

RAPPORT D'AUDIT ENERGETIQUE ACTIRIS

Office régional bruxellois de l'emploi, Bruxelles

Nom de l'établissement : Actiris

Adresse : Boulevard Anspach, 65, 1000 Bruxelles

Demandeur du permis d'environnement : Actiris

Personnes de contact : Madame Van Der Maelen

Adresse du demandeur : Boulevard Anspach, 65, 1000 Bruxelles

Auditeur énergétique du permis d'environnement : Philippe Baudin

Adresse de l'expert : Rue de la Loi 26/15, 1040 Bruxelles

Numéro d'enregistrement : AGREA 0009

TABLE DES MATIERES

1	Introduction	10
1.1	Données administratives	10
1.2	Abréviations	10
1.3	Source des données	10
2	Présentation de l'établissement	12
2.1	Chiffres clés	12
2.2	Description générale et affectation de l'établissement	13
2.3	Occupation	14
2.4	Prix des énergies	14
3	Description de la situation existante	16
3.1	Enveloppe	16
3.1.1	<i>Les murs</i>	17
3.1.2	<i>Les portes et fenêtres</i>	18
3.1.3	<i>La toiture</i>	20
3.1.4	<i>Les planchers / le sol</i>	22
3.1.5	<i>Étanchéité à l'air</i>	23
3.1.6	<i>Constatations et conseils sur la qualité de l'enveloppe</i>	23
3.2	Système de chauffage	24
3.2.1	<i>Production de chaleur</i>	24
3.2.2	<i>Distribution et émission de chaleur</i>	26
3.2.3	<i>Régulation</i>	29
3.2.4	<i>Interaction chaud froid</i>	34
3.2.5	<i>Mesures et constatations</i>	34
3.2.6	<i>Constatations et conseils concernant le système de chauffage</i>	38
3.3	Système d'eau chaude sanitaire	40
3.4	Système de climatisation	40
3.4.1	<i>Production de froid</i>	40
3.4.2	<i>Distribution de froid</i>	42
3.4.3	<i>Régulation</i>	43
3.4.4	<i>Mesures et constatations</i>	45
3.4.5	<i>Constatation et conseil concernant le système de climatisation</i>	45
3.5	Système de ventilation	46
3.5.1	<i>Groupe de ventilation</i>	46
3.5.2	<i>Régulation</i>	47
3.5.3	<i>Mesures et constatations</i>	50
3.5.4	<i>Constatations et conseils concernant le système de ventilation</i>	50
3.6	Système d'éclairage	51
3.6.1	<i>Production de lumière</i>	51
3.6.2	<i>Régulation</i>	52
3.6.3	<i>Constatations et conseils concernant le système d'éclairage</i>	53
3.7	Autre poste consommateurs d'électricité	53

3.7.1	<i>Gestion de la charge électrique, transformateur haute tension</i>	53
3.7.2	<i>Bureautique et informatique</i>	53
3.7.3	<i>Constatation et conseils concernant les autres consommateurs d'électricité</i>	53
4	Analyse des consommations énergétiques	54
4.1	Données disponibles	54
4.2	Analyse des consommations de combustibles	54
4.2.1	<i>Evolution de la consommation annuelle</i>	54
4.2.2	<i>Evolution de la consommation mensuelle</i>	55
4.2.3	<i>Signature énergétique du bâtiment</i>	55
4.2.4	<i>Consommation spécifique</i>	56
4.2.5	<i>Répartition des consommations</i>	56
4.3	Analyse des consommations électriques	58
4.3.1	<i>Evolution de la consommation annuelle</i>	58
4.3.2	<i>Evolution de la consommation mensuelle</i>	58
4.3.3	<i>Consommation heures de pointe / heures creuses</i>	60
4.3.4	<i>Consommation spécifique</i>	61
4.3.5	<i>Répartition des consommations</i>	61
5	Identification des mesures d'amélioration	63
5.1	Mesure(s) concernant l'enveloppe	64
5.1.1	<i>Isolation de la toiture</i>	64
5.1.2	<i>Remplacement des vitrages et des châssis</i>	65
5.2	Mesure(s) concernant le système de chauffage, de climatisation et de ventilation	66
5.2.1	<i>Modification de la chaufferie (hydraulique et passage au gaz)</i>	66
5.2.2	<i>Modification de la chaufferie (hydraulique et chaudière à condensation)</i>	69
5.2.3	<i>Modification de la régulation</i>	71
5.2.4	<i>Isolation des tuyauteries et auxiliaires de distribution</i>	72
5.3	Mesure(s) concernant le système d'éclairage	74
5.3.1	<i>Éclairage des bureaux</i>	74
5.4	Mesure(s) concernant l'électricité hors HVAC et éclairage	77
5.5	Mesure(s) concernant les énergies renouvelables	78
5.5.1	<i>Photovoltaïque</i>	78
5.6	Compensation des émissions de CO ₂	79
6	Synthèse des mesures d'amélioration identifiées ayant un TRS inférieur à 5 ans	80
7	Plan d'action	82
7.1	Coordonnées des responsables	82
7.2	Mesures	82
8	Visites	83
9	Signature pour approbation	84
10	Impartialité de l'auditeur	85
11	Annexes	86

11.1	Hypothèses environnementales	86
11.2	Primes octroyées en Région Bruxelles Capitale	86

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Image satellite du bâtiment.....	14
Figure 2 : Vue en perspective du bâtiment.....	14
Figure 3 : Enveloppe du bâtiment.....	16
Figure 4 : Composition des murs principaux.....	17
Figure 5 : Image de l'allège.....	18
Figure 6 : Porte d'entrée extérieure.....	19
Figure 7 : Vitrage.....	20
Figure 8 : Image de la toiture plate.....	21
Figure 9 : Image de la toiture plate.....	21
Figure 10 : Image de la toiture inclinée.....	22
Figure 11 : Photo des chaudières.....	24
Figure 12 : Monotone des besoins de chaleur.....	26
Figure 13 : Schéma de principe du système de production de chaleur (primaire).....	27
Figure 14 : Schéma de principe du système de production de chaleur (secondaire).....	27
Figure 15 : Photo des accessoires du circuit.....	28
Figure 16 : Photo par caméra thermique des accessoires non isolés du circuit.....	28
Figure 17 : Sondes extérieures (température à gauche et humidité à droite).....	30
Figure 18 : Sonde d'ambiance.....	31
Figure 19 : Courbe de régulation du circuit des étages.....	31
Figure 20 : Courbe de régulation de nuit du circuit des étages.....	32
Figure 21 : Courbe de régulation jour du circuit des ventilo-convecteurs.....	33
Figure 22 : Courbe de régulation nuit du circuit des ventilo-convecteurs.....	33
Figure 23 : Radiateur et vanne thermostatique.....	34
Figure 24 : Ventilo-convecteur et vanne thermostatique (7 ^{ème} étage).....	34
Figure 25 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière du 15 au 24 octobre.....	35
Figure 26 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière pour la journée du 21 octobre.....	35
Figure 27 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière de 9h à 10h de la journée du 21 octobre.....	35
Figure 28 : Trend production du chaud – 25/08/2014.....	36
Figure 29 : Mesure des températures de départ et de retour sur le circuit des radiateurs.....	37
Figure 30 : Mesure des températures de départ et de retour sur le circuit des GP.....	37
Figure 31 : Mesure de la température ambiante dans un bureau du 5 ^{ème} étage.....	38
Figure 32 : Photo de la machine frigorifique 1.....	40
Figure 33 : Tour de refroidissement sur la toiture.....	42
Figure 34 : Schéma de principe du circuit froid (GTC).....	43
Figure 35 : Trend circuit froid du 30 septembre au 6 octobre 2014.....	45
Figure 36 : Image GTC de la ventilation du 5 ^{ème} étage.....	46
Figure 37 : Trend GP 5.....	49
Figure 38 : Trend GP3.....	50
Figure 39 : Evolution des consommations brutes et normalisées en mazout de 2011 à 2013.....	54
Figure 40 : Consommations mensuelles moyennes en mazout (années 2011 à 2013).....	55
Figure 41 : Signature énergétique du bâtiment.....	56
Figure 42 : Consommation spécifique en combustible du bâtiment par rapport au secteur des bureaux.....	56
Figure 43 : Répartitions des pertes par l'enveloppe du bâtiment.....	57
Figure 44 : Répartition de la consommation en mazout.....	57
Figure 45 : Evolution des consommations en électricité de 2011 à 2013.....	58

Figure 46 : Consommations mensuelles moyennes en électricité (années 2011 à 2013).....	59
Figure 47 : Consommations mensuelles en heures creuses (années 2011, 2012 et 2013).....	59
Figure 48 : Consommations mensuelles en heures pleines (années 2011, 2012 et 2013).....	60
Figure 49 : Evolution des heures creuses et pleines sur la moyenne mensuelle des 3 dernières années.....	60
Figure 50 : Consommation spécifique en électricité du bâtiment par rapport au secteur des bureaux.....	61
Figure 51 : Répartition de la consommation en fonction des différents postes.....	61
Figure 52 : Proposition concernant la modification de la chaufferie.....	67
Figure 53 : Distribution de flux simulé – situation existante bureau type (réalisé sur DIALux).....	74
Figure 54 : Distribution de flux simulé – situation projetée bureau type (réalisé sur DIALux).....	75
Figure 55 : Evolution du gain du remplacement des luminaires dans un bureau type.....	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Documents sources.....	11
Tableau 2 : Caractéristique du bâtiment.....	12
Tableau 3 : Caractéristique des installations.....	12
Tableau 4 : Caractéristique des consommations et des émissions.....	12
Tableau 5 : Description du bâtiment.....	13
Tableau 6 : Calendrier des occupations.....	14
Tableau 7 : Description des parois.....	17
Tableau 8 : Description des murs.....	18
Tableau 9 : Description portes et fenêtres.....	20
Tableau 10 : Description des toitures.....	22
Tableau 11 : Description du plancher.....	22
Tableau 12 : Constatations et conseils concernant l'enveloppe.....	23
Tableau 13 : Description des chaudières.....	24
Tableau 14 : Conditions de fonctionnement des chaudières.....	25
Tableau 15 : Valeurs des rendements de combustion instantanés des chaudières repris dans les attestations d'entretien du 14/06/2013.....	25
Tableau 16 : Temps de fonctionnement et production des chaudières.....	25
Tableau 17 : Liste des pompes et circulateurs du système de chauffage.....	29
Tableau 18 : Consignes de régulation du système de chauffage.....	30
Tableau 19 : Consignes de régulation du circuit des étages.....	32
Tableau 20 : Consignes de régulation du circuit des GP.....	32
Tableau 21 : Consignes de régulation du circuit des ventilo-convecteurs.....	33
Tableau 22 : Constatations et conseils concernant le système de chauffage.....	39
Tableau 23 : Description des machines de production de froid (1 et 2).....	41
Tableau 24 : Description des machines de production de froid (3).....	41
Tableau 25 : Description des machines de production de froid (4).....	42
Tableau 26 : Liste des pompes et circulateurs du système froid.....	43
Tableau 27 : Consigne de régulation du système de climatisation.....	44
Tableau 28 : Description de la ventilation.....	47
Tableau 29 : Liste des groupes de traitement d'air.....	47
Tableau 30 : Paramètre de régulation des groupes de ventilation.....	48
Tableau 31 : Constatations et conseils concernant le système de ventilation.....	50
Tableau 32 : Relevé du type d'éclairage du bâtiment.....	52
Tableau 33 : Mesure de l'éclairage pour un bureau du 5 ^{ème} étage.....	52
Tableau 34 : Constatations et conseils concernant le système d'éclairage.....	53
Tableau 35 : Données disponibles pour l'analyse des consommations.....	54
Tableau 36 : Consommation moyenne en mazout pour le chauffage.....	54
Tableau 37 : Consommation moyenne en électricité.....	58
Tableau 38 : Répartition des consommations électriques.....	62
Tableau 39 : Constat et proposition concernant l'isolation de la toiture.....	64
Tableau 40 : Mesure sur l'isolation de la toiture.....	64
Tableau 41 : Détails de l'investissement pour l'isolation de la toiture.....	64
Tableau 42 : Constat et proposition concernant le remplacement des fenêtres.....	65
Tableau 43 : Mesure sur le remplacement des fenêtres.....	65
Tableau 44 : Détails de l'investissement pour le remplacement des fenêtres.....	65

Tableau 45 : Constat et proposition concernant la modification de la chaufferie.	66
Tableau 46 : Mesure sur la modification de la chaufferie.	67
Tableau 47 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie sans le passage au gaz.....	68
Tableau 48 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie avec le passage au gaz.....	68
Tableau 49 : Constat et proposition concernant la modification de la chaufferie.	69
Tableau 50 : Mesure sur la modification de la chaufferie.	70
Tableau 51 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie.	70
Tableau 52 : Constats et propositions concernant la modification de la régulation.....	71
Tableau 53 : Mesure sur la modification de la régulation.	71
Tableau 54 : Détails de l'investissement pour la modification de la régulation.....	71
Tableau 55 : Constat et proposition concernant l'isolation des auxiliaires de distribution.	72
Tableau 56 : Mesure sur l'isolation des auxiliaires de distribution.	72
Tableau 57 : Détails de l'investissement pour l'isolation des auxiliaires de distribution.	73
Tableau 58 : Constat et proposition concernant le système d'éclairage des bureaux.....	74
Tableau 59 : Hypothèses du calcul amélioration de l'éclairage dans un bureau type.	75
Tableau 60 : Mesure concernant le système d'éclairage des bureaux.	76
Tableau 61 : Détails de l'investissement pour l'installation des nouveaux luminaires des bureaux.....	76
Tableau 62 : Constat et proposition concernant le photovoltaïque.	78
Tableau 63 : Mesure concernant le photovoltaïque.	78
Tableau 64 : Détails de l'investissement pour le photovoltaïque.	78
Tableau 65 : Évaluation du nombre d'arbre à planter pour compenser les émissions de CO2.	79
Tableau 66 : Synthèse des mesures d'amélioration.....	81
Tableau 67 : Interactions des mesures sur leur TRS.	81
Tableau 68 : Mesures retenues dans le plan d'action.....	82
Tableau 69 : Total des économies engendrées par les mesures choisies.....	82

GÉNÉRALITÉS ET OBJECTIFS

L'objectif de l'audit énergétique est d'établir un plan d'actions stratégiques 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, les différents dysfonctionnements ou postes qui présentent un potentiel d'amélioration (constats) sont identifiés et des conseils pour améliorer les systèmes sont proposés. Ces conseils constituent la base des mesures d'amélioration.

Pour ce faire, les données de facturation et les données techniques fournies sont exploitées. Des mesures complémentaires sont effectuées sur place 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, ...).

Les solutions et les mesures identifiées consistent en :

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

1 INTRODUCTION

Le demandeur du permis d'environnement n'étant pas assujéti à la TVA, l'ensemble des montants d'investissements, des prix des énergies et des économies financières mentionnés dans ce rapport sont exprimés TVA comprise. Tous les temps de retour simple sur l'investissement ne prennent pas en compte les éventuelles primes ou subsides qui pourrait être sollicités, ni les certificats verts.

Toutes les consommations en combustibles (mazout), ainsi que les rendements énergétiques sont exprimées en PCI.

1.1 DONNÉES ADMINISTRATIVES

Nom de l'établissement : Actiris ;

Adresse : Boulevard Anspach, 65, 1000 Bruxelles ;

Demandeur du permis d'environnement : Actiris ;

Personnes de contact : Madame Van Der Maelen ;

Adresse du demandeur : Boulevard Anspach, 65, 1000 Bruxelles ;

Auditeur énergétique du permis d'environnement : Philippe Baudin ;

Adresse de l'expert : Rue de la Loi 26/15, 1040 Bruxelles ;

Numéro d'enregistrement : AGREA 0009 ;

Numéro du dossier de demande du permis d'environnement : /

Date du rapport : 8/12/2014

1.2 ABRÉVIATIONS

- PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur
- PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur
- ECS : Eau Chaude Sanitaire
- TRS : Temps de Retour Simple
- IBGE : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
- BTC : Batterie Terminale Chaude
- BTF : Batterie Terminale Froide
- Arrêté : arrêté du 15/12/2011 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à un audit énergétique pour les établissements gros consommateurs d'énergie (M.B. 30/01/2012)
- Arrêté chauffage PEB : arrêté du 3 juin 2010 relatif aux exigences PEB applicables aux systèmes de chauffage (M.B. 9 juillet 2010) et leurs modifications
- Arrêté climatisation PEB : arrêté du 15 décembre 2011 relatif à l'entretien et au contrôle des systèmes de climatisation (M.B. 24 janvier 2012) et leurs modifications

1.3 SOURCE DES DONNÉES

	Disponible	Information disponible
Certificat PEB	Non	
Attestation de contrôle périodique du système de	Oui	Rendement de combustion

chauffage			
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	
Rapports de comptabilité énergétique chauffage et climatisation PEB		Non	
Autres :	Plans	Oui	Plan d'architecture intérieure
	Schémas de principe	Non	
	Factures	Oui	Année 2011, 2012 et 2013
	Comptages énergétiques du demandeur et/ou de l'auditeur	Non	Consommation électrique totale quart horaire

Tableau 1 : Documents sources

2 PRÉSENTATION DE L'ETABLISSEMENT

2.1 CHIFFRES CLÉS

Bâtiment complet		Source de l'information	
Superficie plancher du bâtiment	[m ²]	15 960	Plans As-built
Superficie du volume protégé	[m ²]	13 881	Plans As-built

Tableau 2 : Caractéristique du bâtiment.

Installations	Puissance (kW) ou débit (m ³ /h)	Date installation
Chaudières et générateurs de chaleur	2040 kW	1997
Système de ventilation	141 743 m ³ /h	/
Installation de réfrigération	1709 kW	2005
Système d'éclairage	154 kW	/

Tableau 3 : Caractéristique des installations.

	Consommation moyenne finale normalisée des trois dernières années [kWh]	Emission moyenne des deux dernières années [t-eq CO ₂]
De 2011 à 2013		
Mazout (PCI)	794 392	241
Electricité	1 744 163	689
Autres	/	/
Total	2 538 555	930

Tableau 4 : Caractéristique des consommations et des émissions.

2.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE ET AFFECTATION DE L'ETABLISSEMENT

Le bâtiment a été édifié en 1898 et a subi de nombreuses rénovations depuis cette date. Il a connu une 1^{ère} rénovation importante en 1949 (surélévation et construction des étages 6 et 7). Une rénovation complète du bâtiment a eu lieu en 1990. L'immeuble appartient depuis 1993 à l'Office Régional Bruxellois de l'Emploi. Le bâtiment se compose maintenant de 8 étages et d'un sous-sol renfermant le parking. Signalons également que le 3^{ème} étage comporte des cuisines et un restaurant. Une grande partie du rez-de-chaussée est occupée par des locataires comme le magasin Delhaize.

Actiris	
Affectation de l'immeuble	Bureaux
Nombre d'occupants	633
Nombre et description des étages	Rez + 8 étages <u>Sous-sols (-1)</u> : parking
Surface brute étage +8 (m ²)	58
Surface brute étage +7 (m ²)	1638
Surface brute étage +4, +5, +6 (m ²)	1905
Surface brute étage +2, +3 (m ²)	2089
Surface brute étage +1 (m ²)	2079
Surface brute rez (m ²)	253
Surface brute sous-sols -1 (m ²)	2078

Tableau 5 : Description du bâtiment.



Figure 1 : Image satellite du bâtiment.

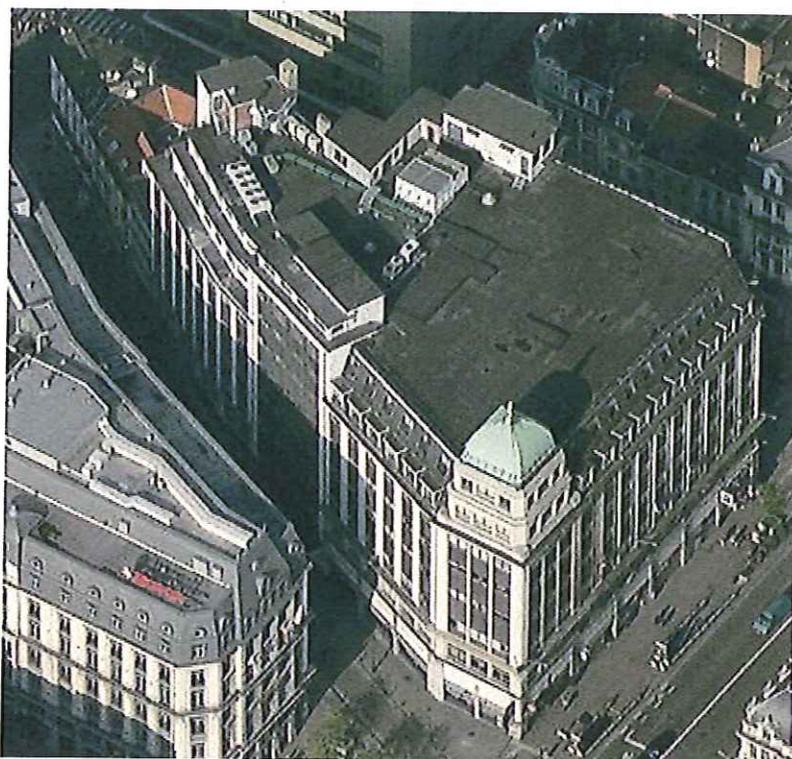


Figure 2 : Vue en perspective du bâtiment.

2.3 OCCUPATION

Affectation principale du bâtiment : Bureaux. Le demandeur du permis, à savoir Actiris, est le propriétaire du bâtiment et n'est pas assujéti à la TVA. Il peut donc modifier le bâtiment, remplacer les installations, etc...

Le bâtiment est composé essentiellement de bureaux et de salles de réunion. Les premiers étages contiennent également des espaces publics (open space). Par ailleurs, le 1^{er} étage contient une crèche et le sous-sol est constitué d'un parking commun à d'autres bâtiments publics comme le Delhaize.

Les horaires d'occupation sont présentés au tableau suivant :

Horaire d'ouverture	
Lundi – vendredi	6h30-18h
Samedi - dimanche	Non occupé

Tableau 6 : Calendrier des occupations.

2.4 PRIX DES ÉNERGIES

Les prix de l'électricité et du mazout considérés dans cet audit correspondent aux prix à la moyenne des dernières factures reçues (début 2014) :

- Électricité jour : 136.59 €/MWh (TVAC).
- Électricité nuit : 113.33 €/MWh (TVAC).
- Mazout : 74.94 €/MWh PCI (TVAC).

