

## CANEVAS TYPE D'AUDIT ÉNERGÉTIQUE Méthodologie Bâtiment

**CORTENBERGH52**

**52 avenue de Cortenbergh, 1000 Bruxelles**

**Nom et adresse de(s) auditeur (s)**

G.E.M.S. sprl

4 rue des pères blancs

1040 Etterbeek

BE0890.002.120

**Auditeur**

Guillaume Donnet

Numéro d'agrément : 001478913

Date du rapport 13-06-2019

VERSION OCTOBRE 2018

# CANEVAS TYPE D'AUDIT ÉNERGÉTIQUE

## *Methodologie Bâtiment*

### TABLE DE MATIÈRES

1	INTRODUCTION .....	5
1.1	DONNÉES ADMINISTRATIVES .....	5
1.2	ABRÉVIATION .....	5
1.3	HYPOTHÈSES ET FORMATS .....	5
1.4	SOURCE DES DONNÉES .....	7
2	PRÉSENTATION DE L'ÉTABLISSEMENT.....	8
2.1	CHIFFRES CLÉS .....	8
2.2	DESCRIPTION GÉNÉRALE ET AFFECTATION DE L'ÉTABLISSEMENT .....	9
2.3	OCCUPATION .....	11
2.4	PRIX DES ÉNERGIES.....	11
3	DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE .....	12
3.1	ENVELOPPE .....	12
3.1.1	Les murs .....	12
3.1.2	Les portes et fenêtres .....	13
3.1.3	La toiture.....	13
3.1.4	Les planchers / le sol .....	14
3.1.5	Étanchéité à l'air.....	14
3.1.6	Constatations et conseils sur la qualité de l'enveloppe .....	14
3.2	SYSTÈME DE CHAUFFAGE .....	15
3.2.1	Production de chaleur .....	15
3.2.2	Distribution et émission de chaleur .....	17
3.2.3	Régulation.....	22
3.2.4	Interaction chaud froid.....	24
3.2.5	Constatations et conseils concernant le système de chauffage .....	24
3.3	SYSTÈME D'EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS).....	24
3.3.1	Production.....	24
3.4	SYSTÈME DE CLIMATISATION .....	25
3.4.1	Production de froid .....	25
3.4.2	Distribution de froid.....	27
3.4.3	Régulation.....	28
3.4.4	Constatations et conseils concernant le système de climatisation .....	30
3.5	SYSTÈME DE VENTILATION .....	31
3.5.1	Groupes de ventilation .....	31
3.5.2	Distribution .....	32
3.5.3	Régulation.....	33
3.5.4	Constatations et conseils concernant le système de ventilation .....	34
3.6	SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE.....	34
3.6.1	Production de lumière .....	34
3.6.2	Régulation.....	34
3.6.3	Constatations et conseils concernant le système d'éclairage .....	34
4	CAMPAGNE(S) DE MESURES .....	35
4.1	RÉSULTATS.....	35
5	ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES.....	37
5.1	DONNÉES DISPONIBLES .....	37
5.2	ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLES .....	37
5.2.1	Evolution de la consommation annuelle .....	37
5.2.2	Consommation spécifique.....	38
5.2.3	Répartition des consommations .....	38
5.3	ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES .....	39
5.3.1	Evolution de la consommation annuelle .....	39
5.3.2	Consommation spécifique.....	39
5.3.3	Répartition des consommations .....	40
6	IDENTIFICATION DES MESURES D'AMÉLIORATION .....	40
6.1	ÉVALUATION DES MESURES D'AMÉLIORATION .....	41

7	SYNTHÈSE DES MESURES D'AMÉLIORATION EVALUÉES.....	42
8	DÉCLARATION D'IMPARTIALITÉ DE L'AUDITEUR.....	43



## CONTENU

Le présent document est le canevas d'audit type suivant la méthodologie bâtiment pour les entreprises en Région de Bruxelles-Capitale, en application de l'arrêté du 8/12/2016 du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'audit énergétique des grandes entreprises et à l'audit énergétique du permis d'environnement.

## PUBLIC-CIBLE

Auditeurs énergétiques du permis d'environnement.

## OBJECTIF

L'objectif de l'audit énergétique est d'établir un plan d'actions stratégique d'investissement engendrant des économies énergétiques et financières sur base de l'évaluation de la performance énergétique du bâtiment.

L'audit porte sur l'enveloppe, le système de chauffage, le système de climatisation, le système de ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, et le système d'éclairage.

Après avoir réalisé un état des lieux des systèmes et de leurs fonctionnements, l'auditeur identifie les différents dysfonctionnements ou postes qui présentent un potentiel d'amélioration (constats) et propose des conseils pour améliorer les systèmes. Ces conseils constituent la base des mesures d'amélioration.

Pour la mise en place des mesures d'amélioration, la méthode du « Trias Energetica » basée en trois points est appliquée :

- Minimalisation de la demande d'énergie opérationnelle : réduire la demande énergétique. Des mesures spécifiques doivent être mises en œuvre pour arriver à une utilisation rationnelle de l'énergie. Ces mesures constituent une première étape vers un concept d'économie d'énergie.
- Utilisation de sources d'énergie renouvelable : les sources d'énergie renouvelable peuvent apporter une contribution à la production d'énergie.
- Approvisionnement efficace en énergie : minimiser la consommation d'énergie primaire et les émissions, en utilisant des systèmes de production, de distribution, d'émission et de régulation efficaces.

Pour ce faire, les données de facturation et les données techniques fournies par le demandeur du permis sont exploitées. Des mesures complémentaires sont effectuées sur place par l'auditeur dans le but de caractériser au mieux les usages énergétiques. Ces mesures sont réalisées à l'aide d'un appareillage adéquat (data logger, sonde de température, thermomètre de contact, caméra thermique, débitmètre...).

Les solutions et les mesures identifiées peuvent consister en :

1. Des mesures de réduction de la demande en énergie (parcimonie énergétique) ;
2. Des mesures de conservation de l'énergie par l'isolation et l'étanchéité à l'air ;
3. Des mesures de récupération de l'énergie ;
4. Des mesures de rationalisation et d'amélioration de la performance de la production d'énergie restant à fournir à partir de sources non renouvelables ;
5. Des mesures de production d'énergie à partir de sources renouvelables.

Si certaines données ou informations ne peuvent pas être fournies, il y a lieu d'en motiver la raison. Il est possible que Bruxelles Environnement demande des compléments d'informations s'il juge une motivation trop succincte ou s'il estime que la précision ou les détails ne sont pas suffisants, et ce notamment concernant les mesures d'amélioration.

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 DONNÉES ADMINISTRATIVES

- Procédure : audit grande entreprise et/ou audit permis d'environnement ;
- Adresse de l'UTG ;
- Titulaire ou demandeur du permis d'environnement (nom, téléphone et email de la personne de contact) ainsi que numéro du dossier de demande de permis d'environnement, si connu ;
- Si audit grande entreprise, coordonnées de la grande entreprise : nom, adresse, téléphone et email de la personne de contact, numéro de l'UTG au sein de la banque carrefour des entreprises ;
- Si audit grande entreprise, données sociales et financières importantes (nombre d'équivalents temps plein, chiffre d'affaire et bilan des deux dernières années) ;
- L'identité et les coordonnées de l'auditeur énergétique et son numéro d'agrément : nom de la société, nom de l'auditeur ayant réalisé l'audit, adresse, téléphone et email de la personne de contact.
- Si cela influence les mesures proposées et le plan d'action, définissez le contexte de l'exploitation de l'UTG audité ;
- Relation entre la grande entreprise, le cas échéant, le demandeur du permis et l'UTG : propriétaire / locataire / autre ?
- Aperçu de l'étendue des droits sur la gestion du bâtiment : le titulaire du permis/ la grande entreprise peut-il remplacer des installations ? Accéder à la régulation des installations ?

## 1.2 ABRÉVIATION

- PCI : pouvoir calorifique inférieur ;
- PCS : pouvoir calorifique supérieur ;
- kWh<sub>i</sub> : kWh pouvoir calorifique inférieur ;
- kWh<sub>f</sub> : kWh énergie finale ;
- kWh<sub>p</sub> : kWh énergie primaire ;
- TRS : temps de retour simple ;
- GES : gaz à effets de serre ;
- UTG : Unité technique et géographique ;
- Année de référence : dernière année bissextile 2012, 2016...
- Année N : année récente pour laquelle un tableau de consommation a été réalisé ;
- Arrêté audit : arrêté du 8/12/2016 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'audit énergétique des grandes entreprises et à l'audit énergétique du permis d'environnement (M.B. 27/12/2016).

## 1.3 HYPOTHÈSES ET FORMATS

Les hypothèses et les formats suivants doivent être utilisés :

- L'ensemble des montants d'investissements, des prix des énergies et des économies financières mentionnés dans ce rapport sont exprimés hors TVA. Uniquement pour les exploitants qui ne sont pas assujettis à la TVA, les montants d'investissements et des économies financières mentionnés dans ce rapport sont exprimés TVA comprise. Les hypothèses de calcul doivent être clairement détaillées dans l'audit ;
- Le prix des énergies est exprimé en kWh PCI et comprend l'ensemble des coûts à charge de l'entreprise (distributions, productions, taxes...). Si l'UTG produit lui-même de l'électricité, précisez l'impact de cette production sur la consommation et sur les prix.

Le site [Energie+](#) fournit des informations sur la conversion PCI – PCS.

Pour calculer les résultats en énergie primaire et en CO<sub>2</sub>, l'auditeur utilisera les coefficients de transformation d'énergie suivants :

Produit énergétique	coef Ep	
Anthracite	7,417	kWhi/kg
Biomasse	1	kWhp/kWhi
Bois	4,333	kWhi/kg
Electricité	2,5	kWhp/kWh
Gasoil	10,033	kWhp/litres
Gaz Naturel	1	kWhp/kWhi
Gaz Naturel	0,903	kWhp/kWhs
Lignite	3,306	kWhi/kg
LPG	13,139	kWhp/kg
PV, Eolien, Hydro	1	kWhp/kWh

Produit énergétique	fco2					
Anthracite	2,62461	kg CO <sub>2</sub> /kg	0,354	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	98,3	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Biomasse	0,36000	kg CO <sub>2</sub> /kWhi	0,360	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	100,0	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Bois	1,74720	kg CO <sub>2</sub> /kg	0,403	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	112,0	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Electricité	0,39510	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,158	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	43,9	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Gasoil	2,67649	kg CO <sub>2</sub> /litres	0,267	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	74,1	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Gaz Naturel	0,20196	kg CO <sub>2</sub> /kWhi	0,202	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	56,1	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Gaz Naturel	0,18237	kg CO <sub>2</sub> /kWhs	0,202	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	56,1	kg CO <sub>2</sub> /GJp
Lignite	1,20190	kg CO <sub>2</sub> /kg	0,364	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	101,0	kg CO <sub>2</sub> /GJp
LPG	2,98463	kg CO <sub>2</sub> /kg	0,227	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	63,1	kg CO <sub>2</sub> /GJp
PV, Eolien, Hydro	0	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,000	kg CO <sub>2</sub> /kWhp	0	kg CO <sub>2</sub> /GJp

La normalisation des consommations énergétiques est expliquée sur notre [site internet](#).

Les définitions sont reprises sur le site de Bruxelles Environnement :  
[www.environnement.brussels/permisetauditenergetique](http://www.environnement.brussels/permisetauditenergetique)

#### 1.4 SOURCE DES DONNÉES

L'auditeur indique les sources de ses données et les informations sur lesquelles il s'est basé pour la réalisation de l'audit. Si des informations obligatoires par d'autres législations sont disponibles, notamment en matière de performance énergétique des bâtiments (exemple : attestation de contrôle périodique du système de chauffage), l'auditeur doit en retirer les informations utiles.

	Disponible	Exemples d'informations utiles pour l'audit pouvant se retrouver dans le document
Certificat PEB	Non	Superficie plancher Superficie du volume protégé
Attestation de contrôle périodique du système de chauffage	Oui	Rendement de combustion
Attestation de réception du système de chauffage	Non	
Diagnostic du système de chauffage	Non	
Carnet de bord du système de chauffage	Non	Description générale du bâtiment
Attestation de contrôle périodique du système de climatisation	Non	
Carnet de bord du système de climatisation	Non	Sommes des puissances électriques nominales absorbées par les ventilateurs Profil d'occupation (tableau horaire...) Description des affectations
Rapports de comptabilité énergétique chauffage et climatisation PEB	Non	
Autres :	Plans	Surfaces
	Factures	Consommations énergétiques
	Comptages énergétiques du demandeur et/ou de l'auditeur	GTC

Tableau 1 : Documents sources

## 2 PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT

### 2.1 CHIFFRES CLÉS

Complétez les tableaux suivants, pour l'ensemble des bâtiments de l'établissement.

