Isolation		ml	$\psi$ (W/ml.K)	Déperditions (W/K)
Orientation	Classement réglementaire	Liaison Mur -	Isolation du mur	Position (menuiserie) ou isolant (paroi en contact du mur)			
-	-	Menuiserie	ITI	Au centre du mur	1801	0,19	342,1
Horizontale	L.8	Plancher bas (Sous-sol)	ITI	Isolant dessus	194	0,13	25,2
Horizontale	L.9	Plancher Intermédiaire	ITI	-	288	0,95	273,6
-	L.10	Plancher haut	ITI	Isolant en sous-face	194	0,08	15,5
Verticale	-	Angle rentrant	ITI	ITI	71	0,03	2,1
Verticale	-	Angle sortant	ITI	ITI	74	0,8	59,4
<b>Total</b>					<b>2622</b>		<b>717,9</b>

Ponts thermiques du bâtiment Enseignement

### 3.3.2. DEPERDITIONS

Le calcul des déperditions donne le résultat suivant :



Les infiltrations représentent le premier poste de déperditions, ce résultat est dû aux importants débits de ventilation ainsi qu'à la forte exposition du bâtiment à l'air extérieur. L'importante surface des menuiseries est responsable d'environ 24% des déperditions.



### 3.4. BATIMENTS 4 : LOGEMENTS PERSONEL

Le site comporte 3 logements destinés au personnel, le logement 5 le logement 7 et le logement 9, de surfaces habitables respectives de 174 m<sup>2</sup>, 150 m<sup>2</sup> et 120 m<sup>2</sup> (surfaces estimées, garages non compris). Chaque logement est disposé sur 2 niveaux et est sur terre-plein. Leur utilisation est estimée à 365 jours / an, en permanence en semaine ainsi que les week-ends. Le nombre d'utilisateurs est de 8 personnes.

Les logements 5 et 7 ont une façade donnant sur garage (local considéré comme non chauffé).



*Vue aérienne des logements personnel*

Ces trois logements sont également assez exposés à l'air extérieur.

Les utilisateurs ont relevé un important inconfort d'hiver, dû notamment aux déperditions par les menuiseries. Un inconfort d'été a également été mentionné par les utilisateurs du logement 7, dû à l'orientation sud de la baie vitrée.

Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois des logements ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	U RT (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,5	0,66	0,34	566	350
	Polystyrène expansé	0,08						
	Brique pleine	0,2						
	0	0						
Plancher bas	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,37	221	87
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Béton plein	0,2	Moyen	1,8	0,56	0,30	223	125
	Laine de roche	0,06						
	Placo-plâtre	0,01						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>1010</b>	<b>562</b>

*Synthèse des parois des logements*

### 3.4.1. EQUIPEMENTS

Les éclairages relevés pour l'ensemble des 3 logements sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
Spot LED	10	8	80
Fluorescent	10	15	150
Incandescent	10	60	600

*Caractéristiques des luminaires relevés au sein des logements*

### 3.4.2. MENUISERIES

Pour chacun des logements, les surfaces de menuiseries sont moins importantes que pour le reste du site. Certaines menuiseries sont équipées de stores extérieurs.



*Exemples de menuiseries relevées*

La surface totale de menuiseries relevée est de 68m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 12,75% des surface horizontales des logements personnels.

### 3.4.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Le chauffage des logements n'est pas assuré par la chaufferie du site, des chaudières individuelles sont en effet installées dans les logements. Les chaudières assurent également la production d'ECS. Cette production semble être en instantané.



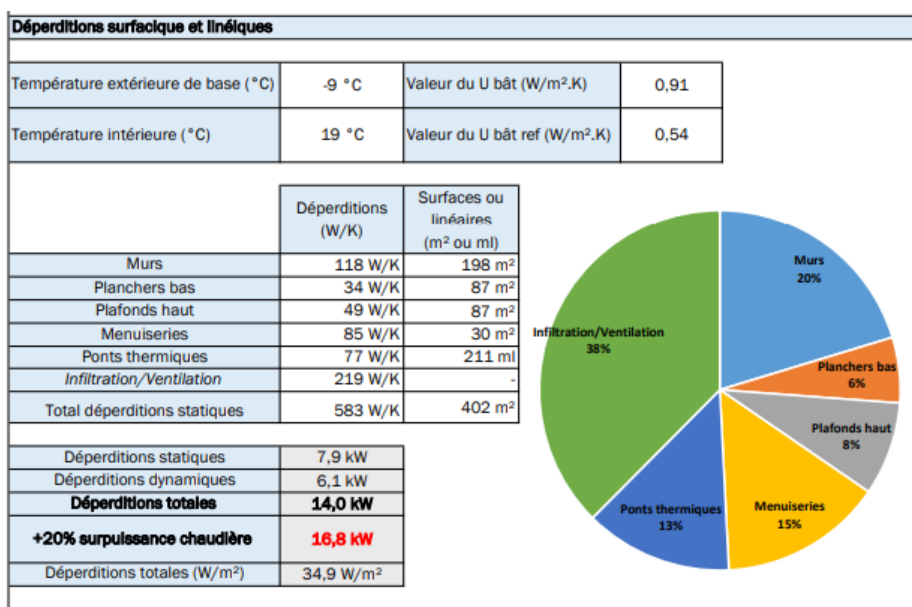
*Chaudière individuelle logement*

Les sanitaires des logements sont équipés d'extracteurs d'air simple flux. Les débits d'extraction sont estimés à 60 m<sup>3</sup> / h / bâtiment. D'importantes problématiques d'humidité sont mentionnées au sein de ces logements.

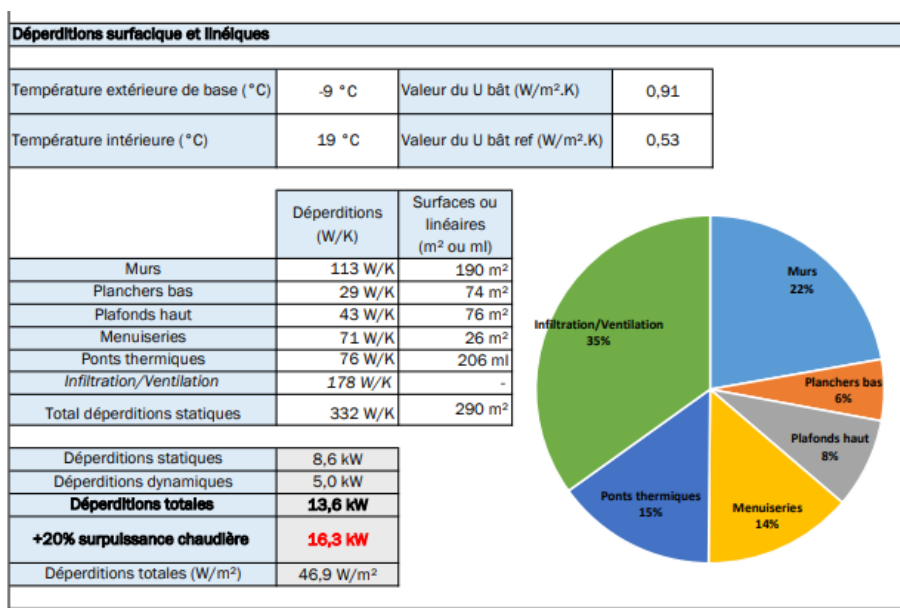
Aucun système de climatisation n'a été relevé sur les logements.

#### 3.4.4. DEPERDITIONS

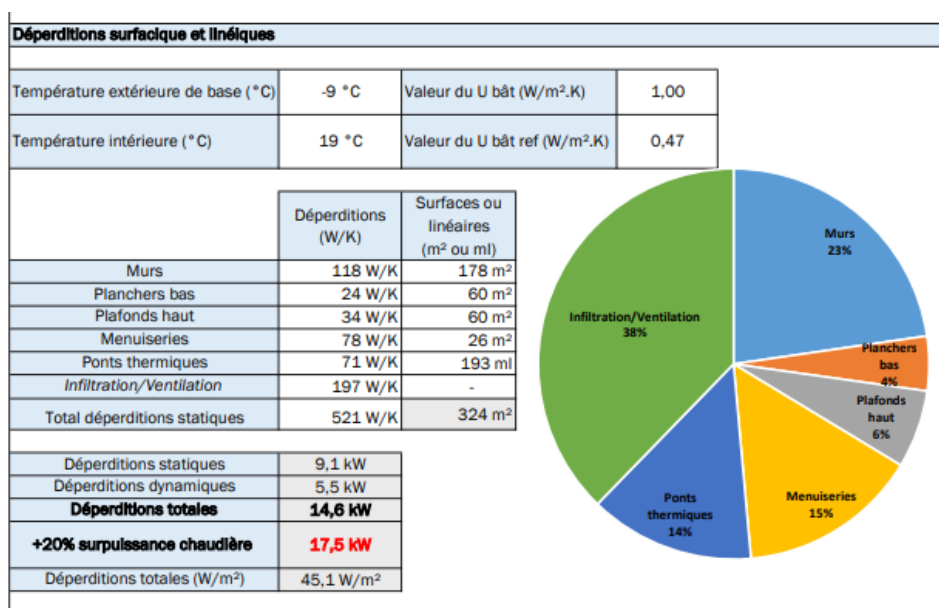
Les calculs de déperditions donnent les résultats suivants :



*Déperditions estimées (logement 5)*



Déperditions estimées (logement 7)



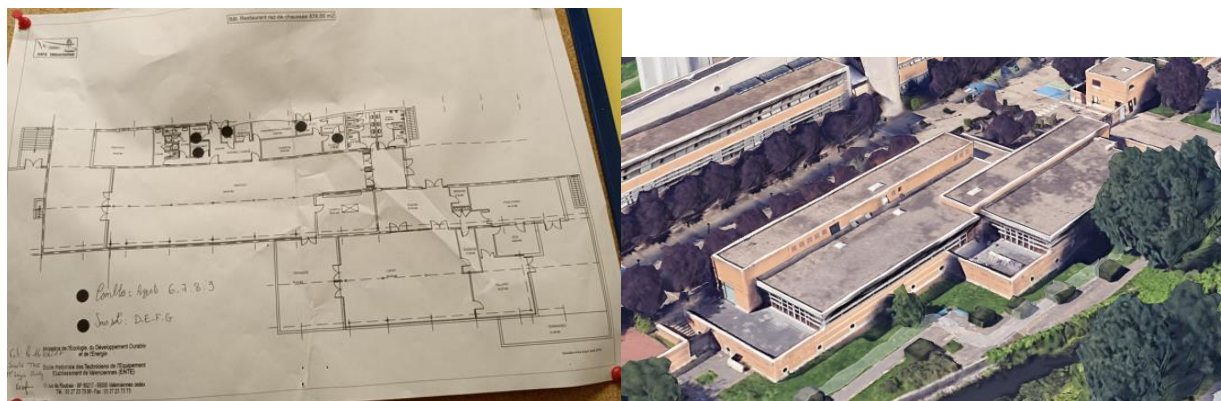
Déperditions estimées (logement 9)

Les trois logements, ayant des configurations similaires, ont des déperditions semblables.

Les infiltrations représentent le premier poste de déperditions, ce résultat est principalement dû à la forte exposition du bâtiment à l'air extérieur. Les murs des bâtiments représentent le second poste de déperditions, c'est principalement dû à la relativement faible surface vitrée.

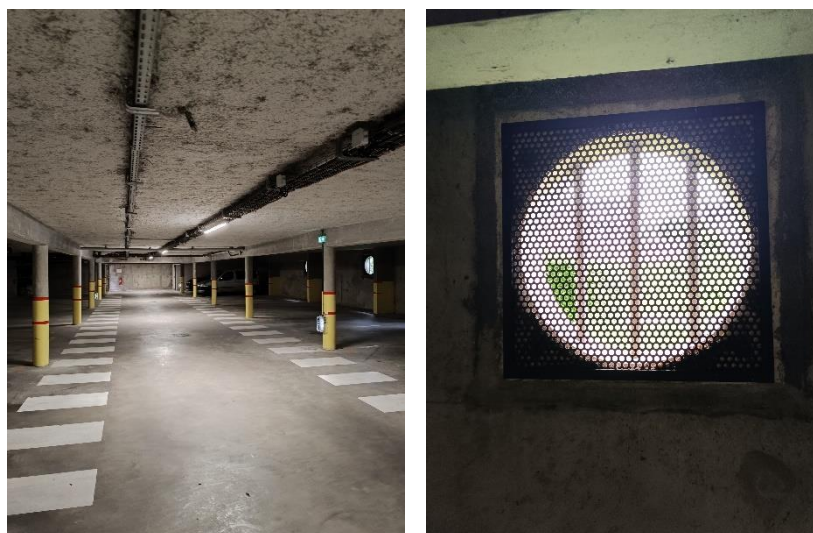
### 3.5. BATIMENTS 5 : RESTAURATION

D'une surface de 870m<sup>2</sup> et sur un seul niveau, ce cinquième bâtiment est utilisé pour la restauration des étudiants. Il se compose d'un hall d'entrée, de deux espaces de restauration (représentant la majeure partie du bâtiment), d'un espace dédié à la préparation, d'un espace laverie et d'un espace cafétéria / détente. Les équipements techniques sont disposés au niveau du faux plafond. L'utilisation du bâtiment est estimée à 260 j / an.



*Plan du RDC et vue aérienne du bâtiment restauration*

Un parking se situe en sous-sol du bâtiment. Le parking n'est pas chauffé et est directement en contact avec l'extérieur (via les ouvertures circulaires notamment). Il n'existe pas d'accès direct au restaurant depuis le parking.



*Photographies du parking*

Le bâtiment restauration est également relativement exposé à l'air extérieur.



Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois du bâtiment restauration ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m².K/W)	U (W/m².K)	U RT (W/m².K)	Surface (m²)	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,6	0,63	0,34	468	297
	Polystyrène expansé	0,08						
	Béton plein	0,15						
	Brique pleine	0,05						
Plancher bas	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,37	879	301
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Béton plein	0,2	Moyen	1,7	0,57	0,30	879	503
	Laine de roche	0,06						
	Gravillon	0,013						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>2225</b>	<b>1101</b>

#### Synthèse des parois du bâtiment restauration

### 3.5.1. EQUIPEMENTS

En plus des équipements liés aux cuisines (dont les consommations sont connues), les éclairages relevés sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
Panneau led	114	16	1824
Néon T8 2x58W	11	116	1276
LED extérieur	6	8	48

#### Caractéristiques des luminaires relevés au sein du bâtiment

### 3.5.2. MENUISERIES

Les menuiseries représentent d'assez importantes surfaces sur le bâtiment restauration. Notamment au niveau des parties restaurant et cafétéria, de grandes baies vitrées sont posées. Aucun volet n'a été constaté. Au sein du bâtiment restauration, le double vitrage est disposé en 4/15/4.



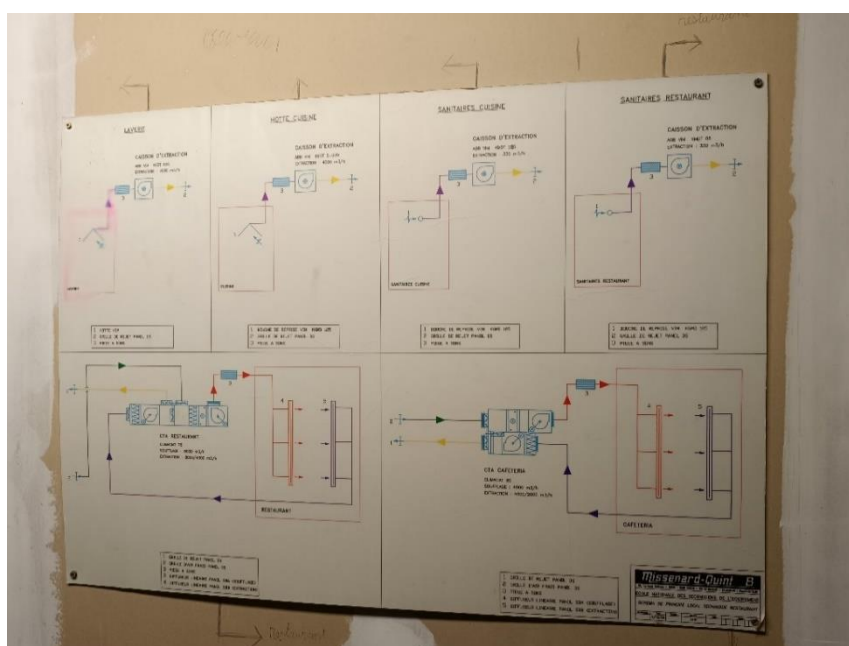
Exemples de menuiseries relevées

La surface totale de menuiseries relevée est de 342 m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 42,2% des surface horizontales du bâtiment Restauration.

### 3.5.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Comme expliqué précédemment, la chaleur est produite par la chaufferie gaz et la distribution est faite via des radiateurs à thermostat variable. La partie restaurant est équipée de plancher chauffant.

Concernant la ventilation, les parties restaurant et cafétéria sont équipées de CTA double flux. Les sanitaires, laverie et cuisines sont également équipés de VMC, la hottes des cuisines représentent également d'assez importants débits d'extraction. Les équipements de ventilation sont situés en faux plafond.