3 DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE

3.1 ENVELOPPE

L'enveloppe du bâtiment est découpée et représentée à la figure suivante :

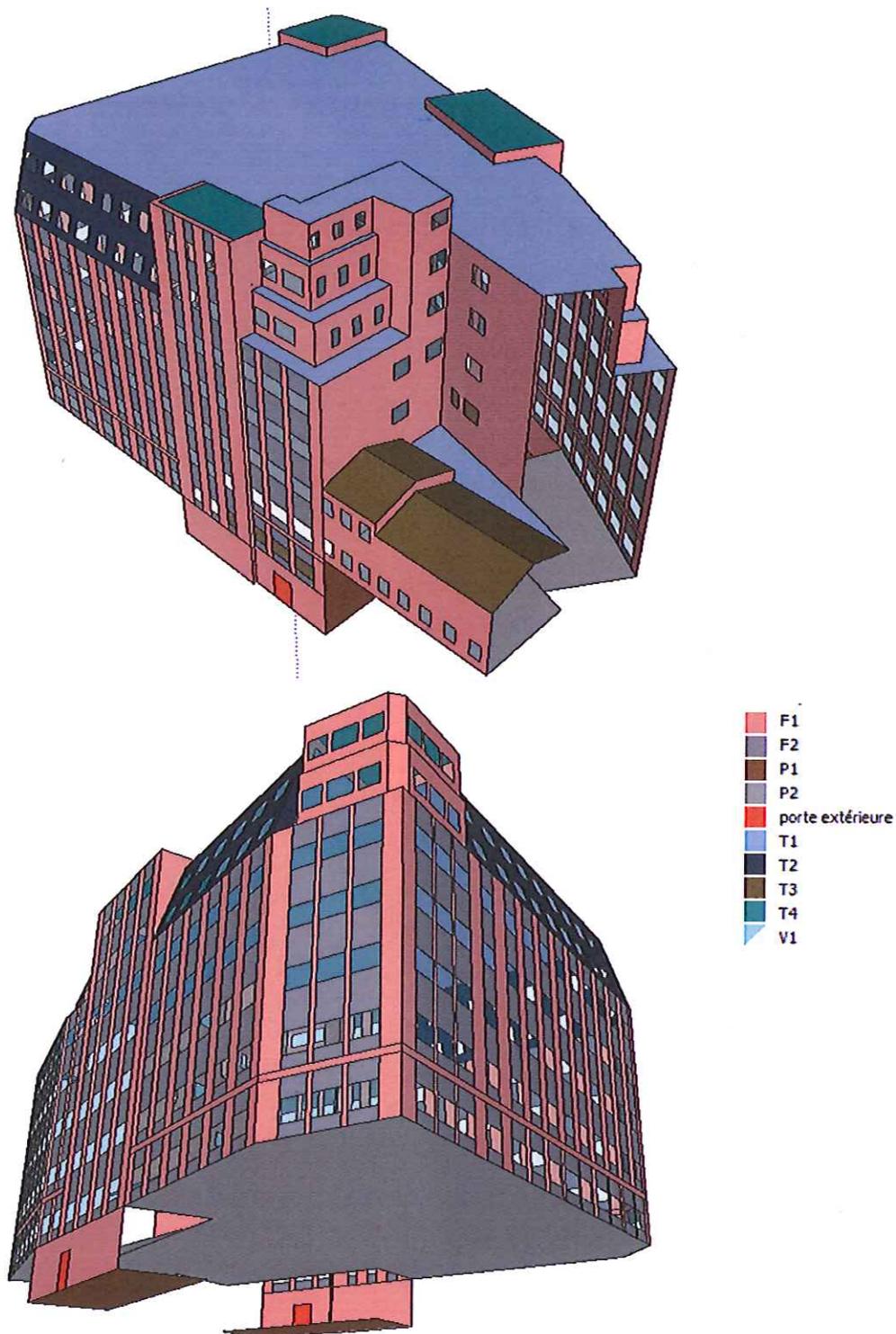


Figure 3 : Enveloppe du bâtiment.

L'explication des parois du bâtiment est reprise dans le Tableau 7.

Dénomination	
F1	Mur principal et trumeaux
F2	Allèges
Porte extérieure	Porte extérieure
T1	Toituré plate
T2	Toiture inclinée du 6 ^{ème} et 7 ^{ème} étage
T3	Toiture inclinée au Nord-Ouest du bâtiment
T4	Toiture plate en contact avec un EANC
P1	Plancher du rez-de-chaussée en contact avec un EANC
V1	Vitrage

Tableau 7 : Description des parois.

3.1.1 Les murs

F1 – Mur principal et trumeaux	
Composition	Mur plein avec pierre de finition
Coefficient de transmission thermique estimé	1.69 W/m ² K.
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	0.24 W/m ² K



Figure 4 : Composition des murs principaux.

Source du diagnostique

Sans informations disponibles, les valeurs standards de la certification pour des bâtiments tertiaires du même type ont été utilisées.

F2 – Allèges	
Composition	Mur en brique avec bardage
Coefficient de transmission thermique estimé	1.69 W/m ² K

Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves 0.24 W/m²K



Figure 5 : Image de l'allège.

Source du diagnostic

Sans informations disponibles, les valeurs standards de la certification pour des bâtiments tertiaires du même type ont été utilisées.

Tableau 8 : Description des murs.

3.1.2 Les portes et fenêtres

Porte extérieure

Type de vitrage	Double vitrage sans couche basse émissivité datant de 1991
Type de châssis	Aluminium sans coupure thermique
Coefficient de transmission thermique estimé des vitrages	1.7 W/m²K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	1.8 W/m²K
Coefficient de transmission thermique estimé du châssis	5.9 W/m²K
Coefficient de transmission thermique estimé de l'ensemble châssis - vitrage	3.94 W/m²K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves pour l'ensemble châssis - vitrage	2.5 W/m²K



Figure 6 : Porte d'entrée extérieure.

Source du diagnostique	Observation sur site
V1 – Vitrage	
Type de vitrage	Double vitrage sans couche basse émissivité datant de 1991
Type de châssis	Aluminium sans coupure thermique
Coefficient de transmission thermique estimé des vitrages	3.1 W/m ² K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	1.8 W/m ² K
Coefficient de transmission thermique estimé du châssis	5.9 W/m ² K
Coefficient de transmission thermique estimé de l'ensemble châssis - vitrage	3.9 W/m ² K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves pour l'ensemble châssis - vitrage	2.5 W/m ² K

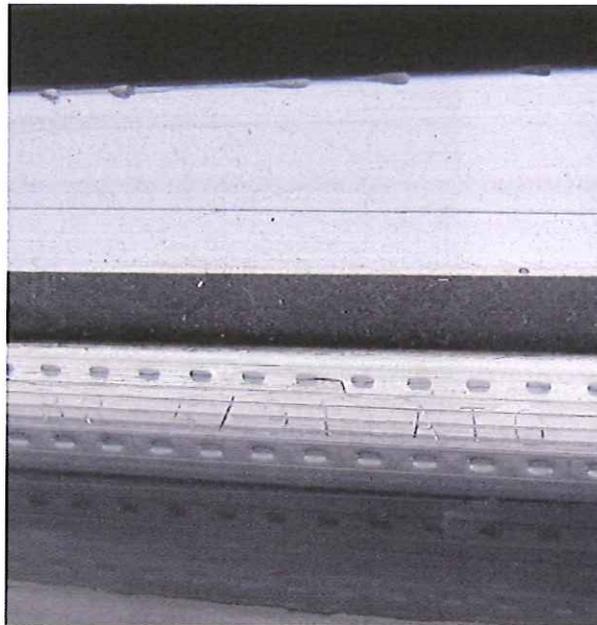


Figure 7 : Vitrage.

Source du diagnostique	Observations sur site
------------------------	-----------------------

Tableau 9 : Description portes et fenêtres.

3.1.3 La toiture

T1 – Toiture plate

Composition	Etanchéité bitumineuse sur support épais
Coefficient de transmission thermique	2.94 W/m²K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	0.24 W/m²K



Figure 8 : Image de la toiture plate.

Source du diagnostic	Observations sur site
T2 – Toiture inclinée 6^{ème} et 7^{ème} étage	
Composition	Toiture traditionnelle avec recouvrement en ardoise
Coefficient de transmission thermique	1,89 W/m ² K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	0.24 W/m ² K



Figure 9 : Image de la toiture plate.

Source du diagnostic	Observations sur site
	Sans informations disponibles, les valeurs standards de la certification pour des bâtiments tertiaires du même type ont été utilisées
T3 – Toiture inclinée au Nord-Ouest du bâtiment	
Composition	Toiture traditionnelle avec recouvrement en tuile
Coefficient de transmission thermique	1,89 W/m ² K
Valeur maximale imposée par la réglementation PEB	0.24 W/m ² K

pour des constructions neuves



Figure 10 : Image de la toiture inclinée.

Source du diagnostique	Sans informations disponibles, les valeurs standards de la certification pour des bâtiments tertiaires du même type ont été utilisées
------------------------	---

T4 – Toiture plate en contact avec un EANC

Composition	Dalle en béton armé sous EANC
-------------	-------------------------------

Coefficient de transmission thermique	1.16 W/m²K
---------------------------------------	------------

Valeur maximale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	0.24 W/m²K
---	------------

Source du diagnostique	Observations sur site
------------------------	-----------------------

Tableau 10 : Description des toitures.

3.1.4 Les planchers / le sol

P1 – Plancher du rez en contact avec un EANC

Composition	Dalle en béton armé
-------------	---------------------

Coefficient de transmission thermique	2.9 W/m²K
---------------------------------------	-----------

Valeur minimale imposée par la réglementation PEB pour des constructions neuves	0.4 W/m²K
---	-----------

Source du diagnostique	Observations sur site
------------------------	-----------------------

Tableau 11 : Description du plancher.

Remarque : Aucun plans as-built ou fiches techniques concernant la composition de l'enveloppe du bâtiment n'ont été trouvés. Toutes les valeurs U ont été estimées à l'aide du logiciel de certification PEB sur base des observations et photos réalisées sur place.

3.1.5 Étanchéité à l'air

L'étanchéité est moyenne en raison des châssis vétustes, ouvrants et sans coupure thermiques. Le taux d'infiltration est estimé à 0.15 renouvellement par heure dans des conditions normales.

3.1.6 Constatations et conseils sur la qualité de l'enveloppe

La qualité de l'enveloppe est mauvaise puisqu'aucune isolation des murs ni de la toiture n'a été observée. De plus, les châssis est vitrages présentent un coefficient de transmission de chaleur important.

Constatation	Proposition
1 Actuellement la toiture n'est pas isolée et présente un coefficient de transmission thermique estimé à 2.94 W/m ² K selon les valeurs standards de la PEB pour des toitures du ce type (étanchéité bitumineuse sur support épais). A l'heure actuelle, la valeur maximale imposée par la PEB pour les toitures est de 0.24 W/m ² K.	L'isolation des 1480 m ² pourrait être réalisée par la mise en place d'un panneau de 20 cm de polystyrène extrudé (toiture inversée), ce qui permettrait d'atteindre une valeur de 0,22 W/m ² .K.
2 Il s'agit de double vitrage sans couche basse émissivité et les châssis sont sans coupure thermique. Le coefficient de transfert thermique de l'ensemble est estimé à 3.9 W/m ² K. A l'heure actuelle, la valeur maximale imposée par la PEB pour les fenêtres est de 2.5 W/m ² K.	Remplacement par des nouvelles fenêtres (couche basse émissivité et châssis à coupure thermique) permettant d'atteindre un coefficient de transfert thermique de 1.25 W/m ² K.

Tableau 12 : Constatations et conseils concernant l'enveloppe.

3.2 SYSTÈME DE CHAUFFAGE

3.2.1 Production de chaleur

Descriptif général

L'installation initiale était composée de 3 chaudières. Suite à une rénovation, elle en compte maintenant 2. Les deux chaudières sont identiques mais les brûleurs sont réglés avec des puissances différentes. Ces brûleurs possèdent 2 allures.

Le Tableau 13 reprend l'ensemble des chaudières à mazout.

Chaudières	
Nombre	2
Marque – Type – Date	Buderus GE 615 datant de 1996
Puissance	1020 kW
Isolement hydraulique de la Chaudière	Vanne trois voie motorisée (passante)
Marque – Type du brûleur	Weishaupt L27VZU à air pulsé datant de 1974, deux allures, clapets peu étanches
Puissance brûleurs	Chaudière 1 : 930 kW – Chaudière 2 : 797 kW
Combustible	Mazout

Tableau 13 : Description des chaudières.

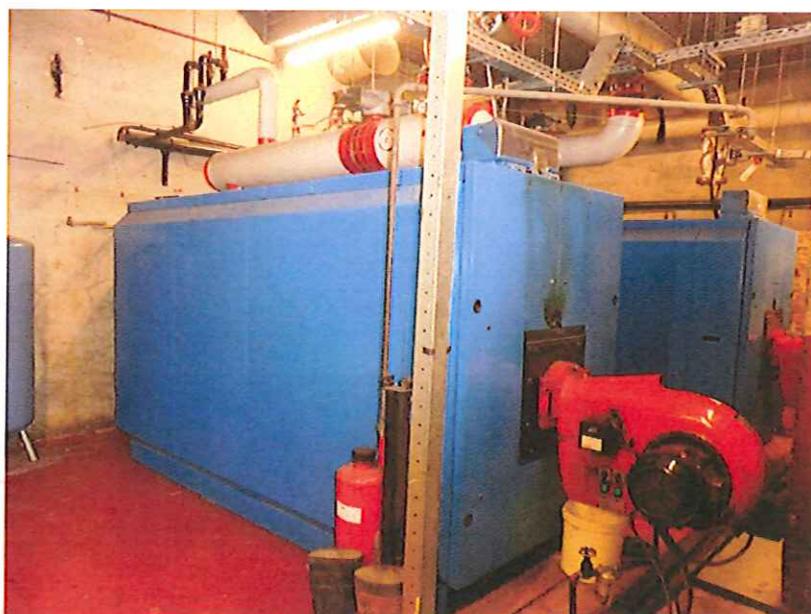


Figure 11 : Photo des chaudières.

Le Tableau 14 reprend les différentes conditions particulières de fonctionnement des chaudières.

Conditions de fonctionnement des chaudières Buderus GE 615	
Contenance en eau	861 litres
Température maximale admise de l'eau de retour	80°C
Température minimale admise de l'eau de retour	Pas de température minimale de retour (si technologie Thermostream mise en place)
Débit d'eau circulant dans les chaudières	Pas de débit minimum (pas de pompe de recyclage nécessaire)

Tableau 14 : Conditions de fonctionnement des chaudières.

Les valeurs des tests de combustion des derniers contrôles périodiques sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Chaudière 1	
Rendement de combustion instantané grande allure	92.5%
Rendement de combustion instantané petite allure	96.7%
Chaudière 2	
Rendement de combustion instantané grande allure	94.1%
Rendement de combustion instantané petite allure	95.8%

Tableau 15 : Valeurs des rendements de combustion instantanés des chaudières repris dans les attestations d'entretien du 14/06/2013.

Dimensionnement

En fonction de la consommation annuelle en mazout et de la puissance installée, une courbe de demande de chaud peut être estimée.

Le Tableau 16 reprend les temps de fonctionnement et la répartition de la production des chaudières.

	Temps de fonctionnement [h]	Répartition des besoins [MWh]
Chaudière 1	1411 (1352 en petite allure et 59 en grande allure)	794.4
Chaudière 2	0	0
Total	1411	794.4

Tableau 16 : Temps de fonctionnement et production des chaudières.

Nous remarquons dans ce tableau 16 que les deux chaudières n'ont pas besoin de fonctionner en même temps. Il y a en effet 1727 kW pour 13881 m² soit 124 W/m² ce qui est élevé. De plus le bâtiment est assez compact. Ces estimations sont néanmoins réalisées sur la consommation actuelle qui tient compte d'une réduction importante des débits de pulsion de design.

La Figure 12 ci-après montre la monotone des besoins de chaleur. Nous considérons 4 étages de puissance car chaque brûleur peut fonctionner en petite et en grande allure. On remarque sur cette monotone la première chaudière suffit pour subvenir aux besoins en chaud du bâtiment. L'installation est donc fortement surdimensionnée pour les besoins actuels.

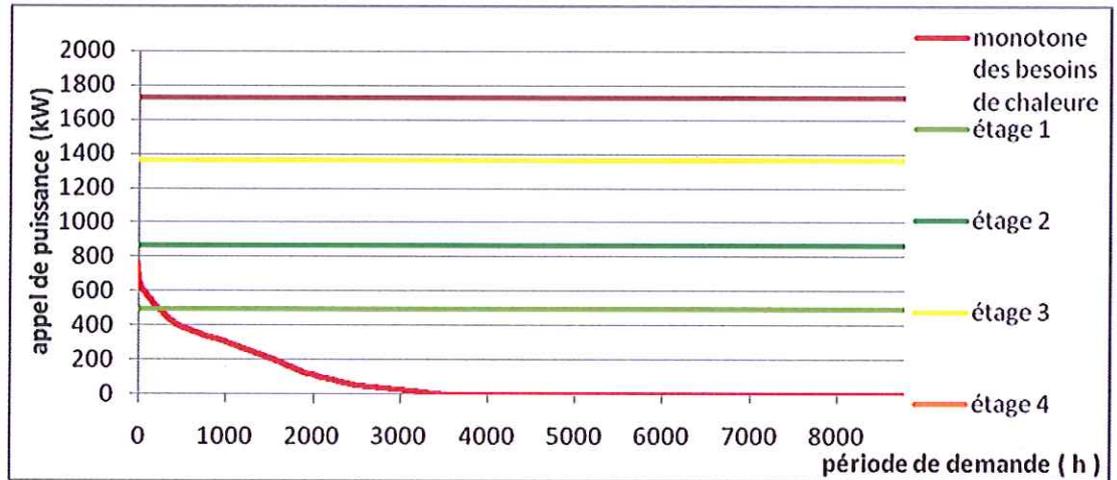


Figure 12 : Monotone des besoins de chaleur.

Rendement annuel de production

Les pertes à l'arrêt des chaudières sont estimées à 1.4% de leur puissance. La période de chauffe est de 3465 heures. Le rendement saisonnier est estimé à 87.5%.

Avis général sur l'état de la chaufferie

Le rendement saisonnier de 87.5 % est moyen, il se situe juste à la moyenne puisqu'un rendement de référence standard est de 88%.

Le rendement de distribution / émission est estimé à 93% ce qui donne un rendement global de 81.4%.

3.2.2 Distribution et émission de chaleur

Ne disposant pas des schémas de principe du système de distribution de chaleur, nous avons repris ci-dessous les schémas repris dans la GTC. La figure 13 représente le circuit primaire et la figure 14 le circuit secondaire.

Descriptif général

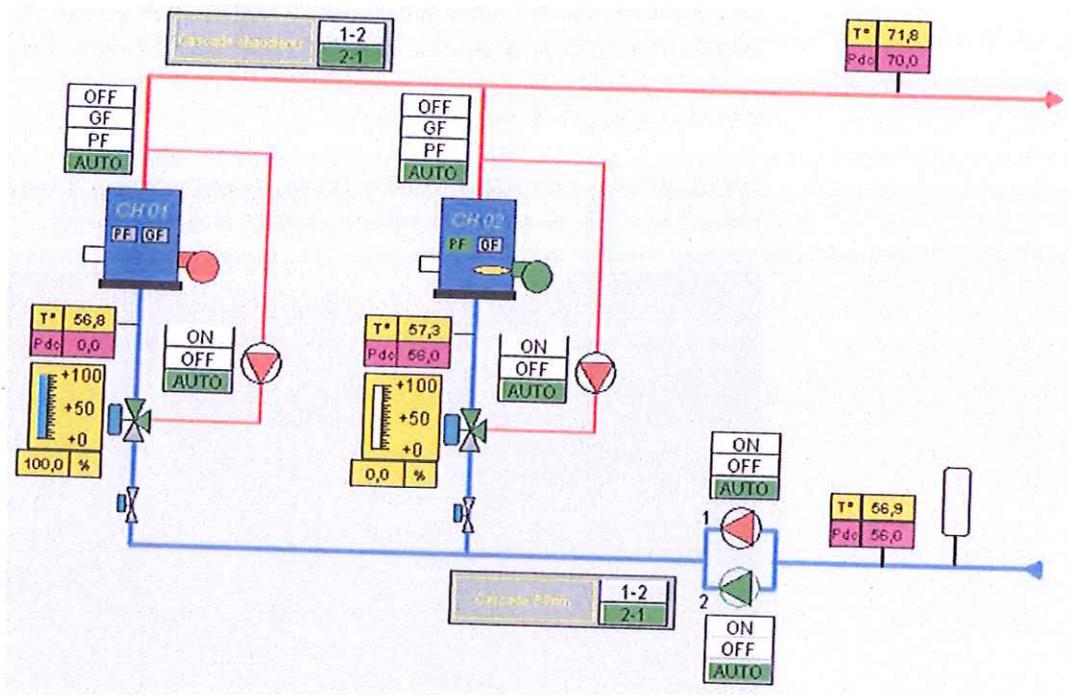


Figure 13 : Schéma de principe du système de production de chaleur (primaire).

Chacune des chaudières est isolée par une vanne trois voies motorisée et possède une pompe de recirculation permettant d'éviter les phénomènes de condensation lorsque le retour est trop bas en température. Ce dispositif n'est pas nécessaire si la régulation thermostatée est mise en place selon les prescriptions de Buderus.

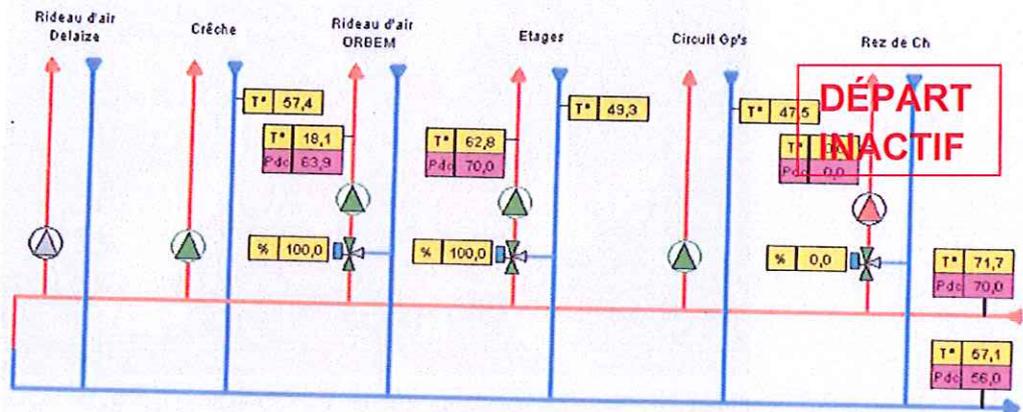


Figure 14 : Schéma de principe du système de production de chaleur (secondaire).

Les chaudières alimentent un collecteur qui alimente les départs vers les unités terminales des rideaux d'air (Delhaize et Accueil ACTIRIS), de la crèche, des radiateurs des 8 étages ainsi que le départ des batteries des groupes de pulsion. Le 7^{ème} étage est lui chauffé par des ventilo-convecteurs dont le départ est repris sur la colonne d'alimentation des GPs. La distribution de chaleur vers le rez-de-chaussée se fait donc via le rideau d'air « ORBEM » qui est situé à l'accueil d'ACTIRIS. Le départ vers le rez-de-chaussée a en effet été supprimé (figure 14).