Branche d'activité du site définie à l'annexe de l'arrêté	Bureaux
Seuil de consommation annuelle définie à l'annexe de l'arrêté	128 kWh/m <sup>2</sup>
Consommation spécifique du site (par m <sup>2</sup> de plancher), (Combustibles PCI et électricité)	116,7 kWh/m <sup>2</sup>

Tableau 2 - Consommation spécifique et comparaison au seuil

	Consommation moyenne finale normalisée des trois dernières années (kWh/an)	Emissions moyennes des trois dernières années (T-éq CO <sub>2</sub> )
Précisez l'année ou les années prises en considération	2016, 2017 et 2018	
Combustibles PCI (gaz naturel)	214670	43,35
Electricité	293077	115,79
<b>Total</b>	<b>507747</b>	<b>159,14</b>

Tableau 3 - Caractéristiques des consommations et des émissions

	Superficie plancher en m <sup>2</sup> (au nu façade)
Bâtiment Cortenbergh 52	4349,76
<b>TOTAL</b>	<b>4349,76</b>

Tableau 4 : Caractéristiques des bâtiments

Installations	Puissance ou débit	Date d'installation	Date et objet de modification majeure
Système de chauffage (chaudières, générateurs de chaleur...)	2 x 192 kW	1997	/
Système de ventilation	GP1 : 8050 m <sup>3</sup> /h (bureaux) GE1: 3800 GP2: 1820 m <sup>3</sup> /h (salles de conférence) GE2 : 1450 m <sup>3</sup> /h	1997	/
Système de climatisation	Groupe Mitsubishi : 284 kW	2018	/
Système d'éclairage	TL36 W (LED 33,1W Parking) Total: 31,36 kW	/	/

Tableau 5: Caractéristiques des installations

## 2.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE ET AFFECTATION DE L'ÉTABLISSEMENT

Le bâtiment audité est situé au 52 avenue de Cortenbergh. Il s'agit d'un immeuble de bureaux de rez + 6 étages et de trois niveaux en sous-sol. Sa date de construction remonte à 1997.

Comme nous le voyons plus haut, sa consommation spécifique se situe en dessous du seuil, le bâtiment n'est donc pas un gros consommateur.

Ci-après, une vue 3D et une vue de situation, toutes deux issues de GoogleMaps.

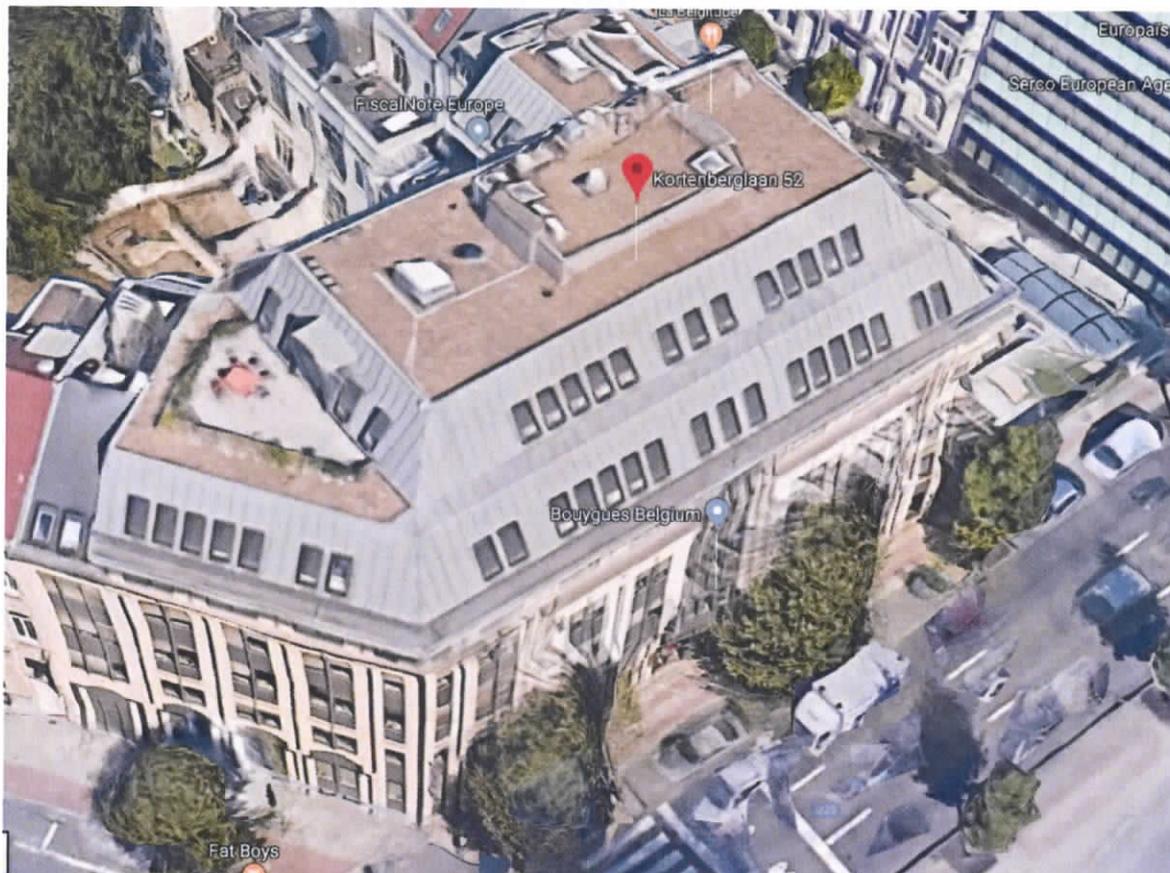


Figure 1 : Vue en 3D du bâtiment

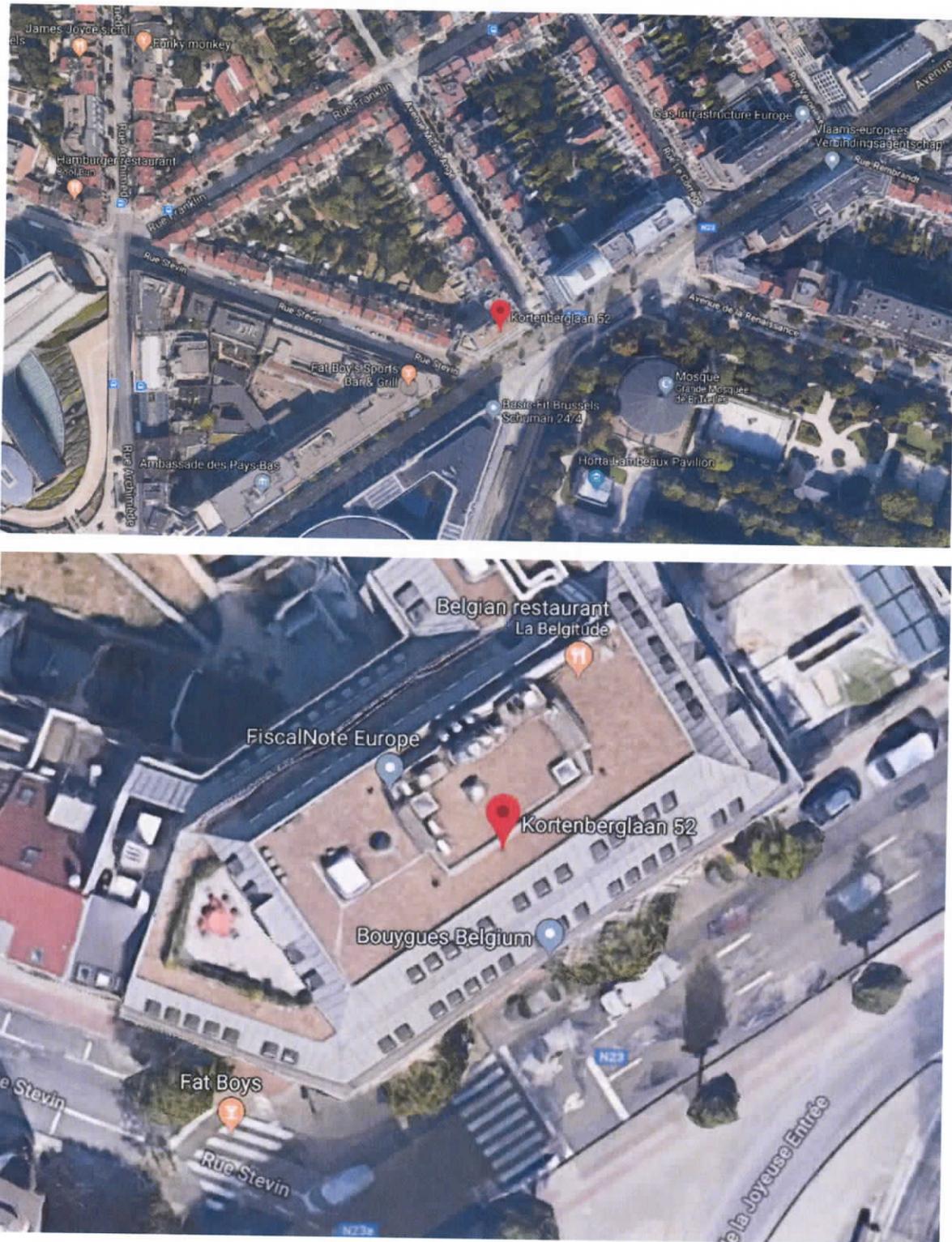


Figure 2 : Localisation et orientation

La forme du bâtiment est un pentagone formé d'un rectangle (avenue Cortenbergh et Michel-Ange) et d'un triangle (rue Stévin). Dans le sens des aiguilles d'une montre, les façades sont orientées (en commençant par la façade arrière) : nord-ouest, nord-est, sud-est, sud-ouest et nord-ouest-ouest).

### 2.3 OCCUPATION

- Le profil d'occupation est celui d'un immeuble de bureau type (8h - 18h).
- L'occupation des trois dernières années était stable.

### 2.4 PRIX DES ÉNERGIES

Le prix s'entend avec frais, HTVA (ou TVAC pour les exploitants non assujettis). Le calcul du prix de l'électricité doit en effet prendre en compte les coûts liés au réseau, aux énergies renouvelables, etc. Le prix est exprimé pour les heures creuses et pour les heures pleines en cas de facture bi-horaire.

1 kWh de gaz = 0,045 euros (selon la facture ENGIE)

1 kWh électrique = 0,20 euros (selon la facture ENGIE)

### 3 DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE

#### 3.1 ENVELOPPE

Cette section reprend une description générale de l'enveloppe, c'est-à-dire, l'ensemble des parois qui délimitent le volume chauffé du climat l'extérieur. Il s'agira d'évaluer le coefficient de transmission thermique de chacune d'elles.

##### 3.1.1 Les murs

Les murs sont isolés avec 8 cm d'isolant ( $\lambda = 0,033 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). La valeur U des murs est de  $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

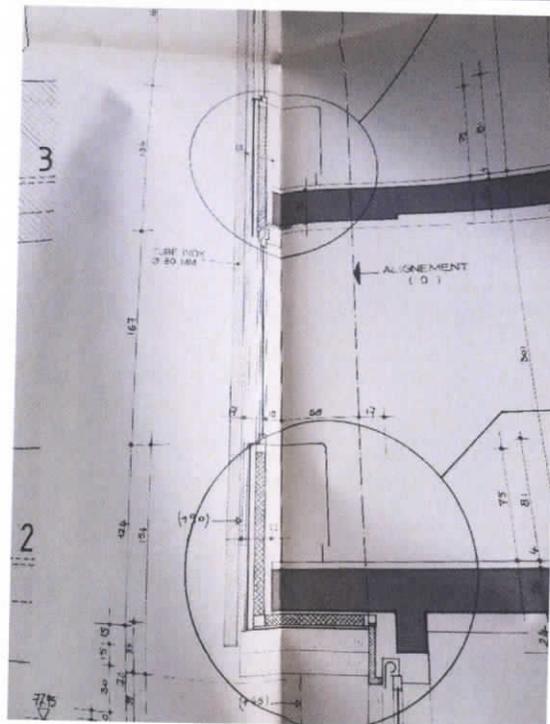


Figure 3 : Façade avant et coupe

Les murs mitoyens sont en contact avec des volumes chauffés, ils donc sont considérés sans pertes thermiques.