## Schémas de principe

## 3.5.4. PONTS THERMIQUES

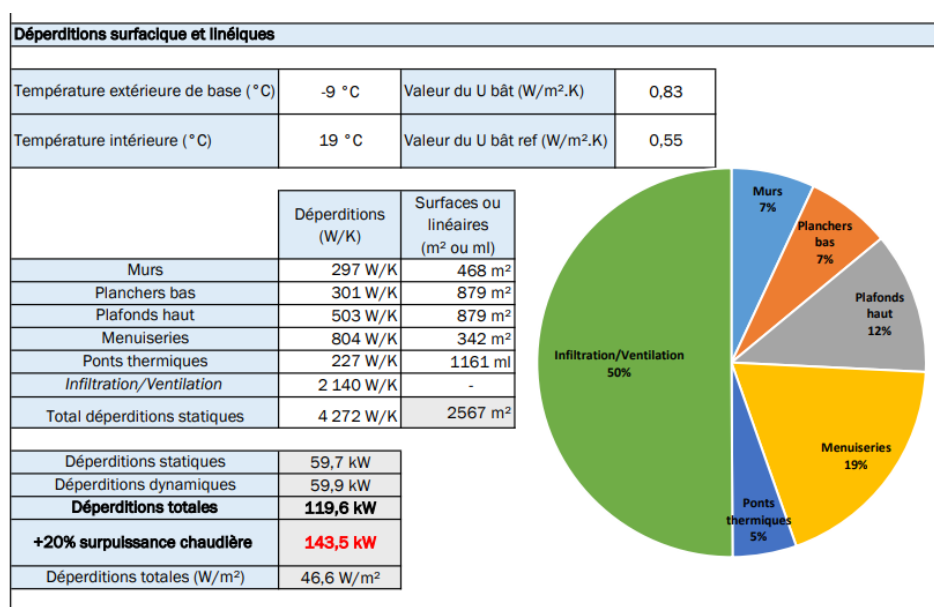
Le tableau suivant synthétise les différents ponts thermiques considérés ainsi que leurs caractéristiques.

Type			Isolation		ml	$\Psi$ (W/ml.K)	Déperditions (W/K)
Orientation	Classement réglementaire	Liaison Mur -	Isolation du mur	Position (menuiserie) ou isolant (paroi en contact du mur)			
-	-	Menuiserie	ITI	Au centre du mur	1801	0,19	342,1
Horizontale	L.8	Plancher bas (Sous-sol)	ITI	Isolant dessus	194	0,13	25,2
Horizontale	L.9	Plancher Intermédiaire	ITI	-	288	0,95	273,6
-	L.10	Plancher haut	ITI	Isolant en sous-face	194	0,08	15,5
Verticale	-	Angle rentrant	ITI	ITI	71	0,03	2,1
Verticale	-	Angle sortant	ITI	ITI	74	0,8	59,4
<b>Total</b>					<b>2622</b>		<b>717,9</b>

## Ponts thermiques du bâtiment Restauration

## 3.5.5. DEPERDITIONS

Les calculs de déperditions donnent les résultats suivants :



## Déperditions estimées

Une très importante partie des déperditions est due à la ventilation. Malgré la présence de systèmes double flux, les débits de ventilation sont particulièrement importants sur ce bâtiment. Une étude



approfondie sur l'usage des équipements de ventilation serait tout de même utile afin de confirmer ce résultat. Les menuiseries représentent le second poste de déperditions, ce résultat est principalement dû à leur importante surface.

### 3.6. BATIMENT 6 : GYMNASE

Le dernier bâtiment est le gymnase, anciennement laboratoire, il dispose d'une surface de plancher estimée à 500 m<sup>2</sup> et est composé de différentes zones : Salle de musculation, salle tapis au sol, d'autres salles d'activités, douches et WC. Le bâtiment est sur terre-plein. Un faux R+1 contient est utilisé pour le stockage. Son utilisation estimée est de 260 jours / an de 11h30 à 14h et de 16h30 à 20h.



*Vue aérienne du bâtiment Salle de sports*

Situé au bord de la rivière, très légèrement abrité et considéré comme peu étanche à l'air, le bâtiment est assez exposé aux infiltrations.

L'isolation de la toiture du gymnase est différente de celle des autres bâtiments, elle est en effet en sandwich, considérée comme isolé avec les compositions présentées ci-dessous.

Le tableau ci-dessous synthétise les compositions de parois du gymnase ainsi que leur surface :

Type de paroi	Composition parois		Etat de vétusté de l'isolation	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	U RT (W/m <sup>2</sup> .K)	Surface (m <sup>2</sup> )	Déperditions (W/K)
	Eléments constitutifs	Epaisseur parois (m)						
Mur sur extérieur	Placo-plâtre	0,013	Moyen	1,6	0,63	0,34	298	189
	Polystyrène expansé	0,08						
	Béton plein	0,15						
	Brique pleine	0,05						
Plancher bas	Béton plein	0,2	Moyen	2,0	0,49	0,37	457	179
	Polystyrène expansé	0,08						
	0	0						
	0	0						
Plancher haut	Taule	0,01	Moyen	1,4	0,71	0,30	457	327
	Laine de roche	0,05						
	Bac acier	0,01						
	0	0						
<b>Total</b>							<b>1212</b>	<b>695</b>

*Synthèse des parois du bâtiment gymnase*

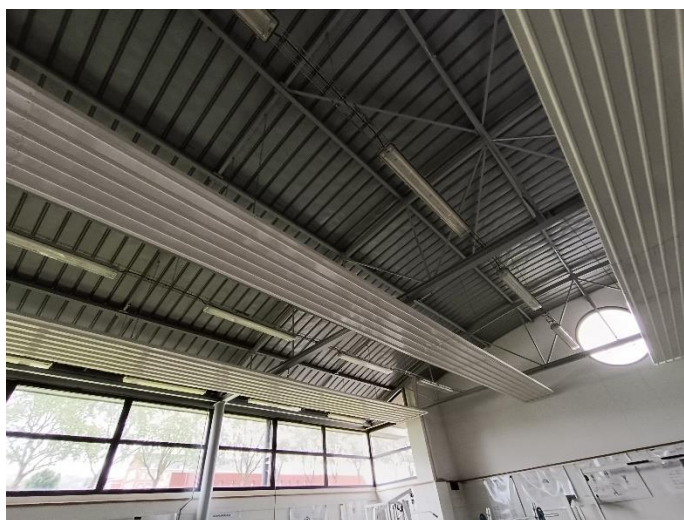
### 3.6.1. EQUIPEMENTS

Hormis l'éclairage et l'ECS, très peu d'équipements électrique ont été relevés.

Les éclairages relevés sont les suivants :

Type	Nombre	P unitaire (W)	P tot (W)
LED Neon	52	16	832
Spot LED	10	8	80
Néon T8 2x58W	15	116	1740

*Caractéristiques des luminaires relevés au sein du bâtiment*



*Exemples d'éclairages relevés au sein du bâtiment enseignement*

### 3.6.2. MENUISERIES

Les surfaces de menuiseries sont relativement faibles sur le bâtiment salle de sport. Elles sont principalement disposées sur la longueur du bâtiment.



*Exemples de menuiseries relevées sur place*

La surface totale de menuiseries est estimée à 62 m<sup>2</sup>. Les menuiseries représentent ainsi 17,22% des surface horizontales du bâtiment Gymnase.

### 3.6.3. CHAUFFAGE / VENTILATION / CLIMATISATION

Comme expliqué précédemment, la chaleur est produite par la chaufferie gaz. La distribution se fait par le biais de radiateurs traversants, rayonnant par le bas, en aluminium disposés sous le plafond.



*Systèmes de distribution de chaleur*

Les sanitaires du bâtiment sont équipés de VMC sanitaires, le débit d'extraction est estimé à 60 m<sup>3</sup> / an.

Aucun système de climatisation n'a été observé.

### 3.6.4. PONTS THERMIQUES

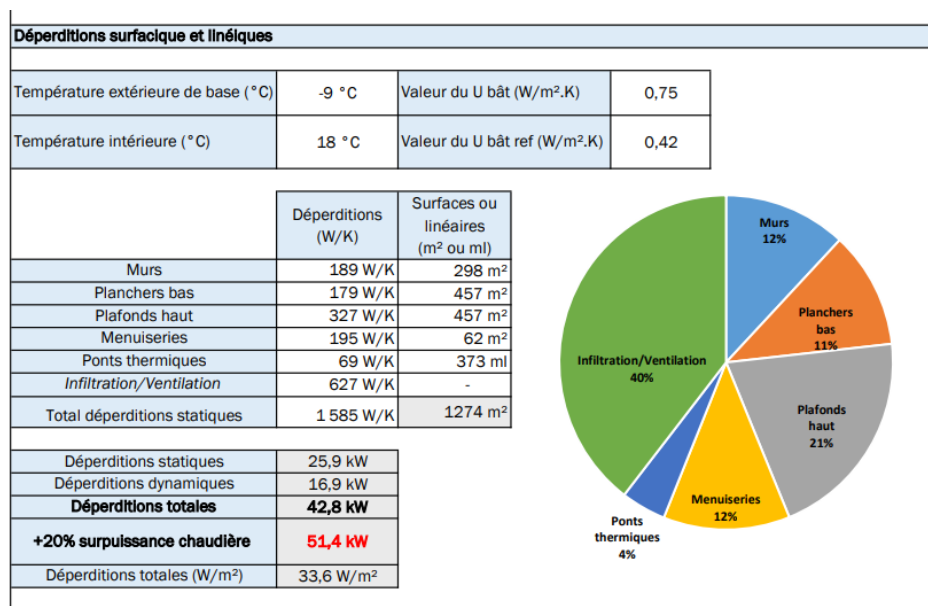
Le tableau suivant synthétise les différents ponts thermiques considérés ainsi que leurs caractéristiques.

Type			Isolation		ml	$\Psi$ (W/ml.K)	Déperditions (W/K)
Orientation	Classement réglementaire	Liaison Mur -	Isolation du mur	Position (menuiserie) ou isolant (paroi en contact du mur)			
-	-	Menuiserie	ITI	Au centre du mur	161	0,19	30,6
Horizontale	L.8	Plancher bas (Sous-sol)	ITI	Isolant dessus	90	0,13	11,7
-	L.10	Plancher haut	ITI	-	90	0,08	7,2
Verticale	-	Angle rentrant	ITI	ITI	8	0,03	0,2
Verticale	-	Angle sortant	ITI	ITI	24	0,8	19,2
<b>Total</b>					<b>373</b>		<b>69,0</b>

*Ponts thermiques du bâtiment Gymnase*

### 3.6.5. DEPERDITIONS

Le calcul des déperditions donne le résultat suivant :

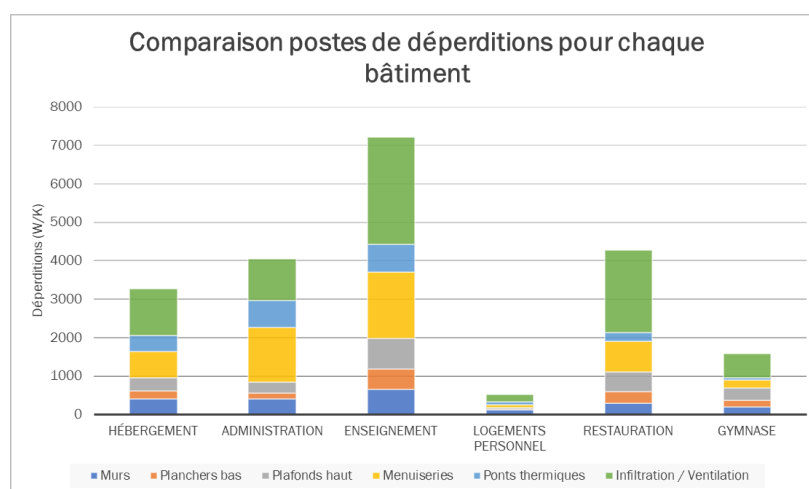


*Déperditions estimées*

En l'absence d'information détaillée sur la composition de la toiture, les déperditions qui y sont liées sont à considérer avec prudence.

### 3.7. RECAPITULATIF DES DEPERDITIONS

Le tableau présenté ci-dessous synthétise les déperditions de chacun des bâtiments :



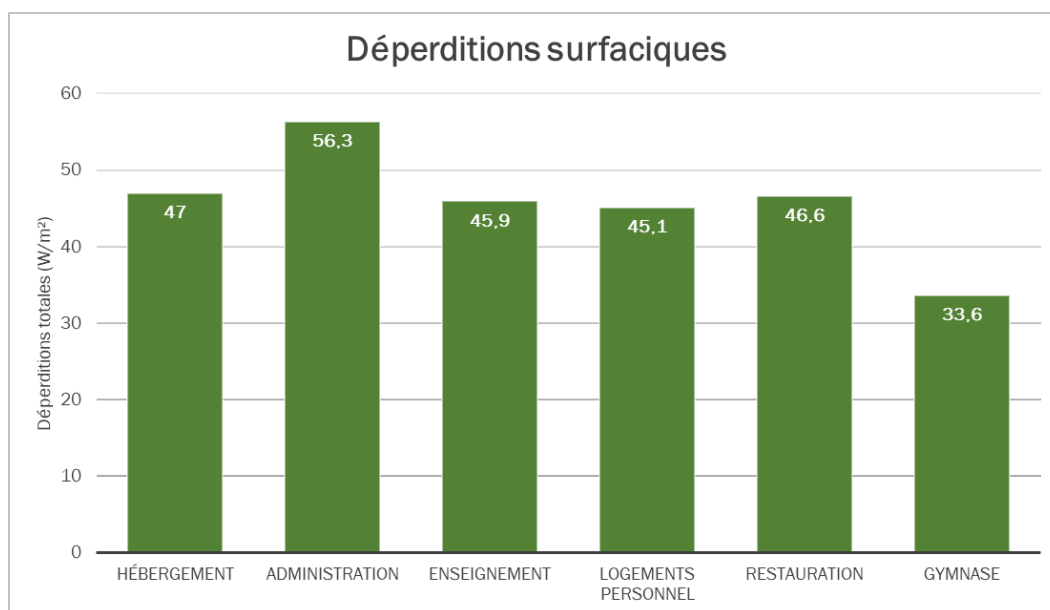
*Récapitulatif des répartitions des déperditions*

Les fortes différences entre les bâtiments s'expliquent principalement par des différences de surfaces de déperditions. Comme expliqué précédemment, la majeure partie des déperditions est due aux



menuiseries ainsi qu'aux infiltrations. Les ponts thermiques représentent dans certains cas un poste non négligeable de déperditions. Dans l'ensemble, les répartitions des déperditions sont assez similaires. C'est principalement du à des compositions de bâtiments et des équipements techniques similaires dans l'ensemble. La proportion des surfaces vitrées impacte cependant la répartition des déperditions.

Le graphique suivant permet une comparaison des déperditions surfaciques entre les différents bâtiments :



*Comparaison des déperditions surfaciques de chacun des bâtiments*

Comme expliqué précédemment, les répartitions de menuiseries ainsi que les infiltrations d'air sont les principales raisons de disparité entre les différents bâtiments.

## 4. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

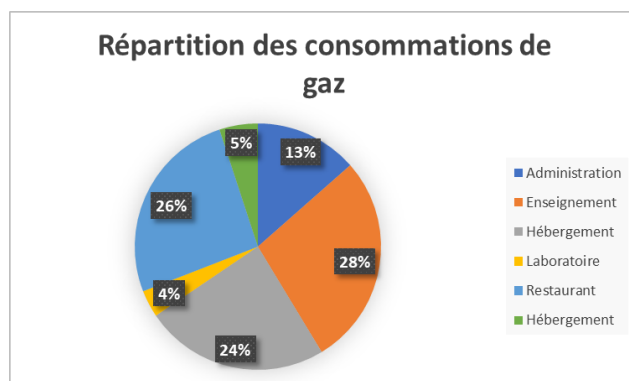
Cette partie a pour but d'analyser les consommations de gaz et d'électricité du site. Une analyse détaillée des évolutions de consommations mensuelles et annuelles sera réalisée pour chaque bâtiment. Ces consommations seront mises en relations avec les objectifs du décret tertiaire.

**De façon générale, consommation énergétique du site est de 1 141 000 kWh (77% gaz et 23% électricité).**

### 4.1. ANALYSE DES CONSOMMATIONS

#### 4.1.1. CONSOMMATIONS DE GAZ

La consommation annuelle de gaz est de 829 MWh PCS pour l'ensemble du site (valeur moyenne sur trois années, données issues des relevés de consommations fluides transmises par l'exploitant avec prise en compte de la correction climatique), la répartition des consommations est la suivante :

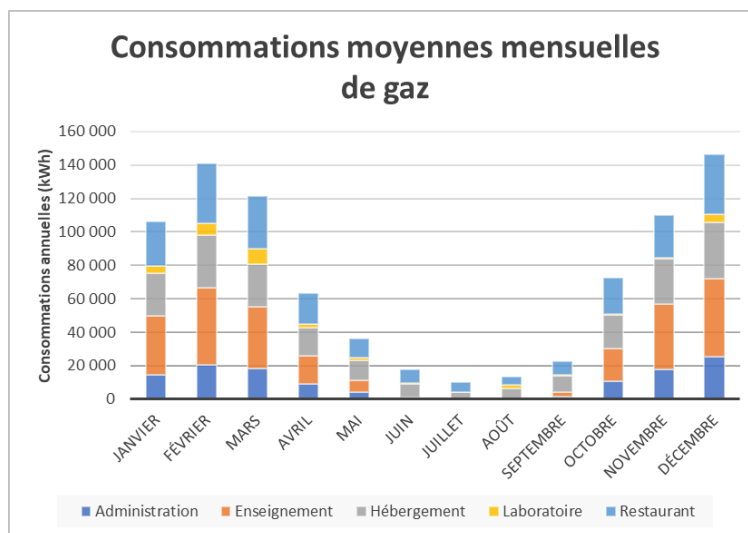


*Répartition des consommations annuelles de gaz*

Les valeurs présentées ici sont issues des données de consommations de 2018, 2019 et 2021. L'année 2020 étant particulière (due à la situation sanitaire) n'a pas été prise en compte. Les données des années 2022 et 2023, incomplètes, n'ont pas été prises en compte. (Manque de détail des différents postes pour 2022 et absence de données à partir de mai pour 2023). Ces données ne prennent ainsi pas en compte les récentes améliorations énergétiques mais permettent de rendre compte de la répartition ainsi que de l'évolution des consommations.