Deux pompes fonctionnant en séquence assurent la circulation dans le circuit primaire, le collecteur étant bouclé.

Les départs secondaires sont munis de pompes à débit fixe de puissances différentes. Les départs vers les étages, le Delhaize et le rideau d'air à l'accueil (ORBEM) sont munis d'une vanne 3 voies motorisée.

Isolation des tuyauteries et vannes

Les tuyauteries sont correctement isolées. Par contre, aucune vannes et auxiliaires de distribution (pompes, filtres, brides,...) ne sont isolés. On peut le constater sur les deux figures suivantes.



Figure 15 : Photo des accessoires du circuit.



Figure 16 : Photo par caméra thermique des accessoires non isolés du circuit.

Auxiliaire de distribution

La liste des pompes du système de chauffage est reprise dans le Tableau 17.

Dénomination	Localisation	Circuit desservi	Puissance (W)	Réglage de la vitesse	Présence d'un variateur
P1	Sous-sol	Recirculation chaudière	1685	Vitesse 3	Non
P2	Sous-sol	Recirculation chaudière	1685	Vitesse 3	Non

P3	Sous-sol	Collecteur – Chaudière	4000	Vitesse 1	Non
P4	Sous-sol	Collecteur – Chaudière	4000	Vitesse 1	Non
P5	Sous-sol	Collecteur – Rideau d'air Delhaize	745	Vitesse 4	Non
P6	Sous-sol	Collecteur – Rideau d'air Delhaize	745	Vitesse 4	Non
P7	Sous-sol	Collecteur - Crèche	226	Vitesse 4	non
P8	Sous-sol	Collecteur – Rideau d'air Orbem	226	Vitesse 4	non
P9	Sous-sol	Collecteur – Etages	2200	Vitesse 4	non
P10	Sous-sol	Collecteur – Etages	2200	Vitesse 4	non
P11	Sous-sol	Collecteur – GP + VC	4000	Vitesse 4	non
P12	Sous-sol	Collecteur – GP + VC	4000	Vitesse 4	non
P13	7 ^{ème} étage	GP7 – VC	390	Vitesse 3	non

Tableau 17 : Liste des pompes et circulateurs du système de chauffage.

3.2.3 Régulation

Régulation des chaudières

Avant le remplacement de la cuve à mazout en septembre 2013 les chaudières étaient prévues pour fonctionner comme ceci :

Lorsque la température extérieure est inférieure à une certaine valeur définie par la GTC (17 °C actuellement), la première chaudière s'enclenche en petite allure. Lorsque la température extérieure est inférieure à une seconde valeur définie par la GTC (5 °C actuellement), la première chaudière passe en grande allure. La seconde chaudière s'enclenchera lorsque la température de consigne de l'eau de retour n'est pas atteinte avec une seule chaudière. Un delta T de 5 °C est autorisé sur cette température de retour avant d'allumer la seconde chaudière.

Depuis septembre 2013, la régulation des chaudières est différente :

Une fuite dans une citerne de mazout est apparue ce qui a conduit au remplacement des 2 citernes de 8000 L par une citerne unique de 9500 L. Les 2 citernes étaient placées tout près des chaudières. La nouvelle est maintenant à un endroit beaucoup plus éloigné entraînant une diminution de la pression du fioul. Le débit de la pompe d'alimentation des brûleurs est trop faible pour alimenter les 2 chaudières en même temps, ainsi une seule chaudière peut fonctionner.

Ce type de cascade est néanmoins peu recommandé car cela augmente les pertes à l'arrêt. En effet, lorsque la température extérieure est inférieure à 5°C, la grande allure sera directement libérée même si la demande n'est pas importante.

Des sondes extérieures (température et humidité) sont présentes et sont situées sur le toit du bâtiment de telle manière que les rayons du soleil ne puissent pas l'influencer. La figure 17 illustre ces sondes extérieures.



Figure 17 : Sondes extérieures (température à gauche et humidité à droite).

Système de chauffage	Consignes / paramètres
Température de départ des chaudières	plus grand circuit demandeur + courbe de limite haute (entre 70 et 90 °C selon T_{ext})
Température extérieure au-delà de laquelle les chaudières sont arrêtées	18°C
Courbe de régulation climatique de la température maximale du circuit primaire (limitation de la température demandée par les départs secondaires)	$T_{ext} = 5^{\circ}\text{C}$, départ à 90 °C $T_{ext} = 18^{\circ}\text{C}$, départ à 70 °C
Paramètre de protection antigel (période nuit et week-end)	Si $T_{ext} < 5^{\circ}\text{C}$, les chaudières s'enclenchent
Intermittence	Selon horaire des demandeurs
Abaissement nocturne	Oui, selon les demandeurs
Fonction éventuel sur aquastats	Pas d'application
Présence de clapet d'air / de clapet des fumées	oui
Température limite haute retour collecteur	80°C
Température limite basse retour collecteur	30°C
Gestion des cascades	Actuellement la deuxième chaudière est coupée manuellement avec système d'optimisation

Tableau 18 : Consignes de régulation du système de chauffage.

Régulation circuits secondaires

Comme signalé précédemment dans ce rapport, il y a 5 départs secondaires. La régulation des circuits secondaires se fait grâce à la GTC. Ces circuits ne possèdent pas tous la même courbe de régulation. Ces courbes sont décrites dans les tableaux ci-après. L'horaire de fonctionnement est calqué sur l'horaire d'occupation, à savoir : de 6h30 à 18h.

Les pompes fonctionnent dès qu'il y a une demande. Aucun horaire de fonctionnement ne leur est associé. Cela se fait grâce aux sondes d'ambiance placées dans différentes pièces. Une des sondes est représentée sur la figure suivante.



Figure 18 : Sonde d'ambiance.

Circuit étages	
Température de départ par 5°C extérieur	60°C
Température de départ 14°C extérieur	50°C
Abaissement nocturne	oui
Température ambiante de consigne jour	23°C
Température ambiante de consigne nuit	12°C

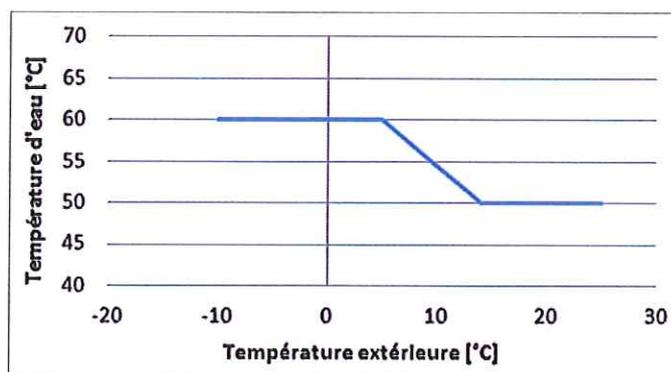


Figure 19 : Courbe de régulation du circuit des étages.

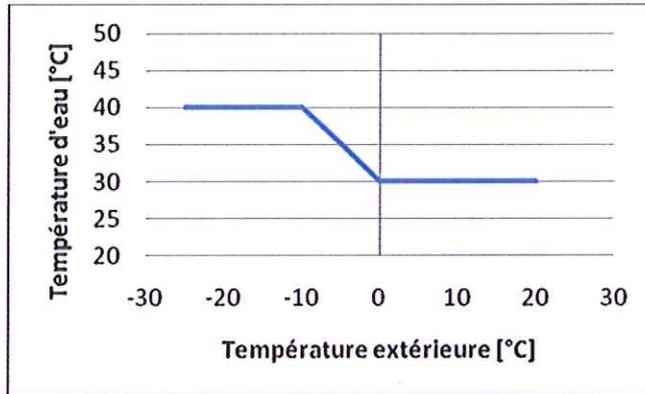


Figure 20 : Courbe de régulation de nuit du circuit des étages.

Paramètre de protection antigel	Si $T_{ext} < 2^{\circ}\text{C}$, la pompe du départ radiateurs s'enclenche
Horaire de fonctionnement	Semaine : 7h30-18h (crèche : 6h-17h) mode jour, Week-end : mode nuit
Système d'optimisation	Aucun

Tableau 19 : Consignes de régulation du circuit des étages.

Circuit GPs	
Température de départ	T° départ chaudière
Abaissement nocturne	arrêt
Paramètre de protection antigel	Si $T_{ext} < 4^{\circ}\text{C}$, la pompe du départ GPs s'enclenche
Horaire de fonctionnement	Selon horaire des GPs
Système d'optimisation	Aucun

Tableau 20 : Consignes de régulation du circuit des GP.

Le circuit des ventilos convecteurs du 7^{ième} étage se trouve au local technique du 7^{ième} et se pique sur la colonne d'alimentation des groupes.

Circuit ventilo-convecteurs du 7 ^{ième} étage	
Température de départ par -5°C extérieur	50°C
Température de départ 18°C extérieur	35°C
Abaissement nocturne	oui

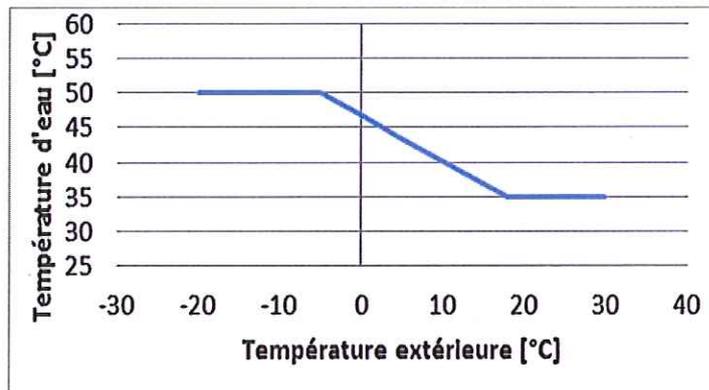


Figure 21 : Courbe de régulation jour du circuit des ventilo-convecteurs.

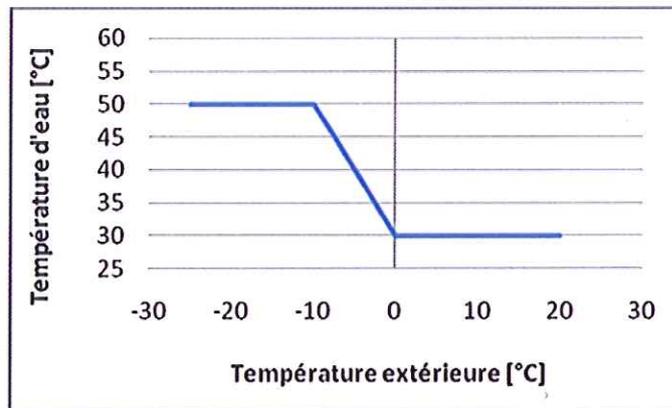


Figure 22 : Courbe de régulation nuit du circuit des ventilo-convecteurs.

Paramètre de protection antigel	Idem GPs car se pique sur le départ des GPs au 7 ^{ème} étage
Horaire de fonctionnement	Semaine : 7h30-18h mode jour Week-end : mode nuit
Système d'optimisation	Aucun

Tableau 21 : Consignes de régulation du circuit des ventilo-convecteurs.

Les départs vers les rideaux d'air (Delhaize et accueil Actiris) sont alimentés de 6h30 à 18h. Le départ vers la crèche est alimenté de 4h à 18h le lundi et le mardi et de 5h à 18h du mercredi au vendredi. Ils ne fonctionnent pas le week-end, ni la nuit. Le rideau d'air à l'accueil possède également un réglage de température manuel.

Régulation locale

Les unités terminales des étages 1 à 6 du bâtiment sont des radiateurs. Ces derniers sont tous équipés de vannes thermostatiques (figure 23). De nombreux radiateurs électriques sont également placés sur secteurs dans certains locaux.



Figure 23 : Radiateur et vanne thermostatique.

Les locaux du 7^{ème} étage sont quant à eux constitués de ventilo-convecteurs (figure 24). Ces derniers possèdent un potentiomètre permettant de régler la température et la vitesse du ventilateur mais sans précision concernant la valeur de celle-ci.



Figure 24 : Ventilo-convecteur et vanne thermostatique (7^{ème} étage).

3.2.4 Interaction chaud froid

Il existe un risque potentiel de destruction d'énergie car le refroidissement des étages 1 à 6 se fait par la ventilation tandis que le chauffage des locaux est réalisé par des radiateurs. Cependant, la consigne d'arrêt des machines frigos est de 20°C extérieure. Même si nous avons pu observer des consommations de la machine frigorifique par température plus basse dans les quart horaires (16°C) le risque reste limité. Un autre potentiel de risque de destruction d'énergie est le night-cooling qui est réalisé dans certaines conditions. Si celui-ci est mal paramétré, il y a un risque de sur refroidir les locaux la nuit pour les réchauffer le matin.

3.2.5 Mesures et constatations

Circuit primaire

Afin d'observer le fonctionnement des chaudières, la figure 25 nous montre les températures au départ et au retour de la 1^{ère} chaudière du 15 au 24 octobre 2014.

La figure 26 montre les températures instantanées pour la journée du 21 octobre. Un zoom sur une heure de cette journée est effectué à la figure 27 où on peut observer les températures de départ et de retour de la chaudière de 9h à 10h du matin.

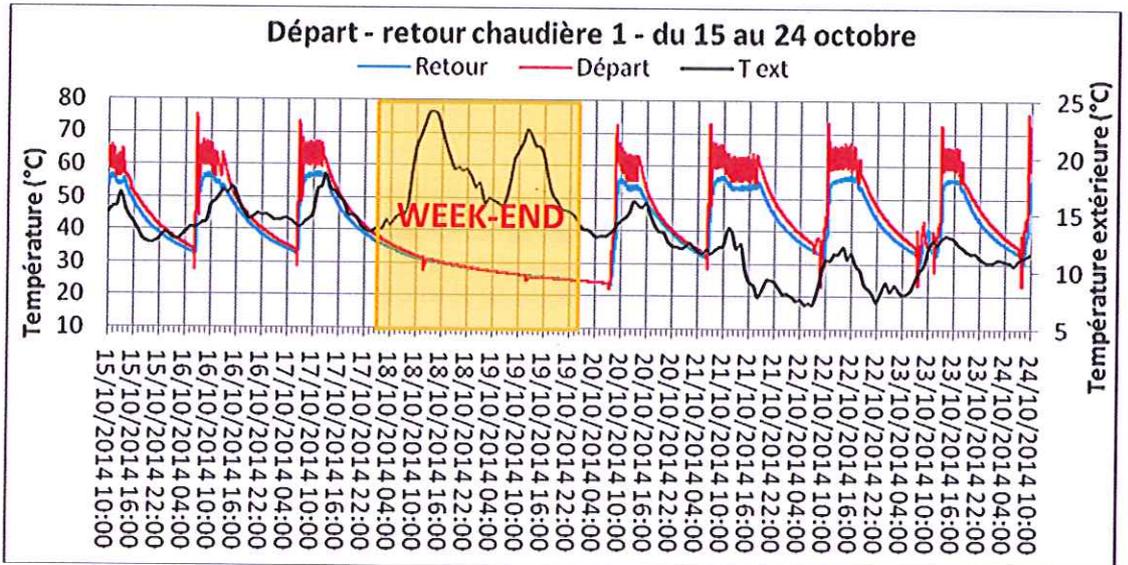


Figure 25 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière du 15 au 24 octobre.

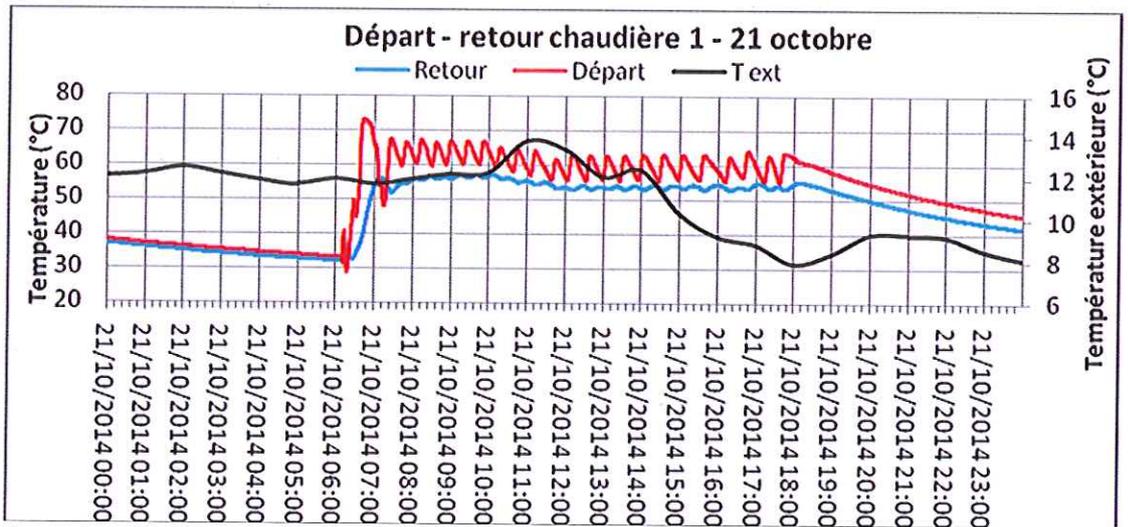


Figure 26 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière pour la journée du 21 octobre.

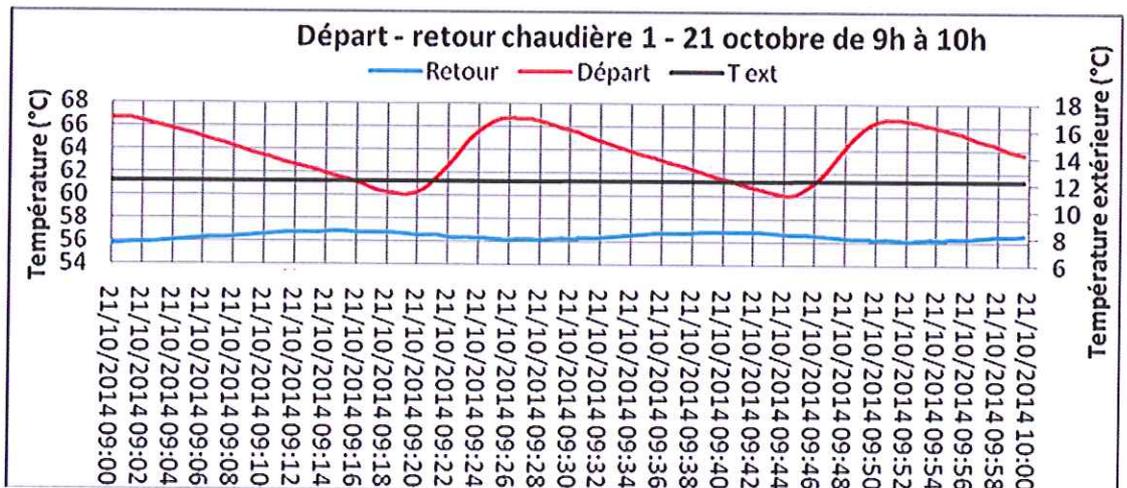


Figure 27 : Mesure des températures de départ et retour de la chaudière de 9h à 10h de la journée du 21 octobre.

On remarque sur la figure 25 que les chaudières fonctionnent bien selon un horaire. Elles sont arrêtées le week-end et fonctionnent la semaine selon l'horaire des circuits demandeurs. Cela est plus visible sur la figure 26 où on voit que la chaudière fonctionne de 6h30 à 18h la journée du 21 octobre, bien qu'on remarque que l'horaire varie anormalement d'un jour à l'autre.

Les cycles de fonctionnement du brûleur ne sont pas anormalement court (7min de fonctionnement pour 18 min d'arrêt), cela s'explique par les températures clémentes qui empêche la libération de la grande allure.

La température de départ est de 60°C L'écart entre le départ et le retour est en moyenne de 5°C.

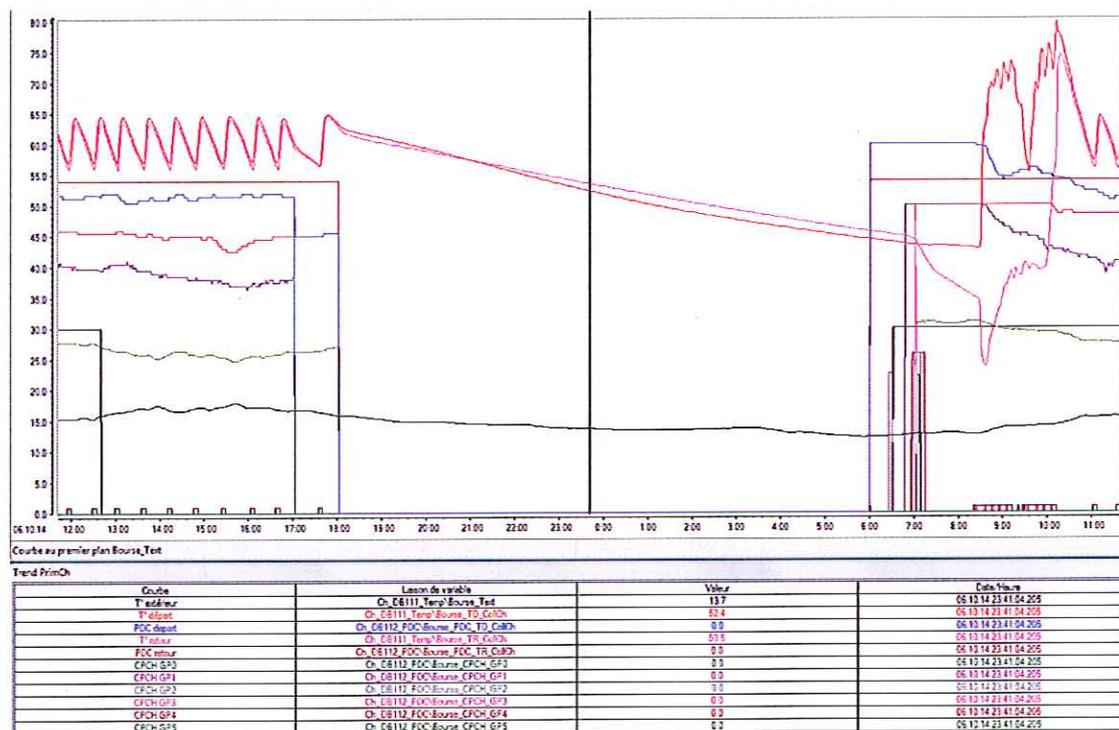


Figure 28 : Trend production du chaud – 25/08/2014.

Le trend de la figure 28 ci-dessus montre que la température de départ de la chaudière (courbe rouge) est comprise entre 55 et 80°C.

Circuit secondaire

Des mesures ont été réalisées afin d'observer le fonctionnement du circuit secondaire des radiateurs. La figure 29 montre l'évolution des températures de départ et de retour de ce circuit.