### 3.1.2 Les portes et fenêtres

Toutes les ouvertures datent de 1997. Concernant les façades, il s'agit de doubles vitrages et châssis en alu avec coupure thermique. Pour ce qui est des fenêtres en toiture, il s'agit de velux avec doubles vitrages équipés de protections solaires. Les portes sont de type double vitrage, châssis alu. La valeur U des ouvertures est évaluée à  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



*Figure 4: Fenêtre type de façade*

### 3.1.3 La toiture

La toiture est mixte (partiellement plate, partiellement pentue). Les plans indiquent qu'elle est isolée avec une « maigre isolation ». L'épaisseur sur le plan est de 8cm. Nous n'avons aucune information sur la nature de l'isolant. Nous considérerons donc un isolant classique, avec un coefficient lambda de  $0,033 \text{ W/mK}$ . Nous estimons la valeur U de la toiture à  $0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

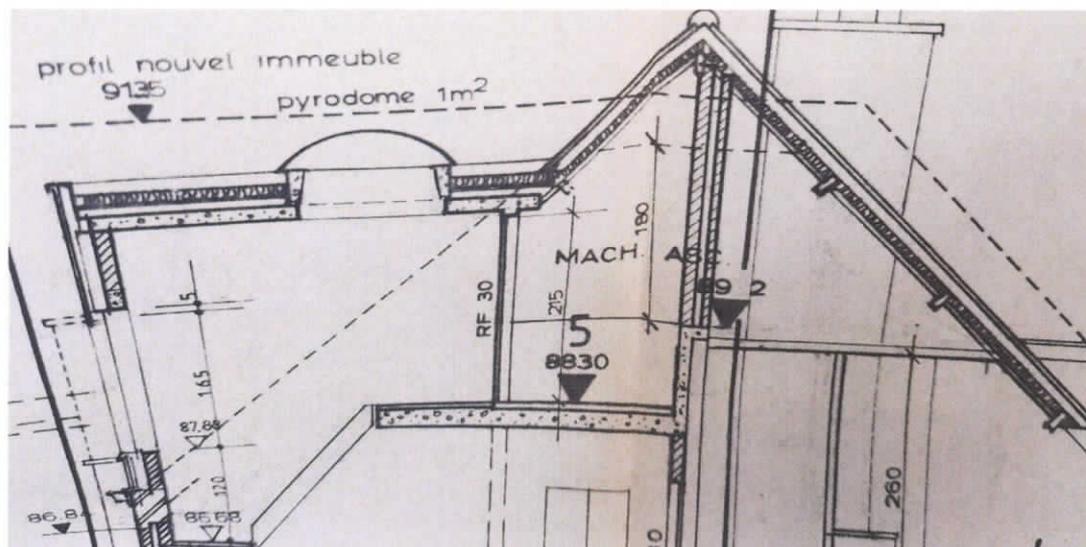


Figure 5: Plan de coupe de toiture

### 3.1.4 Les planchers / le sol

Il s'agit d'un plancher sur parking, en béton (26 cm d'épaisseur). Le plancher n'est pas isolé. Nous évaluons son coefficient à  $U = 2,78 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ce poste pourrait être isolé, avec 15cm de PUR par exemple (valeur U après isolation :  $0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). L'investissement serait de 23040 euros, le gain annuel de 2923 euros (64953 kWh) et le temps de retour simple de 7,9 années.

### 3.1.5 Etanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air du bâtiment est typiquement celle d'un bâtiment de la fin des années 90. Nous évaluons celle-ci à  $v50 = 12 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$

### 3.1.6 Constatations et conseils sur la qualité de l'enveloppe

	Constatations	Conseils
1.	Le plancher sur parking est partiellement isolé	Isolation avec 15cm de PUR.

Tableau 6 : Constatations et conseils concernant l'enveloppe du/des bâtiment(s)

### 3.2 SYSTÈME DE CHAUFFAGE

#### 3.2.1 Production de chaleur

Voici le schéma hydraulique de la production de chaleur.

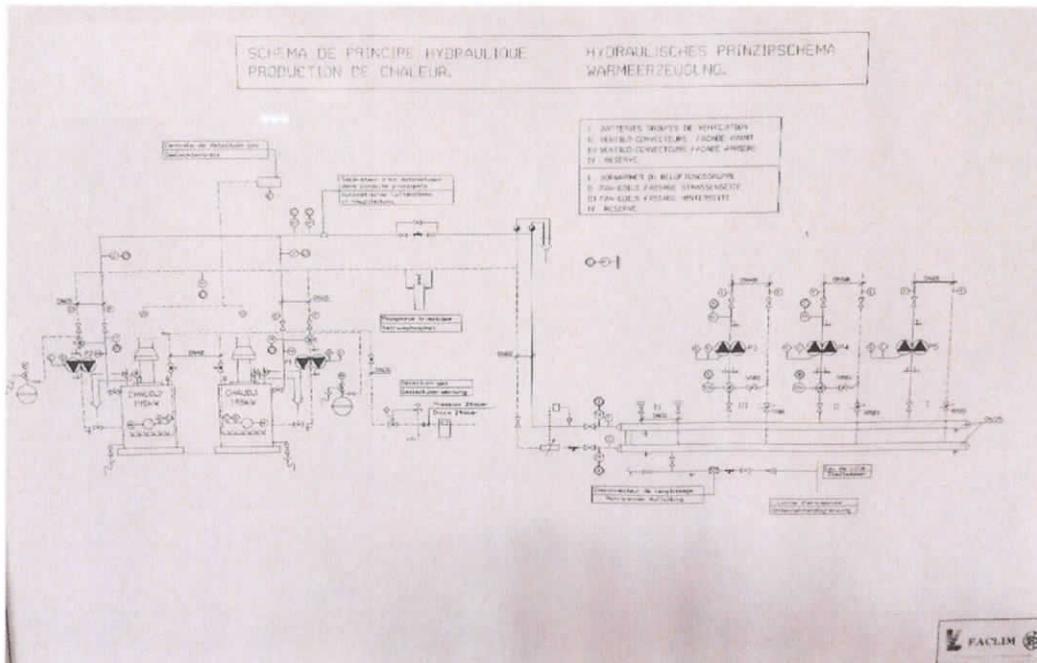


Figure 6: Circuit hydraulique

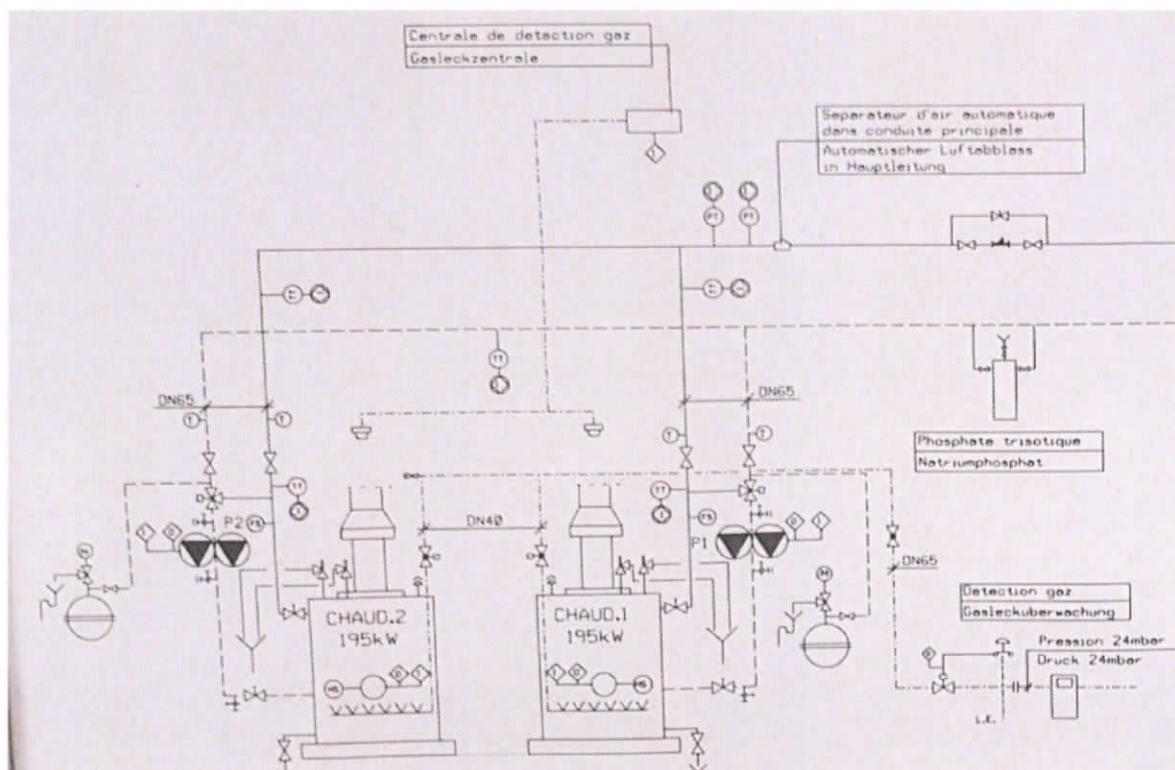


Figure 7: Zoom sur les chaudières

La production est effectuée par deux chaudières atmosphériques sans prémélange, de type Buderus G424 192LZ, datant de 1997, d'une puissance de 192kW et munies d'une vanne d'isolation hydraulique. Voici leur plaque signalétique.

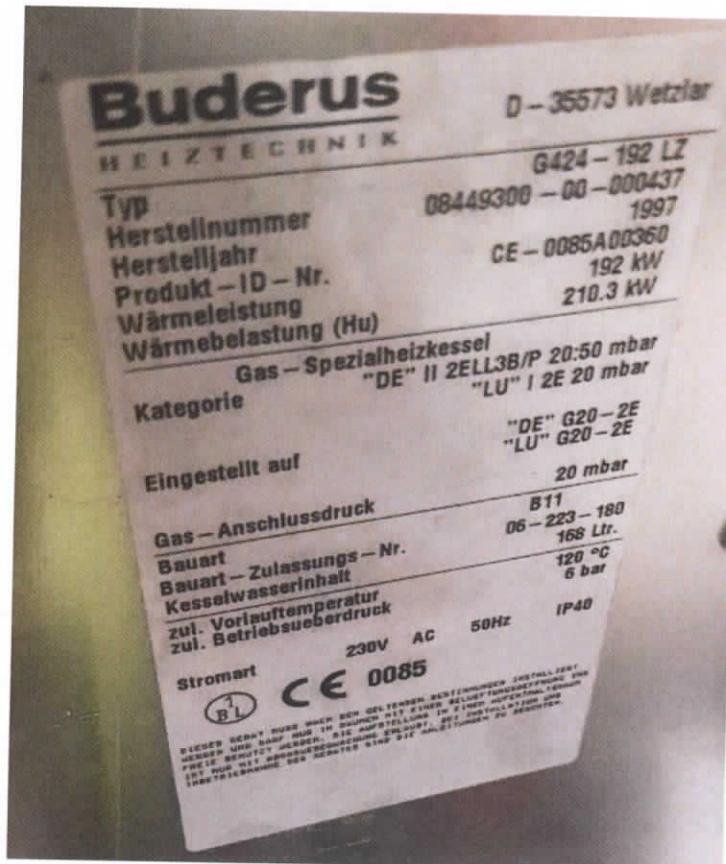


Figure 8: Plaque signalétique

Nous utiliserons la formule de Dittrich pour calculer le rendement saisonnier.

$$\eta_{\text{saisonnier}} = (\eta_{\text{combustion}} - q_A) / (1 + q_E (\eta_T / \eta_B - 1))$$

Avec  $q_A$  = pertes vers l'ambiance, évaluées à 1% ;

$q_E$  = pertes à l'arrêt évaluées à 1,3% ;

$\eta_T$  = durée de la saison de chauffe (en heures), 5800 heures par an ;

$\eta_B$  = nombre d'heures de fonctionnement du brûleur (la consommation énergétique divisée par la puissance moyenne du brûleur, soit 214 670 kWh/ 384 kW, soit 559 heures. Cela montre un certain surdimensionnement (le brûleur devrait fonctionner aux alentours de 1000h par an).

Dans notre modèle théorique, nous obtenons une puissance de chauffe nécessaire de 194 kW. Nous pouvons donc imaginer que la plupart du temps, une seule chaudière sera en fonctionnement.  $\eta_B$  approchera 1118 heures.

Les rendements de combustion mesurés sur la dernière fiche d'entretien sont respectivement de 93,7% pour la chaudière gauche (1) et de 91,9% pour la chaudière droite (2).

Ces deux chaudières sont âgées mais présentent encore de bonnes performances.

La chaudière 2 présente un rendement de combustion plus faible, la combustion ne semble pas complète (la teneur en O<sub>2</sub> est plus élevée que pour la chaudière 1). Ceci est peut-être dû à un encrassement ou au réglage de l'excès d'air. Il serait sans doute judicieux d'inverser la cascade pour prévenir l'usure de cette chaudière.

Nous prendrons comme rendement de combustion moyen, la moyenne des rendements de combustion, soit 92,8%.

Avec tous ces données, nous obtenons un rendement saisonnier de 87,06%

### 3.2.2 Distribution et émission de chaleur

#### ○ Descriptif général

Reprenons le schéma hydraulique des circuits primaire et secondaire.

La circulation du circuit primaire est assurée par 2 x 2 pompes (P1 et P2).

