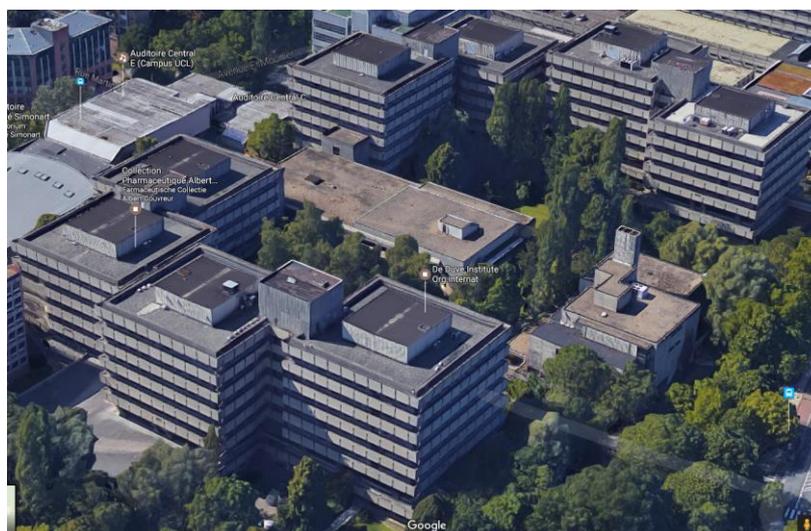




# Audit Energétique du Permis d'environnement UCL WOLUWE

## Synthèse & Plan d'action global

**Bâtiments 50bib, 50fac, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 72, 73, 74, 75**



Source : Google maps

Coordonnées du rédacteur :  
Stéphane Barbier  
[barbier.s@deplasse.com](mailto:barbier.s@deplasse.com)  
0486/82.23.24

**Rev. A 04/06/2018**



## 1. Introduction

Ce document est la synthèse des constatations effectuées dans les 12 bâtiments qui ont fait l'objet d'un audit énergétique du permis d'environnement sur le site d'UCL Woluwe. Un plan d'action global sur les différents bâtiments est ensuite proposé.

## 2. Résumé des consommations énergétiques

### 2.1. Combustible

#### 2.1.1. Historique de la consommation de combustible sur le site de l'UCL

Pour pouvoir comparer les années où l'hiver est rude à celles où l'hiver est plus doux, nous corrigeons la consommation de combustible au moyen des degrés-jour 15/15. La figure ci-après reprend la consommation en combustible réelle de l'ensemble du site de l'UCL, ainsi que la consommation corrigée, sur les 4 dernières années.

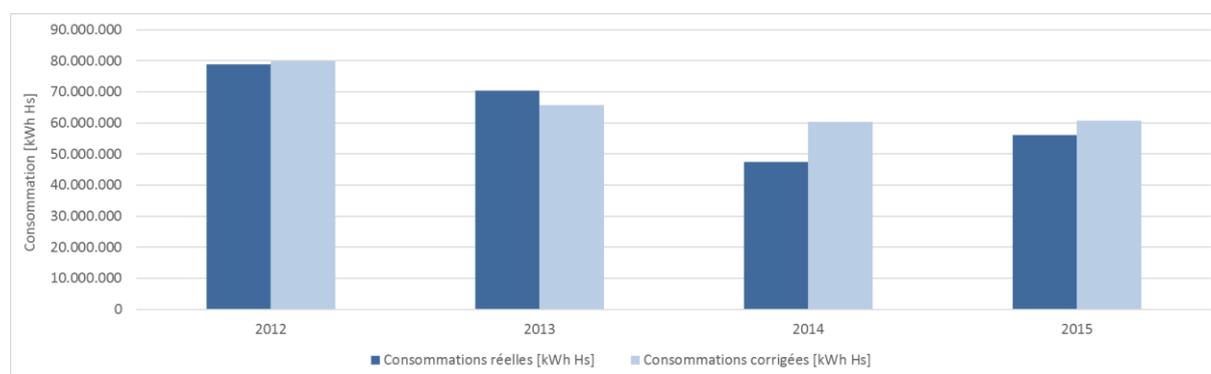


Figure 1 : Evolution de la consommation annuelle de gaz

Les consommations des années 2014 et 2015 sont en baisses grâce à l'installation d'une chaudière vapeur dédiée pour l'hôpital Saint Luc ce qui a permis de descendre le régime du réseau de 150/120 °C à 90/70 °C. C'est l'hôpital qui paye les factures de combustible de la chaudière vapeur, les consommations de vapeur et d'ECS de l'hôpital n'apparaissent donc plus dans le graphique, l'hôpital reste néanmoins chauffé par le réseau de chaleur. Notons que l'année 2014 a été particulièrement climatiquement clémente. Dès lors, l'effet de la correction des consommations avec le climat, au moyen des degrés-jours, est important.