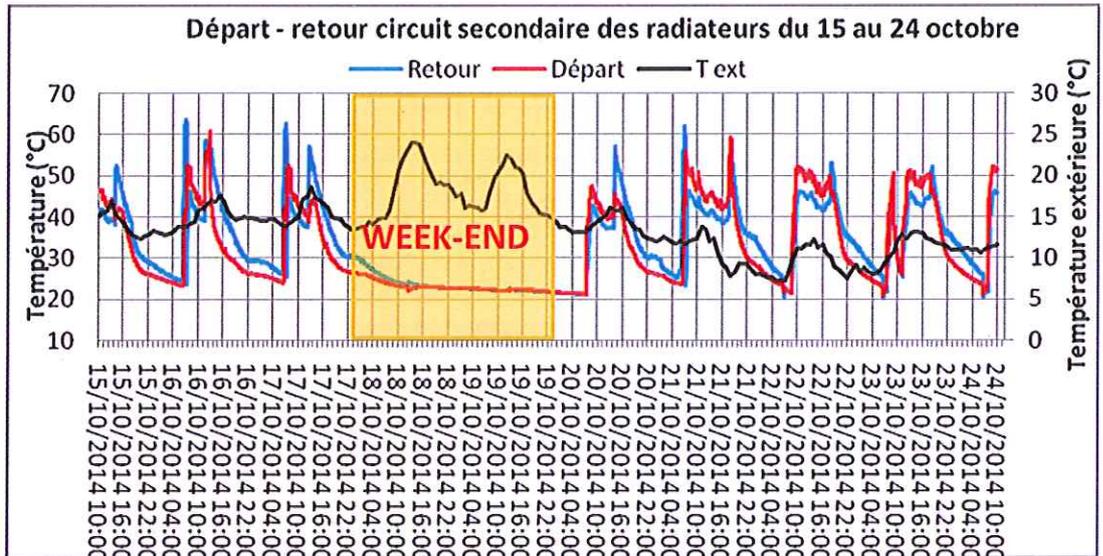


Figure 29 : Mesure des températures de départ et de retour sur le circuit des radiateurs.

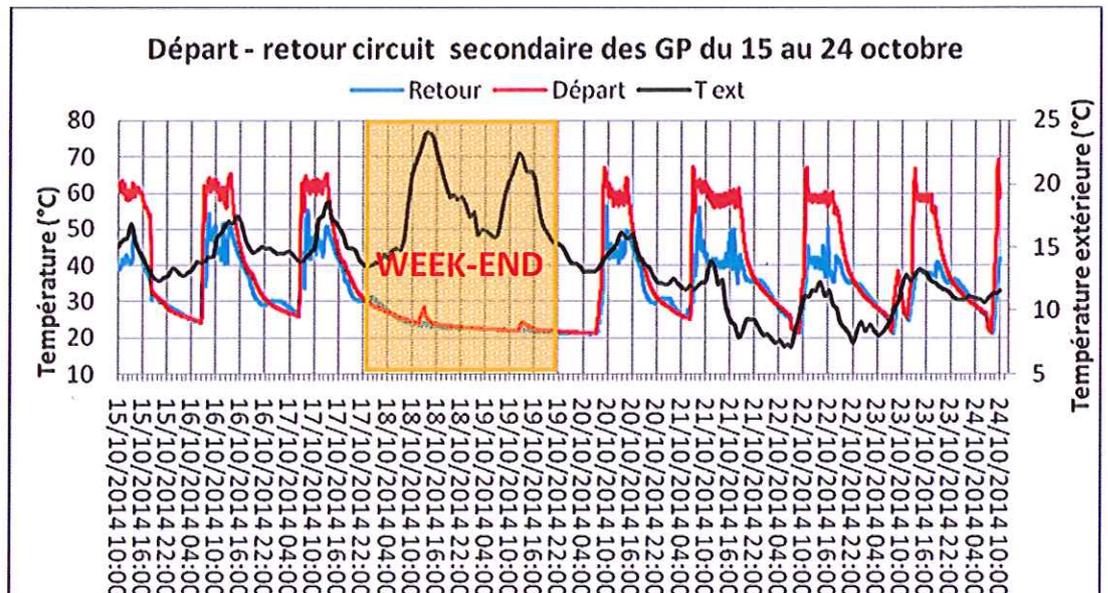


Figure 30 : Mesure des températures de départ et de retour sur le circuit des GP.

On constate que les départs du circuit secondaire respectent un horaire mais que celui-ci varie d'un jour à l'autre. Il se peut néanmoins que le circuit soit coupé en fonction d'un autre paramètre tel que la température ambiante ou extérieure.

Une sonde d'ambiance a été placée dans un bureau au 5^{ème} étage du bâtiment. Le relevé des températures est observé sur la figure suivante.

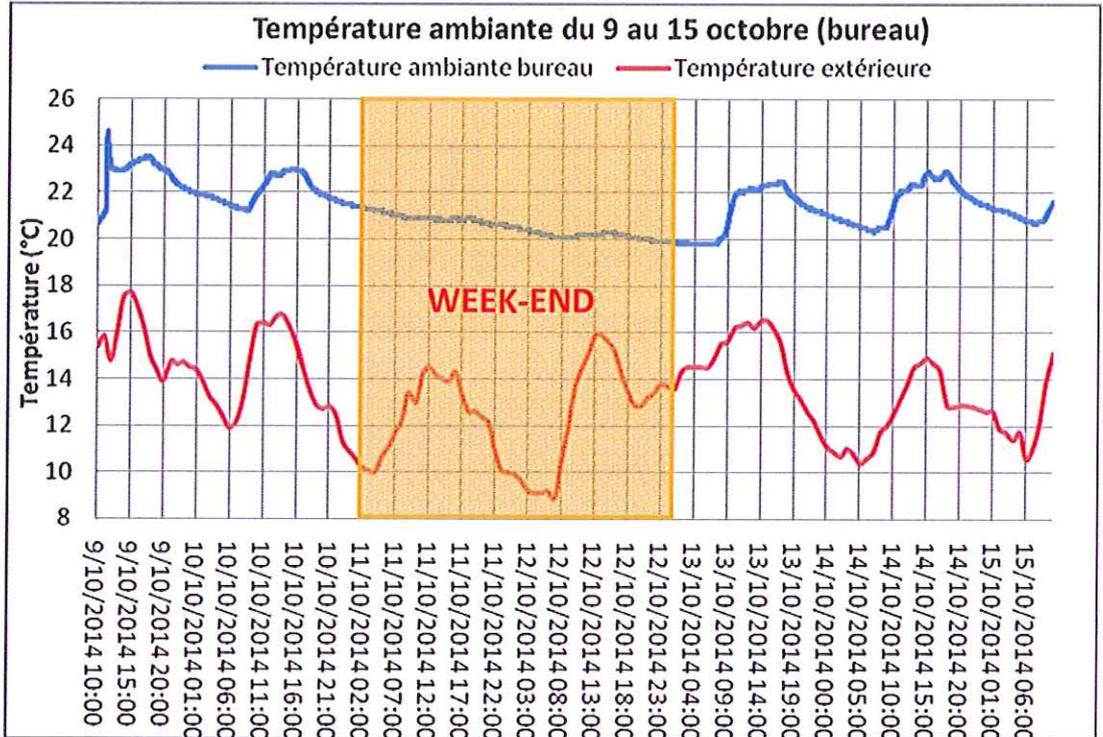


Figure 31 : Mesure de la température ambiante dans un bureau du 5^{ème} étage.

La température intérieure varie entre 20 et 24°C. Ces températures sont élevées cependant la température extérieure est clémente ce qui empêche de fortes diminutions nocturnes ; des apports solaires peuvent également encore surchauffer les locaux à cette époque de l'année. La consigne d'ambiance est néanmoins de 23°C sur le départ et les vannes thermostatique sont débloquées ce qui permet à l'utilisateur d'augmenter à souhait la température de son bureau.

3.2.6 Constatations et conseils concernant le système de chauffage

Constatation	Conseils
<p>3 Plusieurs pompes du circuit sont surdimensionnées ce qui occasionne des dérèglements hydrauliques et des surconsommations électriques. Lors de notre passage les deux pompes primaires étaient en fonctionnement, le départ des groupes de pulsion était dès lors coupé (manuellement) en raison de l'excédent de débit.</p> <p>Ce surdimensionnement provoque une alimentation permanente des chaudières car la vanne 2 voies devient passante en raison du débit trop important.</p> <p>De plus, les pompes sont à débit fixe.</p>	<p>La mise en place d'une bouteille casse pression et des pompes à débit variable (pour le départ vers les radiateurs) avec un redimensionnement des puissances nécessaires permettraient de rééquilibrer les débits et diminuer les consommations électriques.</p>
<p>4 Les chaudières sont au mazout, non à condensation et surdimensionnées.</p>	<p>Le remplacement d'une chaudière par une chaudière à condensation au gaz sans débit minimum permettrait de réaliser des économies importantes sur les rendements de</p>

		combustion, le prix du combustible et sur la consommation électrique des auxiliaires.
5	La régulation est composée d'une liste importante de paramètres modifiables, relativement complexes. Certains fonctionnements en manuel ont été observés. Certains paramètres de la régulation sont à adapter comme le fonctionnement de la régulation de la cascade et la mise en route des allures. La consigne de 23°C dans les étages est relativement élevée.	<p>Une simplification des paramètres affichés par la GTC peut éviter certaines dérives. Il est également conseiller de fixer certains paramètres et de contrôler leur maintien dans le temps pour éviter une régulation « manuelle ».</p> <p>Les paramètres de la régulation de cascade doivent être optimisés.</p>
6	Aucune vannes et auxiliaires de distribution (pompes, filtres, brides,..) ne sont isolés.	Isoler les équipements.

Tableau 22 : Constatations et conseils concernant le système de chauffage.

3.3 SYSTÈME D'EAU CHAUDE SANITAIRE

On retrouve deux ballons d'eau chaude sanitaire de 200L pour les cuisines. Ces boilers électriques ont une puissance respective de 4 500W et 2 400W. Ces boilers sont utilisés uniquement pour l'eau chaude des cuisines.

3.4 SYSTÈME DE CLIMATISATION

3.4.1 Production de froid

Deux machines frigorifiques sont installées pour subvenir aux besoins en froid du bâtiment. Une 3^{ème} machine frigorifique et une 4^{ème} en guise de sécurité, sont installées pour refroidir le local occupé par les serveurs informatiques. Une des machines frigorifiques installées pour le refroidissement du bâtiment est visible sur la figure 32 (la 2^{ème} est identique). Les caractéristiques des 3 types de machines sont reprises aux tableaux 23, 24 et 25 ci-dessous.



Figure 32 : Photo de la machine frigorifique 1.

Machine frigorifique 1 et 2 (refroidissement du bâtiment)	
Type	Trane RTHA 450 de 1996
Puissance frigorigène (kW)	789 kW
Puissance électrique maximale (kW)	155 kW
Fluide frigorigène	R134a
Type de compresseur	Scroll
Type de condenseur	Tour de condensation à eau
Affectation des équipements de froid	Ventilo-convecteurs et la batterie des groupes de

	pulsion.
Nombre d'heures de fonctionnement	Non communiqué
EER nominal	Non communiqué
ESEER	Non communiqué
Performance des échangeurs de chaleur	Non communiqué

Tableau 23 : Description des machines de production de froid (1 et 2).

Machine frigorifique 3 (refroidissement du serveur)	
Type	Carrier 2005
Puissance frigorigène (kW)	67 kW
Puissance électrique maximale (kW)	36,8 kW
Fluide frigorigène	R407c
Type de compresseur	Scroll
Type de condenseur	À air
Affectation des équipements de froid	Ventilo-convecteurs
Nombre d'heures de fonctionnement	Non communiqué
EER nominal	Non communiqué
ESEER	3.48
Performance des échangeurs de chaleur	Non communiqué

Tableau 24 : Description des machines de production de froid (3).

Machine frigorifique 4 (groupe de secours refroidissement du serveur)	
Type	Trane CCGAM 240SDAABB0 date inconnue
Puissance frigorigène (kW)	64 kW
Puissance électrique maximale (kW)	25,4 kW
Fluide frigorigène	R407c
Type de compresseur	Scroll
Type de condenseur	À air

Affectation des équipements de froid	Ventilo-convecteurs
Nombre d'heures de fonctionnement	Non communiqué
EER nominal	Non communiqué
ESEER	Non communiqué
Performance des échangeurs de chaleur	Non communiqué

Tableau 25 : Description des machines de production de froid (4).

Pour les machines frigorifiques 1 et 2, connaissant la puissance frigorifique ainsi que la puissance électrique (voir tableau 23) et d'après la fiche technique, le rapport de la puissance frigorifique sur la puissance électrique est de 5.4, sous les conditions suivantes : température d'eau à l'entrée de l'évaporateur de 11.24°C, température d'eau à la sortie de l'évaporateur de 7.95°C, température entrée condenseur de 27°C et température de sortie condenseur de 32.6°C (ce ne sont pas les conditions Eurovent).

Deux tours de refroidissement situées sur la toiture du bâtiment font office de condenseur, elles possèdent chacune un moteur bi-vitesse ce qui fait donc 4 niveaux de puissance. Il s'agit de tours fermées visibles sur la figure 33. Nous n'avons pas d'autres informations concernant ces tours car elles ne possèdent pas de plaque signalétique.



Figure 33 : Tour de refroidissement sur la toiture.

3.4.2 Distribution de froid

Descriptif général

La machine frigorifique via un circuit unique alimente les groupes de pulsion du bâtiment. Un départ pour les ventilo-convecteurs est situé au 7^{ème} étage depuis ce circuit. Il n'y a donc pas de circuit secondaire.

Ne disposant pas des schémas de principe du système de distribution de froid, nous avons repris ci-dessous le schéma trouvé dans la GTC :

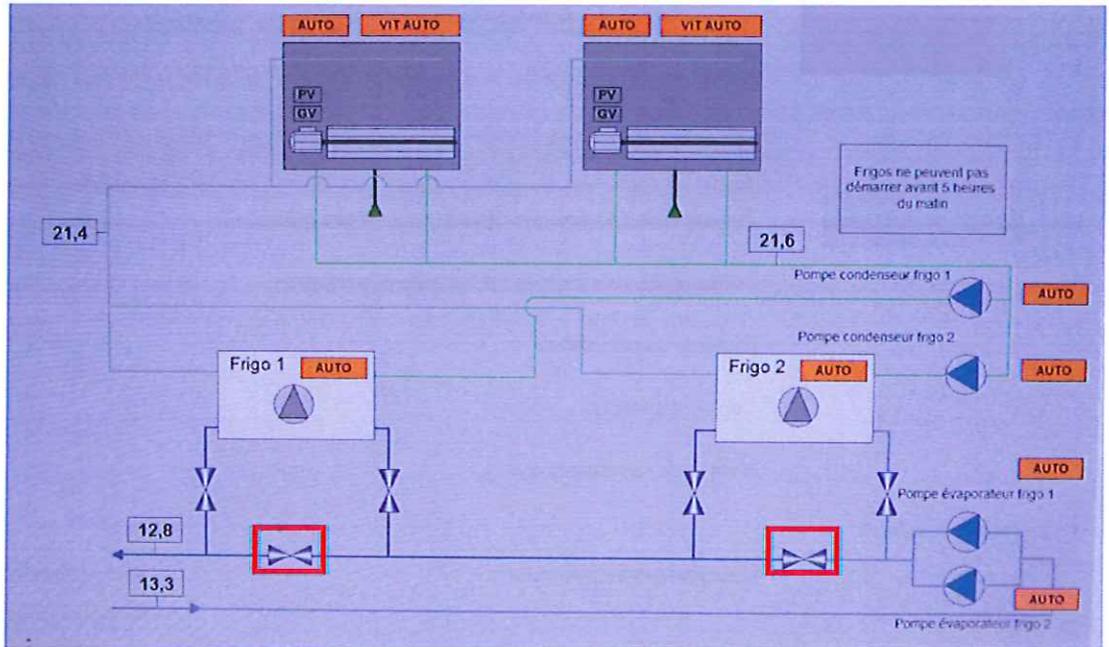


Figure 34 : Schéma de principe du circuit froid (GTC).

Les vannes encadrées en rouge sont fermées ce qui veut dire que les deux machines frigorifiques sont toujours alimentées. De plus, il s'agit de vannes manuelles et non motorisées ce qui empêche une coupure hydraulique automatique. La conception hydraulique est donc mauvaise.

Isolation des tuyauteries et vannes

Les auxiliaires de distribution d'eau froide sont correctement isolés.

Auxiliaire de distribution

La liste des pompes du système de chauffage est reprise dans le tableau ci-dessous.

Dénomination	Localisation	Circuit desservi	Puissance (W)	Présence d'un variateur
PF1	Sous-sol	Evaporateur	18500	Non
PF2	Sous-sol	Evaporateur	18500	Non
PF3	Sous-sol	Condenseur	30000	Non
PF4	Sous-sol	Condenseur	30000	Non
PF5	7 ^{ème} étage	Batterie froide GP7	390	Non
PF6	3 ^{ème} étage	Local serveur	762	Non
PF7	3 ^{ème} étage	Local serveur	762	Non

Tableau 26 : Liste des pompes et circulateurs du système froid.

3.4.3 Régulation

Régulation du système de climatisation

La production d'eau glacée pour l'alimentation des groupes de traitement d'air est libérée par 20°C extérieur avec une température de production d'eau glacée de 8°C. D'après les quarts horaires d'électricité il se peut néanmoins que cette valeur soit modifiée manuellement en fonction de la demande des occupants. En effet, la GTC s'occupe

uniquement de libérer les machines. Une commande propre aux machines frigorifiques permet de régler la température d'eau glacée produite.

Les différentes consignes de régulation du système de climatisation sont rassemblées dans le tableau suivant.

Système de climatisation	Consignes / paramètres
Température de consigne de production d'eau glacée	8°C
Consigne de libération du système de climatisation	20°C
Système d'optimisation	non
Courbe climatique	Pas de courbe
Horaire de fonctionnement	Semaine : 6h-18h Week-end : OFF
Cascade des installations	Pas de cascade prévue (passe dans la 1 ^{ère} puis dans la 2 ^{ème} qui sera en marche si la 1 ^{ère} n'a pas suffi)

Tableau 27 : Consigne de régulation du système de climatisation.

Notons que la machine frigorifique servant à refroidir le local informatique n'est pas à détente directe et fonctionne 24H/24, 7j/7. Elle produit de l'eau glacée à 7,5°C. La GTC prévoit des limites haute et basse pour la température d'eau produite (entre 0 et 16°C). La consigne de température ambiante dans ce local est de 19.5°C avec des limites basse et haute de 15 et 28°C).

En ce qui concerne la régulation des tours, les 2 petites vitesses sont d'abord enclenchées avant de passer en grande vitesse. Elles modulent ainsi sur 4 vitesses. La consigne de température de l'eau de retour au condenseur est définie à 25°C.

Régulation des circuits secondaires

La machine frigo alimente directement les ventilo-convecteurs ainsi que la batterie froide du groupe de ventilation. La pompe du circuit froid des ventilo-convecteurs est libérée lorsque la température ambiante est supérieure à 16°C. Il n'est pas nécessaire de faire fonctionner les pompes vu que les machines frigorifiques ne fonctionnent qu'au-delà d'une température extérieure de 20°C.

3.4.4 Mesures et constatations

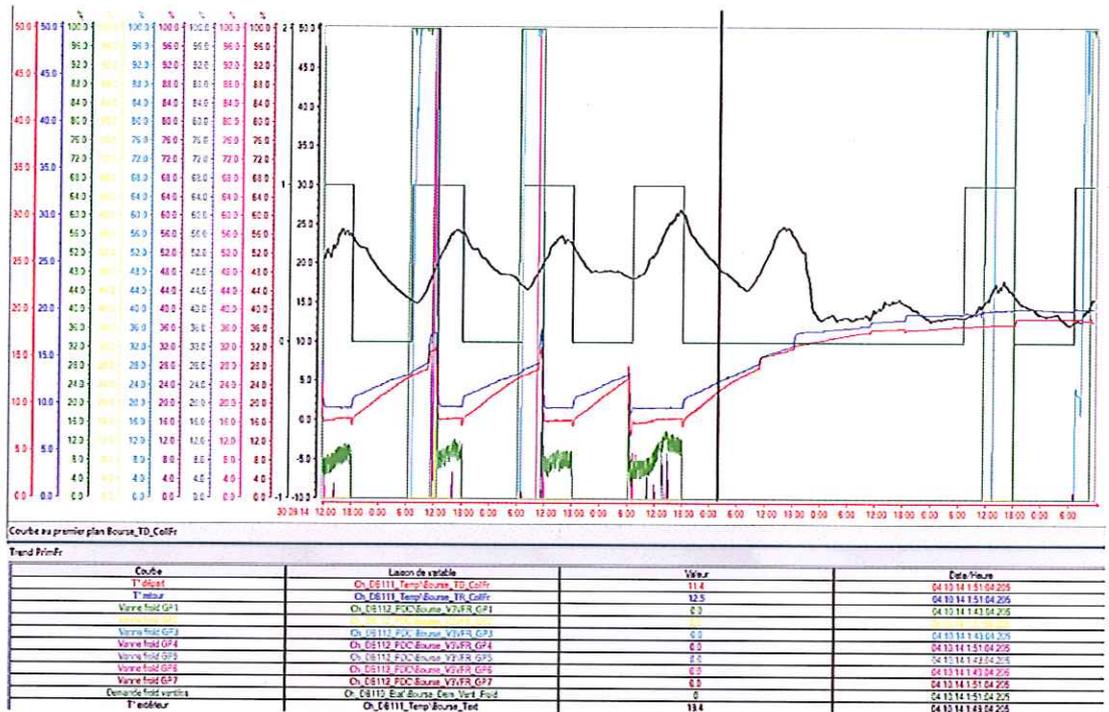


Figure 35 : Trend circuit froid du 30 septembre au 6 octobre 2014.

On constate sur la figure 35 que la machine frigorifique est libérée dès 6h mais ne fonctionne que lorsque la température extérieure dépasse 20°C. Les machines frigo s'arrêtent toujours à partir de 18h (horaire d'occupation).

3.4.5 Constatation et conseil concernant le système de climatisation

Nous avons remarqué que les puissances des pompes sont anormalement élevées. Celles-ci ont déjà été remplacées à l'identique, les redimensionner pour les remplacer à nouveau n'est donc pas intéressant au vu des faibles temps de fonctionnement. Les temps de retour sur investissement seraient beaucoup trop importants.

3.5 SYSTÈME DE VENTILATION

3.5.1 Groupe de ventilation

La ventilation du bâtiment est assurée par 7 groupes de pulsion. On retrouve ainsi un groupe dans chaque étage. Il y a également un groupe d'extraction pour le parking sous-terrain et un pour les sanitaires. Il n'y a pas de groupes d'extraction aux étages.

Une image GTC du groupe de pulsion du 5^{ème} étage est visible sur la figure 36. On peut voir qu'un système de recyclage est prévu. L'extraction se fera donc par le groupe de pulsion.