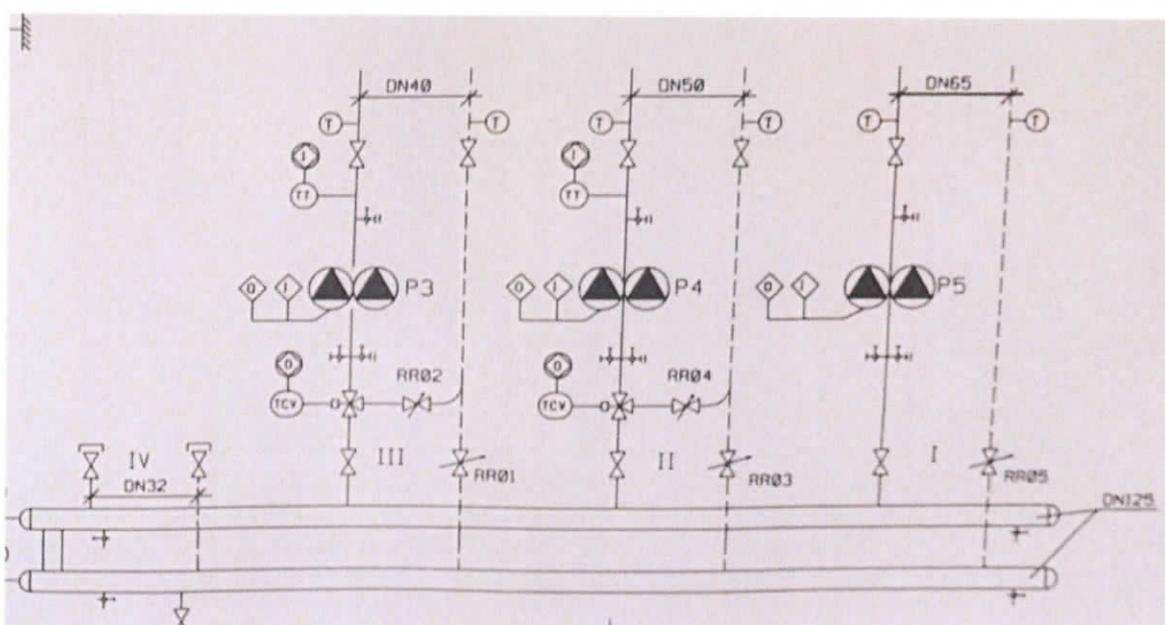


Figure 9: Schéma de distribution

Depuis le collecteur, il y a 3 départs : le premier en partant de la gauche (III) concerne les ventilo-convecteurs de la façade arrière avec les pompes correspondantes P3, le second (II) les ventilo-convecteurs de la façade avant, avec les pompes correspondantes P4 et le troisième (I) les batteries chaudes des GP avec les pompes correspondantes P5.

○ **Isolation des tuyauteries et vannes**

L'ensemble des conduites est bien isolé (avec de la laine de roche : épaisseur 5,5cm).



*Figure 10: Epaisseur d'isolation*

Les pompes et les vannes, en revanche, ne le sont pas.



*Figure 11: Isolation conduites de chaud.*

Nous évaluons les pertes de chaleur à 12 782 kWh/an, soit 575,19 euros. L'investissement consenti serait de 900 euros. Le temps de retour serait de 1,56 ans.

○ **Auxiliaires de distribution**

Sur le schéma hydraulique, les pompes primaires sont notées P1 et P2, et dédoublées. Il s'agit de pompes Grundfos (voir photo ci-dessous). Je n'ai pas eu accès à leur plaque signalétique mais elles correspondent au modèle 1,1 kW du fabricant.



*Figure 12: Couple pompes P1*

Pour les pompes de distribution, voici respectivement les photos du couple P3, P4 et P5.



*Figure 13: Plaque signalétique P3*



Figure 14: Pompes P4

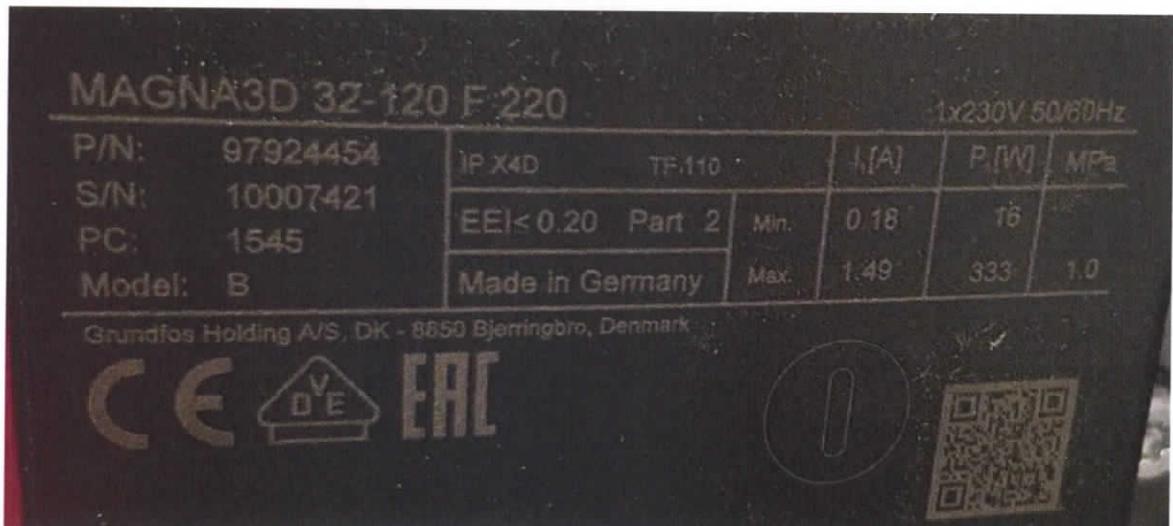


Figure 15: Plaque signalétique P4

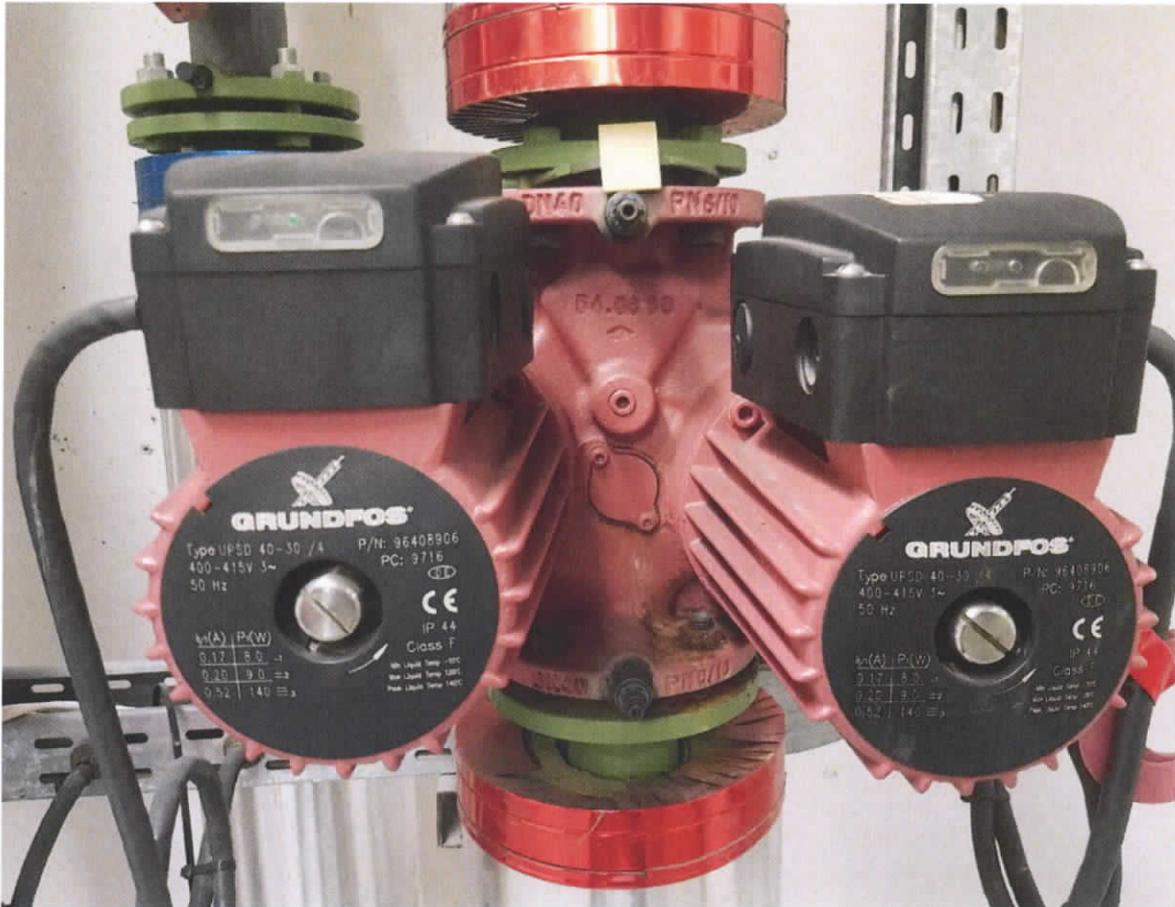


Figure 16: Pompe P5

Toutes ces pompes sont munies de variateurs de vitesse. Elles sont commandées en fonction de la température de départ des circuits.

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant les principaux circulateurs/pompes du système de chauffage.

Dénomination de la pompe / du circulateur	Localisation - circuit	Puissance (kW) à la vitesse sélectionnée ou puissance max si pompe à débit variable	Présence d'un variateur
P1	Pompes primaires chaudière 1	2 x 333 W = 666 W	Oui
P2	Pompes primaires chaudière 2	2 x 333 W = 666 W	Oui
P3	circulateurs ventilo-convecteurs façade arrière	2 x 275 W = 550 W	Oui
P4	circulateurs ventilo-convecteurs façade avant	2 x 333 W = 666 W	Oui
P5	Circulateurs batteries GP	2 x 140 W = 280 W	Oui

Tableau 7 : Liste des pompes du système de chauffage

### 3.2.3 Régulation

#### ○ Régulation des chaudières

Les chaudières sont régulées via une sonde de température extérieure, le régime est 80/60. Les deux chaudières s'allument selon une cascade. Les chaudières sont éteintes en dehors des heures de bureaux. La relance s'effectue à 5h du matin.

Voici l'évolution de la température extérieure (bleu), de la température des bureaux (gris), de la température de départ des chaudières (rouge) et de la température de retour (jaune) sur 3 jours types (jeudi, vendredi et samedi). Il s'agit de température de contact, la température réelle est probablement plus élevée. La température des chaudières passe de 15,5 à 23,5°C entre 20h et minuit, c'est sans doute dû au fait que les bureaux soient maintenus à 21°C en semaine en dehors des périodes de travail.

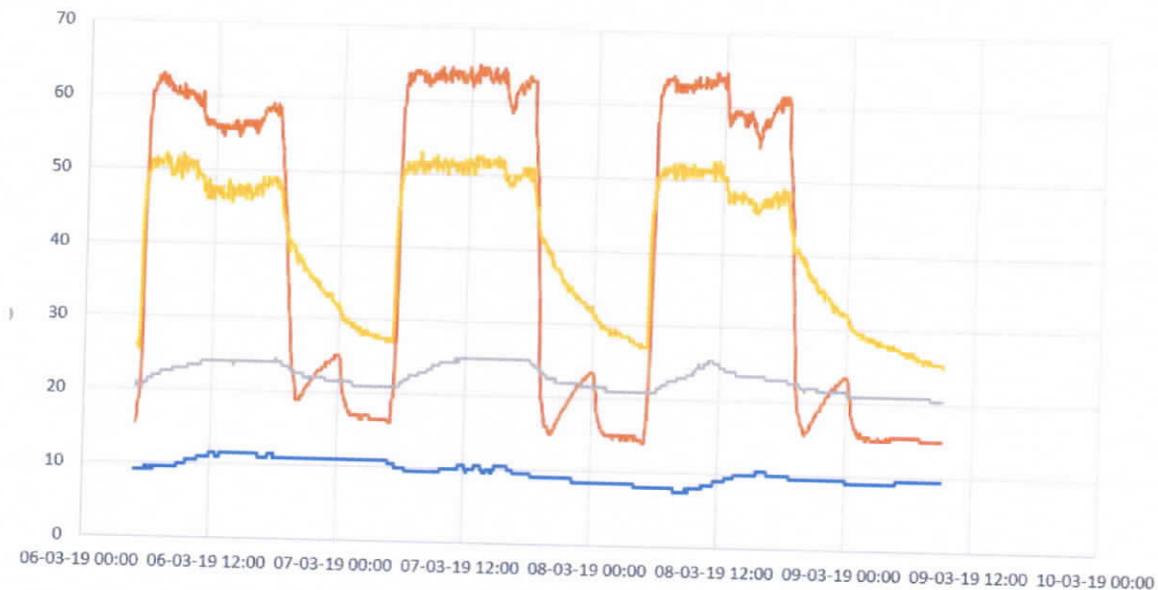


Figure 17: Evolution de la température sur 3 jours

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation du système de chauffage.