La part des consommations d'eau chaude sanitaire est estimée à 5% des consommations totales, nous corrigeons dès lors 95% des consommations en gaz. Le tableau ci-après reprend les différentes données de consommation en combustible, nécessaires à la réalisation du graphique.

	2012	2013	2014	2015
Consommations réelles [kWh Hs]	78.818.160	70.363.930	47.373.750	56.152.130
Degrés Jours Equivalents de la période concernée	2329,09	2537,50	1833,22	2116,36
Degrés Jours Normaux Equivalents	2362,93	2362,93	2362,93	2301,70
Coefficient DJ année/DJ référence	0,99	1,07	0,78	0,92
Part des consommations à corriger	95%	95%	95%	95%
Conso annuelle corrigée [kWh Hs]	79.906.180	65.765.295	60.378.071	60.823.653

Tableau 1 : Consommations de combustible du site

Ce premier projet a permis de faire baisser la consommation globale du site de 80 à 60 MWh soit 25% de réduction.



### 2.1.2. Consommation spécifiques des bâtiments étudiés

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats de consommation des bâtiments par mètre carré.

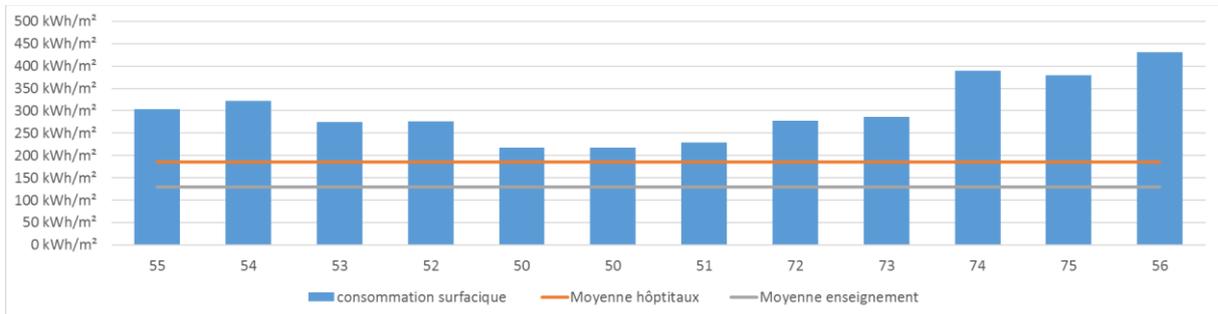


Figure 2 : consommations de combustible des bâtiments

L'ensemble des bâtiments audités ont une consommation élevée, voire très élevée par rapport à la catégorie « enseignement », nous avons également comparé les consommations avec la catégorie « hôpitalaux » étant donné l'affectation particulière de certains bâtiments (laboratoires, animaleries, etc).

Au mieux, les bâtiments ont une consommation par mètre carré équivalente à celle d'un hôpital, et il s'agit des bâtiments standards tels que la bibliothèque qui ne recèlent pas d'équipements particuliers et dont l'occupation est classique. Certains bâtiments dépassent les 400 kWh par m² ce qui est très important, plus du double de la consommation d'un hôpital au m².

## 2.2. Electricité

### 2.2.1. Consommation spécifique d'électricité

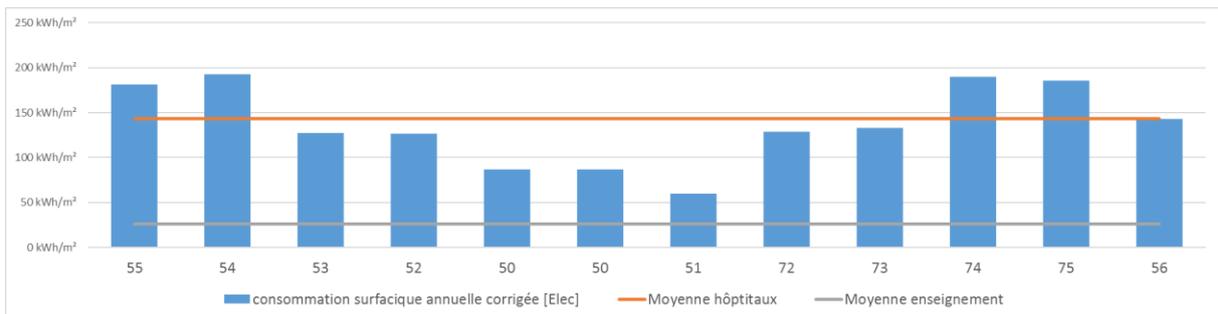


Figure 3 : Comparaison des consommations spécifiques

Les consommations spécifiques d'électricité des bâtiments sont dans la moyenne si l'on compare ceux-ci à la catégorie « hôpitalaux ». Même des bâtiments plus classiques comme la bibliothèque ou les auditories ont des consommations 3 à 4 fois plus élevées que des bâtiments catégorisés « enseignement ».