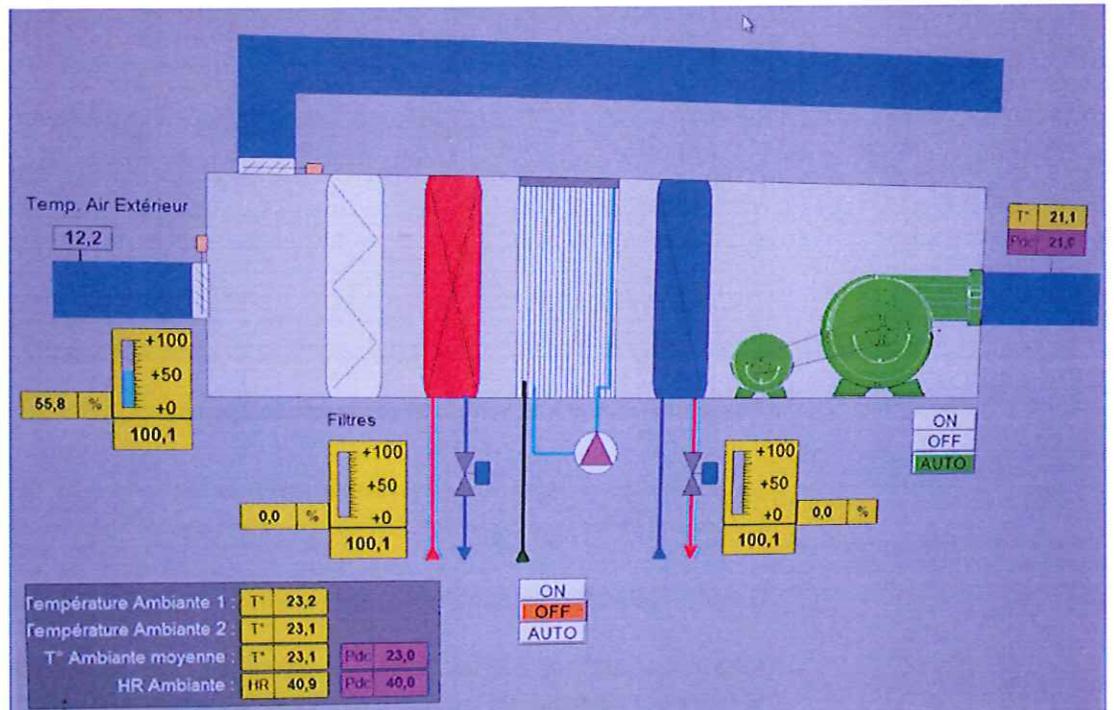


Figure 36 : Image GTC de la ventilation du 5^{ème} étage.

Description de la ventilation

Nombres de groupes de pulsion en fonctionnement en régime normal 7

Nombre de groupes d'extraction en fonctionnement en régime normal 2

Débit max de pulsion (m³/h) 30 540.6

Débit max d'extraction (m³/h) 26 800

Prise d'air neuf En toiture

Mode général de prise d'air neuf Mécanique sans récupérateur mais avec recyclage

Tableau 28 : Description de la ventilation

Dans ce tableau, le débit de pulsion indiqué ne correspond pas à 100% d'air neuf vu le système de recyclage. De plus, ce débit sera réduit car les groupes sont munis de variateurs de fréquence. Plus de détails sont donnés dans le tableau suivant.

Le tableau suivant contient la liste des différents groupes de ventilation du bâtiment. Les débits des GP étant indisponibles, ils ont été calculés par la règle préconisée par la méthode de certification PEB tertiaire.

Déno- mi- nation	Lieu de pulsion / extracti- on	Localisa- -tion	Débit de ventilati- on (m³/h)	Présenc- e d'un variateu- r (O/N)	Débit réduit par variateur (m³)	Pourcenta- ge d'air neuf (%)	Puissan- ce nominal e (kW)	Batteri- e chaud e (O/N)	Batteri- e froide (O/N)	Humid- ifi- cateur (O/N)
GP 1	1 ^{er} étage	1 ^{er} étage	30 540.6	O	18 324.4	25	5.5	O	O	O, à l'arrêt
GP 2	2 ^{ème} étage	2 ^{ème} étage	19 852.6	O	11 911.5	35	6.3	O	O	O
GP 3	3 ^{ème} étage	3 ^{ème} étage	22 000	O	13 200	35	2.2	O	O	O, à l'arrêt
GP 4	4 ^{ème} étage	4 ^{ème} étage	20 512	O	12 307.7	35	6	O	O	O
GP 5	5 ^{ème} étage	5 ^{ème} étage	17 400	O	10 440	40	15	O	O	O
GP 6	6 ^{ème} étage	6 ^{ème} étage	20 579	O	12 347.6	35	2.4	O	O	O
GP 7	7 ^{ème} étage	7 ^{ème} étage	7744	N	-	100	3	O	O	O
GE	Parking	Toiture	16 127	N	-	-	1	N	N	N
GES	Sanitaires	Toiture	26 800	N	-	-	0.5	N	N	N

Tableau 29 : Liste des groupes de traitement d'air.

Remarque :

Pour l'ensemble de la ventilation, les puissances consommées par les GPs et GEs sont respectivement de 40.4 et 1.5 kW.

Le débit moyen pour l'ensemble du bâtiment est de 26.000m³/h pour 633 occupants. Sachant qu'un nombre important de visiteurs fréquentent les bureaux, on peut considérer que le débit de 30m³/h par personne est garantie, sans pour autant qu'il y ait une surventilation en air neuf.

Par ailleurs réduire les débits en hiver directement sur le groupe via le variateur n'est pas possible à la place du registre de recyclage, sinon la distribution d'air dans les différents locaux n'est pas assurée.

Distribution

Les gaines de pulsion sont isolées par 2.5 cm de la laine de roche. Seules les gaines de pulsion des GPs 1, 3 et 7 ne sont pas isolées. La reprise du GP 5 n'est pas isolée.

L'humidification des GP 1 et 3 est arrêtée.

3.5.2 Régulation

La régulation des groupes de ventilation est reprise dans le tableau ci-dessous.

Mode de fonctionnement du groupe de pulsion	Paramètres / consignes
Horaire	GP1 : 5h-18h (lundi 4h30-18h) 5 jours sur 7 GP2 : 7h-18h (mercredi 7h-15h) 5 jours sur 7 GP3 : 6h30-18h (lundi 6h-18h et vendredi 6h-23h59) 5 jours sur 7 GP4 : 7h-18h (lundi 4h30-18h) 5 jours sur 7 GP5 : 6h30-18h (lundi 7h-18h) 5 jours sur 7 GP6 : 7h-18h 5 jours sur 7 GP7 : 6h30-18h 5 jours sur 7
Paramètre de fonctionnement night-cooling	Night-cooling de 1h à 5hsi Text > 8°C et si T ambiante > 25°C Arrêt si T ambiante < 23.1°C
Consigne de température du point de rosée	Pas d'application
Variation de la température de pulsion	La consigne de température de l'air pulsé est de 20°C, sauf pour les GP 6 et 7 pour lesquels elle vaut respectivement 18°C et 21°C.
Paramètre de fonctionnement de la récupération	Le groupe récupère lorsqu'il y a une demande en chaud
Paramètre de fonctionnement du registre by-pass de la récupération	Variation de 0 à 100 % Régulation pour garantir un minimum d'air neuf, régulation exacte non accessible
Consigne d'humidification (humidificateur adiabatique)	GP1, GP3, GP5 = 50 % HR sur la reprise GP2, GP4, GP6 = 45 % HR sur la reprise GP7 = 42 % HR sur la reprise
Consigne du fonctionnement des vitesses / du variateur	Variateur sur point de consigne fixe
Système d'optimisation	Pas d'optimisation
Mode de fonctionnement du groupe d'extraction du parking	Paramètres / consignes
Horaire	7h45-9h et 16h-17h30 5 jours sur 7
Mode de fonctionnement du groupe d'extraction des sanitaires	Paramètres / consignes
Horaire	24h/24 5 jours sur 7

Tableau 30 : Paramètre de régulation des groupes de ventilation.

Le trend de la figure 37 permet de vérifier l'exactitude des considérations précédentes en ce qui concerne la régulation des groupes de pulsion. Il s'agit ici du groupe de pulsion 5. Premièrement on peut voir que l'horaire est respecté (6h30-18h). Ensuite on peut remarquer que l'air pulsé est bien à 20°C (courbe rouge sur la figure 37). Cette courbe augmente après 18h car on arrête de pulser et l'air se met à la température du local (environ 22°C).

On remarque également le redémarrage la nuit correspondant au night-cooling mentionné ci-avant.

Sur la figure 38, nous pouvons voir la température de pulsion (courbe rouge) chuter dès que la température extérieure dépasse les 20°C ce qui correspond à l'allumage des machines frigorifiques décrites précédemment. Cela montre donc la bonne validité de la consigne de libération des machines frigorifiques.

La régulation de la température des groupes de pulsion se fait sur une valeur fixe alors que les besoins ne sont pas constants. Toutefois la mise en place de sondes d'ambiance, comme pour le réglage de la coupure du départ radiateurs, n'est pas facilement envisageable du fait que les locaux sont cloisonnés et qu'il n'est pas possible de connaître les besoins exactes des locaux. Il n'existe pas de système comme les vannes thermostatiques qui coupent l'arrivée de froid au besoin. Cette conception est une conception adaptée à un open-space.

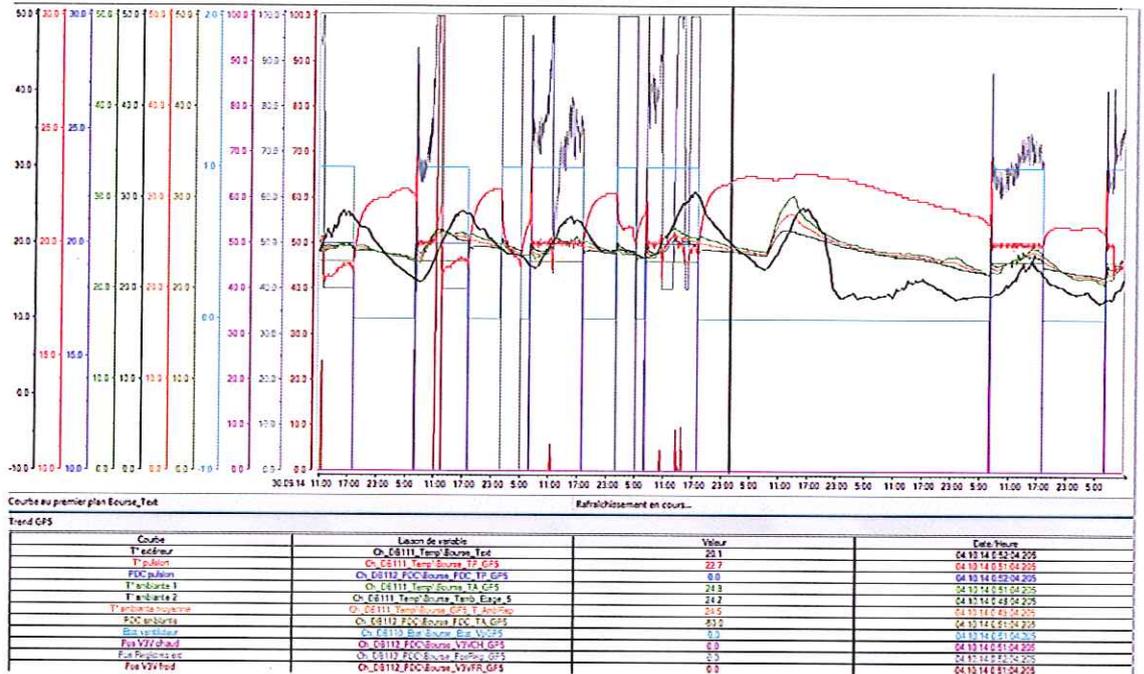


Figure 37 : Trend GP 5.

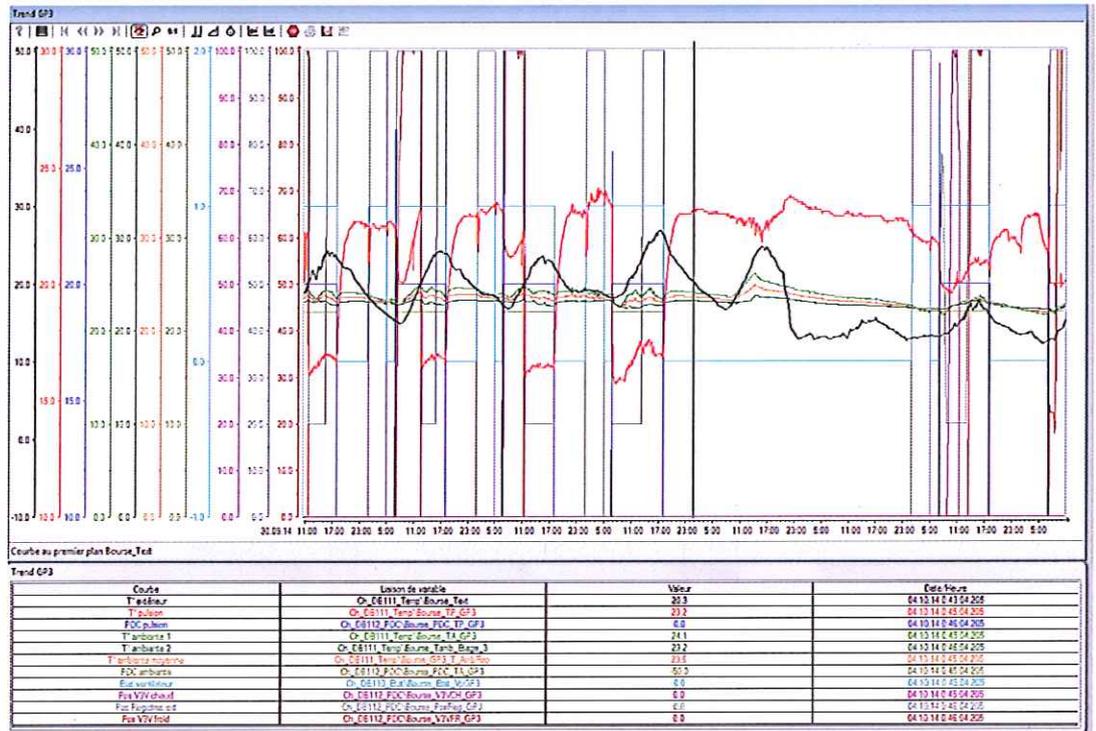


Figure 38 : Trend GP3.

3.5.3 Mesures et constatations

Aucune mesure d'électricité n'a été réalisée sur les GP.

3.5.4 Constatations et conseils concernant le système de ventilation

Constatation	Conseils
7 Le night cooling se fait de 1h à 5h du matin.	Cet horaire est large, nous proposons 3h- 6h.
8 Le groupe d'extraction des sanitaires fonctionne 24h/24.	Couper le ventilateur des sanitaires pendant les heures creuses. Nous proposons l'horaire 6h-19h.
9 La consigne d'humidification vaut en moyenne 45% HR sur la reprise.	Diminuer cette consigne à 40 % HR.

Tableau 31 : Constatations et conseils concernant le système de ventilation.

3.6 SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

3.6.1 Production de lumière

Eclairage	Désignation lampe				Nombre luminaire	Nombre lampe par luminaire	Puissance totale [W]	Type d'allumage
Rez-de-chaussée								
Circulation	T26	TL	18	W	12	4	912	manuel
1er étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	129	2	9804	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	5	2	380	manuel
Public	T26	TL	36	W	87	2	6612	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	9	1	360	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	4	2	304	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
Techniques	T26	TL	36	W	5	2	380	manuel
2ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	164	2	12464	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	9	2	684	manuel
Public	T26	TL	36	W	19	2	1444	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	19	1	760	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	36	2	2736	manuel
	T26	TL	58	W	1	2	120	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
Techniques	T26	TL	36	W	4	2	304	manuel
3ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	111	2	8436	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	11	2	836	manuel
Archives-Stock	T26	TL	36	W	18	2	1368	manuel
Public	T26	TL	36	W	49	2	3724	manuel
	T26	TL	58	W	7	2	840	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	19	1	760	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	30	2	2280	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
Techniques	T26	TL	36	W	21	2	1596	manuel
4ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	145	2	11020	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	18	2	1368	manuel
Archives-Stock	T26	TL	36	W	32	2	2432	manuel
Public	T26	TL	36	W	5	2	380	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	19	1	760	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	19	2	1444	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
Techniques	T26	TL	36	W	3	2	228	manuel
5ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	138	2	10488	manuel
	T26	TL	18	W	3	2	120	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	17	2	1292	manuel
	T26	TL	18	W	2	2	80	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
Techniques	T26	TL	36	W	3	2	228	manuel
6ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	104	2	7904	manuel
	T26	TL	18	W	2	2	80	manuel

	Fluocompact	FC	36	W	6	2	456	manuel
Salle de réunion	T26	TL	36	W	13	2	988	manuel
	LED	L	7	W	48	1	528	manuel
	Spot	S	100	W	16	1	1664	manuel
Archives-Stock	T26	TL	36	W	5	2	380	manuel
Public	T26	TL	36	W	8	2	608	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	19	1	760	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	31	2	2356	manuel
	T26	TL	18	W	9	4	684	manuel
	T26	TL	18	W	6	2	240	manuel
Techniques	T26	TL	58	W	3	2	360	manuel
7ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	139	2	10564	manuel
	T26	TL	58	W	8	2	960	manuel
Archives-Stock	T26	TL	36	W	23	2	1748	manuel
Sanitaires	T26	TL	36	W	19	1	760	manuel
	Fluocompact	FC	18	W	1	1	22	manuel
Circulation	T26	TL	36	W	12	2	912	manuel
	T26	TL	18	W	5	2	200	manuel
	T26	TL	18	W	8	4	608	manuel
Techniques	T26	TL	58	W	3	2	360	manuel
8ème étage								
Bureaux	T26	TL	36	W	4	2	304	manuel

Tableau 32 : Relevé du type d'éclairage du bâtiment.

Les luminaires des parkings sont des TL26.

On peut estimer la puissance totale de l'éclairage à 153.59 kW. Une mesure du niveau d'éclairement a été réalisée pour un bureau type au 5^{ème} étage. Les résultats sont visibles dans le tableau 33.

Local	Type de lampe	Puissance (W)	Lux moyens mesurés	Puissance spécifique (W/m ²)	Efficacité lumineuse [W/(m ² .100lux)]	Durée de fonctionnement annuelle (h)
Bureau	T26	792	400	9.9	2.475	3000

Tableau 33 : Mesure de l'éclairement pour un bureau du 5^{ème} étage.

On remarque dans ce tableau que le niveau d'éclairement pour un bureau type est d'un niveau suffisant. Nous avons également mesuré le niveau d'éclairement dans les couloirs du 5^{ème} étage. Les valeurs mesurées sont comprises entre 300 et 350 lux ce qui correspond à un niveau suffisant pour ce type d'affectation.

3.6.2 Régulation

Il n'y a pas de régulation de l'éclairage des étages, c'est le concierge qui fait le tour de chaque étage le matin et le soir pour allumer et éteindre. On retrouve un horaire pour l'éclairage des parkings, celui-ci est piloté par la GTC : 6h30-21h30, 5j/7.

Les ballasts composant les luminaires sont électromagnétiques et ne sont donc pas prévus pour fonctionner avec détection de présence. De plus, il n'y a pas de dimming.

3.6.3 Constatations et conseils concernant le système d'éclairage

	Constatation	Conseils
10	L'éclairage des bureaux est réalisé par des tubes T26, qui est une technologie vétuste et consommatrice.	Diminution des consommations électriques dues à l'éclairage par le remplacement des luminaires des bureaux. Nous proposons l'installation de lampes LED.

Tableau 34 : Constatations et conseils concernant le système d'éclairage.

3.7 AUTRE POSTE CONSOMMATEURS D'ÉLECTRICITÉ

3.7.1 Gestion de la charge électrique, transformateur haute tension

Le cosinus phi du bâtiment s'élève à 0.969 sur la facture électrique de septembre 2014. Le cosinus phi reflète la part d'électricité réactive consommée par les équipements avec un déphasage. Un cosinus phi inférieure à 0.9 sera pénalisé par le fournisseur d'électricité qui doit fournir plus d'électricité pour la même puissance active. Dans le cas présent le cosinus phi est donc correct malgré l'absence de batterie de condensateur.

3.7.2 Bureautique et informatique

On retrouve de nombreux ordinateurs et imprimantes, comme dans tous les bâtiments de bureaux.

3.7.3 Constatation et conseils concernant les autres consommateurs d'électricité

Nous n'avons aucune remarque concernant les autres consommateurs d'électricité.

4 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

4.1 DONNÉES DISPONIBLES

Vecteur énergétique	Type de document disponible	Période couverte
Mazout	Relevés fournisseur	Année 2011 à Août 2014
Electricité	Relevés fournisseur	Année 2011 à Août 2014

Tableau 35 : Données disponibles pour l'analyse des consommations

L'analyse des consommations se fera sur les années 2011, 2012 et 2013.

4.2 ANALYSE DES CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLES

4.2.1 Evolution de la consommation annuelle

Les consommations en combustibles normalisées sont représentées dans le tableau ci-dessous :

MAZOUT	Unité	
Consommation annuelle moyenne brute (PCI)	kWh/an	788 245
Emissions de CO2	t/an	241
Consommation annuelle moyenne normalisée (PCI)	kWh/an	794 392
Superficie chauffée	m ²	13 881
Consommation normalisée spécifique	kWh/(m ² .an)	57.23

Tableau 36 : Consommation moyenne en mazout pour le chauffage.

L'évolution de la consommation annuelle brute et normalisée est représentée sur la figure ci-dessous.

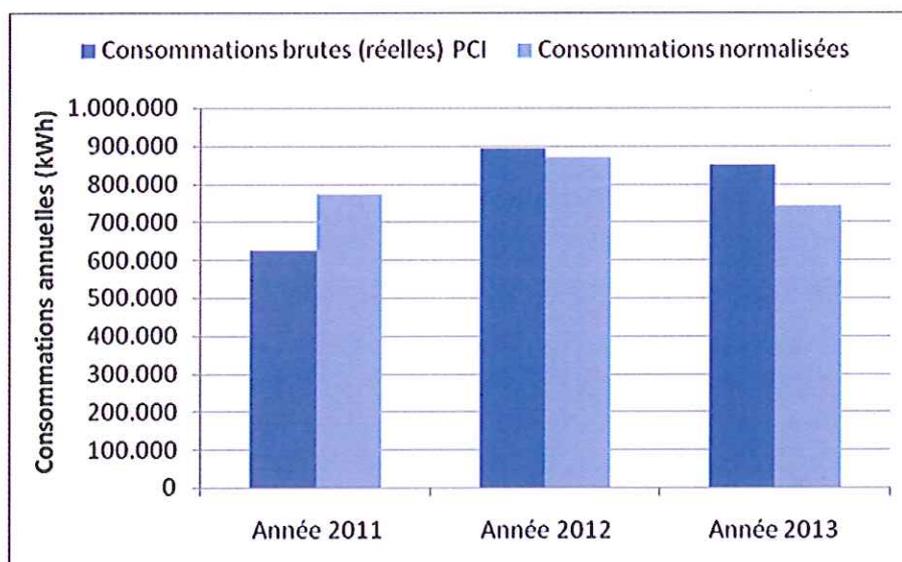


Figure 39 : Evolution des consommations brutes et normalisées en mazout de 2011 à 2013.