Système de chauffage	Consignes / paramètres
Température minimum de retour des chaudières	/
Température limite maximum des chaudières	120°C
Courbe de régulation climatique du circuit primaire	Oui
Consigne d'arrêt éventuel des chaudières pendant la période estivale	Programmation / sonde ext.
Intermittence	Oui
Abaissement nocturne	Oui
Fonctionnement éventuel sur aquastat	Non
Présence d'une cascade des chaudières et séquences d'enclenchement des allures ou de la modulation	Oui, alternance
Présence de clapets d'air/de clapets sur les fumées	Oui

Tableau 8 : Consignes de régulation du système de chauffage

#### ○ Régulation des circuits secondaires

Les circuits secondaires sont constitués des deux circuits qui alimentent les ventilo-convecteurs (façade avant et façade arrière) et du circuit qui alimente les batteries chaudes des GP. La température de départ des circuits secondaires est régulée grâce à une vanne 3 voies selon une courbe climatique qui

dépend de la température extérieure. La vitesse des circulateurs associés est constante et en position 2. Pour ce qui est de la batterie chaude, c'est le même principe, une vanne 3 voies est commandée en fonction de la température de l'air préparé. La température de départ est constante.

Régulation des circuits secondaires	Consignes / paramètres
Horaire de fonctionnement	6h à 18h
Présence d'un système d'optimisation + paramètres de fonctionnement	Oui, GTC
Courbe de régulation climatique	Oui
Abaissement nocturne	Oui
Paramètres de protection antigél	/

Tableau 9 : Consignes de régulation du/des circuit(s) secondaire(s)

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation des circulateurs/pompes principales.

Dénomination du circulateur/pompe	Fonctionnement: Si sur horaire, indiquer celui-ci, si sur demande, le préciser	Régulation de la vitesse
P3	À la demande	3 vitesses
P4	À la demande	3 vitesses
P5	À la demande	3 vitesses

Tableau 10 : Consignes de régulation des pompes

## o Régulation locale

L'émission de chaleur se fait au moyen de ventilo-convecteurs, eux-mêmes munis des thermostats (un thermostat par 2 ventilo-convecteurs). Voici le profil type de l'évolution de température dans un bureau.

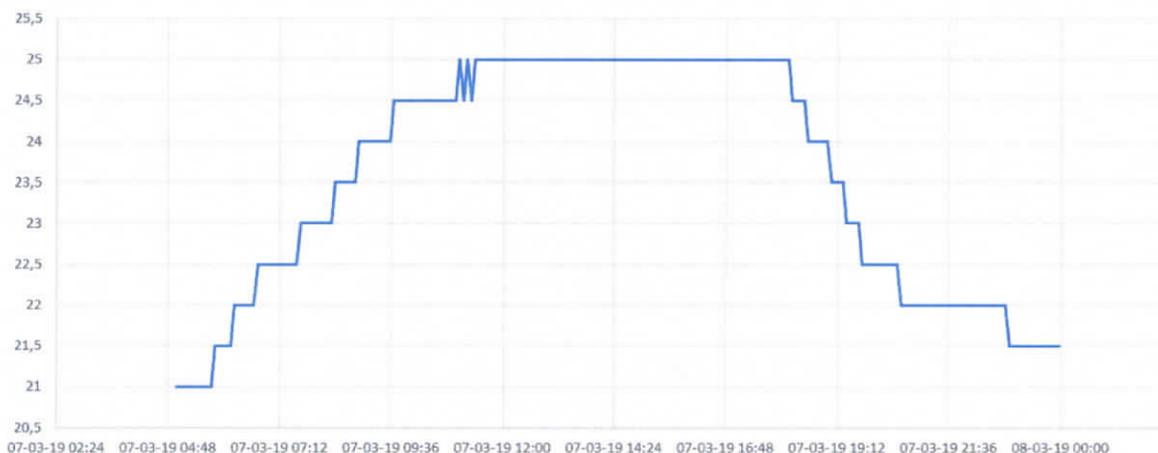


Figure 18: Evolution de la température des bureaux sur une journée type

Les fluctuations de la température intérieure dépendent des fluctuations des apports solaires

Le tableau reprend les données concernant la régulation dans les locaux.

Consigne de température dans les locaux (jour/stand-by/nuit)	Consignes / paramètres
Consigne de température dans les locaux en été	N.A.
Consigne de température dans les locaux en hiver	22°C
Valeurs de la bande morte	N.A.

Tableau 11 : Consignes de température dans les locaux

### 3.2.4 Interaction chaud froid

Les interactions chaud/froid sont possibles dans le bâtiment à mi-saison, c'est un choix de confort. Elles peuvent néanmoins être évitées en réglant la GTC.

### 3.2.5 Constatations et conseils concernant le système de chauffage

	Constatations	Conseils
2.	Certaines vannes et pompes ne sont pas isolées	Isoler ces vannes et pompes.
3.	Une des chaudières présente un rendement de combustion plus faible que l'autre.	Vérifier l'encrassement et s'arranger pour faire fonctionner en priorité dans la cascade la chaudière la plus efficace.
4.	La production de chauffe semble s'allumer pendant la nuit.	Vérifier la raison de cela (maintient des bureaux à 21°C) et corriger si cela est nécessaire sur la régulation de la GTC.

Tableau 12 : Constatations et conseils concernant le système de chauffage

## 3.3 SYSTÈME D'EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS)

### 3.3.1 Production

La production d'ECS est effectuée localement à l'aide de petits boilers électriques individuels. Nous n'avons aucune remarque à faire à ce propos.

### 3.4 SYSTÈME DE CLIMATISATION

#### 3.4.1 Production de froid

Voici la partie du schéma hydraulique, relative à la production de froid. On y voit la tour de refroidissement et le compresseur.

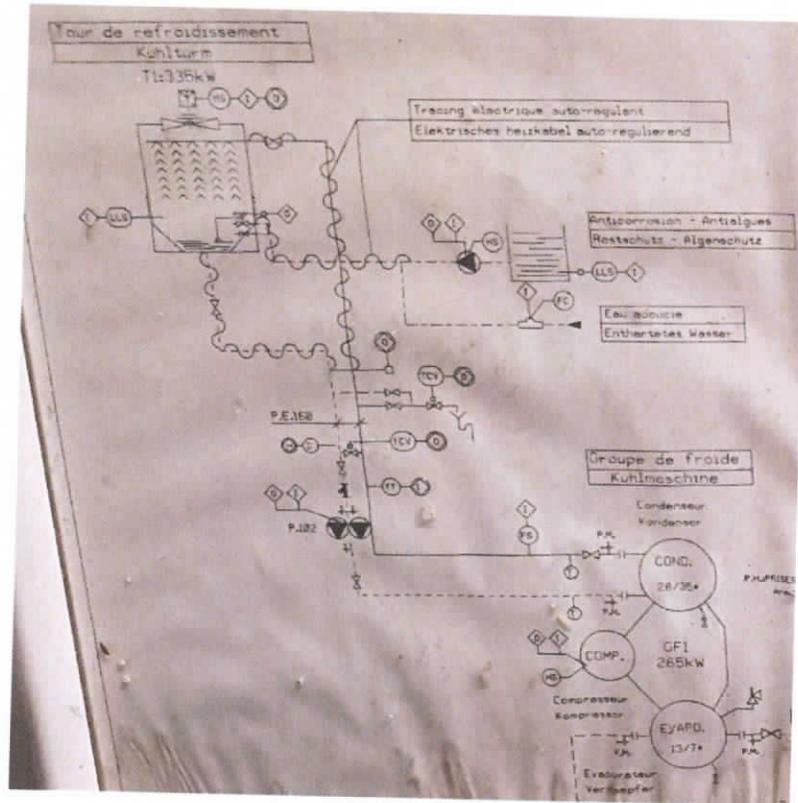


Figure 19: Schéma de production de froid

Le compresseur a récemment (2018) été remplacé par un groupe Mitsubishi FX-W/S 1302 d'une puissance de 284kW.



Figure 20: Groupe de production de froid

Voici la plaque signalétique de ce groupe.

Type Modello Model	FX-W/S 1302		Modelo Modelo Typ
Item Articolo Einzelteil	B7P38000	Article Artículo Produktkennung	
Serial number Matricola unità Seriennummer	32093865	Matricola unità Matricola unidad Seriennummer	
Manufact. year Anno di costruz. Baujahr	2018	Année construction Año de construcción Tiliverkningsår	
Operating weight Peso in funzionam. Betriebsgewicht	1820 kg	Poids en fonction Peso en funcionam. Driftsvikt	
Refrigerant Gas refrigerante Kältemittel	R134a Group 2 2014/52/EU	Gas refrigerant Gas refrigerante Kølemedium	
GWP <sub>100</sub>	1430		
Ref. Charge Q.tà refriger. Füllgewicht	25+25 kg	Q.tà gaz refrig. Carga refrig. Kølemediem	
CO <sub>2</sub> T	71,500		
Oil type Tipo olio Öltyp	BITZER BSE170L	Hule type Tipo aceite Öltyp	
<b>ELECTRICAL SUPPLY</b>			
Voltage	400V/3/50HZ+PE		
F.L.I.	86	kW	
F.L.A.	144	A	
<b>MAXIMUM ALLOWABLE PRESSURE (PSI)</b>			
Gas circuit	HP = 2,2 MPa	LP = 1,6 MPa	
Water circuit	1,0 MPa		
Cooling Power	284 kW	kW	Heating Power
Maximum transport and storage temperature: 55 °C			
Contains fluorinated greenhouse gases			
Manual n°: 180200181 - FX-W/S 1302			
Wiring Diagrams: E17P345001 rev. 00			
<b>CE</b> 0948			
<b>MITSUBISHI ELECTRIC HYDRONICS &amp; IT COOLING SYSTEMS S.p.A</b>			
V.le Garson 57/C 36061 Bassano del Grappa (VI) Italy T. +39 0424 509500 - F. +39 0424 509508 www.cimveneta.com			
<b>CUMVENETA</b>			

Figure 21: Plaque signalétique groupe de froid

- Le réfrigérant pour la production de froid est du R134a
- COP du groupe de froid 3,30

Voici une image de la tour de refroidissement

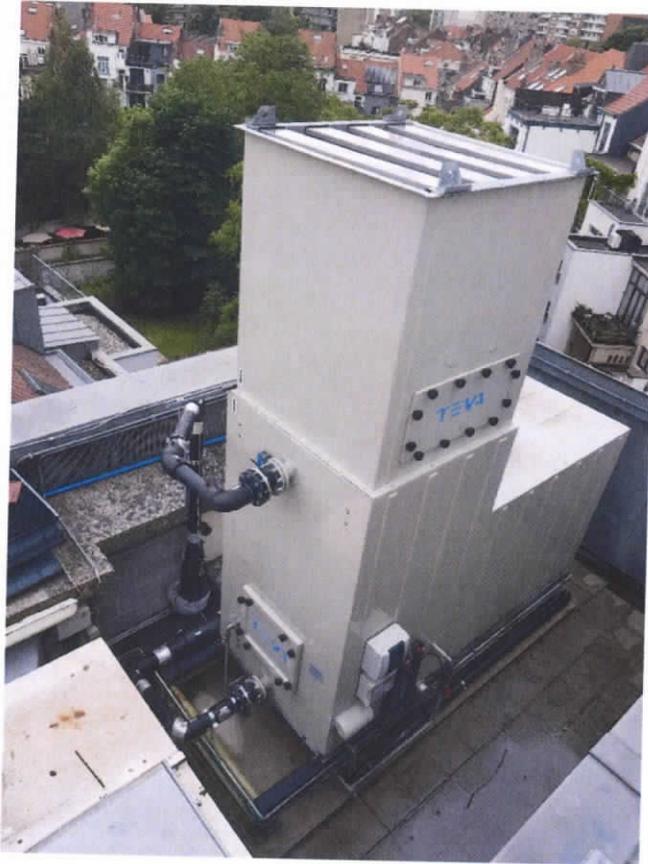


Figure 22: Tour de refroidissement

### 3.4.2 Distribution de froid

- Descriptif général

Du côté aval de la production de froid, on retrouve le schéma suivant.