Comme attendu, les trois bâtiments principaux (en particulier les bâtiments hébergement et enseignement) ainsi que le bâtiment restauration représentent la majeure partie des consommations énergétiques.

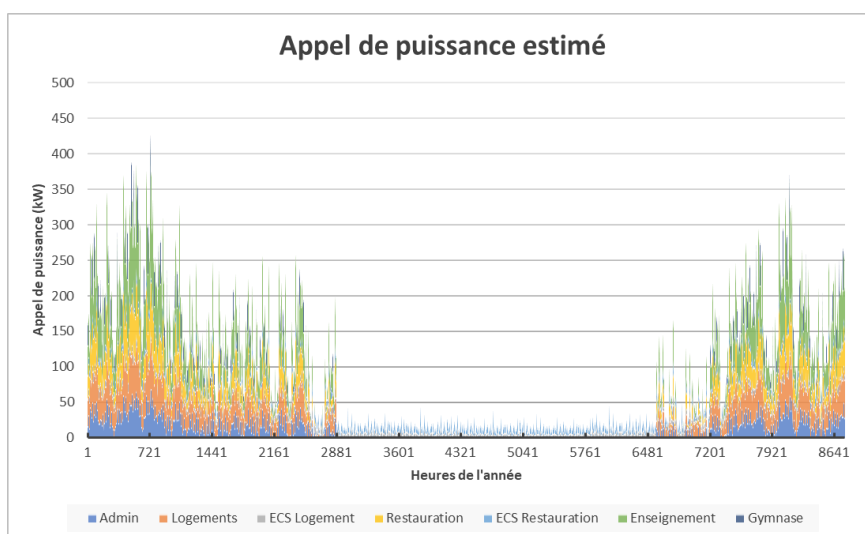
L'évolution des consommations sur une année est également présentée ci-dessous :



*Evolution des consommations mensuelles*

On observe assez logiquement une diminution des consommations entre avril et octobre (périodes où les besoins de chauffage sont nuls ou très limités). Il est assez compliqué d'estimer les consommations d'ECS sur la base des consommations des mois estivaux dans la mesure où ce sont des périodes où l'occupation du bâtiment est susceptible d'être plus faible.

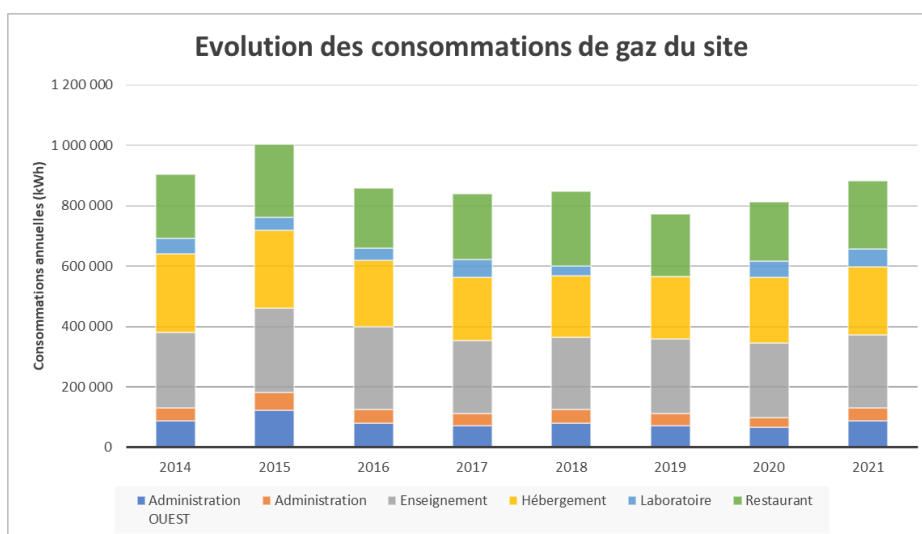
L'évolution des besoins de chauffage a également été estimée au pas horaire sur la base des données relevées sur site ainsi que des données climatiques sur une année de référence.



*Evolution des besoins de chauffage sur une année*

Ce résultat est une modélisation et est à considérer avec précaution.

Sur les 8 dernières années la tendance d'évolution est la suivante :

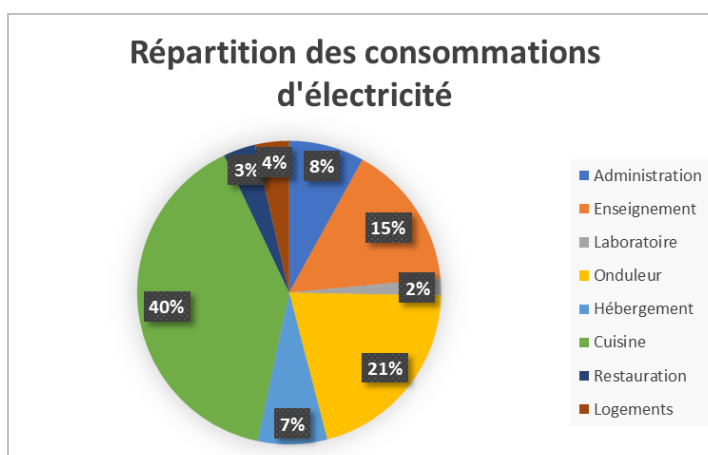


*Evolution des consommations de gaz du site*

Les consommations de gaz du site ont relativement tendance à baisser. Les répartitions de consommations au sein des différents bâtiments du site sont assez similaires, à l'exception du bâtiment gymnase (laboratoire) où les consommations varient de façon relativement significative.

#### 4.1.2. CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE

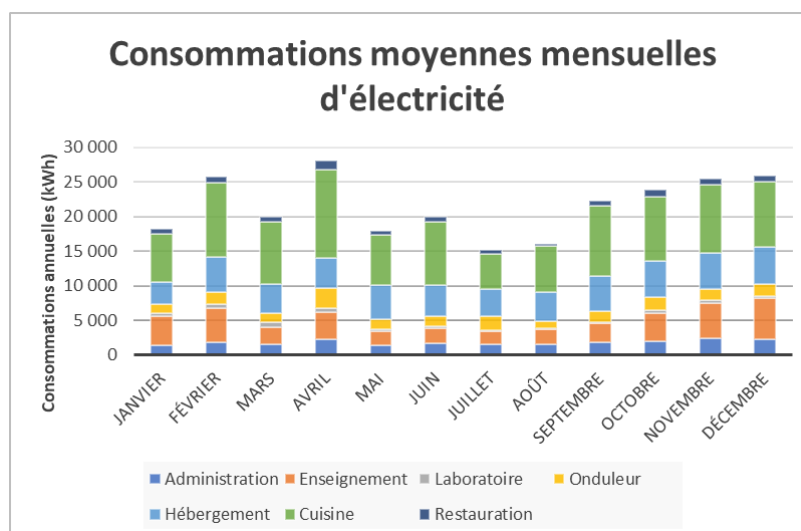
La consommation annuelle d'électricité est de 258 MWh pour l'ensemble du site (valeur moyenne sur trois années récentes, données issues des relevés de consommations fluides transmises par l'exploitant ainsi que les consommations des logements personnels), la répartition des consommations est la suivante :



*Répartition des consommations annuelles d'électricité*

Les cuisines représentent des consommations électriques particulièrement importantes (40% des consommations). L'onduleur est le second poste de consommations, avec en moyenne 55MWh / an, il est important de noter que l'onduleur a été remplacé par un modèle plus performant en 2020. Ce changement a permis de significativement baisser sa consommation (63 MWh en 2018 contre 44 MWh en 2021).

La répartition des consommations sur une année est présentée ci-dessous :



*Consommations mensuelles d'électricité*

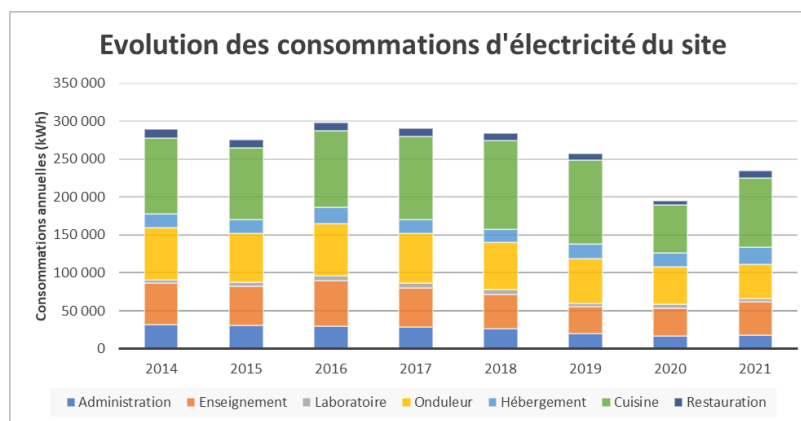
Les consommations semblent assez variables au cours de l'année, en particulier les consommations électriques des cuisines ainsi que du bâtiment enseignement. Ces différences peuvent s'expliquer par les potentielles périodes faible utilisation / inoccupation des différents bâtiments du site.

Le résultat obtenu à la suite de l'analyse de la part thermosensible de l'électricité est assez négligeable, cela peut s'expliquer par différents facteurs :

- Aucun des bâtiments n'est chauffé à l'électricité, la température extérieure n'a ainsi pas d'effet sur les consommations électriques à ce niveau.

- L'utilisation de la climatisation au sein des salles de réunion est faible, la consigne étant de privilégier les salles où les températures sont plus douces en cas de canicules. Les consommations estivales sont ainsi très limitées.
- L'arrêt du chauffage de mi-mai à mi-octobre implique l'arrêt des pompes pour la distribution des réseaux dédiés au chauffage (ECS non comprise). La consommation électrique de ces pompes est assez négligeable par rapport à la consommation de l'ensemble du site.

L'évolution des consommations du site est présentée ci-dessous :



*Evolution des consommations annuelles d'électricité*

On observe une diminution assez significative des consommations d'électricité à partir de 2016, avec 298 MWh en 2016 contre 234 MWh en 2021.

## 4.2. ANALYSE DES CONSOMMATIONS : DESCRIPTIF DETAILLE

Cette seconde partie a pour but de présenter les répartitions de consommations pour chacun des bâtiments du site. Les consommations de gaz et d'électricité sont des valeurs directement issues des factures. Les répartitions des différents postes ont été estimées sur la base des observations faites sur place ainsi que de l'utilisation du bâtiment. Les émissions de GES de chacun des bâtiments seront également présentées ici. Les facteurs d'émissions considérés sont les suivants :

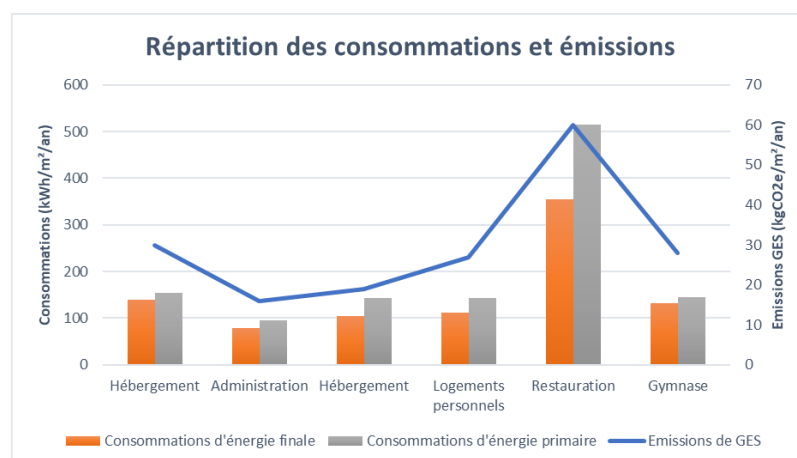
- Electricité : 0,064 kgCO<sub>2</sub>e/kWh
- Gaz : 0,23 kgCO<sub>2</sub>e/kWh

De façon globale, les consommations et émissions des différents bâtiments sont présentées ci-dessous :

	Consommations d'énergie finale (kWhEF/m <sup>2</sup> /an)	Consommations d'énergie primaire (kWhEP/m <sup>2</sup> /an)	Emissions de GES (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /an)
Hébergement	139	154	30
Administration	79	96	16



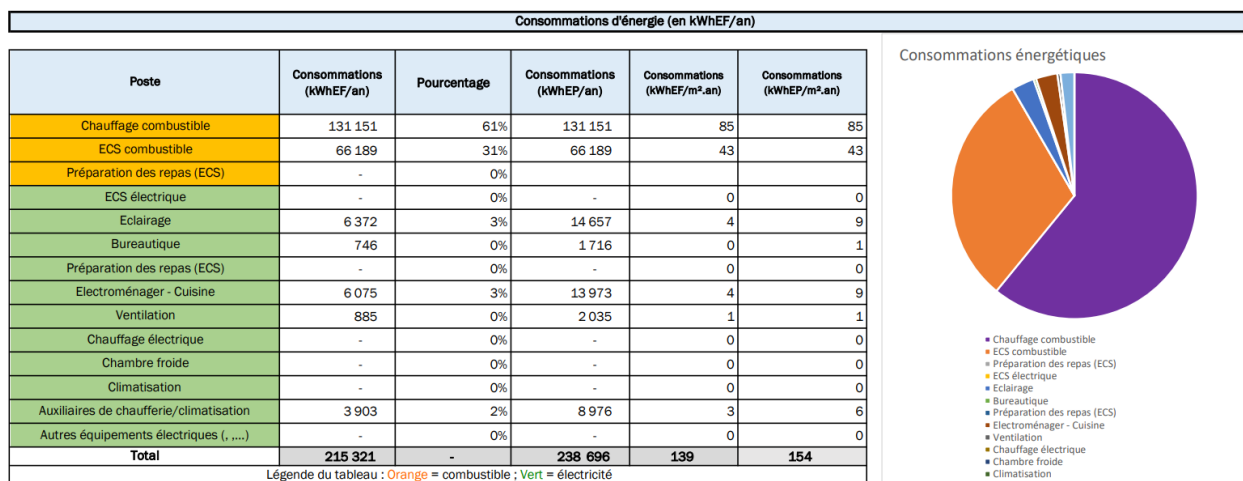
Hébergement	105	144	19
Logements personnels	112	144	27
Restauration	354	515	60
Gymnase	132	145	28



*Répartition des consommations et émissions surfaciques*

#### 4.2.1. BATIMENT 1 : HEBERGEMENT

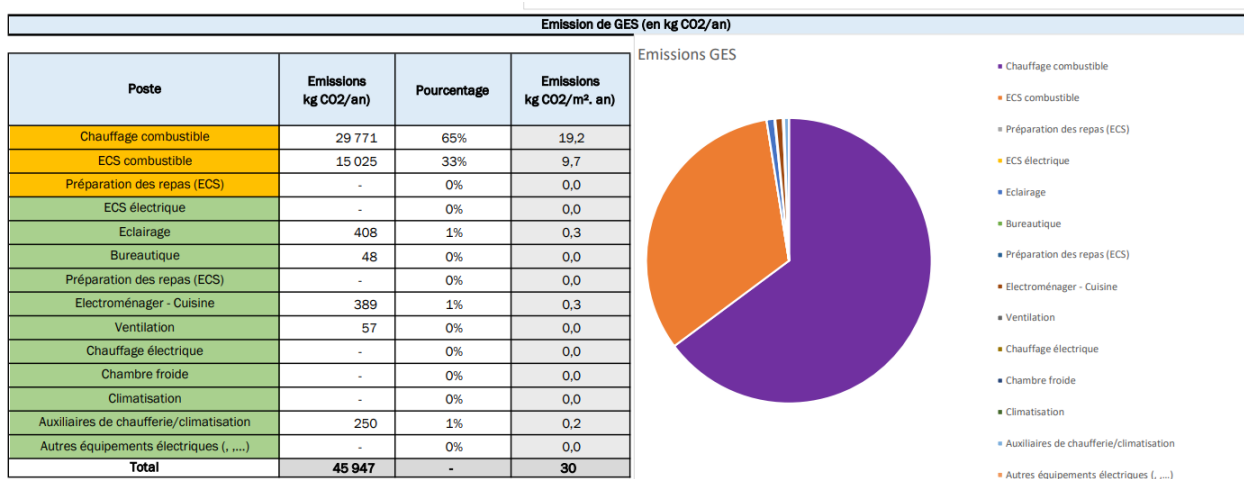
La répartition des consommations sur une année pour le bâtiment hébergement sont les suivantes :



*Consommations énergétiques hébergement*

La majeure partie des consommations énergétiques sont liées au chauffage et à l'ECS, représentant plus de 90% des consommations.