Les consommations normalisées prennent en compte les variations climatiques d'une année à l'autre. Elles indiquent aussi la consommation qui aurait été observée pour une année « normale ». Ce sont donc ces valeurs que l'on peut le mieux comparer entre différentes années. On remarque que la consommation en mazout de chauffage a diminué en 2013. Cela est dû au fait qu'en mars 2013, une fuite est apparue dans une des citernes de mazout. Ce problème n'a été résolu que le 25/09/13 lorsque les deux citernes de 8000 L ont été remplacées par une citerne unique de 9500 L. Le système de chauffage a donc été indisponible pendant plusieurs mois et 6000 L de mazout ont ainsi été perdus.

Notons que pour obtenir les consommations réelles du bâtiment étudié, il a fallu soustraire la part de mazout consommée par le magasin Delhaize (rideau d'air chaud). Les chiffres du compteur calorimétrique « Delhaize » nous semble cependant peu cohérents. Nous avons donc estimé cette consommation qui ne représente qu'un faible pourcentage de la consommation totale du bâtiment.

4.2.2 Evolution de la consommation mensuelle

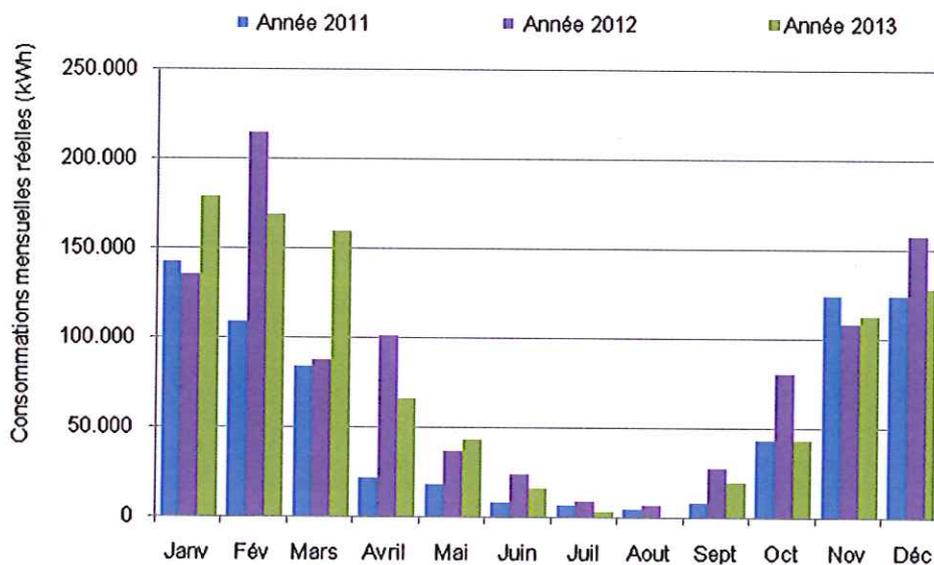


Figure 40 : Consommations mensuelles moyennes en mazout (années 2011 à 2013).

On constate qu'il y a de faibles consommations durant les mois de juin, juillet et août alors qu'il n'y a pas de production d'ECS. Pour éviter le redémarrage de la chaufferie et le maintien au chaud des installations pour des besoins nuls, il est nécessaire de couper manuellement les chaudières.

4.2.3 Signature énergétique du bâtiment

Premièrement, on remarque sur la figure 41 une dispersion relativement faible du nuage de points autour des droites de régressions pour les années 2011, 2012 et 2013. Cela signifie que la régulation permet de suivre assez bien les évolutions climatiques.

Le croisement des droites de la signature énergétique avec l'axe des ordonnées correspond aux consommations du bâtiment lorsque les degrés jours sont nuls, c'est à dire lorsqu'il n'y a pas de besoin de chauffage. On constate que les droites de régression sont proches de zero ce qui veut dire que les consommations sont faibles durant les mois à degrés jours nuls, mais elles ne sont pas totalement nulles en particulier en 2012 ce qui correspond aux consommations des mois d'été. On remarque également que le coefficient angulaire de la droite est plus élevé ce qui traduit une consommation plus importante à condition climatique constante. Cela peut s'expliquer par une augmentation des débits de ventilation, des consignes de chauffage, une dégradation du rendement de production... Cette tendance n'est cependant pas confirmée en 2013.

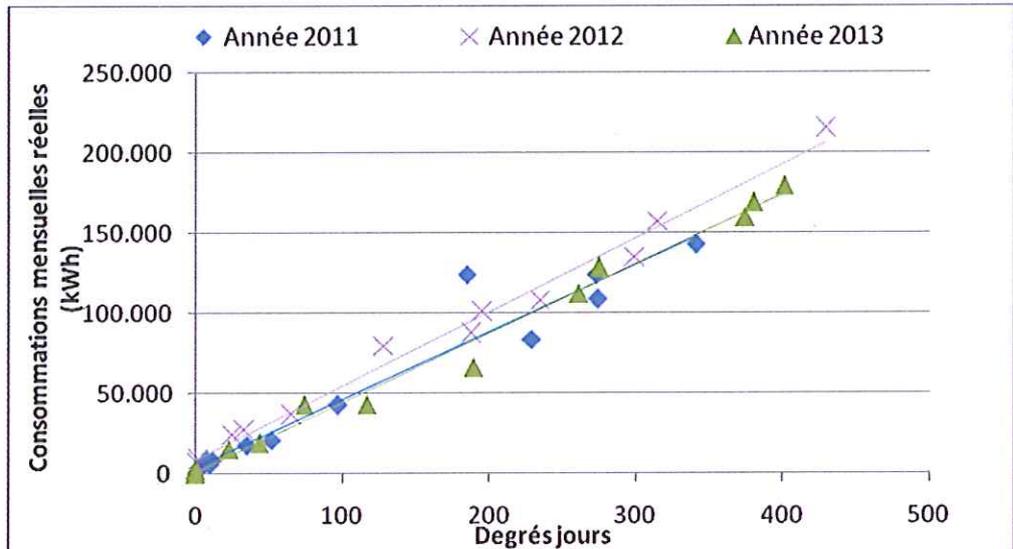


Figure 41 : Signature énergétique du bâtiment.

4.2.4 Consommation spécifique

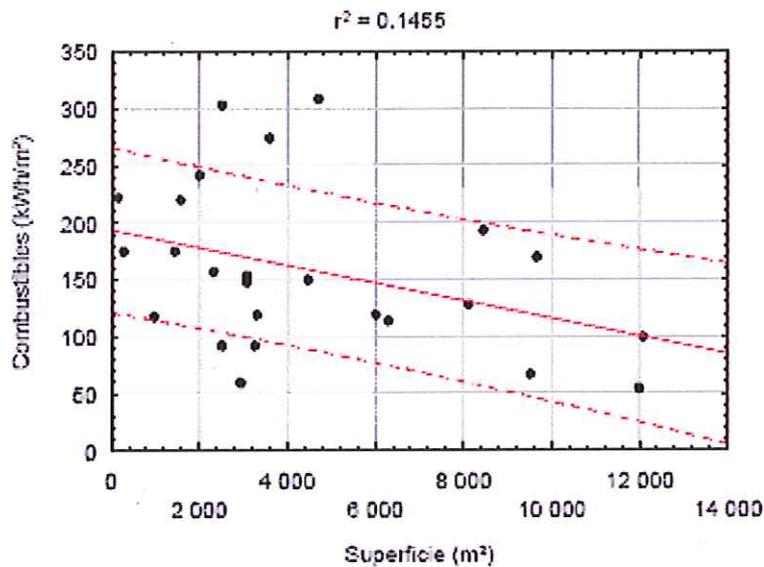


Figure 42 : Consommation spécifique en combustible du bâtiment par rapport au secteur des bureaux.

Bien que ces moyennes doivent toujours être considérées avec prudence, on voit que le bâtiment ($57.23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$) se situe dans la moyenne basse, sous la moyenne de $85 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$ pour des bureaux de taille équivalente. On constate ainsi que les consommations en mazout ne sont pas excessives.

4.2.5 Répartition des consommations

Les pertes par l'enveloppe sont estimées à 250 MWh. Les pertes par infiltration et par ventilation sont de 36 MWh et de 355 MWh respectivement. Ces pertes par ventilation incluent 63 MWh de pertes dues à l'humidification. Les pertes de l'installation de chauffage sont estimées à 147 MWh.

Les figures ci-dessous représentent la répartition des pertes de l'enveloppe ainsi que la répartition totale des consommations en mazout pour une année moyenne.

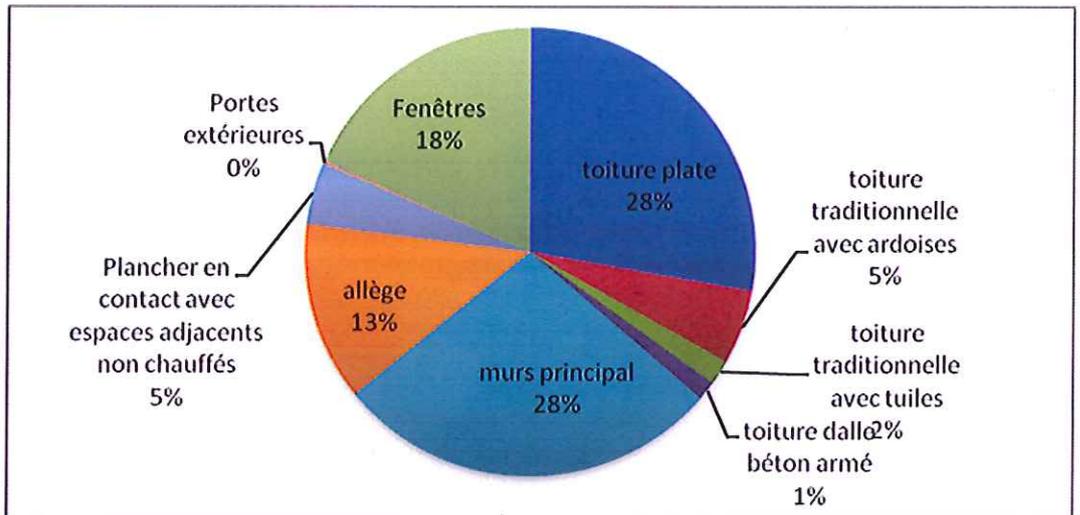


Figure 43 : Répartitions des pertes par l'enveloppe du bâtiment.

On constate qu'en raison de l'absence totale d'isolation, chaque matériau contribue proportionnellement à sa surface aux déperditions de l'enveloppe.

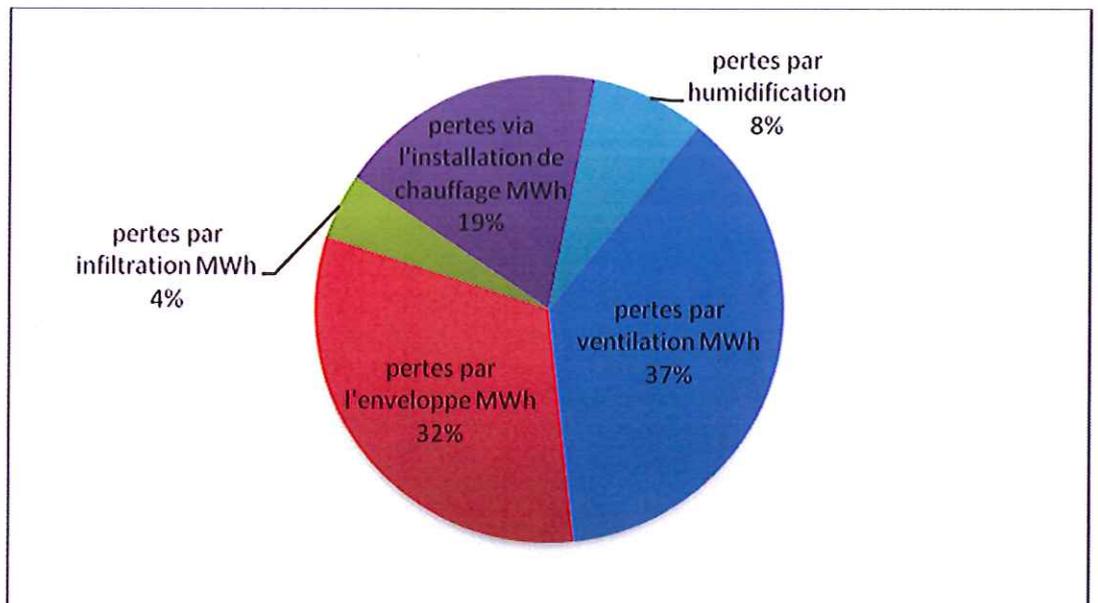


Figure 44 : Répartition de la consommation en mazout.

4.3 ANALYSE DES CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES

4.3.1 Evolution de la consommation annuelle

Les consommations des parties communes en électricité sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Electricité	Unité	
Consommation annuelle moyenne brute (PCI)	kWh/an	1 744 163
Emissions de CO2	t/an	689
Superficie (hors parking)	m ²	13 881
Consommation normalisée spécifique	kWh/(m ² .an)	125.65

Tableau 37 : Consommation moyenne en électricité.

L'évolution de la consommation annuelle brute et normalisée est représentée sur la figure ci-dessous.

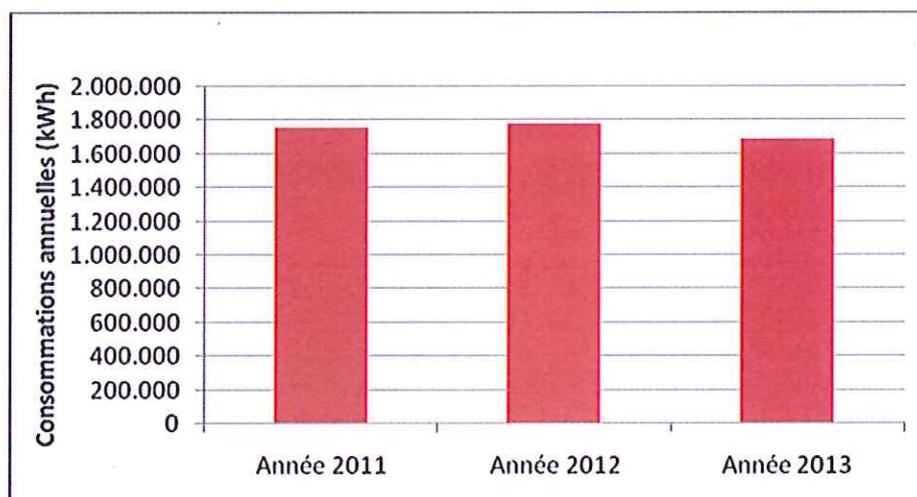


Figure 45 : Evolution des consommations en électricité de 2011 à 2013

On remarque que la consommation électrique est relativement constante ces trois dernières années.

4.3.2 Evolution de la consommation mensuelle

La figure suivante représente l'évolution mensuelle des consommations annuelles totales pour les trois dernières années.

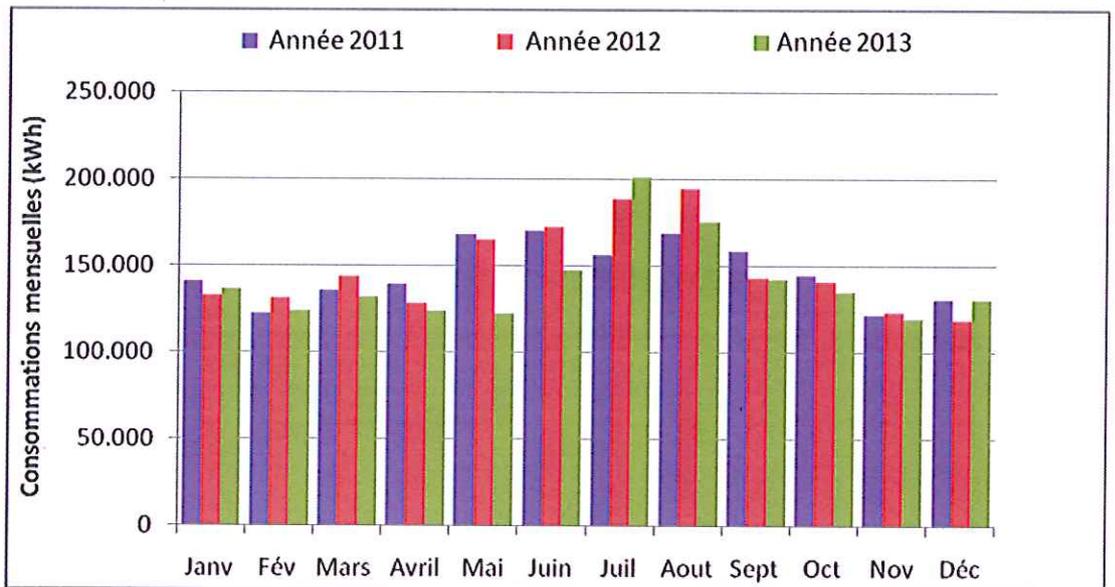


Figure 46 : Consommations mensuelles moyennes en électricité (années 2011 à 2013).

On constate que la consommation électrique augmente durant la période estivale. C'est la production d'eau glacée qui influence fortement le comportement de ces consommations afin de refroidir le bâtiment durant cette partie de l'année.

La figure suivante représente l'évolution des consommations mensuelles en heures creuses pour les années 2011, 2012 et 2013.

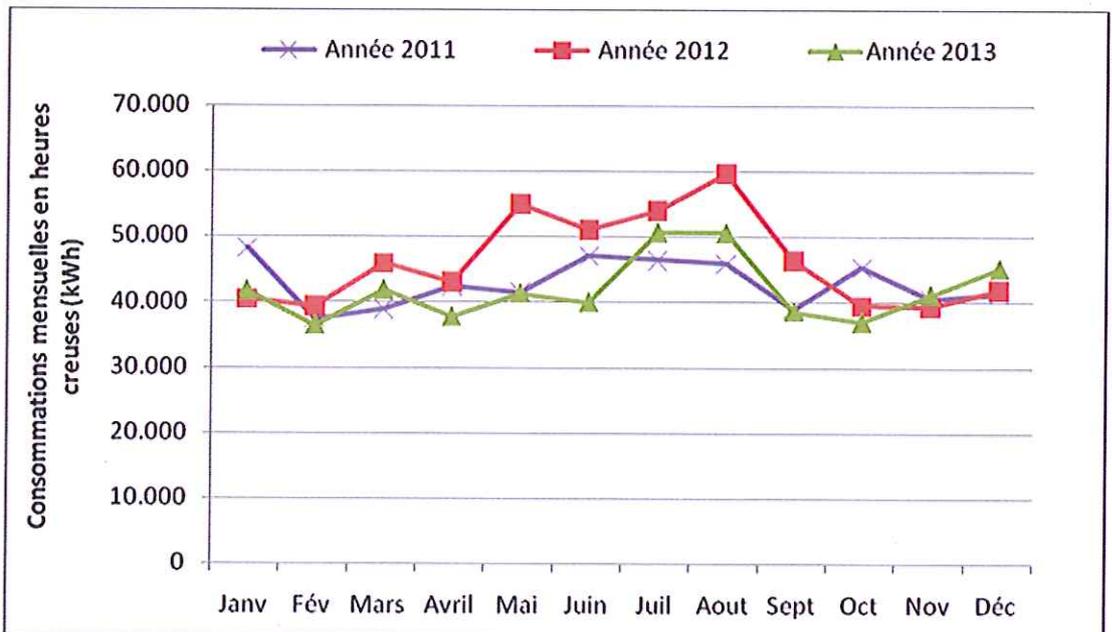


Figure 47 : Consommations mensuelles en heures creuses (années 2011, 2012 et 2013).

On peut remarquer que les consommations sont relativement semblables avec une légère augmentation de la consommation en heures creuses durant la période estivale de l'année 2012. La consommation en heure creuse devrait cependant être moins influencée en été car les machines frigo devraient être arrêtées. Certains redémarrages nocturnes peuvent expliquer ceci. Le night cooling augmente également la consommation électrique des ventilateurs.

La figure 48 représente l'évolution des consommations mensuelles en heures pleines pour les années 2011, 2012 et 2013.

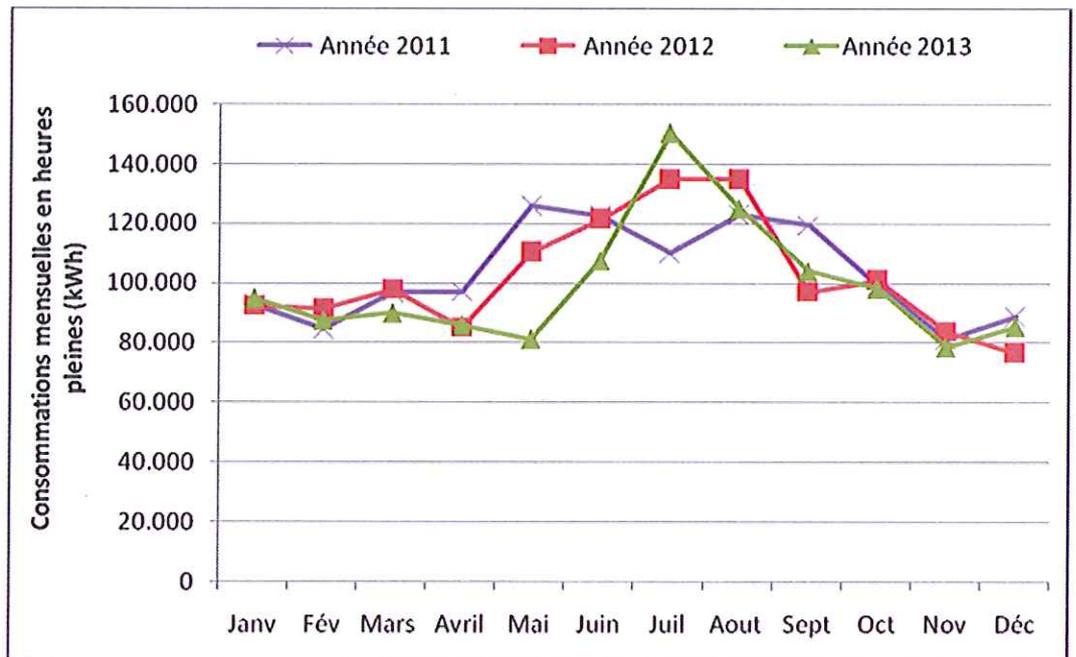


Figure 48 : Consommations mensuelles en heures pleines (années 2011, 2012 et 2013).

On peut remarquer que les consommations sont relativement semblables.

4.3.3 Consommation heures de pointe / heures creuses

Sur base des factures, la consommation totale en heures creuses par rapport à l'ensemble des heures est de 30% en moyenne pour les trois dernières années. Ce ratio se situe dans la moyenne pour ce type de bâtiment.