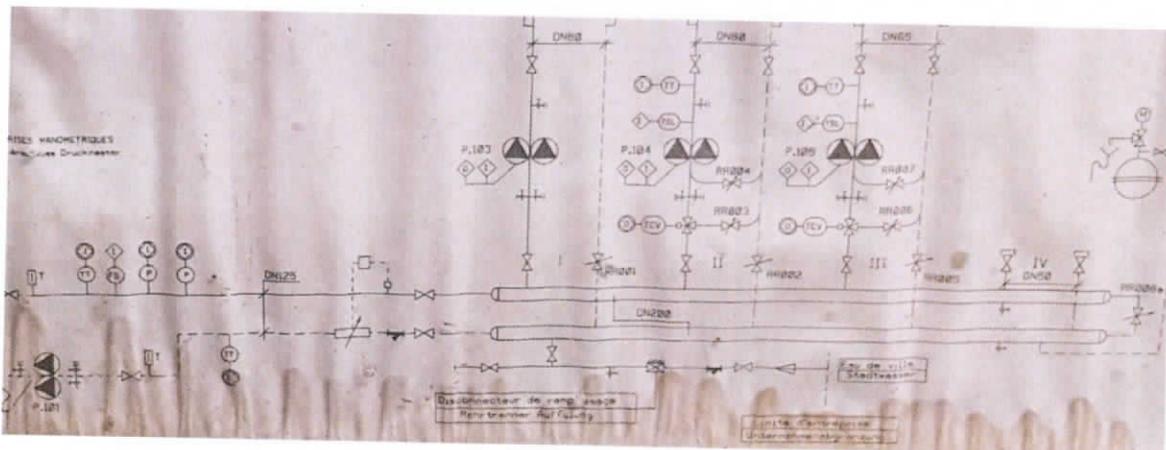


Figure 23: Schéma hydraulique distribution de froid

La production de froid alimente grâce aux pompes primaires (P.101) un collecteur de froid, sur lequel sont piqués 3 départs (de gauche à droite) : vers les GP(I) avec les circulateurs P.103, vers les VC façade avant (II) avec circulateurs P.104 et vers les VC façade arrière (III) avec les circulateurs (P.105).

○ **Isolation des tuyauteries et vannes**

L'ensemble des conduites et des pompes des circuits primaire et secondaire est isolé.

○ **Auxiliaires de distribution**

Reprenons les pompes donc nous avons parlé plus haut.

- Pompes primaires 2 x P.101 à débit variable de marque Grunfos, commandés sur la température de départ, puissance totale 1,5 kW ;
- Circulateurs groupe de ventilation P.103 de marque Wilo à débit variable, commandés sur la température de départ, puissance totale 1,18 kW
- Circulateurs circuit ventilo-convecteurs façade avant P.104 de marque Grunfos, débit variable, commandés en température, d'une puissance totale de 0,92 kW.
- Circulateurs circuit ventilo-convecteurs façade arrière P.105 de marque Grunfos débit variable, commandés en température, d'une puissance totale de 2,3 W.

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant les principaux circulateurs/pompes du système de climatisation.

Dénomination de la pompe / du circulateur	Localisation - circuit	Puissance (kW) à la vitesse sélectionnée ou puissance max si pompe à débit variable	Présence d'un variateur
2 x P.101	Pompes primaires	2 x 750 W	Oui
2 x P.103	Pompes circulation vers batterie froide	2 x 590 W	Oui
2 x P.104	Circulateur VC Lens	2 x 460 W	Oui
2 x P.105	Circulateur VC Louise	2 x 1,15 kW	Oui

Tableau 13 : Liste des pompes du système de climatisation

### 3.4.3 Régulation

○ **Régulation du système de climatisation**

Le fonctionnement du système de production de froid est piloté depuis la GTC. Le régime d'eau glacée est 6/12°C.

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation du système de climatisation.

Système de climatisation	Consignes / paramètres
Température de consigne de production d'eau glacée	6°C
Courbe de régulation climatique du circuit primaire	Oui
Consigne d'arrêt du système de climatisation	GTC
Intermittence	Oui

Tableau 14 : Consignes de régulation du système de climatisation

○ **Régulation des circuits secondaires**

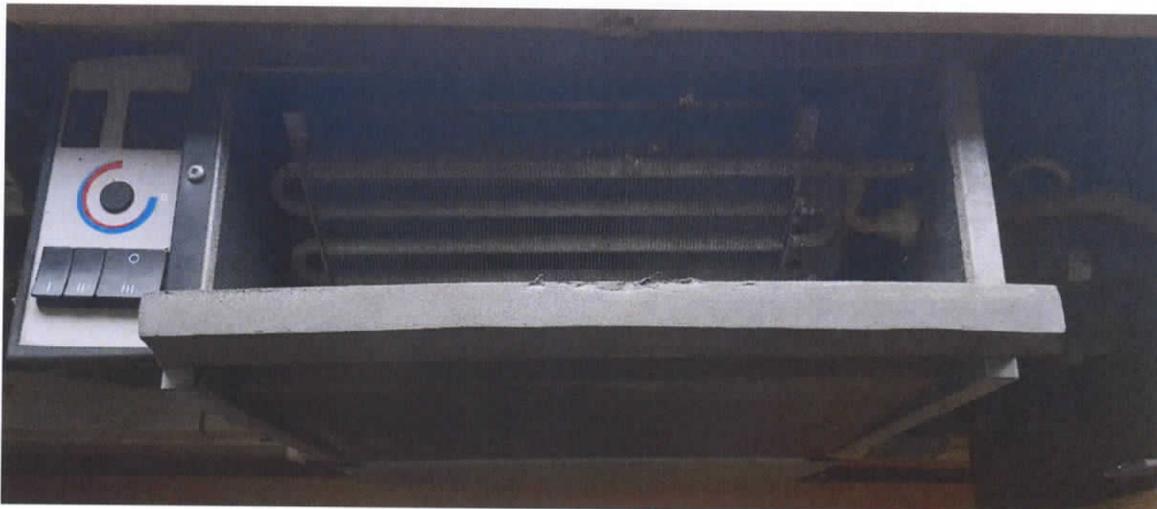
La température de départ des circuits secondaires est fixée à 12°C pour les ventilos convecteurs et pour les batteries froides des GP, la température de départ est régulée par des vannes 3 voies. Une courbe climatique est présente.

Au niveau local, la régulation est assurée par un thermostat d'ambiance (lui aussi réglable depuis la GTC), contrôlant 2 ventilo-convecteurs.



*Figure 24: Thermostat d'ambiance par 2 ventilo-convecteurs*

La vitesse des ventilateurs des ventilo-convecteurs est réglable via un interrupteur (3 vitesses disponibles).



*Figure 25: Vue du haut d'un ventilo-convecteur type*

Régulation des circuits secondaires	Consignes / paramètres
Horaire de fonctionnement	6h à 18h
Point de consigne stop hiver	Automatique (GTC)
Présence d'un système d'optimisation	Oui
Courbe de régulation climatique	Oui

Tableau 15 : Consignes de régulation du/des circuit(s) secondaire(s)

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation des circulateurs/pompes froides.

Dénomination du circulateur/pompe	Fonctionnement: si sur horaire, indiquer celui-ci, si sur demande, le préciser	Condition particulière de température ?
P.103	6h – 18h	-
P.104	6h - 18h	-
P.105	6h-18h	-

Tableau 16 : Consignes de régulation des pompes du système de climatisation

#### 3.4.4 Constatations et conseils concernant le système de climatisation

Pas d'irrégularités constatées.

### 3.5 SYSTÈME DE VENTILATION

#### 3.5.1 Groupes de ventilation

Le schéma aéraulique de l'installation de ventilation est le suivant.

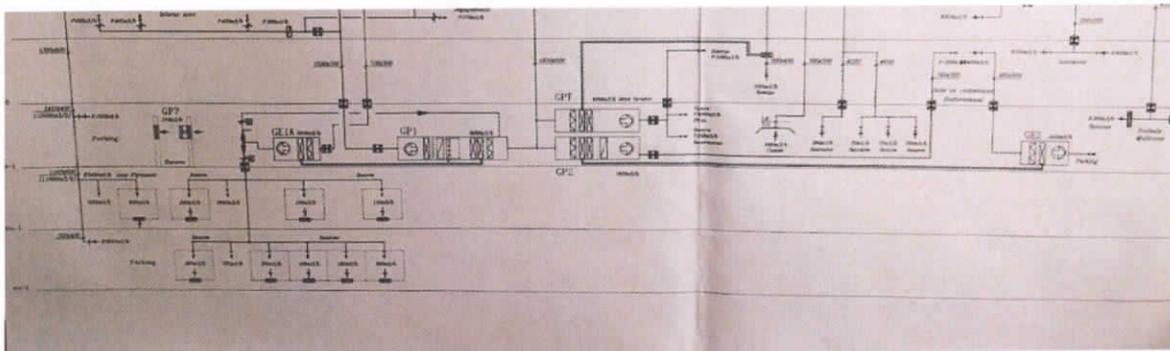


Figure 26: Schéma aéraulique de la VMC

La ventilation mécanique du bâtiment est assurée par les différents groupes suivants :

- GP1: 8050 m<sup>3</sup>/h (pulsion zones internes)
- GE1A: 3600 m<sup>3</sup>/h (rejet vers parkings et recyclage GP1)
- GE1B : 5255 m<sup>3</sup>/h (extractions sanitaires)
- GE3: 6250-12500 m<sup>3</sup>/h (extraction parkings et zones intérieures)
- GP2: 1820 m<sup>3</sup>/h (pulsion salles de conférence)
- GE2: 1820 m<sup>3</sup>/h (extraction salles de conférence)
- GPT: 6250 m<sup>3</sup>/h (pulsion taverne)
- GET(1-1A-1B): 3200 – 3000 – 715 m<sup>3</sup>/h (tourelles d'extraction taverne)
- GE4 : 600 m<sup>3</sup>/h (extraction local poubelles)
- GE5 : 1500 m<sup>3</sup>/h (extraction machinerie ascenseur)

En plus de cette ventilation mécanique, les bureaux situés en façade sont alimentés via l'ouverture des fenêtres mais ne sont pas pourvus d'extraction (pour ces bureaux-là, on parle de ventilation naturelle type A).

- Les groupes sont commandables via la GTC, le fonctionnement suit un horaire défini (de 7h à 19h)
- Les deux groupes de pulsion des bureaux sont équipés d'une batterie de pré-chauffe, d'une batterie froide et d'une batterie de post-chauffe, d'un humidificateur et d'un échangeur de chaleur
- En rapportant le débit total à la surface totale de bureaux (3101 m<sup>2</sup>), on obtient 3,18 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> (ce à quoi, il faut rajouter les débits d'air de ventilation naturelle). Cela correspond à une qualité d'air satisfaisante au niveau global. Néanmoins, il est difficile de se prononcer sur la qualité d'air dans les bureaux de façade, puisqu'ils dépendent de l'ouverture des fenêtres et donc du mode d'utilisation et donc de l'utilisateur. (Notons que le fait de pouvoir ouvrir manuellement les fenêtre est vu comme un point positif par le label BREEAM).

Les tableaux suivant reprennent les caractéristiques des groupes pour les bureaux.

Dénomination du groupe	Lieu de pulsion / extraction	Débit de ventilation (m <sup>3</sup> /h) et/ou puissance du ventilateur (kW)	Nombre de vitesse du groupe / présence d'un variateur	Batterie de pré-chauffe
GP1	Ensemble des bureaux	8050 m <sup>3</sup> /h	oui	oui
GP2	Salles de conférence	1820 m <sup>3</sup> /h	oui	oui

Tableau 17 : Liste des groupes de ventilation

Dénomination du groupe	Batterie de post-chauffe	Batterie froide	Humidificateur	Récupération	Recyclage
GP1	oui	oui	oui	oui	oui
GP2	oui	oui	oui	oui	oui

Tableau 18 : Liste des groupes de ventilation suite

### 3.5.2 Distribution

Les gaines de ventilation sont correctement isolées.



Figure 27: Isolation des gaines de ventilation

### 3.5.3 Régulation

- La mise en marche et à l'arrêt des groupes de ventilation suit un horaire défini dans la GTC.
- La température de pulsion est réglable via la GTC. Le point de consigne est 21°C (cette température commande l'ouverture de la vanne 3 voies des batteries chaudes des GP).
- Nous n'avons pas pu mettre en évidence de destruction d'énergie, mais il est fort possible que cela arrive à mi-saison, surtout lorsque le GP2 doit climatiser des salles de conférences remplies et que les bureaux alimentés par le GP1 exigent un apport de chaleur.
- Le night-cooling et free-cooling sont rendus possible via le GE3. Il est donc possible de décharger thermiquement le bâtiment en dehors des heures de bureau, en évacuant la chaleur via le GE3.

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation des groupes de ventilation GP1 et GP2.