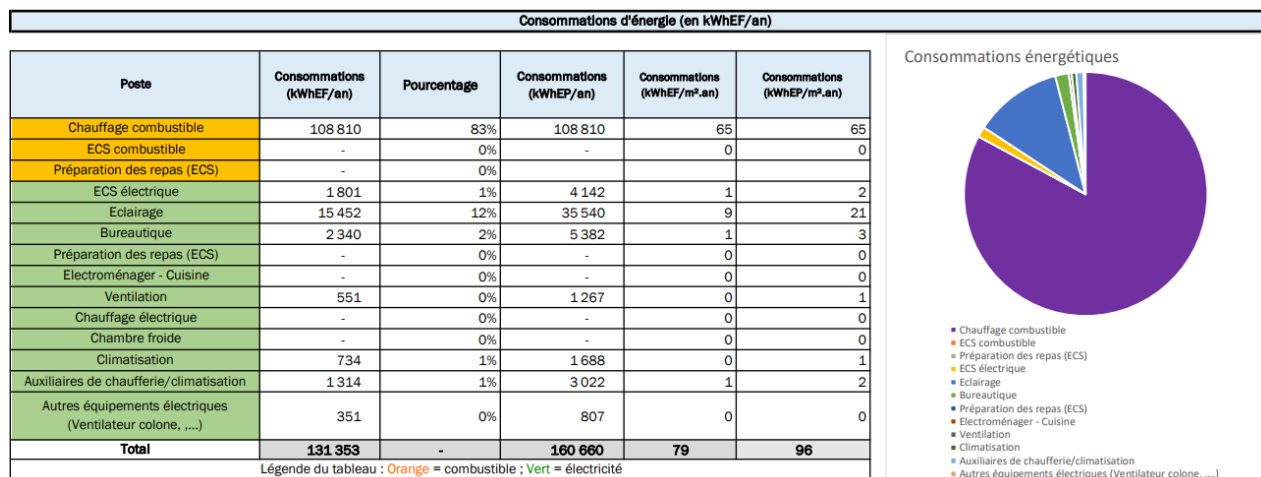
En termes d'émissions de GES, les répartitions sont assez similaires :



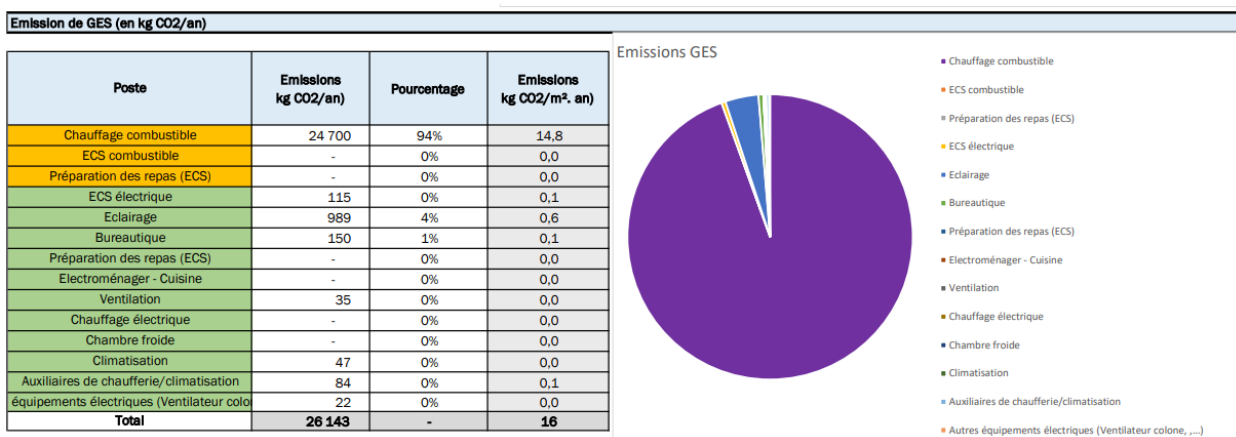
### Emissions de CO<sub>2</sub> du bâtiment hébergement

#### 4.2.2. BATIMENT 2 : ADMINISTRATION

Pour le bâtiment administration, l'ECS est grandement minoritaire. Les consommations de chauffages sont relativement faibles par rapport aux importantes surfaces vitrées. L'électricité représente un poste non négligeable de consommation.



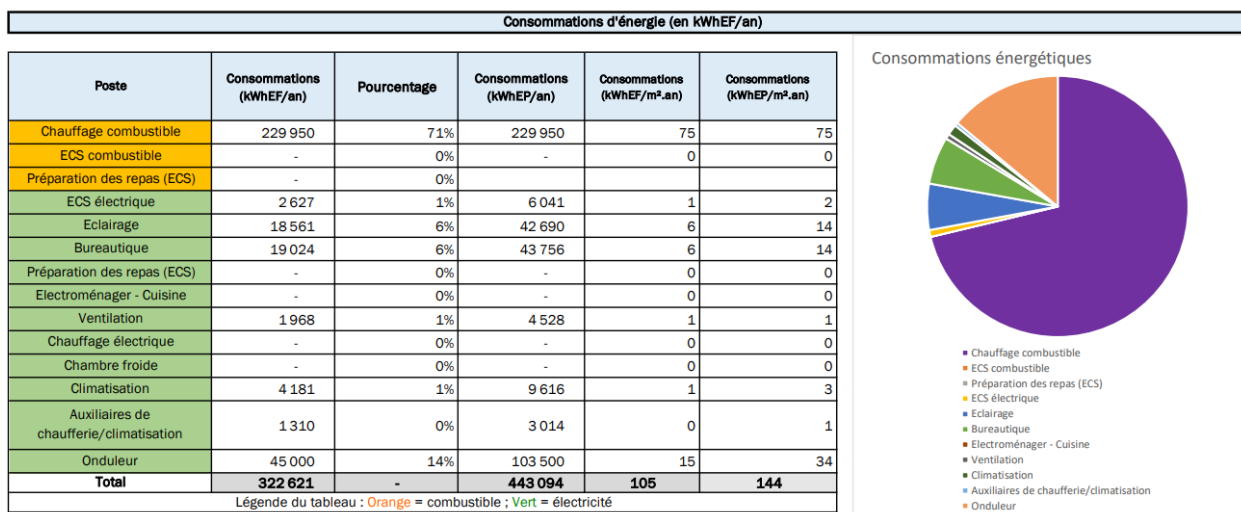
### Répartition des consommations pour le bâtiment administration



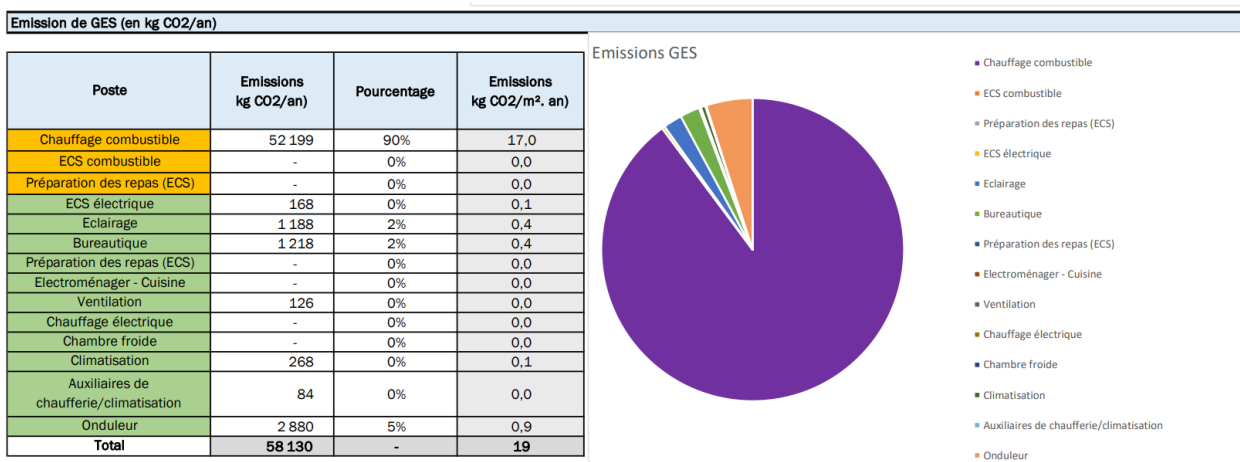
Emissions de CO2 pour le bâtiment administration

## 4.2.3. BATIMENT 3 : ENSEIGNEMENT

Comme pour le bâtiment administration, le chauffage occupe la majeure partie des consommations du bâtiment enseignement et l'ECS est très minoritaire. L'onduleur occupe un poste assez important de consommation électrique. L'éclairage et la bureautique représentent également des postes non négligeables de consommation.



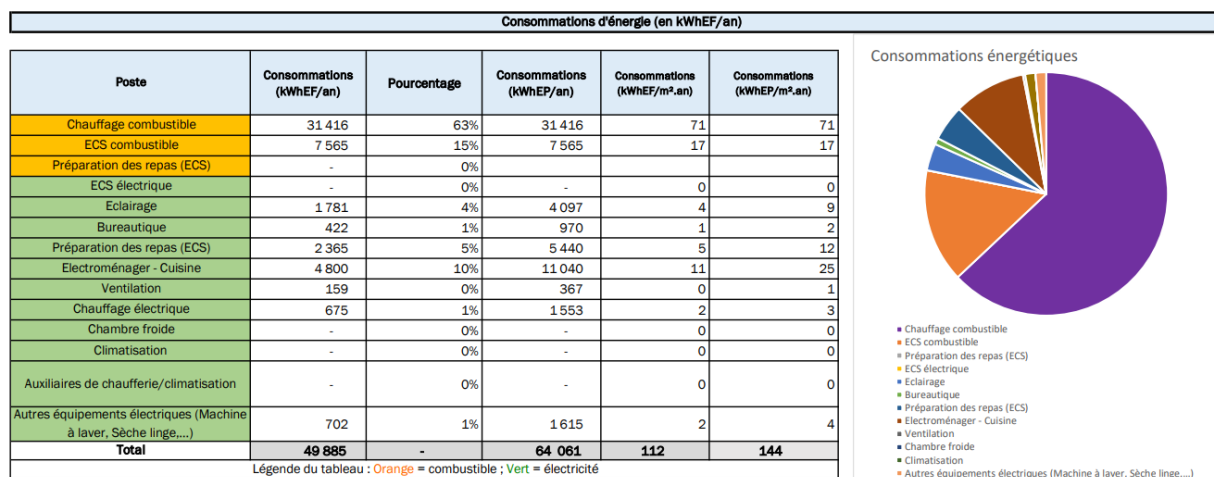
Répartition des consommations pour le bâtiment enseignement



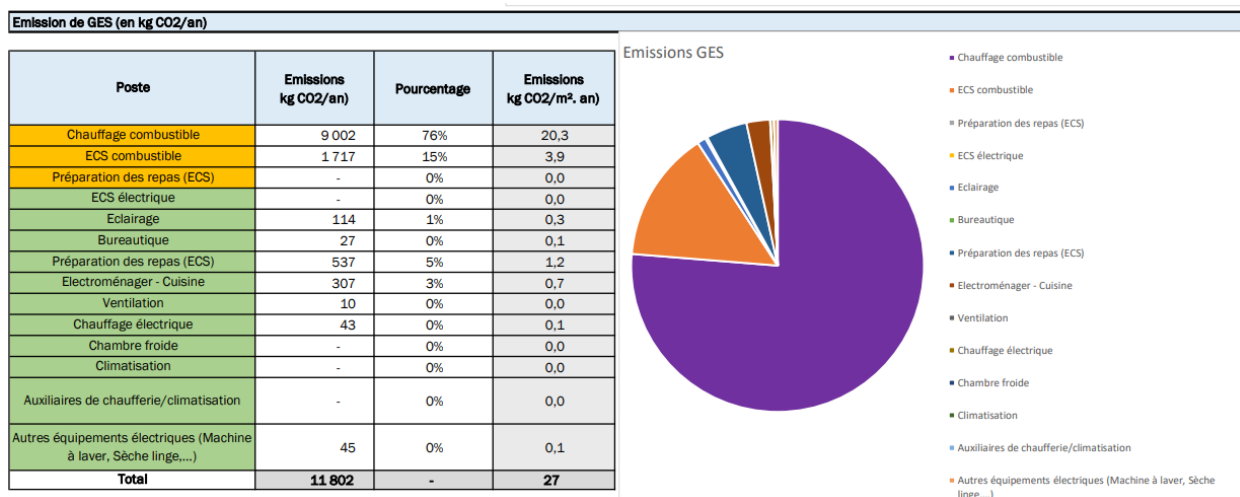
*Emissions de GES pour le bâtiment enseignement*

#### 4.2.4. BATIMENT 4 : LOGEMENTS PERSONNELS

Les consommations présentées ci-dessous sont relatives aux 3 logements cumulés.



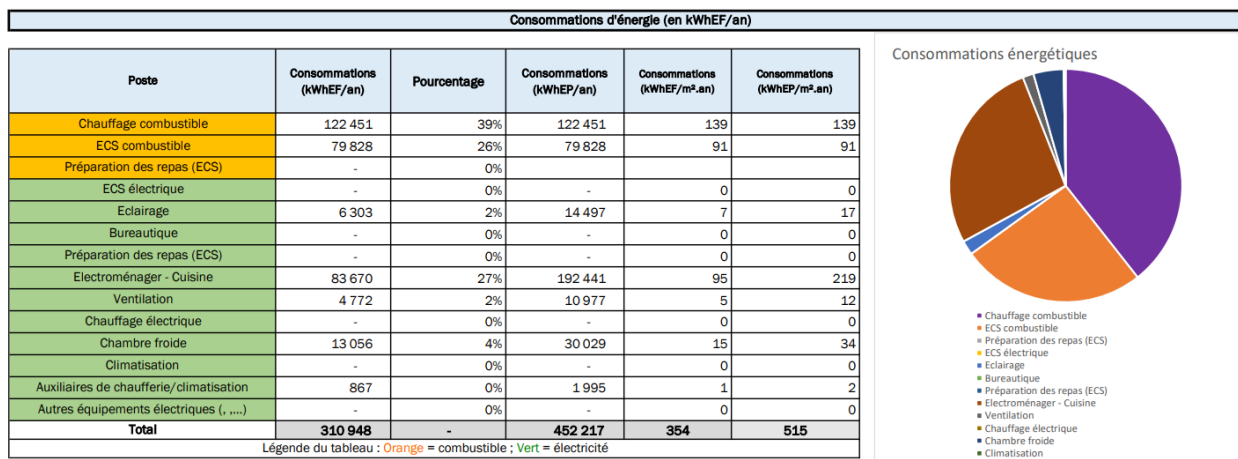
*Répartition des consommations pour les logements 5 – 7 et 9*



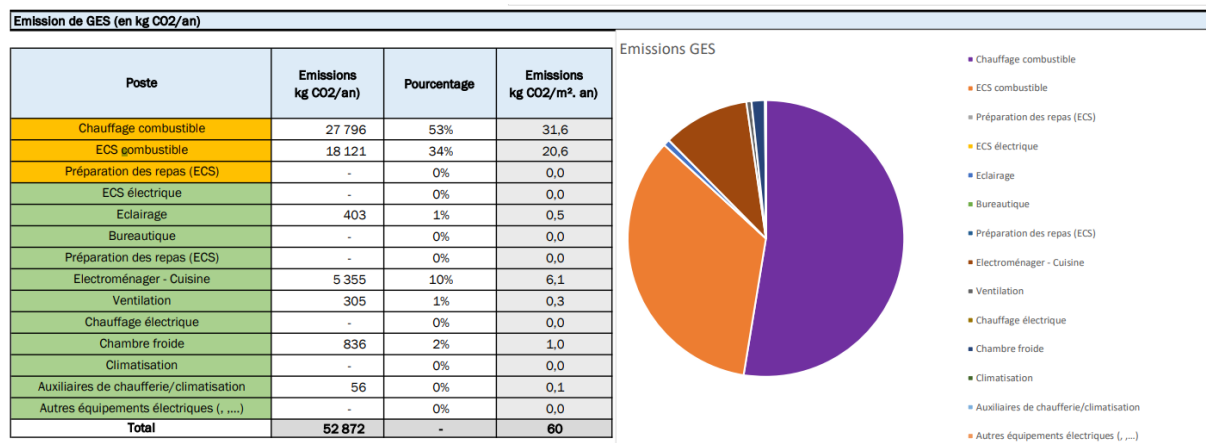
## Emissions de CO2 pour les logements 5 - 7 et 9

## 4.2.5. BATIMENT 5 : RESTAURATION

Les consommations relatives au bâtiment restauration sont présentées ci-dessous. Les consommations surfaciques sont particulièrement importantes pour ce bâtiment, c'est notamment du à d'importantes consommations d'électricité et d'ECS (relatives à la typologie du bâtiment). Les consommations de chauffage sont également assez importantes.