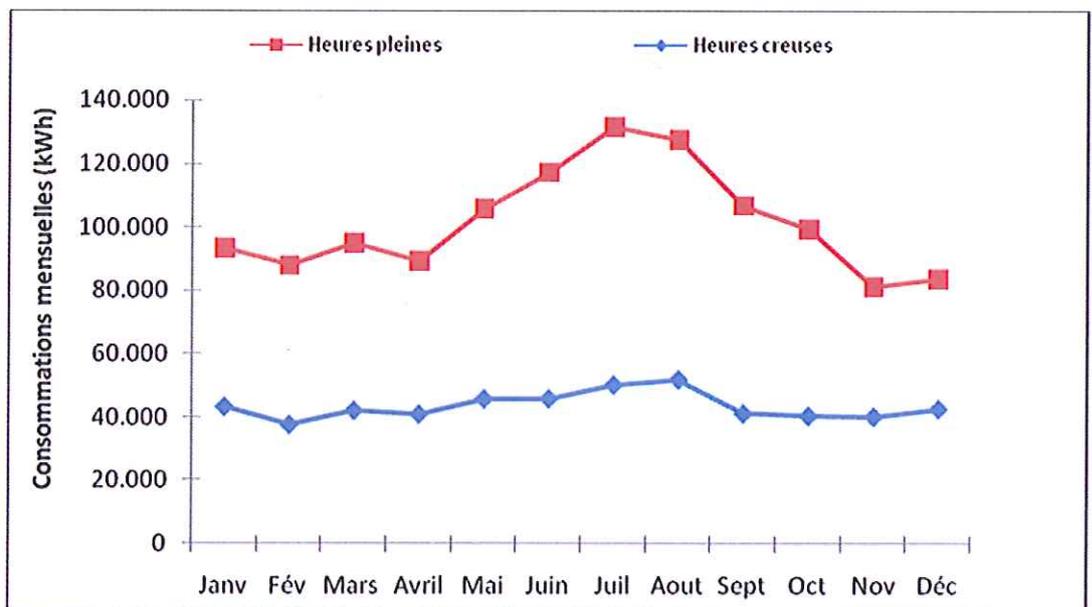


Figure 49 : Evolution des heures creuses et pleines sur la moyenne mensuelle des 3 dernières années.

Ce graphique renforce la constatation de l'influence de la machine frigo sur les consommations électriques lors de la période estivale.

4.3.4 Consommation spécifique

Comme énoncé plus haut, la consommation moyenne annuelle en électricité est estimée à 125.65 kWh/m². Si l'on se base sur les consommations moyennes pour ce type bâtiment, nous pouvons considérer que cette valeur est dans la moyenne basse. En effet on remarque sur la figure 50 que pour un bâtiment de 13 881 m², la consommation moyenne devrait se situer aux alentours de 180 kWh/m², bien qu'il s'agisse d'une extrapolation, les deux références disponibles sont en effet également plus basses que la droite de régression.

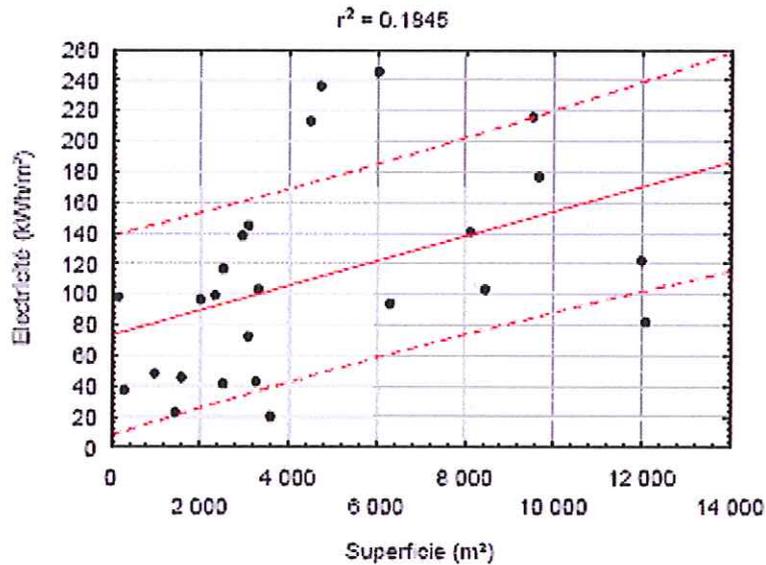


Figure 50 : Consommation spécifique en électricité du bâtiment par rapport au secteur des bureaux.

4.3.5 Répartition des consommations

Le schéma de la figure ci-dessous reprend la répartition des consommations électriques des différents postes rencontrés dans le bâtiment.

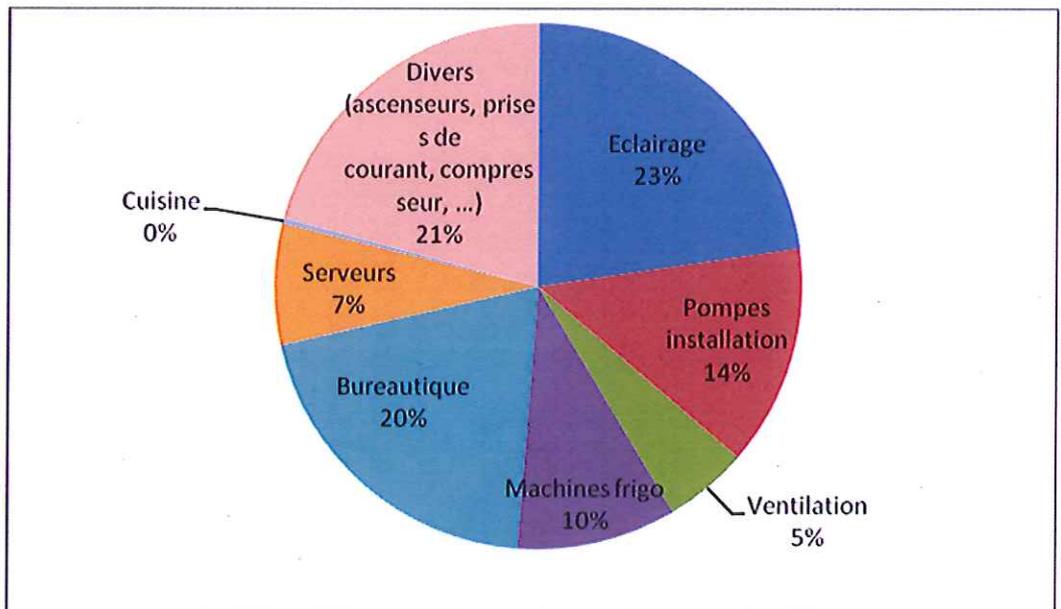


Figure 51 : Répartition de la consommation en fonction des différents postes.

Le tableau suivant détaille l'ensemble des consommations.

Poste	Consommation [MWh]
Eclairage	395.1
Pompes et circulateurs	237.3
Machines frigorifiques	170.8
Ventilation	90
Bureautique	352
Serveurs	130
Cuisine	6
Divers (ascenseurs, prises de courant, compresseur, ...)	363
TOTAL	1 744.2

Tableau 38 : Répartition des consommations électriques.

5 IDENTIFICATION DES MESURES D'AMÉLIORATION

Les primes indiquées sont celles proposées en 2013 par la Région Bruxelles Capitale. Il est supposé que les conditions autres que techniques sont remplies par le demandeur de la prime.

Toutes les informations sur ces primes peuvent être obtenues sur le site de l'IBGE.

Les primes ne sont cependant pas prises en compte dans le calcul de rentabilité, de même que les certificats verts.

Les différents calculs de prix sont basés sur le prix actuels des énergies.

Les prix des mesures sont comptés pour la réalisation de l'ensemble des mesures en même temps et prend en compte les éventuels frais d'études, mais par les frais liés aux finitions. Tous les prix des investissements et des gains énergétiques sont des prix TVA comprise.

5.1 MESURE(S) CONCERNANT L'ENVELOPPE

Aucune paroi du bâtiment n'est isolée, nous avons dès lors étudié les investissements prioritaires, à savoir la toiture et les fenêtres.

5.1.1 Isolation de la toiture

	Constatation	Proposition
1	<p>Actuellement la toiture n'est pas isolée et présente un coefficient de transmission thermique estimé à 2.94 W/m²K selon les valeurs standards de la PEB pour des toitures du ce type (étanchéité bitumineuse sur support épais).</p> <p>A l'heure actuelle, la valeur maximale imposée par la PEB pour les toitures est de 0.24 W/m²K.</p>	<p>L'isolation de 1 480 m² pourrait être réalisée par la mise en place d'un panneau de 20 cm de polystyrène extrudé (toiture inversée), ce qui permettrait d'atteindre une valeur de 0,22 W/m².K.</p>

Tableau 39 : Constat et proposition concernant l'isolation de la toiture.

Chiffres clés

La réduction annuelle de consommations en chaud grâce à l'isolation du toit est estimée à 10.5%.

Mesure sur l'isolation de la toiture (toiture inversée)		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	82 969	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	-	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	82 969	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	25.4	[t éq-CO ₂ /an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	6218	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	187 560	[€]
Temps de retour simple	30.2	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 40 : Mesure sur l'isolation de la toiture.

Notons ici la présence d'un acrotère tout autour de la toiture. Le tableau ci-dessous reprend le détail de l'investissement.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Isolation et lestage	120 €/m ²
Total	187560 €

Tableau 41 : Détails de l'investissement pour l'isolation de la toiture.

5.1.2 Remplacement des vitrages et des châssis

Constatation	Proposition
<p>2 Il s'agit de double vitrage sans couche basse émissivité et les châssis sont sans coupure thermique. Le coefficient de transfert thermique de l'ensemble est estimé à 3.9W/m²K.</p> <p>A l'heure actuelle, la valeur maximale imposée par la PEB pour les fenêtres est de 2.5 W/m²K.</p>	<p>Remplacement par des nouvelles fenêtres (couche basse émissivité et châssis à coupure thermique) permettant d'atteindre un coefficient de transfert thermique de 1.25 W/m²K.</p>

Tableau 42 : Constat et proposition concernant le remplacement des fenêtres.

Chiffres clés

La réduction annuelle de consommations en chaud grâce au remplacement des 1030 m² de fenêtres est estimée à 5%.

Mesure sur le remplacement des fenêtres		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	39 173	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	-	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	39 173	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	12	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	2 935	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	498 760	[€]
Temps de retour simple	170	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	2	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 43 : Mesure sur le remplacement des fenêtres.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Nouvelles fenêtres	480 €/m²
Location élévateur	3150 €
Location containers	1210 €
Total	498 760 €

Tableau 44 : Détails de l'investissement pour le remplacement des fenêtres.

5.2 MESURE(S) CONCERNANT LE SYSTÈME DE CHAUFFAGE, DE CLIMATISATION ET DE VENTILATION

5.2.1 Modification de la chaufferie (hydraulique et passage au gaz)

Constat et proposition

	Constatation	Proposition
3	<p>Plusieurs pompes du circuit sont surdimensionnées ce qui occasionne des dérèglements hydrauliques et des surconsommations électriques. Lors de notre passage les deux pompes primaires étaient en fonctionnement, le départ des groupes de pulsion était dès lors coupé (manuellement) en raison de l'excédent de débit.</p> <p>Ce surdimensionnement provoque une alimentation permanente des chaudières car la vanne 2 voies devient passante en raison du débit trop important.</p> <p>De plus, les pompes sont à débit fixe.</p>	<p>La mise en place d'une bouteille casse pression et des pompes à débit variable (pour le départ vers les radiateurs) avec un redimensionnement des puissances nécessaires permettrait de rééquilibrer les débits et diminuer les consommations électriques. La proposition de modification est visible sur la figure 52 (modifications en bleu clair).</p>
4	<p>Les chaudières sont au mazout, non à condensation et surdimensionnées.</p>	<p>Le remplacement d'une chaudière par une chaudière à condensation au gaz sans débit minimum permettrait de réaliser des économies importantes sur les rendements de combustion, le prix du combustible et sur la consommation électrique des auxiliaires.</p>
5	<p>La régulation est composée d'une liste importante de paramètres modifiables, relativement complexes. Certains fonctionnements en manuel ont été observés. Certains paramètres de la régulation sont à adapter comme le fonctionnement de la régulation de la cascade et la mise en route des allures. La consigne de 23°C dans les étages est relativement élevée.</p>	<p>Une simplification des paramètres affichés par la GTC peut éviter certaines dérives. Il est également conseillé de fixer certains paramètres et de contrôler leur maintien dans le temps pour éviter une régulation « manuelle ».</p> <p>Les paramètres de la régulation de cascade doivent être optimisés.</p>

Tableau 45 : Constat et proposition concernant la modification de la chaufferie.

Quelques précisions sont nécessaires concernant la constatation 4. La mesure ne prévoit pas le remplacement d'une chaudière par une chaudière à condensation mais uniquement le remplacement du brûleur au mazout par un brûleur au gaz. C'est la mesure suivante qui prend en compte le remplacement d'une chaudière par une chaudière à condensation.

Proposition avec bouteille casse pression

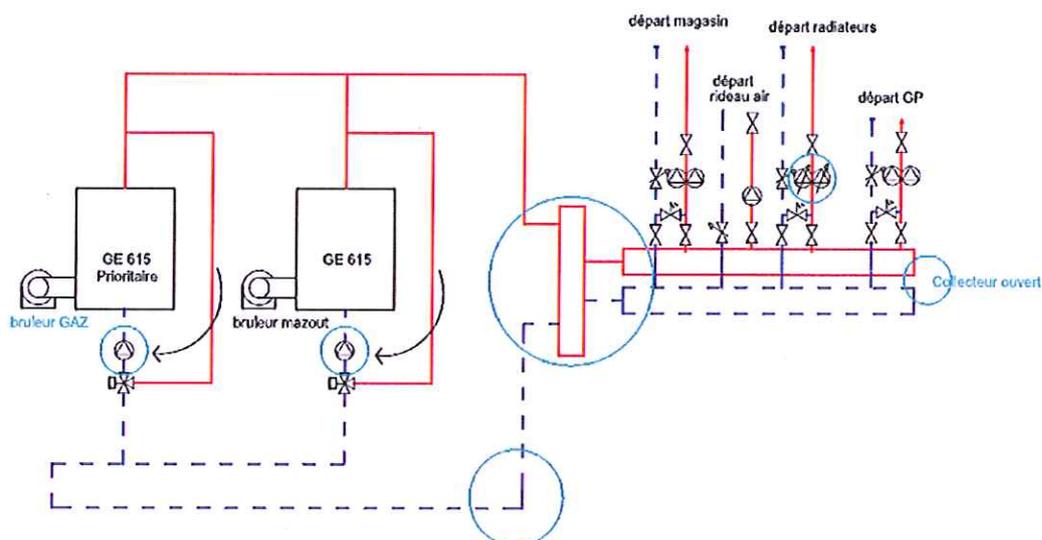


Figure 52 : Proposition concernant la modification de la chaufferie.

Chiffres clés

La réduction annuelle de consommations en électricité grâce à ces modifications est estimée à 2.3%. La réduction annuelle de consommations en chaud grâce à ces modifications est estimée à 5.3%.

Mesure sur la modification complète de la chaufferie		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	41 870	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	40 076	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	142060	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	28.6	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	8 732	[€/an]
Coût de l'investissement sans le passage au gaz TVAC	28 500	[€]
Coût de l'investissement du passage au gaz TVAC	61 700	[€]
Temps de retour simple sans le passage au gaz	3.3	[ans]
Temps de retour simple pour le passage au gaz	7.1	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 46 : Mesure sur la modification de la chaufferie.

On remarque dans le tableau 46 qu'il y a deux mesures : les modifications hydrauliques et le passage au gaz. La première présente un temps de retour simple de 3.3 ans tandis que la deuxième un temps de retour simple de 7.1 ans. Pour cette dernière, le gain financier annuel lié au prix du combustible n'a pas été pris en compte car le prix du gaz n'est pas garanti et peut changer. Si l'on prend en compte la différence de prix entre le mazout et le gaz et si nous considérons un prix moyen pour le gaz de 50€/MWh TVAC, l'économie annuelle s'élève à 21 750€. Dans ce cas, on aurait un temps de retour simple de 2.8 ans.

Les détails des investissements pour ces deux mesures sont repris ci-dessous.

Détails de l'investissement sans le passage au gaz (prix TVAC)	
Modifications hydrauliques	15 000 €
Pompes à débit variable sur le départ radiateurs	4 500€
Electricité	3 000€
Régulation	6 000€
Total	28 500€

Tableau 47 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie sans le passage au gaz.

Détails de l'investissement avec le passage au gaz (prix TVAC)	
Modifications hydrauliques	15000 €
Pompes à débit variable sur le départ radiateurs	4 500€
Brûleur gaz	11 700€
Raccordement au gaz, y compris tuyauteries	18 500 €
Electricité	5000 €
Régulation	7000 €
Total	61700€

Tableau 48 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie avec le passage au gaz.

5.2.2 Modification de la chaufferie (hydraulique et chaudière à condensation)

Constat et proposition

	Constatation	Proposition
3	<p>Plusieurs pompes du circuit sont surdimensionnées ce qui occasionne des dérèglements hydrauliques et des surconsommations électriques. Lors de notre passage les deux pompes primaires étaient en fonctionnement, le départ des groupes de pulsion était dès lors coupé (manuellement) en raison de l'excédent de débit.</p> <p>Ce surdimensionnement provoque une alimentation permanente des chaudières car la vanne 2 voies devient passante en raison du débit trop important.</p> <p>De plus, les pompes sont à débit fixes.</p>	<p>La mise en place de pompes à débit variables (pour le départ vers les radiateurs) avec un redimensionnement des puissances nécessaires permettrait de rééquilibrer les débits et diminuer les consommations électriques.</p>
4	<p>Les chaudières sont au mazout, non à condensation et surdimensionnées.</p>	<p>Le remplacement d'une chaudière par une chaudière à condensation au gaz sans débit minimum permettrait de réaliser des économies importantes sur les rendements de combustion, le prix du combustible et sur la consommation électrique des auxiliaires.</p>
5	<p>La régulation est composée d'une liste importante de paramètres modifiables, relativement complexes. Certains fonctionnements en manuel ont été observés. Certains paramètres de la régulation sont à adapter comme le fonctionnement de la régulation de la cascade et la mise en route des allures. La consigne de 23°C dans les étages est relativement élevée.</p>	<p>Une simplification des paramètres affichés par la GTC peut éviter certaines dérives. Il est également conseiller de fixer certains paramètres et de contrôler leur maintien dans le temps pour éviter une régulation « manuelle ».</p> <p>Les paramètres de la régulation de cascade doivent être optimisés.</p>

Tableau 49 : Constat et proposition concernant la modification de la chaufferie.

Comme le montre le tableau 49, nous proposons donc ici les mêmes modifications hydrauliques que pour la mesure précédente mais cette fois combinée au remplacement d'une des chaudières par une chaudière au gaz à condensation. De ce fait, l'installation ne nécessite plus de bouteille casse pression mais le redimensionnement des pompes des départs secondaires doit être réalisé et celles-ci seront probablement à remplacer.

La réduction annuelle de consommations en électricité grâce à ces modifications est estimée à 2.9%. La réduction annuelle de consommations en chauffage grâce à ces modifications et à la condensation est estimée à 14.3%.

Chiffres clés

Mesure sur la modification complète de la chaufferie		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	112 684	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	50 224	[kWh/an]

Économie d'énergie primaire annuelle	238 244	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	54.3	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	15 455	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	104000	[€]
Temps de retour simple sans prise en compte du passage au gaz	6.7	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 50 : Mesure sur la modification de la chaufferie.

Dans le tableau 50, le gain financier annuel lié au prix du combustible n'a pas été pris en compte car le prix du gaz n'est pas garanti et peut changer. Si l'on prend en compte la différence de prix entre le mazout et le gaz et si nous considérons un prix moyen pour le gaz de 50€/MWh TVAC, l'économie annuelle s'élève à 27290€. Dans ce cas, on aurait un temps de retour simple de 3.8 ans.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Modifications hydrauliques	20 000 €
Pompes circuit secondaire	13000€
Chaudière à condensation	35 000 €
Raccordement au gaz	18 500 €
Coûts électriques	8 000 €
Coûts régulation	9 500 €
Total	104000 €

Tableau 51 : Détails de l'investissement pour la modification de la chaufferie.

5.2.3 Modification de la régulation

Constat et proposition

	Constatation	Proposition
<i>Sur la ventilation</i>		
7	Le night cooling se fait de 1h à 5h du matin.	Cet horaire est large, nous proposons 3h- 6h.
8	Le groupe d'extraction des sanitaires fonctionne 24h/24.	Couper le ventilateur des sanitaires pendant les heures creuses. Nous proposons l'horaire 6h-19h.
9	La consigne d'humidification vaut en moyenne 45% HR sur la reprise.	Diminuer cette consigne à 40% HR.

Tableau 52 : Constats et propositions concernant la modification de la régulation.

Chiffres clés

L'estimation des gains en mazout pour les modifications de la régulation du système de ventilation est de 7.8%.

L'estimation des gains en électricité sur les modifications de la régulation des systèmes de ventilation est de 0.3%.

Mesure sur la modification complète de la régulation		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	61512	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	5 288	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	74 732	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	20.9	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	5 332	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	400	[€]
Temps de retour simple	<1	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 53 : Mesure sur la modification de la régulation.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Modification des régulations des systèmes (chauffage, climatisation et ventilation)	400€
Total	400€

Tableau 54 : Détails de l'investissement pour la modification de la régulation.

5.2.4 Isolation des tuyauteries et auxiliaires de distribution

Constat et proposition

Constatation	Proposition
6 Aucune vannes et auxiliaires de distribution (pompes, filtres, brides,...) ne sont isolés.	Isoler les auxiliaires de distribution dont le diamètre est égal ou supérieur à 50mm.

Tableau 55 : Constat et proposition concernant l'isolation des auxiliaires de distribution.

DN125 :	DN100 :	DN80 :	DN65 :
<ul style="list-style-type: none"> • 2 pompes • 5 vannes manuelles • 2 filtres • 3 vannes de réglage • 2 vannes 3 voies motorisées 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 pompes • 5vannes manuelles • 2 brides 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 doubles pompes • 2 vannes manuelles • 1 vanne 3 voies • 2 réductions de 10 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 double pompe • 1 vanne 3 voies motorisée • 4 vannes manuelles

Chiffres clés

L'estimation des gains en mazout pour l'isolation des auxiliaires de distribution est de 4.9%.

Mesure sur l'isolation des auxiliaires de distribution		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	42 422	[kWh/an]
Economie d'énergie finale annuelle (électricité)	-	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	42 422	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	12.98	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	3 180	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	8 500	[€]
Temps de retour simple	2.7	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	4	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 56 : Mesure sur l'isolation des auxiliaires de distribution.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Isolation de 2 pompes DN125	500€
Isolation de 8 vannes DN125	1 800€
Isolation de 2 filtres DN125	500€
Isolation de 2 vannes trois voies motorisées DN125	500€
Isolation de 2 pompes DN100	450€
Isolation de 5 vannes DN100	1 000 €
Isolation de 2 brides DN100	400 €

Isolation de 2 doubles pompes DN80	900 €
Isolation de 2 vannes DN80	400€
Isolation d'une vanne 3 voies DN80	250€
Isolation de 2 réductions DN80	400 €
Isolation d'une double pompe DN65	400 €
Isolation de 4 vannes DN65	800 €
Isolation d'une vanne 3 voies DN65	200 €
Total	8 500€

Tableau 57 : Détails de l'investissement pour l'isolation des auxiliaires de distribution.