Mode fonctionnement des groupes de pulsion de confort	Consigne / Paramètres
Paramètres de fonctionnement en night cooling	GTC
Consigne de température du point de rosée (°C)	GTC
Paramètres de fonctionnement de la récupération	GTC
Paramètres de fonctionnement du registre de by-pass de la récupération	GTC
Consigne d'humidification	Maintient plage 40-60%
Consigne de déshumidification	/
Horaire	7 à 19h
Consigne de fonctionnement des vitesses / du variateur	
Consigne de température (pulsion)	21°C
Consigne d'optimisation	Via GTC

Tableau 19 : Paramètres de régulation des groupes de ventilation

Le tableau ci-dessous reprend les données concernant la régulation des groupes de ventilation pour les parkings.

Consignes des groupes de ventilation des parkings	Consignes / Paramètres
Horaire	7-19h
Consigne CO	-
Consigne LPG	-
Paramètres de fonctionnement pour la mise en route des vitesses	Fonctionnement continu

Tableau 20 : Paramètres de régulation des groupes de ventilation des parkings

### 3.5.4 Constatations et conseils concernant le système de ventilation

	Constatations	Conseils
5.	Pour les bureaux proches des fenêtres, qui fonctionnent en ventilation naturelle, nous n'avons pas d'extraction claire.	Détalonner les portes de ces locaux pour permettre un chemin pour l'air, depuis les fenêtres jusqu'aux extractions.

Tableau 21 : Constatations et conseils concernant le système de ventilation

## 3.6 SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

### 3.6.1 Production de lumière

L'ensemble du bâtiment est équipé de luminaires peu énergivores, pour la grande majorité des tubes 36W (Philips TL-D Super 80 36W 827). Leur classement énergétique est A.



Figure 28: Label énergétique des luminaires

Des spots LED sont installés dans les espaces sanitaires et dans les couloirs. Nous estimons la puissance totale de l'éclairage à 28786 W.

Les parkings ont fait l'objet d'un complet relamping, les tubes TL 58W ont été remplacés par des tubes THORN Aquaforce pro LED de 33,1W très haut rendement (140 lm/W). La puissance d'éclairage des sous-sols est de 2581 W au total.

Voici une répartition par type d'affectation les puissances nominales et spécifiques installées, les niveaux d'éclairage et les niveaux réglementaires.

Affectation	Puissance nom.	Puissance spéc.	Niveau d'éclairage	Réglementaire
Bureaux	23939 W	7.72 W/m <sup>2</sup>	440- 500	300 - 500
Couloirs/sanit	4847 W	2.5 W/m <sup>2</sup>	200	100 - 150
Parkings	2581 W	1.56 W/m <sup>2</sup>	100	100

Tableau 22: Répartition des luminaires.

### 3.6.2 Régulation

Un interrupteur général par étage est présent. Dans les bureaux et les sanitaires, la commande est manuelle.

### 3.6.3 Constatations et conseils concernant le système d'éclairage

Nous n'avons pas de points d'amélioration pour cette rubrique.

## 4 CAMPAGNE(S) DE MESURES

Nous avons installé des data-loggers pour mesurer sur une durée de 2 semaines, les températures de départ et de retour du circuit primaire de chaud, la température extérieure et la température dans un local type de bureau.

Les mesures ont été prises dans la période allant du mardi 05-03-19 au lundi 18-03-19.

L'équipement utilisé est constitué de sondes Lascar electronics EL-USB-TC couplées à des sondes de température de contact de type K.

### 4.1 RÉSULTATS

Voici une vue globale de l'évolution des températures (départ chaudière gauche, droite, température bureaux et température extérieure).

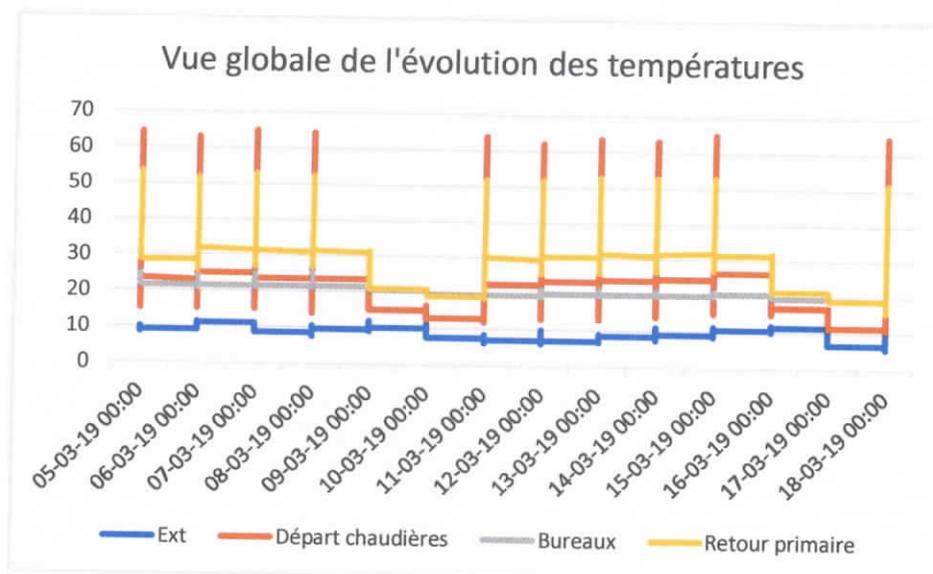


Figure 29: Evolution des températures.

De manière globale, on peut voir que les chaudières sont éteintes en dehors des heures de bureaux. La température à l'intérieur des bureaux est maintenue constante. De manière globale, la régulation de l'installation de chauffage semble efficace. D'une semaine à l'autre, nous observons le même comportement.

Analysons plus en détails l'évolution de la température extérieure (bleu), de la température des bureaux (gris), de la température de départ des chaudières (rouge) et de la température de retour (jaune) sur 3 jours types (jeudi, vendredi et samedi).

Voici le graphique correspondant.

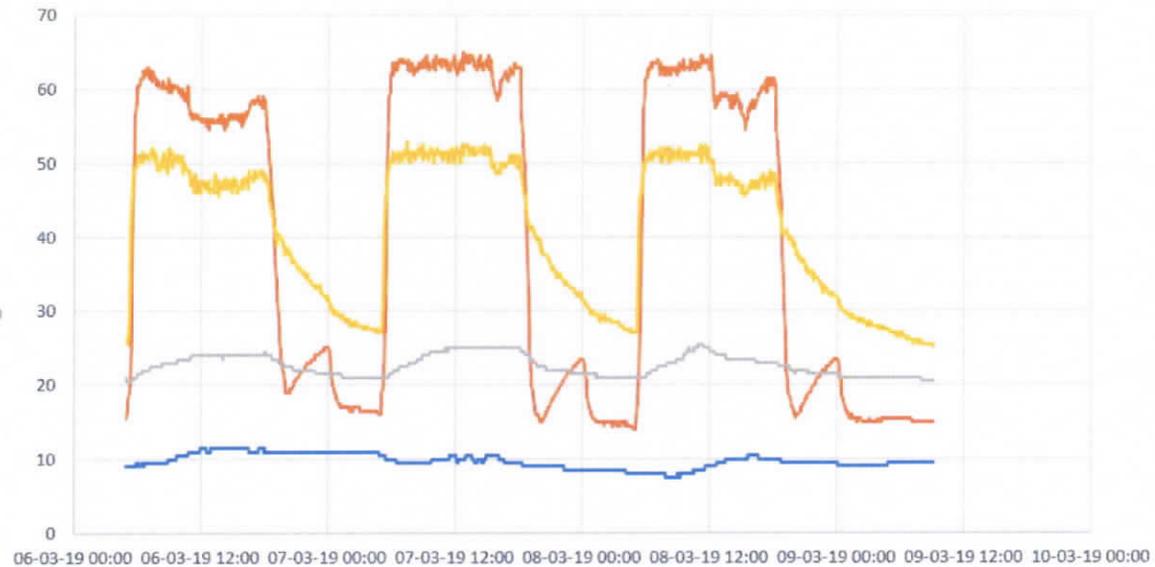


Figure 30: Evolution des températures sur 3 jours types

Nous voyons que les chaudières sont régulées via une sonde de température extérieure, le régime est 80/60. Les deux chaudières s'allument selon une cascade. Les chaudières sont éteintes en dehors des heures de bureaux. La relance s'effectue à 5h du matin.

Il s'agit de température de contact, la température réelle est plus élevée. La température des chaudières passe de 15,5 à 23,5°C entre 20h et minuit, c'est sans doute dû au fait que les bureaux soient maintenus à 21°C en semaine en dehors des périodes de travail. **Il conviendrait de vérifier ce paramètre dans la GTC.**

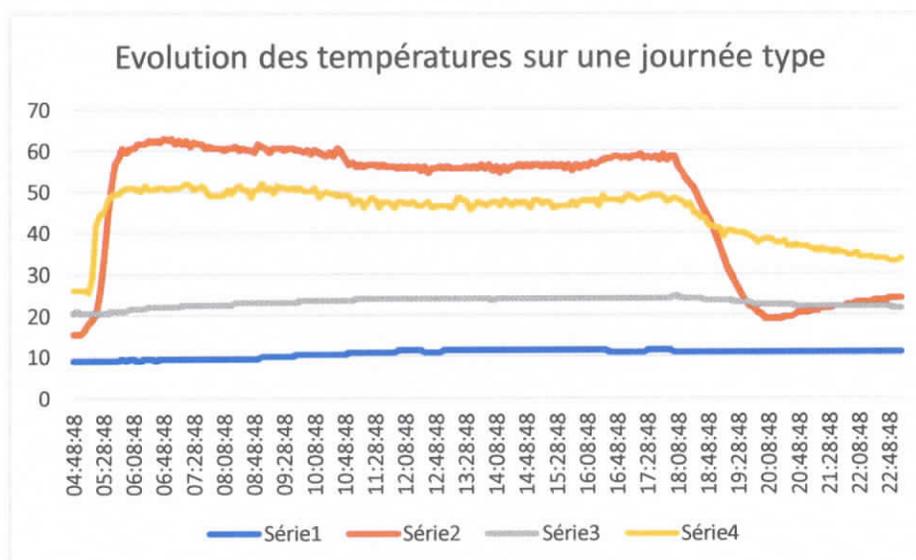


Figure 31: Evolution des températures sur une journée type

En bleu, la température extérieure, en orange la température de départ, en jaune, la température de retour, en gris la température des bureaux. Nous constatons que la relance est bien effectuée à 5h du matin et que la production de chaud est éteinte à 18h. La température de départ varie en fonction de la température extérieure. Nous voyons que la température départ remonte un peu après 20h. Il conviendrait de vérifier cela dans la GTC.

## 5 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

### 5.1 DONNÉES DISPONIBLES

Les données de consommation (gaz et électricité) m'ont été transmises d'une part par le gestionnaire du bâtiment (factures gaz et électricité des communs). J'ai pu récupérer les données de consommation des locataires via Sibelga. Le mois d'avril est la référence couvrant la période allant de janvier 2016 à mai 2018 (soit 2,5 années complètes).

Les compteurs sont les suivants :

- Compteur Gaz (30122776)
- Compteur Electricité (6827316552)

L'occupation du bâtiment est restée constante sur les années observées.

### 5.2 ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLES

#### 5.2.1 Evolution de la consommation annuelle

Année de référence	Degrés-jours	Consommation (kWh)	Consommation normalisée
2016	1947	203905	195749
2017	1780	226273	237603
2018	1739	195995	210660

Tableau 23: Evolution de la consommation combustible.

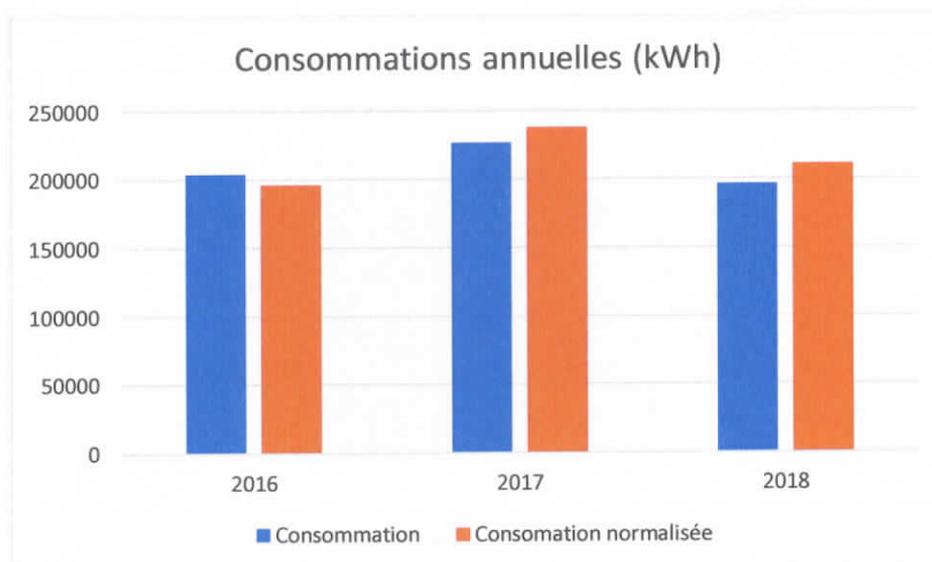


Figure 32: Consommations énergétiques de gaz

Les consommations normalisées sont plutôt constantes. Il faudrait vérifier sur la GTC, s'il y a de la destruction d'énergie à mi-saison, lorsque les salles de conférence ont par exemple besoin de froid, et que les bureaux ont besoin de chaud.