## Répartition des consommations pour le bâtiment restauration

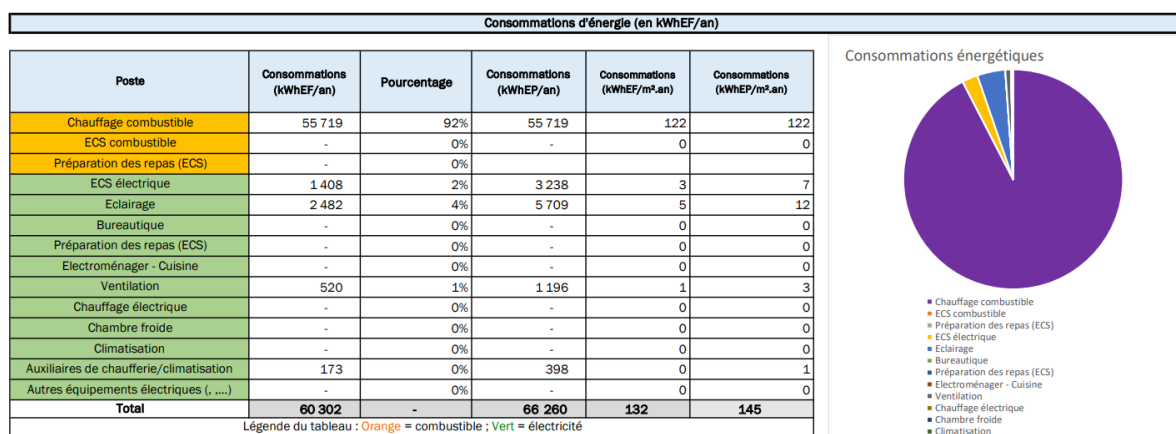


## Emissions de CO2 pour le bâtiment Restauration

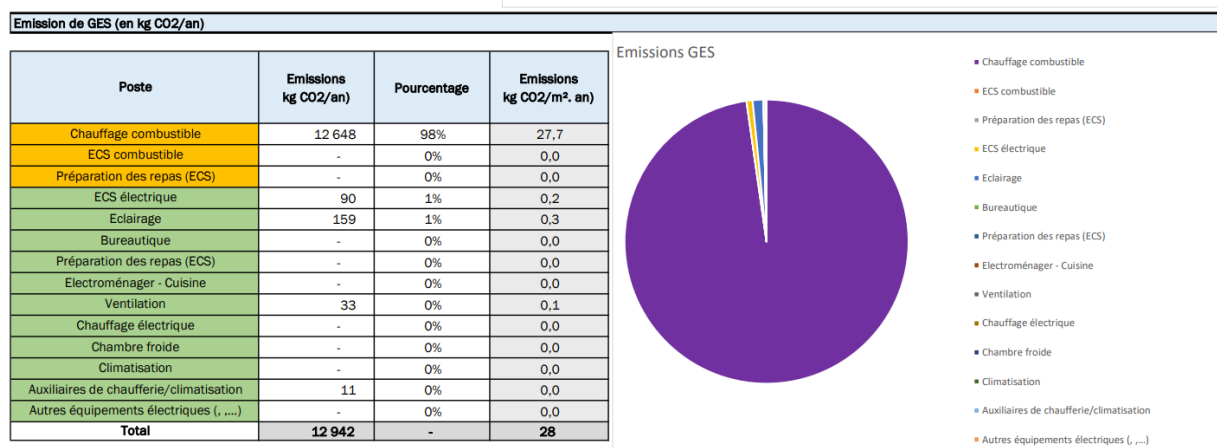
## 4.2.6. BATIMENT 6 : GYMNASE

Voici enfin les répartitions de consommations pour le bâtiment Gymnase. La quasi-totalité des consommations sont relatives au chauffage. C'est principalement du à l'utilisation du bâtiment et à l'absence d'équipements électriques particuliers.





### Répartition des consommations pour le bâtiment gymnase



### Emissions de CO2 pour le bâtiment gymnase

## 4.3. DECRET TERTIAIRE : OBJECTIFS ET COMPARAISONS

Cette troisième partie a pour but de présenter les objectifs du décret tertiaire et de comparer ces objectifs aux consommations réelles du site.

### 4.3.1. RAPPELS SUR LE DECRET TERTIAIRE

Le décret tertiaire, est une mesure réglementaire parue en juillet 2019 visant à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire en France. Il impose des obligations de réduction de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre pour les bâtiments à usage tertiaire, notamment les bureaux, les commerces, les écoles, etc. Ces objectifs peuvent être déterminés de deux manières :

- En valeurs absolues : seuil de consommations d'énergies finales, exprimé en kWhEF/m²/an.
- En valeurs relatives : pourcentages de réduction par rapport à une année de référence : 40% en 2030, 50% en 2040 et enfin 60% à l'horizon 2050.

Ces objectifs peuvent varier en fonction de différents paramètres, tels que la localisation, l'altitude ou encore l'usage du bâtiment. L'objectif de ce décret est de contribuer à la transition énergétique en réduisant la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur tertiaire.

Depuis 2019, ce décret a été complété par différents arrêtés visant à fournir des informations plus précises aux propriétaires de bâtiments tertiaires quant à leurs objectifs de consommation. Nous pouvons notamment noter 4 arrêtés intéressants dans le cas de cette étude :

- Arrêté du 24 novembre 2020, dit « Arrêté valeurs absolues I »
- Arrêté du 13 avril 2022, dit « Arrêté valeurs absolues II »
- Arrêté du 28 novembre 2023 dit « Arrêté valeurs absolues III »
- Arrêté du 20 février 2024 dit « Arrêté valeurs absolues IV »

Ces trois arrêtés fournissent les valeurs seuil de consommation pour les différents types de bâtiments et d'usages. D'autres textes devraient paraître dans les prochains mois/années afin de détailler plus de cas.

#### 4.3.2. OBJECTIFS : VALEURS ABSOLUES

Comme expliqué précédemment, la première possibilité pour répondre aux attendus du décret tertiaire est de réduire les consommations du site au-dessous d'une valeur seuil, dite « valeur absolue », exprimée en kWh<sub>ef</sub>/m<sup>2</sup>/an. Ces valeurs seuil varient en fonction de la typologie du bâtiment (Les objectifs de consommations d'un restaurant sont, par exemple, différents de ceux d'un internat). Par ailleurs, cette valeur absolue se divise en deux composantes :

- La composante CVC, représentant les consommations de chauffage, ventilation et climatisation. Dépendant de la zone géographique ainsi que de l'altitude du site.
- La composante USE, relative aux autres postes de consommations. Dépendant notamment de l'utilisation des bâtiments.

Dans le cadre du site de l'ENTE Valenciennes, l'usage du bâtiment se divise en différents types assez distincts : Internat, enseignement, restauration etc. Il est, dans ce cas, nécessaire de calculer les valeurs absolues pour chacune des typologies du site et calculer une valeur moyenne au prorata des surfaces de chaque typologie. Les typologies et surfaces entrées par l'exploitant sur Opérat sont les suivantes :

Catégorie d'activité Sous-catégorie d'activité	Surface de plancher (en m²)
<b>Bureaux – Services Publics - Banque</b> Bureaux - Bureaux standards	1807
<b>Culture et spectacles - Bibliothèque et médiathèque</b> Bibliothèque et médiathèque - Salle de lecture	491
<b>Enseignement supérieur</b> Enseignement Supérieur - Salles de formation, d'enseignement ou de vie de campus - Sans Process	1260
<b>Enseignement supérieur</b> Enseignement Supérieur - Ateliers et Halles techniques avec Process - Niveau 1 (DE *dA W/m²)	597
<b>Restauration - Débit de boissons</b> Cafétéria (service de boissons chaudes, sandwiches et plats à réchauffer au micro- ondes)	174
<b>Restauration - Débit de boissons</b> Restauration collective scolaire et universitaire	494
<b>Sports</b> Salle de sport de cours collectifs (fitness, pilates...)	457
<b>Stationnement</b> Stationnement en infrastructure (Sous-sol en ventilation mécanique)	1188
<b>Salles serveurs et centres d'exploitation informatique</b> Salle serveurs (surface de salle IT comprise entre 20 et 100 m²)	73
<b>Enseignement - Formation continue pour adultes</b> Formation continue pour adultes - Amphithéâtre, Auditorium, Salles de conférences	275

#### Répartition des surfaces au regard du décret tertiaire

Les valeurs absolues réglementaires étant en cours de parution, l'ensemble des surfaces mentionnées ci-dessus ne disposent pas à notre connaissance de valeurs absolues. C'est en particulier le cas du bâtiment restauration, dont la consommation est assez particulière. Par ailleurs, ces valeurs seuils ne concernent que les objectifs de 2030.

Il semble ainsi compliqué d'obtenir des valeurs seuil fiables sur la base de cette méthode pour ce site. Il est ainsi préconisé de se baser en priorité sur la seconde méthode de calcul, présentée ci-dessous.

#### 4.3.3. OBJECTIFS : VALEURS RELATIVES

La seconde possibilité pour atteindre les objectifs du décret tertiaire consiste à réduire les consommations énergétiques du site de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050 par rapport à une année de référence entre 2010 et 2019. Cette méthode sera retenue pour le calcul des objectifs.

D'après les données entrées sur Operat, l'année de référence la plus judicieuse semble être 2013, où la consommation est de 1 262 693 kWh. Sur la base de cette consommation, les objectifs futurs sont les suivants :

Ref	2021	Objectif 2030	Objectif 2040	Objectif 2050
-----	------	------------------	------------------	------------------

Consommation	1 262 693 kWh/an	1 105 491 kWh/an	757 615 kWh/an	631 347 kWh/an	505 077 kWh/an
Pourcentage de réduction	-	12,4%	40%	50%	60%

L'année de calcul choisie est 2021, comme expliqué précédemment, il s'agit de l'année la plus récente ayant la consommation la plus détaillée. Il est important de noter que des actions de performances énergétique ont déjà été réalisées depuis 2021, notamment la mise en place de GTB ainsi qu'un remplacement des têtes thermostatiques permettant de baisser la température de confort à 19°C. Ces actions seront prises en compte dans le calcul des actions de rénovations.

## 5. PROPOSITIONS D'AMELIORATION ENERGETIQUES

Cette dernière partie a pour but de présenter et chiffrer différentes actions permettant d'améliorer les performances énergétiques du site. Chaque action sera présentée au cas par cas, des tableaux détaillant notamment les gains réalisés (en termes d'énergies finales, primaires et d'émissions de CO<sub>2</sub>), les estimations de coûts et gains économiques sont présentés en annexe du document. Des scénarios d'améliorations des performances énergétiques, combinant les différentes solutions proposées seront par la suite présentés.

Trois types d'actions seront proposées :

**Actions à coûts réduits portant sur les conditions d'usage, la gestion du bâti ainsi que sur la régulation des systèmes :**

- Mise en place de GTB (*action déjà réalisée*)
- Abaissement de la température de confort à 19° C (*action déjà réalisée*)
- Mise en place d'horloges de ventilation
- Relamping LED pour l'ensemble du site
- Isolation des planchers bas donnant sur local non chauffé
- Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques
- Désembouage chimique
- Densification des bâtiments

**Actions à coûts modérés portant sur l'amélioration des installations techniques au sein du bâtiment :**

- Mise en place d'un ballon de stockage ECS
- Remplacement de la chaufferie et mise en place de chaudières à condensation
- Remplacement des équipements de cuisine par des équipements plus récents de plus haute performance

**Actions à coûts élevés portant sur le changement lourd des installations thermiques :**

- Mise en place de panneaux photovoltaïques
- Mise en place de pompes à chaleur
- Remplacement des menuiseries
- Réfection de l'étanchéité à l'air du bâtiment
- Isolation des murs par l'extérieur

**Actions permettant d'améliorer le confort des usagers**

- Rénovation / mise en place de volets extérieurs
- Généralisation de l'utilisation de brise soleils
- Sensibilisation des occupants sur l'inconfort d'été



## 5.1. ACTIONS D'AMÉLIORATION DE PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

Il est important de noter que les gains en valeur absolue présentés dans ici correspondent aux gains lorsque l'action est réalisée seule et communiquent une information sur le potentiel d'impact de cette action. Dans le cas où plusieurs actions de performance énergétiques sont réalisées simultanément, les gains bruts ne peuvent pas systématiquement être additionnés. Les gains associés au cumul d'actions sont présentés dans la partie relative aux scénarios d'améliorations de performances énergétiques.

### 5.1.1. ACTIONS A COÛTS RÉDUITS

Les actions présentées ici sont des actions à coûts réduits, assez simples à mettre en place et ayant un impact direct sur les consommations.

La mise en place de GTB ainsi que l'installation de têtes thermostatiques permettant de limiter la température de confort à 19°C ont déjà été effectuées au cours de l'année 2022. Dans la mesure où ces modifications ont été réalisées récemment, il est assez compliqué d'avoir une idée fiable de leur impact. Nous avons ainsi modélisé l'impact stable que peuvent avoir cette action. (Le remplacement des têtes thermostatiques pour le bâtiment hébergement n'a pas été modélisé, en effet, étant plus ancien, son impact est déjà pris en compte dans les consommations énergétiques).

**D'après nos modélisations, Ces deux premières actions pourraient permettre de réduire en moyenne de 10% les consommations de chauffage. Soit une diminution des consommations énergétiques globales de 5,8%.**

La mise en place d'horloges de ventilation permet une meilleure gestion des débits de ventilation et ainsi de n'extraire que les quantités d'air nécessaires à une bonne qualité intérieure. En plus d'avoir un impact sur les déperditions par extractions, cette action permettrait également d'améliorer grandement le confort des utilisateurs, en régulant notamment les concentrations en CO2 ainsi que les taux d'humidité. Cette mesure pourrait être particulièrement intéressante dans les logements personnels, où les occupants sont victimes d'importants problèmes d'humidité. Cette mesure aurait également un impact (relativement négligeable) sur les consommations électriques des ventilateurs.

Enfin, en périodes estivales, la mise en place de ce type de régulation sur la ventilation pourrait permettre de rafraîchir les bâtiments. Il serait par exemple possible d'accentuer la ventilation aux heures les plus fraîches (ventilation nocturne et en début de matinée).

**D'après nos modélisations, la mise en place d'horloges de ventilation permettrait une diminution des consommations de chauffage de 2%. Soit une diminution des consommations énergétiques globales de 1,15%.**

Le remplacement de l'ensemble des systèmes d'éclairage par des luminaires LED permet également d'optimiser les consommations électriques liées à l'éclairage. Bien que les systèmes existants aient déjà été remplacés par des systèmes à faible consommation, l'utilisation de LED représente un gain rapide, simple à mettre en place et à faible coût. Couplé à la gestion efficace de l'éclairage déjà mise en place (déclenchement sur détection, avec marche forcée les jours de faible luminosité), ce relamping LED permettrait de rendre les consommations liées à l'éclairage optimales.

D'après nos modélisations, le relamping LED de l'ensemble du site permettrait une diminution des consommations électriques de 9,7% sur l'ensemble du site (avec d'importantes variations d'un bâtiment à l'autre, voir tableaux en annexe). Soit une diminution des consommations énergétiques globales de 2,25%.

Cette action serait à mener en priorité sur les bâtiments suivants enseignement et administration, où les gains bruts seraient les plus importants.

La **réfection des planchers bas du bâtiment restauration** (représentant 870m<sup>2</sup>) est une action particulièrement simple à mettre en place dans la mesure où ce plancher bas est directement accessibles via le parking. Ce plancher est certes déjà considéré comme isolé mais la vétusté de l'isolation a été remarquée. Un examen complémentaire pourra être effectué pour justifier cette proposition.

En utilisant par exemple 12 cm de laine de roche, les résultats sont les suivants :

Bâtiment	Dépense par plancher bas avant isolation	Dépense par plancher bas après isolation	Gain énergétique	Coût estimé
Restauration	301 W/K	230 W/K	8 282 kWh EF	25 000 €

D'après nos estimations, la réfection du plancher bas permettrait de diminuer de 7% les consommations du bâtiment restauration.

D'après nos échanges sur place, il semblerait que les occupants soient déjà assez sensibilisés aux éco-gestes. Il semblerait cependant intéressant **d'accentuer cette sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques**, en particulier au sein du bâtiment enseignement. Cette sensibilisation peut passer par différents points :

- Le passage des écrans en mode « économie d'énergie »
- La mise en veille de l'ensemble des PC en cas d'inutilisation
- La sensibilisation à éteindre entièrement les PC et écrans en fin de journée
- La prise en compte de la consommation énergétique comme critère de choix lors du remplacement des PC et écrans.

Des actions similaires peuvent également être mises en place pour les projecteurs par exemple.

Ces différentes actions, particulièrement simples à mettre en place et à faible coût, permettraient de réaliser des économies de 25% sur les consommations liées aux équipements informatiques. Cela représenterait un gain d'environ 5500 kWhEF / an sur le bâtiment enseignement.