5.3 MESURE(S) CONCERNANT LE SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

5.3.1 Éclairage des bureaux

Constat et proposition

Constatation	Proposition
10 L'éclairage des bureaux est réalisé par des tubes T26, qui est une technologie vétuste et consommatrice.	Diminution des consommations électriques dues à l'éclairage par le remplacement des luminaires des bureaux. Nous proposons l'installation de lampes LED.

Tableau 58 : Constat et proposition concernant le système d'éclairage des bureaux.

La figure 53 représente la situation existante dans un bureau type situé au 5^{ème} étage. Comme nous l'avons déjà mentionné, la qualité d'éclairage est suffisante dans les bureaux.

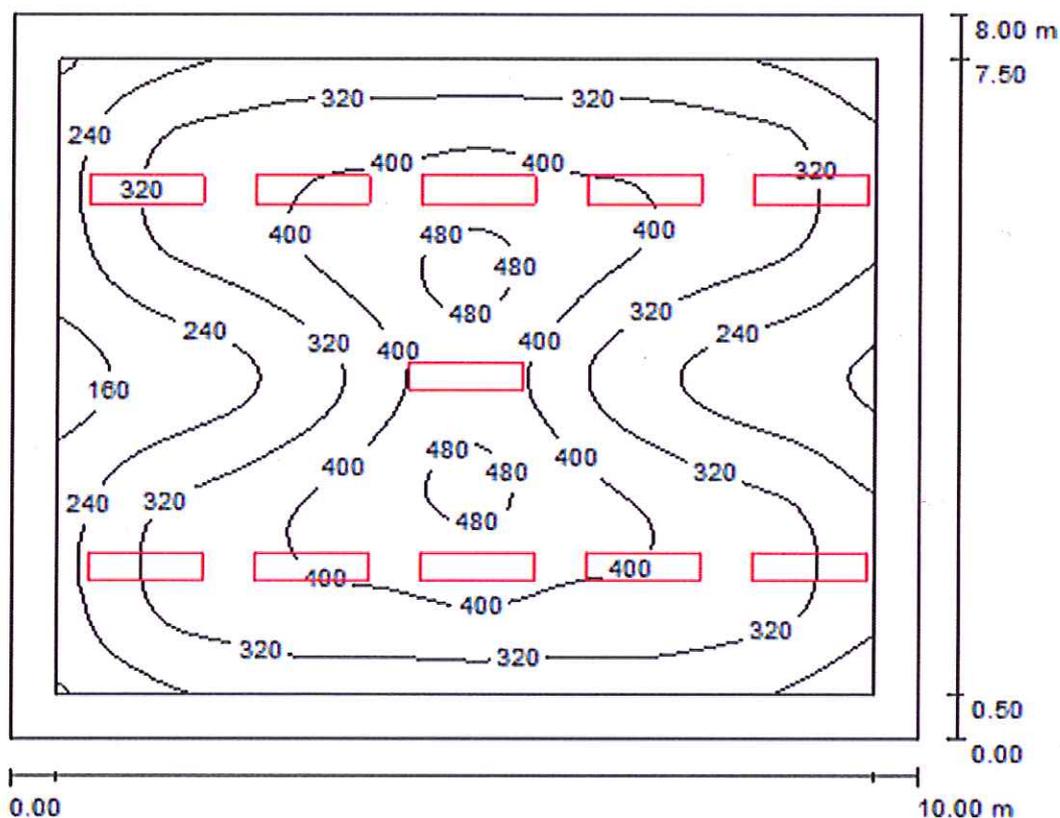


Figure 53 : Distribution de flux simulé – situation existante bureau type (réalisé sur DIALux).

La figure 54 représente la nouvelle situation. Nous avons remplacé les 11 2XT26 36W par 11DIADEM LED 600X600 42W de Osram. Le niveau d'éclairage est légèrement supérieur à la situation existante. En effet on atteint ici un niveau moyen de 500 lm.

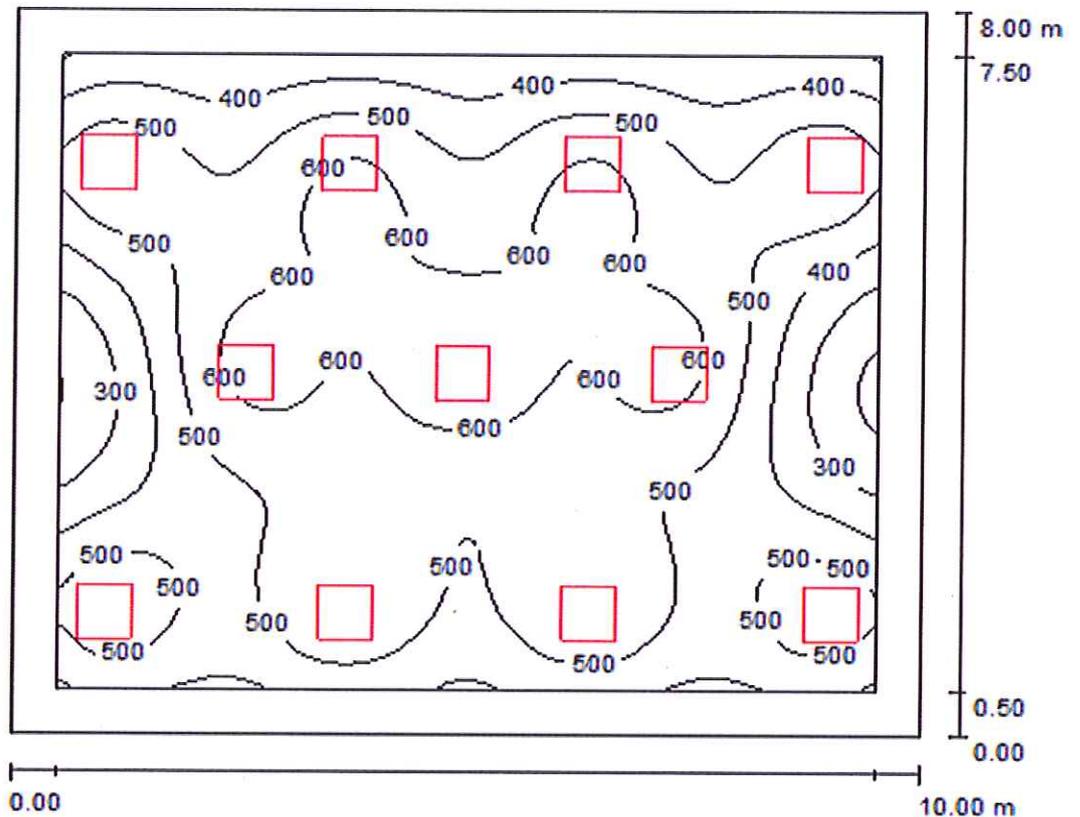


Figure 54 : Distribution de flux simulé – situation projetée bureau type (réalisé sur DIALux).

Hypothèses du calcul de temps de retour:

Lampe	Fonctionnement par an (h)	Périodicité du relampage
2XT26-36W	3 000	4 ans
LED-42W	3 000	17 ans

Tableau 59 : Hypothèses du calcul amélioration de l'éclairage dans un bureau type.

La figure ci-dessous représente l'évolution du gain d'utilisation et de relampage des luminaires de l'installation proposée (rénovation, utilisation et relampage). Le croisement avec l'axe des abscisses donne le temps de retour de l'installation. On constate qu'ici il vaut environ 15 ans.

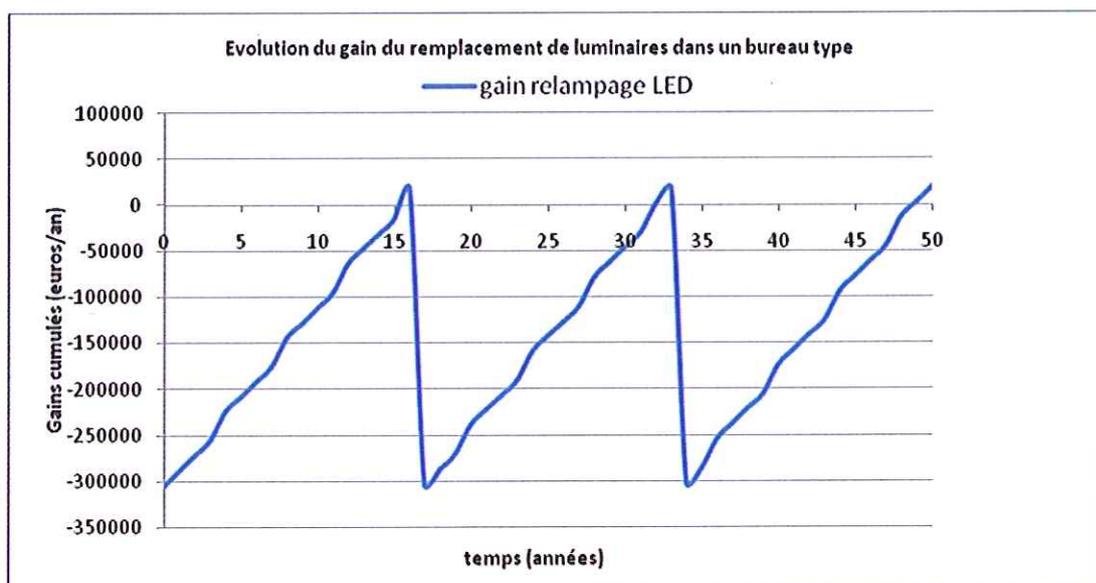


Figure 55 : Evolution du gain du remplacement des luminaires dans un bureau type.

On remarque que l'investissement important est rentabilisé en 15 ans mais que la durée de vie des lampes est de 17 ans.

Chiffres clés

Les chiffres mentionnés dans le tableau ci-dessous prennent en compte l'éclairage de tout le bâtiment.

Mesure concernant le système d'éclairage des bureaux		
Économie d'énergie finale annuelle (électricité)	118 805	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	297012	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	46.9	[t éq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	16 230	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	349 560	[€]
Temps de retour simple	15	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	-	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	Osram	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	4	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 60 : Mesure concernant le système d'éclairage des bureaux.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
934 luminaires Osram DIADEM LED 600X600 42W à 300€/p	279 920€
Divers : Mise en place luminaire, MO, câblage, ...	69 600€
Total	349 520€

Tableau 61 : Détails de l'investissement pour l'installation des nouveaux luminaires des bureaux.

5.4 MESURE(S) CONCERNANT L'ÉLECTRICITÉ HORS HVAC ET ECLAIRAGE

Aucune mesure ne sera proposée concernant l'électricité hors HVAC et éclairage.

5.5 MESURE(S) CONCERNANT LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

5.5.1 Photovoltaïque

Constat et proposition

Constatation	Proposition
Les besoins en électricité étant conséquents, une installation de panneaux photovoltaïques pourrait être placée. Au total, 800 m ² de toiture plate sont exploitables.	Installation de 400 m ² de panneaux photovoltaïques. Cette installation représente 50 kWc.

Tableau 62 : Constat et proposition concernant le photovoltaïque.

Chiffres clés

Le tableau suivant présente les temps de retour simples sans et avec certificats verts. Ces certificats verts sont octroyés durant les 10 premières années à raison de 2.4 certificats par MWh produit. Nous avons utilisé le prix minimal garanti qui est de 65€ par certificat. Le gain financier lié à ces certificats serait de 8 000€ sur 10 ans. De plus, l'IBGE octroie une prime de 0.25€ par Watt crête installé. Le tableau suivant ne reprend pas les diverses primes ni les gains dus aux certificats verts.

Mesure concernant le photovoltaïque (Calcul moyen sur 30 ans)		
Économie d'énergie finale annuelle (PCI)	-	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle (électricité)	48 000	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	120 000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de gaz à effet de serre	18.96	[t éq-CO ₂ /an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie TVAC	6 555	[€/an]
Coût de l'investissement TVAC	182 710	[€]
Temps de retour simple sans primes ni certificats verts	35	[ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût) TVAC	1 250	[€/an]
Sources des données et hypothèses du calcul	T4M	
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	4	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	4	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	1	

Tableau 63 : Mesure concernant le photovoltaïque.

Détails de l'investissement (prix TVAC)	
Installation panneaux photovoltaïques	182 710 €
Total	182 710 €

Tableau 64 : Détails de l'investissement pour le photovoltaïque.

5.6 COMPENSATION DES EMISSION DE CO2

Constat et proposition

Malgré tous les efforts réalisés pour diminuer les consommations en énergie du bâtiment, il subsiste une émission de CO2 non négligeable. Il est possible de compenser ces émissions de CO2 en plantant des arbres via des ONG. Un bilan carbone est nécessaire pour évaluer la totalité des émissions de CO2 de l'activité des Sociétés présente sur le site, cependant nous pouvons évaluer comment compenser les émissions de CO2 pour le chauffage et l'électricité.

Par hypothèse, un arbre capture 5 kg de CO2/an et a une durée de vie moyenne de 20 ans. L'ONG « graine de vie » propose la plantation d'arbres à Madagascar pour 25 cent/arbre. Sur cette base, nous avons évalué au tableau suivant la quantité d'arbre à planter **une fois tous les 20 ans** pour compenser chaque année les émissions de CO2 (en considérant celle-ci constantes, il est bien entendu recommandé de commencer par les diminuer à la source).

vecteurs énergétique	Consommation du bâtiment pour le chauffage et l'électricité (MWh)	équivalent en tonnes de CO2	arbres à planter pour compenser (5kg CO2/an), durée de vie 20 ans	coût du plantage (€/20ans)	coût moyen (€/an)
fioul	790	241	48 200	12 050	603
électricité	1 745	689	137 800	34 450	1 723
gaz	0	0	0	0	0
total	2 535	930	186 000	46 500	2 326

Tableau 65 : Évaluation du nombre d'arbre à planter pour compenser les émissions de CO2.

Pour plus d'informations à ce sujet, nous invitons le lecteur à l'adresse suivante : <http://www.grainedevie.org/fr/>

6 SYNTHÈSE DES MESURES D'AMÉLIORATION IDENTIFIÉES AYANT UN TRS INFÉRIEUR À 5 ANS

Le Tableau 66 reprend l'ensemble des mesures identifiées et évaluées dans les paragraphes précédents.

Description de la mesure + référence dans le rapport	Économie d'énergie [kWh/an]	Économie énergie primaire [kWh/an]	Économie financière [€/an TVAC]	Investissement [€ TVAC]	Fiabilité du résultat (1 à 5)	Temps de retour simple (sans prime) [ans]	Économie en GES [t-éq CO2/an]
--	-----------------------------	------------------------------------	---------------------------------	-------------------------	-------------------------------	---	-------------------------------

Mesure avec temps de retour < 5ans

Mesure 3 : Modification de l'hydraulique dans la chaufferie, sans prise en compte du passage au gaz. Point 5.2.1 page 65.	PCI : 41870 Electricité : 40 076	142 060	8 732	28500	4	3.3	28.6
Mesure 5 : Modification de la régulation des systèmes. Point 5.2.3 page 70.	PCI : 61512 Electricité : 5 288	74 732	5 332	400	4	<1	20.9
Mesure 6 : Isolation des auxiliaires de distribution. Point 5.2.4 page 71.	PCI : 42 422	42 422	3 180	8 500	4	2.7	12.98
Total	PCI : 145 804 Electricité : 45 364	259 214	17 244	37 400	/	/	62.48

Mesure avec temps de retour > 5ans

Mesure 1 : Isolation de la toiture. Point 5.1.1 page 63.	PCI : 82 969	82 969	6 218	187 560	4	30.2	25.4
Mesure 2 : Remplacement des vitrages et des châssis. Point 5.1.2 page 64.	PCI : 39 173	39 173	2 935	498 760	4	170	12

Mesure 4 : Modification de l'hydraulique dans la chaufferie et installation d'une chaudière à condensation, sans prise en compte du passage au gaz. Point 5.2.2 page 68.	PCI : 112 684 Electricité : 50 224	238 244	15 455	104 000	4	6.7	54.3
Mesure 7 : Remplacement de l'éclairage des bureaux. Point 5.3.1 page 73.	Electricité : 118 805	297 012	16 230	349 560	4	15	46.9

Tableau 66 : Synthèse des mesures d'amélioration

Interaction des mesures

En gardant la mesure 3 comme mesure de base, voyons ce que deviennent les temps de retour des mesures 5 et 6.

Mesure	Temps de retour initial	Temps de retour suite à la prise en compte des interactions
Mesure 5	<1	<1
Mesure 6	2.7	3.1

Tableau 67 : Interactions des mesures sur leur TRS.

7 PLAN D'ACTION

7.1 COORDONNÉES DES RESPONSABLES

Madame Van Der Maelen

7.2 MESURES

N°	Titre de la mesure d'amélioration	Description de la mesure ou référence du paragraphe reprenant la description	TRS [année]	Économie d'énergie finale [kWh/an]	Économie d'énergie primaire [kWh/an]	Économie en GES (t-éq CO2/an)	Date de mise en œuvre
3	Modification de la chaufferie.	Modification de l'hydraulique dans la chaufferie, sans prise en compte du passage au gaz. Point 5.2.1 page 64.	3.3	PCI : 41 870 Electricité : 40 076	142 060	28.6	2019
5	Modification de la régulation.	Modification de la régulation des systèmes. Point 5.2.3 page 69.	<1	PCI : 58 276 Electricité : 5 112	71 056	19.9	2019
6	Isolation du circuit chaud.	Isolation des auxiliaires de distribution. Point 5.2.4 page 71	3.1	PCI : 36 609	36 609	11.2	2019
Total		/	/	PCI : 136 755 Electricité : 45 188	249 725	59.7	/
% Economie par rapport à la consommation moyenne des 3 dernières années		PCI : 17.2% Electricité : 2.6%					

Tableau 68 : Mesures retenues dans le plan d'action

Nombre de mesures	% de réduction des consommations d'énergie	% de réduction des émissions de GES	Économie annuelle (€)	Investissement (€)
3	PCI : 17.2 Electricité : 2.6	6.4	17 244	37 400

Tableau 69 : Total des économies engendrées par les mesures choisies

8 VISITES

Nous avons effectué 7 visites du bâtiment entre le 7/10/2014 et le 5/12/2014.

FIGURE 8-10-14
FIGURE 8-12-14

9 SIGNATURE POUR APPROBATION

La signature est précédée de la date et de la mention « Pour accord ».

Pour Accord. 19/01/2015.

Le demandeur / Titulaire du permis d'environnement

C. Van der Maelen

C. VAN DER MAELEN
Dir. FACILITIES

10 IMPARTIALITÉ DE L'AUDITEUR

Auditeur énergétique du permis d'environnement : Philippe Baudin

Signature :



Je soussigné Philippe Baudin rejette toute forme de partialité dans le processus d'audit et garantit l'objectivité de l'audit, fait à Bruxelles, le 8 décembre 2014

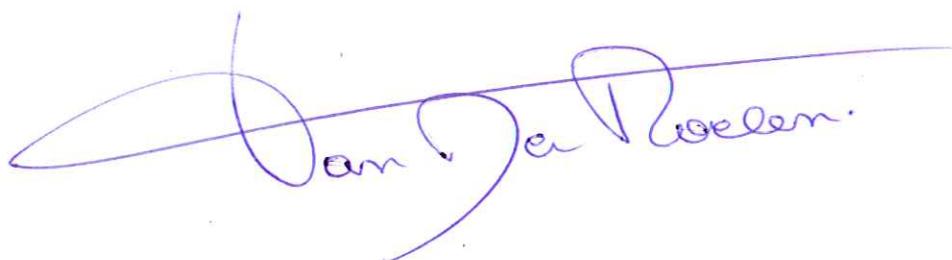


A remplir par le titulaire du permis d'environnement

Pour acceptation des mesures ayant un temps de retour de moins de cinq ans reprises au point 7.2 de la page 82 :

Signature :

C. VAN DER MAELEN
Dir. FACILITIES



11 ANNEXES

11.1 HYPOTHÈSES ENVIRONNEMENTALES

Hypothèses fixées par l'Arrêté ministériel du 24 juillet 2008 de la Région de Bruxelles Capitale

Environnement	Coefficient d'émissions de CO ₂ par MWh élec produit, exprimé en kg d'équivalent de CO ₂ par MWh (su PCI)	395 kg CO ₂ /MWh
	Coefficient d'émissions de CO ₂ par MWh gaz produit, exprimé en kg d'équivalent de CO ₂ par MWh (su PCI)	217 kg CO ₂ /MWh
	Coefficient d'émissions de CO ₂ par MWh mazout produit, exprimé en kg d'équivalent de CO ₂ par MWh (su PCI)	306 kg CO ₂ /MWh
Climatique	Année climatique moyenne en degrés jours 15/15 (pour les hypothèses de normalisation)	1869.16 degrés jours 15/15

11.2 PRIMES OCTROYÉES EN RÉGION BRUXELLES CAPITALE

Les Primes Energie visent à soutenir financièrement les démarches d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment du secteur industriel et tertiaire. Elles sont ouvertes au bénéfice des propriétaires ou locataires de bâtiments suivants, ayant un siège d'exploitation, siège social, principal établissement ou siège de direction ou d'administration en Région de Bruxelles Capitale:

- le secteur public, en ce compris les autorités communales, régionales, fédérales, européennes
- les organismes non commerciaux
- les entreprises et indépendants de la Région de Bruxelles-Capitale
- les fédérations représentatives d'un secteur d'activité

L'objet subsidié doit concerner l'amélioration des efficacités énergétiques ou le recours à une source d'énergie renouvelable pour un bâtiment du secteur tertiaire ou un processus de production industrielle situé en région de Bruxelles-Capitale.

Primes pour études

50 % pour la réalisation d'un audit énergétique (avec un maximum de 3.000€), d'une étude de faisabilité d'un investissement particulier ou d'une étude de conception énergétique d'un futur bâtiment.

Primes pour investissements

De 20% à 50 % pour l'installation et la fourniture du matériel d'une comptabilité énergétique d'un bâtiment, le recours aux sources d'énergies renouvelables nécessaires aux besoins du bâtiment dans le cas d'une construction neuve ou d'un bâtiment existant, l'installation d'une cogénération de qualité dans le cas d'une construction neuve ou d'un bâtiment existant, l'isolation de l'enveloppe du bâtiment construit depuis au moins 10 ans et occupé par le demandeur pour autant qu'il réponde à des critères d'efficacité énergétique, pour des travaux et investissements dans un bâtiment construit depuis 10 ans et occupé par le demandeur pour autant qu'il réponde à des critères d'efficacité énergétique.

Infos : www.bruxellesenvironnement.be Professionnels > Thèmes > Energie > Secteur tertiaire