### 5.2.2 Consommation spécifique

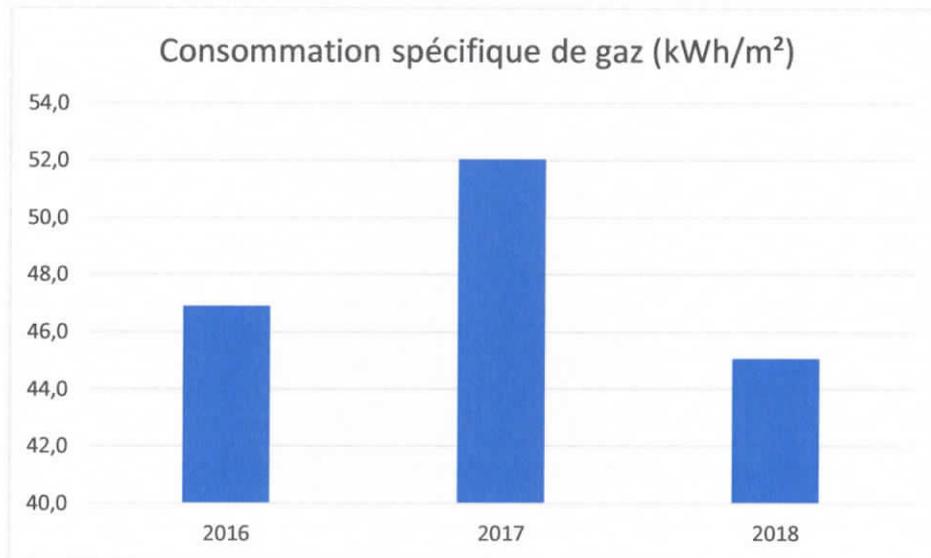


Figure 33: Consommation spécifique de gaz

Les consommations spécifiques varient entre 45 et 52 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Ceci est à comparer au benchmark de 135 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le secteur administratif. La consommation est donc nettement moins élevée que le benchmark, rappelons que le bâtiment est certifié BREEAM good.

### 5.2.3 Répartition des consommations

Le graphique suivant montre la répartition de la consommation de combustible pour les différents postes. Les pertes de chauffage concernent les pertes liées à la régulation. Nous constatons que les pertes via le plancher sont encore assez élevées.

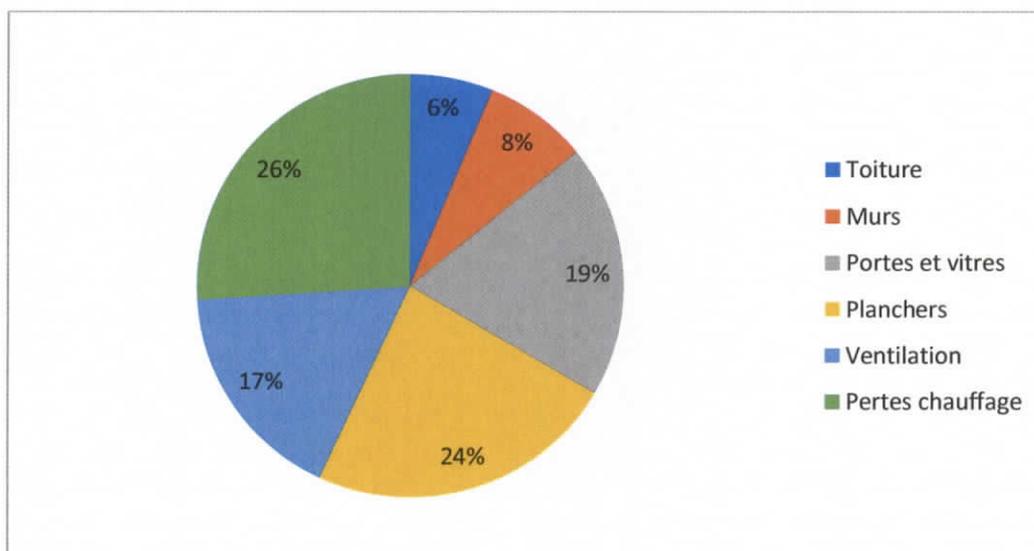


Figure 34: Répartition des pertes de chauffage

### 5.3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES

#### 5.3.1 Evolution de la consommation annuelle

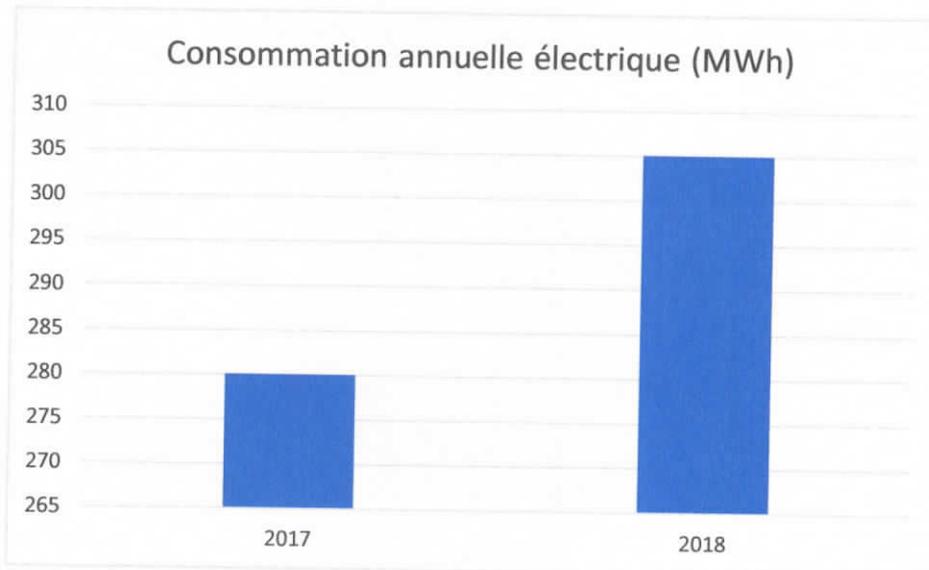


Figure 35: Consommation électrique annuelle

Consommation annuelle (MWh)	
2017	280
2018	305

Tableau 24: Consommations électriques

La consommation électrique a augmenté de 10% d'une année à l'autre. Cela peut être dû à l'occupation ou à un besoin plus élevé de climatisation.

#### 5.3.2 Consommation spécifique

Le graphe ci-après représente la consommation électrique annuelle spécifique

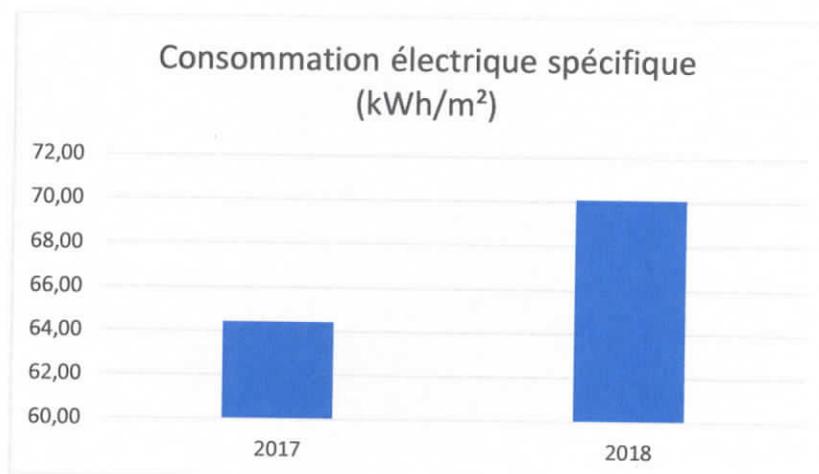


Figure 36: Consommation électrique spécifique.

Consommation annuelle spécifique (kWh/m <sup>2</sup> )	
2016	64,39
2017	70,08

Tableau 25: Consommation électrique spécifique.

Ce chiffre est à mettre en rapport avec le Benchmark de l'IBGE pour les bâtiments de même affectation (entre 122 et 140 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le travail administratif et les services aux entreprises). Nous sommes donc bien en dessous de ce chiffre.

### 5.3.3 Répartition des consommations

Nous ne possédons pas assez de données que pour donner une répartition exacte par poste de la consommation électrique. Néanmoins, nous pensons qu'elle ressemble à cela.

6

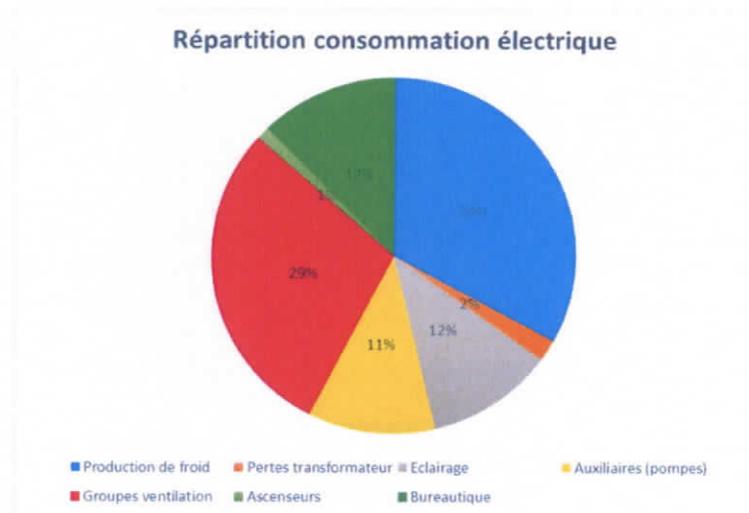


Figure 37: Répartition des consommations électriques.

## IDENTIFICATION DES MESURES D'AMÉLIORATION

### 6.1 ÉVALUATION DES MESURES D'AMÉLIORATION

	Constatations	Conseils
1.	Le plancher sur parking est partiellement isolé	Isolation avec 15cm de PUR.
2.	Certaines vannes et pompes ne sont pas isolées	Isoler ces vannes et pompes.
3.	Une des chaudières présente un rendement de combustion plus faible que l'autre.	Vérifier l'encrassement et s'arranger pour faire fonctionner en priorité dans la cascade la chaudière la plus efficace.
4.	La production de chauffe semble s'allumer pendant la nuit.	Vérifier la raison de cela (maintien des bureaux à 21°C) et corriger si cela est nécessaire sur la régulation de la GTC.
5.	Pour les bureaux proches des fenêtres, qui fonctionnent en ventilation naturelle, nous n'avons pas d'extraction claire.	Détalonner les portes de ces locaux pour permettre un chemin pour l'air, depuis les fenêtres jusqu'aux extractions.  <b>(Mesure de confort si des plaintes sont récurrentes).</b>

Tableau 26 : Liste des constatations - conseils

## 7 SYNTHÈSE DES MESURES D'AMÉLIORATION ÉVALUÉES

Le tableau ci-dessous est une synthèse des mesures d'amélioration évaluées dans les paragraphes précédents :

Famille	n°	Intitulé de la mesure	Economies										Invest	Incertitude	TRS
			Electricité [kWh/an]	Combustible [kWh/an]	Energie primaire [kWhp/an]	Energie primaire [%]	CO <sub>2</sub> [t/an]	CO <sub>2</sub> [%]	Financière [€/an]	Incertitude [%]					
Enveloppe	1	Isolation plancher sur parking		64953	64953	6,85%	13,11	8,23	2923	-	23040	-	7,9		
	2	Isolation vannes et pompes		12782	12782	1,34%	2,58	1,62	575,2	-	900	-	1,56		
Système de chauffage	3	Inspection chaudière et réglage cascade		3864	3864	0,4%	0,780	0,49	174	-	100	-	0,57		
	4	Vérification chauffe pendant la nuit.		2146	2146	0,22	0,433	0,27	96,57	-	100	-	1,03		
<b>TOTAL DES MESURES</b>				<b>83745</b>	<b>83745</b>	<b>8,83</b>	<b>16,91</b>	<b>10,06</b>	<b>8769</b>	<b>-</b>	<b>24140</b>	<b>-</b>	<b>2,75</b>		

Tableau 27 : Synthèse des mesures et identification du potentiel d'économie

## 8 DECLARATION D'IMPARTIALITE DE L'AUDITEUR

L'auditeur rejette toute forme de partialité dans le processus d'audit et garantit toute l'objectivité de l'audit.

Signature de l'auditeur :

Ir Guillaume Donnet