Le **désembouage chimique** est une action généralement réalisée au en amont de travaux sur la chaufferie dont l'action vient en complément de celle du désemboueur présent au sein de la chaufferie. Il s'agit d'un processus de nettoyage des systèmes de chauffage central visant à éliminer

les boues, les dépôts de tartre, et les débris accumulés dans les tuyaux et les radiateurs. Ces dépôts peuvent entraîner une réduction significative de l'efficacité énergétique du système de chauffage, provoquer des pannes et diminuer la durée de vie des équipements. Le désembouage chimique implique l'utilisation de produits chimiques spécifiques qui sont introduits dans le système de chauffage pour dissoudre et déloger les impuretés. Ensuite, le système est rincé abondamment pour éliminer les résidus. Il est recommandé de réaliser un désembouage à un intervalle d'environ 10 ans. La nécessité de réaliser cette action dépend de la date du dernier désembouage.

En plus des gains énergétiques, le désembouage permet d'améliorer les performances des radiateurs de façon individuelle et ainsi d'améliorer le confort d'hiver au sein des salles.

**D'après nos estimations, la réalisation d'un désembouage chimique permettrait de réaliser une économie de 2% des consommations de chauffage, soit environ 1% des consommations globales du site.**

Enfin, il pourrait également être intéressant de prévoir **une densification du site**. En effet, taux d'occupation du bâtiment enseignement est de l'ordre de 35%, ce qui est particulièrement faible. La densification des locaux aurait bien entendu un impact négatif sur les consommations énergétiques (plus d'utilisation des équipements de bureautique par exemple) mais permettrait de moduler les objectifs en valeur absolue du décret tertiaire afin de baisser leur exigence.

De plus, la densification n'aurait un impact que sur une très faible partie des consommations énergétiques. Par exemple, les consommations de chauffage (majoritaires dans la plupart des bâtiments) ne seraient que très peu impactées par la densification du site.

#### 5.1.2. ACTIONS A COUTS MODERES

Les actions présentées ici ont un cout relativement plus important, elles portent notamment sur les installations techniques présentes au sein du bâtiment.

**La mise en place d'un ballon de stockage ECS** semble également être assez intéressante. La production d'ECS est en effet actuellement réalisée en instantanée pour les bâtiments hébergement et restauration. Ce dispositif implique une consommation plus élevée. Il pourrait ainsi être intéressant de mettre en place un ballon de stockage afin de lisser la production d'ECS.

Bien que la mise en place d'un ballon de stockage ECS ne soit pas particulièrement complexe, la principale contrainte est la place que prendrait ce type de système. Il serait nécessaire de trouver un emplacement.

**D'après nos estimations, la mise en place d'un ballon de stockage ECS permettrait de diminuer les consommations d'ECS de l'ordre de 35%, soit un gain de 51 106 kWh / an. Cela permettrait une diminution des consommations globales de 4.7%.**

La mise en place de ce ballon pourrait impliquer des réflexions sur le redimensionnement de la production ECS. Cela impliquerait des investissements plus importants qui, eux même, impliqueraient une réflexion sur le remplacement de l'ensemble de la chaufferie (qui est abordé ci-dessous).

**Le remplacement de la chaufferie ainsi que la mise en place de chaudières à condensation** semblent être une action particulièrement intéressante. Comme expliqué précédemment, bien que la chaufferie semble être en bon état de fonctionnement, elle est tout de même vieillissante (presque 30 ans d'existence). Le remplacement des différents équipements de la chaufferie permettrait la mise en place d'équipements récents et performants. Le remplacement de l'échangeur ECS, situé au niveau des gaines techniques en toiture, semble notamment à privilégier. Il conviendrait de choisir un échangeur calorifugé afin de maximiser le rendement de l'échange.

Il ne semble pas nécessaire de remplacer le système de distribution, il est en effet en bon état de conservation et calorifugé. Le remplacement de l'ensemble des systèmes de distribution impliquerait des coûts particulièrement élevés pour des gains limités.

Le remplacement de la chaufferie pourrait permettre d'une part d'augmenter le rendement du processus et d'autre part d'adapter le dimensionnement des systèmes de production aux besoins énergétiques actuels du site.

D'après nos estimations, le remplacement de la chaufferie **permettrait une économie de chauffage de 7% sur l'ensemble des bâtiments** (à l'exception des logements personnels). Soit une réduction de 4,16% des consommations globales.

En plus de permettre des économies énergétiques, cette action permettrait également de prévenir les potentielles pannes de la chaufferie.

Par ailleurs, le cas de la chaudière à condensation est à considérer, en effet, bien que ce type de système affiche des performances énergétiques intéressantes, il implique le passage à des régimes de températures plus faibles. Il semble, à l'heure actuelle compliqué de baisser ces régimes de températures dans la mesure où certains espaces sont déjà compliqués à chauffer actuellement. Cette action pourrait cependant être particulièrement intéressante dans le cas de rénovations importantes du bâti diminuant grandement les déperditions.

Les équipements de cuisine représentent une consommation particulièrement importante (environ 40% des consommations électriques). **Un remplacement des équipements de cuisine par des équipements récents** ayant des meilleures performances pourrait permettre de réaliser d'assez importantes économies.

**Une réduction de 15% des consommations électriques des équipements de cuisine permettraient une diminution des consommations électriques de ce poste de l'ordre de 12540 kWhEF/an.**

Il est important de noter que ce pourcentage de réduction est à considérer avec prudence, les économies d'énergies réalisées par le remplacement des équipements de cuisine pourraient être confirmées par un organisme spécialisé en la matière. Cette proposition d'amélioration est ainsi à considérer comme un point d'attention et une piste de réflexion au vu des importantes consommations énergétiques liées aux équipements de cuisine. L'exploitant pourra statuer avec plus de certitudes quant à la nécessité de remplacer ces équipements.

### 5.1.3. ACTIONS A COUT ELEVE

Cette nouvelle partie propose actions d'amélioration énergétique à coût plus élevé, ciblant principalement l'enveloppe du bâtiment. Ces actions ont pour but d'améliorer drastiquement les performances énergétiques du bâtiment, avec un temps de retour sur investissement plus élevé.

**La mise en place de panneaux photovoltaïques** pourrait être une solution à envisager afin de respecter les objectifs du Décret Tertiaire. En effet, bien que la situation géographique ne soit pas optimale pour la production photovoltaïque, la mise en place de panneaux solaires pourrait représenter un apport non négligeable au niveau des consommations électriques. L'utilisation des bâtiments pourrait en effet bien coïncider avec les régimes de production des panneaux solaires :

- Les consommations électriques des bâtiments hébergement, administration et restauration sont majoritairement en journée (et représentent environ 87% des consommations électriques)
- Les consommations électriques sont assez stables au cours de l'année, avec un besoin assez important en été (période où la production solaire est la plus importante). De plus, l'onduleur et le serveur IT ont des consommations horaires assez stables.
- Le potentiel surplus de production estival pourrait être utilisé pour faire fonctionner les climatiseurs en période de très fortes températures et ainsi résoudre des problèmes d'inconfort.
- L'installation PV serait en adéquation avec la mise en place de PAC.

De plus, le fait d'installer des panneaux solaires permettrait de respecter les attendus du décret tertiaire par un autre biais (en autoconsommant une part de l'électricité). Il est important de noter que seuls les kWh autoconsommés sont pris en compte dans le calcul du décret tertiaire. Par exemple, pour un bâtiment dont la consommation électrique annuelle est de 100 MWh et une installation PV produisant 50 MWh d'électricité / an, si le taux d'autoconsommation est de 50%, le décret tertiaire considère une économie d'énergie de  $50\% \times 50 \text{ MWh}$ , soit 25 MWh.

Les coûts et gains associés à cette installation dépendent grandement du nombre de panneaux, du choix des modèles, du lieu d'installation et des taux d'autoconsommation. Sans accès à un relevé détaillé de consommations électriques (au pas de 5 à 10 min), il est complexe d'estimer les taux d'autoconsommation. Dans le cadre de cette étude, nous considérerons des taux d'autoconsommation allant de 45 à 60%. Ces taux sont bien entendu à considérer avec prudence et leur validation nécessiterait une étude approfondie.

Le tableau ci-dessous présente nos estimations pour différentes surfaces de panneaux installées :

Surface Panneaux	100 m <sup>2</sup>	250 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	750 m <sup>2</sup>
Puissance crête	20 kWc	50 kWc	100 kWc	150 kWc
Production (kWh/an)	17 000	42 500	85 000	127 500
Taux autoconsommation	60%	55%	50%	45%
Autoconsommation (kWh/an)	10 200	23 375	42 500	57 375
% conso élec globale	4,0%	9,1%	16,5%	22,2%
Coût	29 200 €	73 000 €	146 000 €	219 000 €
Gains €	2 414 €	5 993 €	11 900 €	17 723 €

TRI	12,1	12,2	12,3	12,4
Gain GES (kgCO2e/an)	652,8	1496	2720	3672

#### Caractéristiques associées aux potentielles installations PV

D'après ces premières estimations, une installation PV serait rentable après 12 ans et permettrait de réaliser d'assez importantes économies au regard du décret tertiaire.

Enfin, l'importante surface des toitures non inclinées semble assez propice à l'installation de panneaux photovoltaïques. L'absence d'ombrages extérieurs est également un atout. Plus concrètement, la figure ci-dessous présente les surfaces de toitures au sein desquelles il semble possible de mettre en place les panneaux photovoltaïques :



Bâtiment	Surface mobilisable
Bâtiment administration	260 m²
Bâtiment enseignement	490 m²
Bâtiment hébergement	350 m²
Bâtiment restauration	1020 m²
Locaux techniques	100 m²
Total	2220 m²

#### Surfaces mobilisables pour les panneaux PV et implantations

Au vu des surfaces présentées ci-dessus, chacun des scénarios de mise en place de panneaux PV semble faisable en première approche. Il reviendra aux propriétaires des lieux le choix des zones d'implantation de panneaux et de l'envergure de l'installation.

Il est important de noter les points de réserve suivants :

- **Implantation** : La longueur des toitures du bâtiment principal est orientée dans la direction Nord-Sud. L'implantation de panneaux photovoltaïques vers le sud (comme recommandée dans l'hémisphère nord) est donc possible mais pas optimale. De plus, bien que peu d'éléments extérieurs ne puissent impacter l'efficacité des panneaux, la gaine technique en



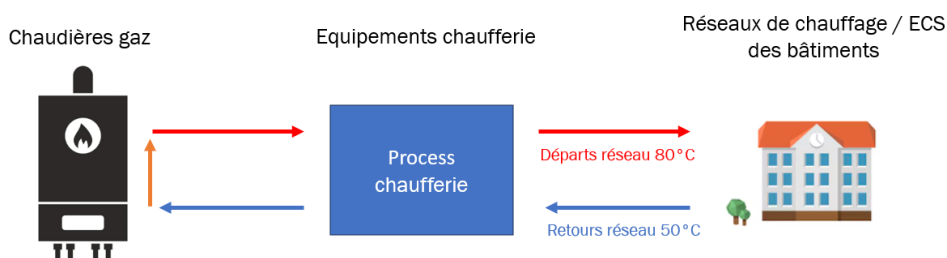
toiture du bâtiment principal pourrait limiter l'irradiation solaire reçue. Un travail de calepinage sera ainsi à prévoir pour l'implantation des panneaux.

- **Réglementation** : Le site étant classé comme patrimoine remarquable. L'installation de panneaux solaires nécessite certaines précautions :
  - Pour une puissance crête inférieure à 3 kW : l'installation doit être précédée d'une déclaration préalable soumise à l'expertise d'un architecte des Bâtiments de France (article R.421-11 du code de l'urbanisme)
  - Pour une puissance crête supérieure à 3 kW, un permis de construire est nécessaire.
  - L'installation est à privilégier sur les emplacements peu visibles depuis l'espace public, notamment sur toitures terrasses.

**Malgré ces contraintes, l'implantation panneaux photovoltaïques au site de l'ENTE semble faisable, et nécessiterait une étude approfondie afin de justifier sa faisabilité ainsi que son utilité.**

Au vu de l'importante part de consommation occupée par le chauffage, la mise en place de pompes à chaleur pourrait être une solution intéressante. Au vu de la situation géographique et des actuelles difficultés à chauffer les bâtiments en temps froids, la mise en place de PAC avec appoint gaz semble être la solution la plus intéressante. Il serait ainsi envisageable de remplacer la chaufferie gaz existante par des pompes à chaleur air eau avec un appoint au gaz.

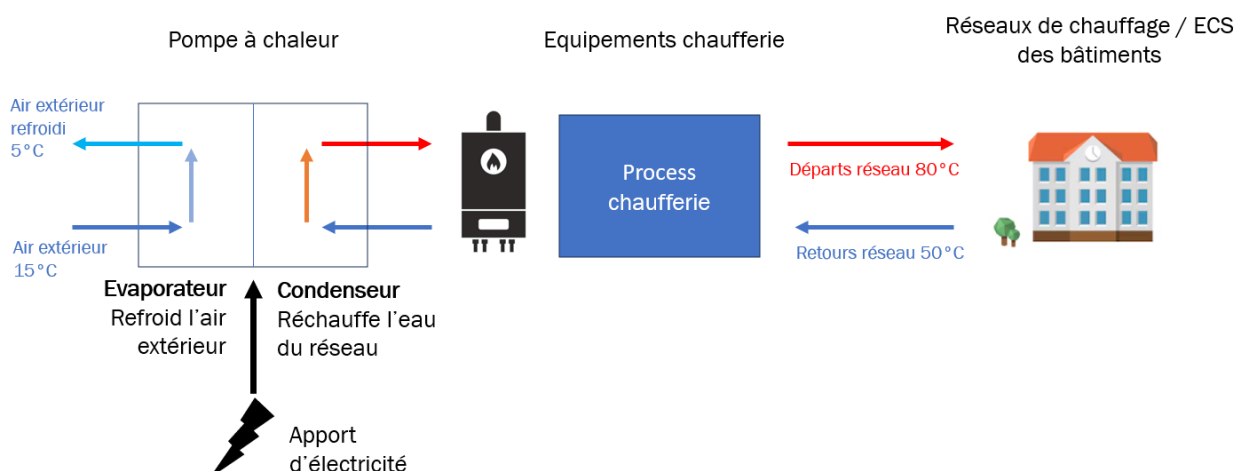
Concrètement, l'installation actuelle peut être schématisée ci-dessous :



*Schéma simplifié représentant l'installation existante*

Les retours réseaux sont réchauffés par les chaudières et sont envoyés au sein des réseaux de chauffage et d'ECS des bâtiments.

En cas de mise en place de pompes à chaleur, l'installation pourrait être représentée par le schéma présenté ci-dessous :



*Schéma simplifié de l'installation après mise en place de pompe à chaleur*

La pompe à chaleur contient deux circuits :

- **Un circuit évaporateur** : Un fluide frigorigène absorbe de la chaleur en s'évaporant, cette chaleur est issue de l'air extérieur. L'air extérieur sort donc plus froid de la PAC.
- **Un circuit condenseur** : Ce même fluide frigorigène libère la chaleur absorbée au cours de sa condensation, cette chaleur est transmise au réseau d'eau chaude.

Cette configuration permet de récupérer la chaleur issue de l'air extérieur pour réchauffer les retours réseau. Un apport d'électricité est nécessaire au fonctionnement du compresseur présent au sein de la PAC. Pour ce type de pompe à chaleur air eau, la consommation électrique annuelle du compresseur est généralement 2 à 4 fois inférieure à la chaleur fournie en sortie du système (ordre de grandeur, susceptible de varier en fonction des températures du systèmes). Cela permet ainsi de diviser les consommations énergétiques d'autant et de remplacer les consommations de gaz par des consommations d'électricité.

Dans le cas de l'ENTE, la mise en place de pompes à chaleur semble particulièrement intéressante pour diverses raisons :

- Les canalisations au sein des différents bâtiments permettant la circulation de l'eau chaude sont déjà existantes et compatibles avec la mise en place d'une PAC.
- La chaufferie arrivant en fin de vie, il peut être intéressant de repenser le mode de production de chaleur au moment du remplacement.
- Les locaux existants pour les chaudières pourraient être réutilisés pour la mise en place des pompes à chaleur.

Il est toutefois nécessaire de noter les points suivants :

- Les pompes à chaleur peuvent être assez volumineuses. Il est également nécessaire de laisser libres des zones de maintenance. Il sera nécessaire d'étudier la faisabilité d'implanter ce système au sein du local gaz existant.

- L'air en sortie de l'évaporateur peut être assez froid en période hivernale, il faudra également évaluer l'impact sur le confort des usagers à proximité.

Dans le cas où ces problématiques s'avèrent être bloquantes, deux possibilités peuvent être envisageables :

- Disposer les pompes à chaleur en toiture, permettant de disposer d'un espacement plus important et d'avoir des rejets d'air froid moins gênant. Il faudra cependant veiller à ne pas nuire à la cohérence architecturale du site.
- Il est également possible de limiter les puissances de PAC (et donc leur emprise) et de garder un appoint de gaz. Cette seconde solution est envisageable dans tous les cas. La répartition entre les puissances de PAC et de gaz installées seront ainsi à étudier.

**Le mode de fonctionnement des PAC permettrait de diviser par 2 à 3 les consommations de chauffage et ainsi réaliser une économie sur les consommations globales d'environ 40%.**

Il est cependant important de noter que la mise en place de pompes à chaleur représenterait un investissement particulièrement important, de plusieurs centaines de milliers d'euros. De plus, bien que les consommations de chauffage baisseraient, il faudra tout de même considérer un prix de l'électricité généralement plus élevé que celui du gaz. La mise en place de pompes à chaleur devra faire l'objet d'études spécifiques afin d'en confirmer la faisabilité.

**La réfection de l'étanchéité à l'air des bâtiments** est également préconisée pour l'ENTE Valenciennes. Il serait pertinent de réaliser un test d'étanchéité sur l'ensemble du site afin de connaître les points faibles du site et de mener des travaux de rénovation à ces endroits précis. Cette réfection permettrait de diminuer les déperditions du bâtiment liées aux infiltrations d'air.

Dans le cas où le remplacement des menuiseries est envisagé, il serait préférable de réaliser cette réfection de l'étanchéité après avoir réalisé les travaux sur les menuiseries. En effet, le remplacement des menuiseries pourrait avoir un impact non négligeable sur l'étanchéité du bâtiment.

En l'absence de données d'entrée sur l'étanchéité du bâtiment, il est assez compliqué de chiffrer les coûts et gains liés à cette action de performance énergétique.

**Le remplacement des menuiseries des bâtiments** semble être une solution assez intéressante. En effet, comme pour beaucoup d'équipements, les menuiseries datent de la construction des bâtiments. Il peut donc être intéressant de les remplacer par des modèles plus performants.

Dans la mesure où les menuiseries occupent une part importante des parois verticales du bâtiment, leur remplacement aurait assez un fort impact sur les performances énergétiques du site, mais représenterait également un coût particulièrement élevé. Il serait donc préférable de remplacer en priorité les menuiseries pour les bâtiments où les consommations de chauffage sont les plus élevées et où les déperditions par les menuiseries sont les plus fortes :

- Hébergement : 131 000 kWh de chauffage / an et 21% de déperditions par les menuiseries
- Administration : 108 000 kWh de chauffage / an et 36% de déperditions par les menuiseries
- Enseignement : 230 000 kWh de chauffage / an et 24% de déperditions par les menuiseries

Outre l'impact évident sur les déperditions thermiques, le remplacement des menuiseries réduirait également les infiltrations d'air au sein des locaux et pourrait ainsi avoir un double impact sur les

pertes de chaleur. De plus, cette action pourrait avoir un impact sur l'inconfort d'hiver, les occupants ont en effet noté des problèmes à ce niveau, avec notamment une sensation d'air froid au niveau des menuiseries.

Au vu du caractère patrimonial du bâtiment, il est également préférable de privilégier des menuiseries ayant un aspect visuel similaire à celui des menuiseries d'origine.

En considérant un double vitrage remis à neuf, il semble possible de passer d'un  $U_w$  moyen de 2,5  $W/m^2.K$  à 1,3  $W/m^2.K$ . Ce changement aurait les impacts suivants sur les consommations de chauffage :

Bâtiment	Consommation initiale (chauffage)	Consommation finale	Gain brut	Cout
Hébergement	131 151 kWh	89 268 kWh	41 883 kWh	379 k€
Administration	108 810 kWh	79 667 kWh	29 143 kWh	802 k€
Enseignement	229 950 kWh	188 285 kWh	41 665 kWh	970 k€
Logements personnels	31 416 kWh	30 441 kWh	975 kWh	36 k€
Restauration	122 451 kWh	99 808 kWh	22 643 kWh	478 k€
Gymnase	55 719 kWh	51 554 kWh	4 165 kWh	86 k€

*Gains associés aux remplacements des menuiseries pour les différents bâtiments*

Ces calculs prennent également en compte les réductions de déperditions liées à l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment.

**Au vu de cette estimation, le remplacement des menuiseries permet de réaliser des gains significatifs, en particulier sur le bâtiment hébergement, mais ne serait pas une opération rentable. Elle serait ainsi à considérer en dernier recours.**

Cette faible rentabilité est due, d'une part, aux moyens conséquents à mettre en place pour la réalisation de cette opération et d'autre part à la relative efficacité des menuiseries existantes.

Enfin, **l'isolation des parois par l'extérieur** permettrait de réduire significativement les déperditions tout en impliquant travaux importants. Les parois intérieures étant déjà isolée, il semble plus intéressant d'isoler les parois extérieures. En plus de renforcer l'isolation cette action permettrait de limiter l'impact de certains des ponts thermiques. L'isolation extérieure permettrait également de traiter les problématiques de dommages ponctuels sur les façades du bâtiment. Lors de la réalisation des travaux, il sera tout de même nécessaire de veiller à conserver la même apparence de bâtiment afin de ne pas nuire à l'aspect architecturale du site.

Bâtiment	Consommation initiale (chauffage)	Consommation finale	Gain brut	Cout
Hébergement	131 151 kWh	114 140 kWh	16 360 kWh	200 k€
Administration	108 810 kWh	100 500 kWh	8 200 kWh	200 k€
Enseignement	229 950 kWh	210 300 kWh	19 600 kWh	310 k€
Logements personnels	31 416 kWh	24 720 kWh	6 680 kWh	170 k€
Restauration	122 451 kWh	112 680 kWh	9 760 kWh	140 k€
Gymnase	55 719 kWh	49 410 kWh	6 300 kWh	90 k€

Comme pour le remplacement des menuiseries, cette dernière mesure ne serait pas rentable économiquement, elle serait également à mettre en place en dernier recours.

#### 5.1.4. ACTIONS PERMETTANT D'AMÉLIORER LE CONFORT DES USAGERS

Enfin, cette dernière partie vise à proposer des actions ayant pour but d'améliorer de façon passive le confort des usagers du site, en particulier pour les questions d'inconfort d'été.

**La mise en place de volets roulants** semble être un choix particulièrement judicieux à coût acceptable. En effet, l'inconfort d'été est en partie dû à la forte irradiation solaire reçue par les menuiseries. Le fait de couvrir ces menuiseries par des parois opaques permet stopper la transmission de chaleur par rayonnement et ainsi de limiter l'augmentation des températures au sein des salles. Il sera nécessaire d'opter, dans la mesure du possible, pour des volets extérieurs. Ces derniers ont en effet un bien meilleur impact sur l'inconfort d'été.

Il peut cependant potentiellement être complexe d'installer les volets roulants extérieurs sur certaines menuiseries de l'établissement, à la fois pour des questions techniques (par la grande surface de menuiseries) et pour des questions esthétiques (ces volets ne doivent pas nuire à l'aspect patrimonial du bâtiment). Dans les cas où ces problématiques subviennent, il est possible de se rabattre sur des volets intérieurs, malgré leur impact limité sur l'inconfort d'été. En cas d'isolation des bâtiments par l'extérieur, il pourrait être intéressant de réaliser ces travaux en parallèle.

En termes de localisation, il serait préférable de disposer ces volets au sein des pièces les plus utilisés et où l'inconfort thermique est le plus important. Notamment les bâtiments enseignement et administration. Il est également plus judicieux d'installer ces volets sur les façades orientées aux côtés Sud-Est et Sud-Ouest. Enfin, pour des raisons de confort thermique et lumineux, le remplacement / la rénovation des volets roulants extérieurs du bâtiment hébergement sont préconisés.

Le prix d'installation de ces volets dépend grandement des choix de matériaux, de type de volets et de lieux de mise en place. Au vu des importantes surfaces vitrées, le prix d'installation de ces systèmes peut être estimé à 1000€ / unité.

L'**utilisation de brises soleil** est également une solution particulièrement intéressante pour le site. Certains bâtiments en sont actuellement déjà équipés, mais leur impact semble relativement faible. Il pourrait être intéressant de reprendre leur dimensionnement afin d'optimiser leur utilité.

Comme pour les volets roulants, le prix de mise en place de brise soleils dépend grandement du type de système choisi ainsi que des lieux de mise en place. Le prix de ce type de système peut être estimé en première approche à 500 € / m.

Enfin, la **sensibilisation des occupants** aux comportements à adopter en cas de canicule peut également avoir un impact important. Quelques préconisations sont listées ci-dessous :

- Maintenir les volets fermés pendant la journée
- Créer des courants d'air (si possible traversants), avec une ouverture des fenêtres tôt le matin et tard le soir.
- Utiliser en priorité les pièces au RDC et ombragées où l'inconfort est le plus faible



## 5.2. SCENARIOS D'AMELIORATIONS DE PERFORMANCES ENERGETIQUE

Cette dernière partie a pour but de proposer différents scénarios d'amélioration des performances énergétiques du site.

5 scénarios d'amélioration seront proposés :

- Scénario 1 : Mise en place des actions à faible coût
- Scénario 2 : Mise en place des actions à faible coût + à coût modéré (hors PAC)
- Scénario 3 : Mise en place des actions à faible coût + à coût modéré (avec PAC)
- Scénario 4 : Mise en place des actions à faible coût + à coût modéré (avec PAC) + PV
- Scénario 5 : Mise en place de l'ensemble des actions

Ces différents scénarios permettent d'évaluer l'efficacité d'actions d'envergure différentes et de sélectionner les actions à réaliser ou non.

### 5.2.1. SCENARIO 1 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A FAIBLE COUT

Les actions à mener pour ce premier scénario sont présentées ci-dessous :

Actions sur scénario 1						
Description	Hébergement	Administration	Enseignement	Logements personnels	Restauration	Gymnase
Isolation des murs par l'intérieur (ITI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolation des planchers bas sur extérieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de robinets thermostatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rénovation de chaufferie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une PAC hybride	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'un ballon ECS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Désembouage chimique	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'horloge de ventilation	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de luminaires LED	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des équipements de cuisine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux éco-gestes pour les équipements informatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Densification des bâtiments	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de volets roulants extérieurs	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de brises soleil	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux comportements à adopter en cas de canicule	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Actions à mettre en place : scénario 1

Les apports de ces différentes actions sont présentés ci-dessous :

Scénario 1 : Actions de faible envergure	Consommation initiale Chauffage / ECS	Consommation initiale Electricité
	838 915 kWh	257 350 kWh

Action de Performance	Gain Chauffage (kWh)	Gain Electricité (kWh)
Isolation des murs par l'intérieur (ITI)	-	-
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	-	-
Isolation des planchers bas sur extérieur	8 083	-
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	49 280	-
Mise en place de robinets thermostatiques	11 551	-
Rénovation de chaufferie	-	-
Mise en place de PAC hybride	-	-
Mise en place d'un ballon de stockage ECS	-	-
Désembouage chimique	12 163	-
Mise en place d'horloge de ventilation	9 902	539
Mise en place de luminaires LED	-	23 989
Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques	-	6 935
Remplacement des équipements de cuisine	-	-
Densification des bâtiments	-	-
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	-	-
Mise en place de brise-soleil	-	-
Mise en place de volets roulants extérieurs	-	-
Sensibilisation sur les comportements à adopter en cas de canicule	-	-

<b>Total : Gains énergétiques</b>	<b>90 977 kWh</b>	<b>30 384 kWh</b>
<b>Total : Gains économiques</b>	<b>10 008 €</b>	<b>4 558 €</b>
<b>Total : Emissions GES</b>	<b>21 tCO2e/an</b>	<b>1,9 tCO2e/an</b>

Consommation projetée Chauffage / ECS	Consommation projetée Electricité
747 938 kWh	226 966 kWh
<b>Gain total</b>	<b>-11%</b>
<b>Gain par rapport à 2013</b>	<b>-23%</b>

#### Gains associés aux actions du scénario 1

La mise en place de ces actions, permettrait une réduction des consommations de 23% par rapport à l'année de référence de 2013.

**Le coût de l'ensemble de ces actions est estimé à 70 000 €. Une importante partie de ce coût est lié à l'isolation du plancher bas du bâtiment restauration (25 000 €).**

Au vu des importantes variations liées aux différentes possibilités d'implantation des volets extérieurs et des casquettes solaires, leur coût n'a pas été inclus ici. Un indicatif de coût par unité de ces systèmes est présenté dans les tableaux en annexe.

**Les CEE mobilisables pour ce premier scénario sont estimés à 26 300 €**

## 5.2.2. SCENARIO 2 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUTS MODERES (HORS PAC)

Les actions à mener pour ce second scénario sont présentées ci-dessous :

Actions sur scénario 2						
Description	Hébergement	Administration	Enseignement	Logements personnels	Restauration	Gymnase
Isolation des murs par l'extérieur (ITE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolation des planchers bas sur extérieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de robinets thermostatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rénovation de chaufferie	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'une PAC hybride	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'un ballon ECS	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Désembouage chimique	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'horloge de ventilation	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de luminaires LED	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des équipements de cuisine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux eco-gestes pour les équipements informatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Densification des bâtiments	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de volets roulants extérieurs	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de brises soleil	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux comportements à adopter en cas de canicule	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

## Actions à mettre en place : scénario 2

Les apports de ces différentes actions sont présentés ci-dessous :

Scénario 2 : Actions à envergure modérée		Consommation initiale Chauffage / ECS	Consommation initiale Electricité
		838 915 kWh	257 350 kWh
Action de Performance	Gain Chauffage (kWh)	Gain Electricité (kWh)	
Isolation des murs par l'intérieur (ITI)	-	-	
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	-	-	
Isolation des planchers bas sur extérieur	8 083	-	
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	49 280	-	
Mise en place de robinets thermostatiques	11 551	-	
Rénovation de chaufferie	40 542	-	
Mise en place de PAC hybride	-	-	
Mise en place d'un ballon de stockage ECS	51 106	-	
Désembouage chimique	11 311	-	
Mise en place d'horloge de ventilation	9 252	-	539
Mise en place de luminaires LED	-	-	23 989
Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques	-	-	6 935
Remplacement des équipements de cuisine	-	-	12 540
Densification des bâtiments	-	-	-
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	-	-	-
Mise en place de brise-soleil	-	-	-
Mise en place de volets roulants extérieurs	-	-	-
Sensibilisation sur les comportements à adopter en cas de canicule	-	-	-
<b>Total : Gains énergétiques</b>	<b>181 125 kWh</b>	<b>42 924 kWh</b>	
<b>Total : Gains économiques</b>	<b>19 924 €</b>	<b>6 439 €</b>	
<b>Total : Emissions GES</b>	<b>42 tCO2e/an</b>	<b>2,7 tCO2e/an</b>	

Consommation projetée Chauffage / ECS	Consommation projetée Electricité
657 790 kWh	214 426 kWh
<b>Gain total</b>	<b>-20%</b>
<b>Gain par rapport à 2013</b>	<b>-31%</b>

## Gains associés aux actions du scénario 2

La mise en place de ces actions à coût modéré ne permettrait pas d'atteindre les objectifs de 2030. Le remplacement de la chaufferie ainsi que des équipements également d'assurer la pérennité des équipements techniques du site.

**Le coût estimé des actions liées à ce second scénario est de 340 000 €. La majeure partie de ce coût est liée à la rénovation de la chaufferie.**

Au vu des importantes variations liées aux différentes possibilités d'implantation des volets extérieurs et des casquettes solaires, leur coût n'a pas été inclus ici. Un indicatif de coût par unité de ces systèmes est présenté dans les tableaux en annexe.

**Les CEE mobilisables pour ce second scénario sont estimés à 33 300 €**

### 5.2.3. SCENARIO 3 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUT MODERE (AVEC PAC)

Les actions à mettre en place pour ce troisième scénario sont les suivantes :

Actions sur scénario 3						
Description	Hébergement	Administration	Enseignement	Logements personnels	Restauration	Gymnase
Isolation des murs par l'extérieur (ITE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolation des planchers bas sur extérieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de robinets thermostatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rénovation de chaufferie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une PAC hybride	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'un ballon ECS	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Désembouage chimique	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'horloge de ventilation	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de luminaires LED	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des équipements de cuisine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux eco-gestes pour les équipements informatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Densification des bâtiments	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de volets roulants extérieurs	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de brises soleil	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux comportements à adopter en cas de canicule	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

*Actions à mettre en place : Scénario 3*

Les apports de ces différentes actions sont présentés ci-dessous :

Scénario 3 : Actions à envergure modérée + PAC	Consommation initiale Chauffage / ECS	Consommation initiale Electricité
	838 915 kWh	257 350 kWh

Action de Performance	Gain Chauffage (kWh)	Gain Electricité (kWh)
Isolation des murs par l'intérieur (ITI)	-	-
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	-	-
Isolation des planchers bas sur extérieur	8 083	-
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	49 280	-
Mise en place de robinets thermostatiques	11 551	-
Rénovation de chaufferie	-	-
Mise en place de PAC hybride	400 962	-
Mise en place d'un ballon de stockage ECS	51 106	-
Désembouage chimique	3 742	-
Mise en place d'horloge de ventilation	3 482	539
Mise en place de luminaires LED	-	23 989
Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques	-	6 935
Remplacement des équipements de cuisine	-	12 540
Densification des bâtiments	-	-
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	-	-
Mise en place de brise-soleil	-	-
Mise en place de volets roulants extérieurs	-	-
Sensibilisation sur les comportements à adopter en cas de canicule	-	-
<b>Total : Gains énergétiques</b>	<b>528 205 kWh</b>	<b>42 924 kWh</b>
<b>Total : Gains économiques</b>	<b>45 674 €</b>	<b>6 439 €</b>
<b>Total : Emissions GES</b>	<b>173 tCO2e/an</b>	<b>2,7 tCO2e/an</b>

Consommation projetée Chauffage / ECS	Consommation projetée Electricité
310 710 kWh	214 426 kWh
<b>Gain total</b>	<b>-52%</b>
<b>Gain par rapport à 2013</b>	<b>-58%</b>

#### Gains associés aux actions du scénario 3

La mise en place de pompes à chaleur permettrait de réaliser un gain drastique et d'atteindre les objectifs du décret tertiaire.

Le passage à un chauffage à l'électricité permettrait également de grandement diminuer les émissions de CO2 du site. Cependant, les coûts de l'électricité diminueraient les gains associés aux réduction des consommations de chauffage.

**La faisabilité de mise en place de PAC pour le site de l'ENTE nécessiterait la confirmation d'une étude approfondie.**

**Le coût estimé des actions liées à ce second scénario est de 680 000 €. (Ce cout dépend grandement des choix d'installation pour les pompes à chaleur).**

La mise en place de PAC n'est pas compatible avec le remplacement des chaudières gaz, nous avons tout de même conservé un coût de 100 000 € dans le budget global (correspondant au remplacement des équipements process de la chaufferie).

Au vu des importantes variations liées aux différentes possibilités d'implantation des volets extérieurs et des casquettes solaires, leur coût n'a pas été inclus ici. Un indicatif de coût par unité de ces systèmes est présenté dans les tableaux en annexe.

**Les CEE mobilisables pour ce troisième scénario sont estimés à 33 300 €**

## 5.2.4. SCENARIO 4 : MISE EN PLACE DES ACTIONS A COUT MODERE (AVEC PAC + PV)

Les actions à mettre en place pour ce quatrième scénario sont les suivantes :

Actions sur scénario 4						
Description	Hébergement	Administration	Enseignement	Logements personnels	Restauration	Gymnase
Isolation des murs par l'extérieur (ITE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isolation des planchers bas sur extérieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de robinets thermostatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rénovation de chaufferie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une PAC hybride	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'un ballon ECS	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Désembouage chimique	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place d'horloge de ventilation	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de luminaires LED	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Remplacement des équipements de cuisine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux eco-gestes pour les équipements informatiques	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Densification des bâtiments	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mise en place de volets roulants extérieurs	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de brises soleil	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensibilisation aux comportements à adopter en cas de canicule	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Actions à mettre en place : Scénario 4



Les gains associés à ces différentes actions sont présentés ci-dessous :

Scénario 4 : Actions à envelopure modérée + PAC + PV	Consommation initiale Chauffage / ECS	Consommation initiale Electricité
	838 915 kWh	257 350 kWh

Action de Performance	Gain Chauffage (kWh)	Gain Electricité (kWh)
Isolation des murs par l'intérieur (ITI)	-	-
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	-	-
Isolation des planchers bas sur extérieur	8 083	-
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	49 280	-
Mise en place de robinets thermostatiques	11 551	-
Rénovation de chaufferie	-	-
Mise en place de PAC hybride	400 962	-
Mise en place d'un ballon de stockage ECS	51 106	-
Désembouage chimique	3 742	-
Mise en place d'horloge de ventilation	3 482	539
Mise en place de luminaires LED	-	23 989
Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques	-	6 935
Remplacement des équipements de cuisine	-	12 540
Densification des bâtiments	-	-
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	-	42 500
Mise en place de brise-soleil	-	-
Mise en place de volets roulants extérieurs	-	-
Sensibilisation sur les comportements à adopter en cas de canicule	-	-
<b>Total : Gains énergétiques</b>	<b>528 205 kWh</b>	<b>85 424 kWh</b>
<b>Total : Gains économiques</b>	<b>45 674 €</b>	<b>20 289 €</b>
<b>Total : Emissions GES</b>	<b>173 tCO2e/an</b>	<b>5,5 tCO2e/an</b>

Consommation projetée Chauffage / ECS	Consommation projetée Electricité
310 710 kWh	171 926 kWh
<b>Gain total</b>	<b>-56%</b>
<b>Gain par rapport à 2013</b>	<b>-62%</b>

#### Gains associés aux actions du scénario 4

La mise en place de 500m<sup>2</sup> de panneaux solaires (solution choisie pour ce scénario) permettrait d'accentuer encore les économies d'énergie. Il est important de noter que seule l'énergie autoconsommée a été prise en compte ici dans les économies d'énergies.

**Le coût estimé de ce quatrième scénario est de 850 000 €. Comme pour les pompes à chaleur, le choix de dimensionnement des panneaux solaires a un impact significatif sur les coûts.**

Au vu des importantes variations liées aux différentes possibilités d'implantation des volets extérieurs et des casquettes solaires, leur coût n'a pas été inclus ici. Un indicatif de coût par unité de ces systèmes est présenté dans les tableaux en annexe.

**Les CEE mobilisables pour ce quatrième scénario sont estimés à 33 300 €**

## 5.2.5. SCENARIO 5 : REALISATION DE L'ENSEMBLE DES ACTIONS

Ce dernier scénario propose la réalisation de l'ensemble des actions proposées :

Actions sur scénario 5						
Description	Hébergement	Administration	Enseignement	Logements personnels	Restauration	Gymnase
Isolation des murs par l'extérieur (ITE)	●	●	●	●	●	○
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	●	●	●	●	●	●
Isolation des planchers bas sur extérieur	○	○	○	○	●	○
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	●	●	●	○	●	●
Mise en place de robinets thermostatiques	○	●	●	○	○	○
Rénovation de chaufferie	○	○	○	○	○	○
Mise en place d'une PAC hybride	●	●	●	○	●	●
Mise en place d'un ballon ECS	●	○	○	○	○	○
Désembouage chimique	●	●	●	○	●	●
Mise en place d'horloge de ventilation	●	●	●	●	○	●
Mise en place de luminaires LED	●	●	●	●	○	○
Remplacement des équipements de cuisine	○	○	○	○	●	○
Sensibilisation aux éco-gestes pour les équipements informatiques	○	●	●	○	○	○
Densification des bâtiments	●	●	●	●	●	●
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	●	●	●	○	○	●
Mise en place de volets roulants extérieurs	●	●	●	○	○	○
Mise en place de brises soleil	●	●	●	●	○	○
Sensibilisation aux comportements à adopter en cas de canicule	●	●	●	●	●	●

### Actions à mettre en place : Scénario 5

Les gains associés à ces différentes actions sont présentés ci-dessous :

Scénario 5 : Réalisation de l'ensemble des actions		Consommation initiale Chauffage / ECS	Consommation initiale Electricité
		838 915 kWh	257 350 kWh

Action de Performance	Gain Chauffage (kWh)	Gain Electricité (kWh)
Isolation des murs par l'extérieur (ITE)	60 721	-
Remplacement des fenêtres et portes-fenêtres	138 695	-
Isolation des planchers bas sur extérieur	8 104	-
Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (chauffage et ECS)	34 511	-
Mise en place de robinets thermostatiques	8 170	-
Rénovation de chaufferie	-	-
Mise en place de PAC hybride	280 743	-
Mise en place d'un ballon de stockage ECS	51 106	-
Désembouage chimique	2 620	-
Mise en place d'horloge de ventilation	2 462	- 539
Mise en place de luminaires LED	-	23 989
Sensibilisation sur l'utilisation des équipements informatiques	-	6 935
Remplacement des équipements de cuisine	-	12 540
Densification des bâtiments	-	-
Mise en place panneaux solaires photovoltaïques	-	42 500
<b>Total : Gains énergétiques</b>	<b>587 133 kWh</b>	<b>85 424 kWh</b>
<b>Total : Gains économiques</b>	<b>34 371 €</b>	<b>28 831 €</b>
<b>Total : Emissions GES</b>	<b>177 tCO2e/an</b>	<b>5,5 tCO2e/an</b>

Consommation projetée Chauffage / ECS	Consommation projetée Electricité
251 782 kWh	171 926 kWh
<b>Gain total</b>	<b>-61%</b>
<b>Gain par rapport à 2013</b>	<b>-66%</b>

### Gains associés aux actions du scénario 5

Les apports liés aux actions de ce dernier scénario sont relativement faibles par rapport à son coût particulièrement important.

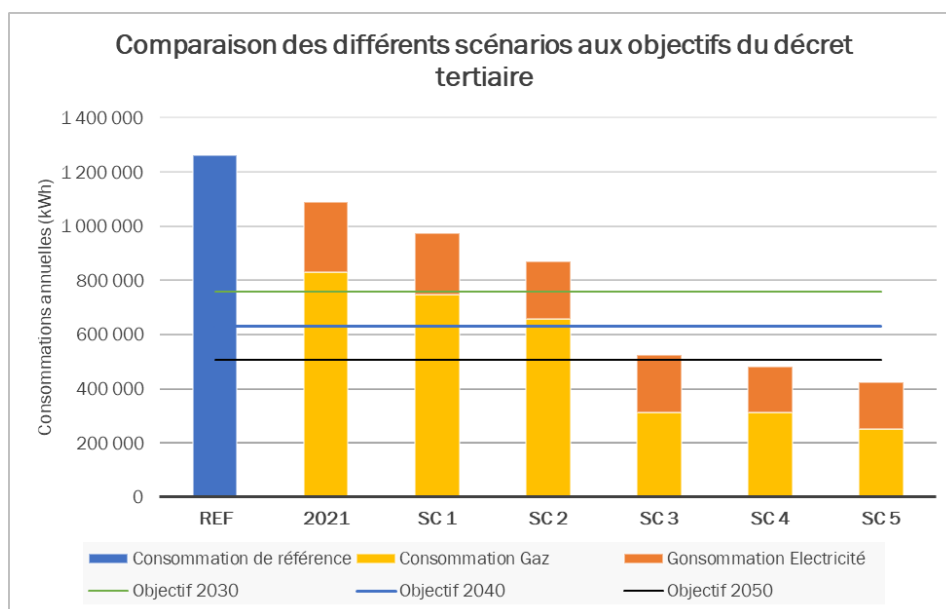
**Le cout associé à ce dernier scénario est estimé à 4 200 000 €. La grande majorité de ces coûts est liée au remplacement des menuiseries.**

Au vu des importantes variations liées aux différentes possibilités d'implantation des volets extérieurs et des casquettes solaires, leur coût n'a pas été inclus ici. Un indicatif de coût par unité de ces systèmes est présenté dans les tableaux en annexe.

**Les CEE mobilisables pour ce cinquième scénario sont estimés à 135 100 €**

## 6. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ET CONCLUSION

Le graphique ci-dessous synthétise les gains énergétiques liés à chacun des scénarios :



Comparaison des différents scénarios aux objectifs du décret tertiaire

Les scénarios 3 et 4 semblent les plus intéressants, ils permettraient de diminuer drastiquement les consommations énergétiques tout en ayant un coût acceptable. Le scénario 5 permet d'accentuer la diminution mais le gain engendré ne justifie pas le coût qui y est associé. La faisabilité de ces trois scénarios dépend de la possibilité d'installation de pompes à chaleur au sein du site. En cas d'impossibilité, le scénario 2 semble être le plus judicieux.

Il est important de noter que les résultats de cette étude sont issus de différentes hypothèses et estimations, les informations présentées ci-dessous permettraient de fiabiliser l'étude :

- Consommations détaillées des dernières années
- Résultats issus de tests d'étanchéité du bâtiment, permettant d'évaluer avec exactitude les déperditions par infiltrations
- Relevés de consommations d'eau chaude sanitaire
- Composition de la toiture du bâtiment gymnase

## 7. ANNEXES

Les tableaux ci-dessous présentent les différents gains et coûts associés à chaque action.

**Il est important de noter que ces actions sont à considérer de façon individuelle. Il n'est pas toujours possible de sommer les gains qui y sont associés.**

La colonne % poste représente le pourcentage d'économies sur le poste de consommation considéré (chauffage, ECS ou électricité). La colonne % conso globale représente le pourcentage d'économies par rapport à l'ensemble des consommations du bâtiment considéré.

Actions sur la globalité									
	Gain énergétique (kWhEP)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Coût	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
Remplacement chaufferie	45 366	45 366	7%	4,1%	250 000 €	4 990 €	50	10434	
Mise en place PAC	470 421	470 421	69%	43%	500 000 €	33 744 €	15	169 000	
Mise en place PV (500m²)	42 500	97 750	17%	3,9%	146 000 €	11 900 €	12	2720	
Volets roulants extérieurs	Confort thermique	-	-	-	1000 € / unité	-	-	-	
Casquettes solaires	Confort thermique	-	-	-	500 € / unité	-	-	-	

### Gains et coûts liés aux actions sur la globalité du site

Bâtiment 1 : Hébergement									
	Gain énergétique (kWhEP)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Coût	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
GTB	10 099	10 099	8,0%	4,7%	-	-	-	-	-
Horloges ventilation	2 623	2 623	2,0%	1,1%	850 €	289 €	3	603	
Relamping LED	2 839	6 531	16,0%	1,3%	8 100 €	426 €	19	182	
Désembouage chimique	2 754	2 754	2,1%	1,3%	2 500 €	303 €	8	633	
Densification bâtiments	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ballon stockage ECS	23 166	23 166	10,0%	3,1%	3 000 €	2 548 €	1	5328	
Remplacement menuiseries	41 833	41 833	32,0%	19,5%	379 400 €	4 602 €	82	9622	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	16 360	16 360	9,0%	5,3%	200 000 €	1 800 €	111	3763	

### Gains et coûts liés aux actions sur le bâtiment hébergement

Bâtiment 2 : Administration									
	Gain énergétique (kWhEP)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Cout	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
GTB	8 378	8 378	8,0%	6,4%	-	-	-	-	-
Confort 19°C	4 498	4 498	4,0%	3,4%	-	-	-	-	-
Horloges ventilation	2 176	2 176	2,0%	1,6%	850 €	239 €	4	501	
Relamping LED	8 840	20 332	43,0%	6,7%	11 325 €	1 326 €	9	566	
Sensibilisation équipements Informatiques	1 434	3 298	6,0%	1,7%	0 €	215 €	-	92	
Désembouage chimique	2 285	2 285	2,1%	1,7%	2 500 €	251 €	10	526	
Densification bâtiments	-	-	-	-	-	-	-	-	
Remplacement menuiseries	29 143	29 143	27,0%	22,2%	802 200 €	3 206 €	250	6703	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	8 200	6 410	6,0%	4,9%	200 000 €	902 €	222	1886	

Gains et coûts liés aux actions sur le bâtiment administration

Bâtiment 3 : Enseignement									
	Gain énergétique (kWhEP)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Cout	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
GTB	17 706	17 706	8,0%	5,5%	-	-	-	-	-
Confort 19°C	8 016	8 016	3,0%	2,5%	-	-	-	-	-
Horloges ventilation	4 599	4 599	2,0%	1,4%	850 €	506 €	2	1058	
Relamping LED	9 337	21 474	10,0%	2,9%	7 875 €	1 400 €	6	598	
Sensibilisation équipements Informatiques	5 500	12 650	6,0%	1,7%	0 €	825 €	-	352	
Désembouage chimique	4 829	4 829	2,1%	1,5%	2 500 €	531 €	5	1111	
Densification bâtiments	-	-	-	-	-	-	-	-	
Remplacement menuiseries	41 665	41 665	28,0%	12,9%	970 200 €	4 583 €	212	9583	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	19 600	19 600	7,0%	4,7%	310 000 €	2 156 €	144	4508	

Gains et coûts liés aux actions sur le bâtiment enseignement



Bâtiment 4 : Logements personnels									
	Gain énergétique (kWhEF)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Cout	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
Horloges ventilation	628	628	2,0%	1,2%	850,00 €	69 €	12	145	
Relamping LED	858	1 974	8,0%	1,7%	1 500 €	129 €	12	55	
Remplacement menuiseries	975	975	3,0%	2,0%	36 400 €	107 €	339	224	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	6 680	6 680	16,0%	10,4%	170 000 €	735 €	231	1536	

### Gains et coûts liés aux actions sur les logements

Bâtiment 5 : Restauration									
	Gain énergétique (kWhEF)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Cout	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
GTB	9 429	9 429	8,0%	3,0%	-	-	-		-
Isolation plancher bas sur LNC	8 282	8 282	7,0%	2,7%	25 000 €	911 €	27	1905	
Densification bâtiments	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ballon stockage ECS	27 940	27 940	10,0%	2,6%	3 000 €	3 073 €	1	6426	
Remplacement menuiseries	122 451	122 451	18,0%	7,3%	478 800 €	13 470 €	36	28164	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	9 760	9 760	6,0%	2,4%	140 000 €	1 074 €	130	2245	
Remplacement équipements de cuisine	12 540	28 842	12,0%	4,0%	NC	NC	NC	803	

### Gains et coûts liés aux actions sur le bâtiment restauration

Bâtiment 6 : Gymnase									
	Gain énergétique (kWhEF)	Gain énergétique (kWhEP)	% Poste	% Conso globale	Cout	Gain annuel	TRI	Gain GES kgCO2e/an	Priorité
GTB	4 290	4 290	8,0%	7,1%	-	-	-		-
Horloges ventilation	1 114	1 114	2,0%	1,8%	850 €	123 €	7	256	
Désembouage chimique	1 170	1 170	2,1%	1,9%	2 500 €	129 €	19	269	
Densification bâtiments	-	-	-	-	-	-	-	-	
Remplacement menuiseries	4 165	4 165	7,0%	6,9%	86 800 €	458 €	189	958	
Etanchéité à l'air	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isolation murs par l'extérieur	6 300	6 300	9,0%	8,1%	90 000 €	693 €	130	1449	

### Gains et coûts liés aux actions sur le gymnase