### 3. Description globale

#### 3.1. Enveloppe

##### 3.1.1. Situation actuelle

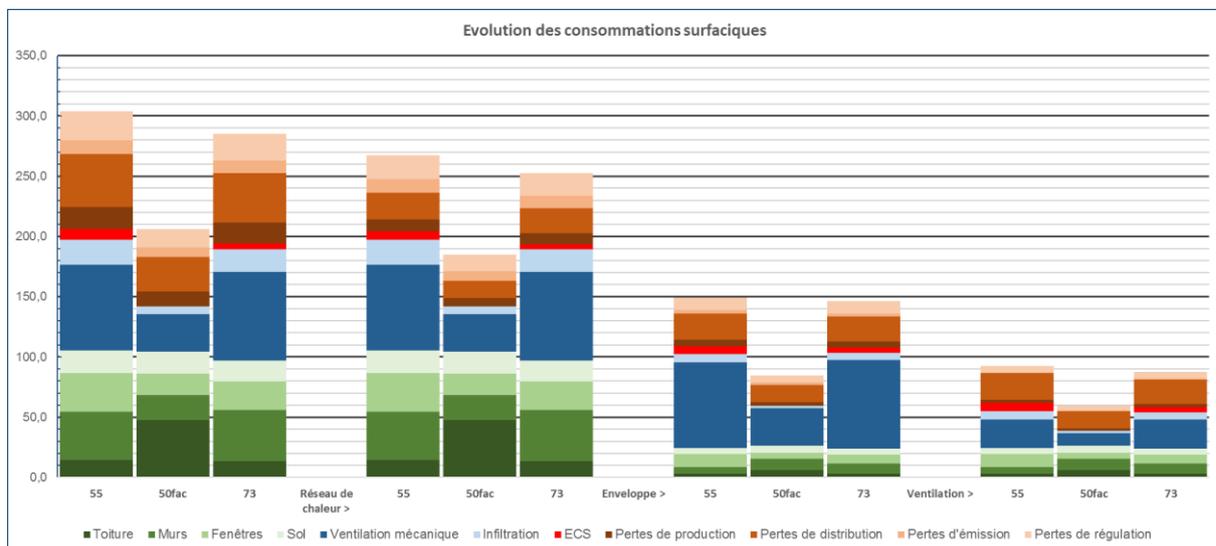
Dans l'ensemble, la performance des bâtiments est mauvaise, voire très mauvaise. Les bâtiments ont été conçus à la fin des années 70, avant le choc pétrolier, et ne sont quasiment pas isolés. Les châssis sont également majoritairement à simple vitrage ou double vitrage ancien et très peu étanches à l'air. La rénovation complète de l'ensemble des bâtiments permettrait de drastiquement diminuer la consommation de combustible du site.

##### 3.1.2. Situation projetée (rénovation lourde d'un bâtiment type)

Nous avons simulé la rénovation complète de trois bâtiments (bâtiments 55, 50 faculté et 73) en partant de la situation actuelle et sur base de trois scénarios qui constituent les trois axes d'amélioration (installation de chauffage, enveloppe et ventilation).

1. Rénovation de la production de chaleur (nouvelle chaudière à condensation) et décentralisation de l'ECS permettant de couper le réseau de chaleur l'été et de moduler en température le reste de l'année.
2. Rénovation complète de l'enveloppe des bâtiments suivant les dernières règles en vigueur avec les valeurs U suivantes :  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  pour les façades,  $0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  pour les toitures,  $1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  pour les fenêtres (double vitrage) ou  $0,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  pour le sol des coursives. Nous tenons également compte du fait que les pertes par inétanchéités à l'air sont divisées par trois grâce à la rénovation de l'enveloppe (remplacement des châssis).
3. Rénovation complète de la ventilation des bâtiments, nous tenons compte d'une réduction sensible des débits d'air neuf et d'une perte énergétique réduite de 2/3 grâce à de la récupération de chaleur sur la ventilation couplée à un système en débit variable pour les hottes des laboratoires. La ventilation des bâtiments devrait faire l'objet d'une étude spécifique ayant comme préalable une définition précises des besoins (air hygiénique, air neuf pour les hottes, laboratoires en surpression ou dépression, etc etc.)

Les résultats sont présentés graphiquement ci-dessous en kWh/m<sup>2</sup> et fournis également dans les tableaux qui suivent.



Les pertes en « vert » représentent la déperdition de chaleur « utile » par les parois (toitures, fenêtres, murs et sol). En bleu l'on retrouve les pertes associées aux infiltrations d'air non désirables (bleu clair) et à la ventilation mécanique des bâtiments via les groupes de pulsion en bleu foncé. Le rouge foncé représente la consommation liée à l'eau chaude sanitaire.

Les pertes en brun représentent la consommation perdue via l'installation de chauffage et le réseau de chaleur. Elles sont subdivisées en 4 catégories, les pertes de productions (chaudières), de distribution (réseau de chaleur), d'émission (radiateurs) ou de régulation.



Les données chiffrées permettant la réalisation du graphique ont été renseignées dans les tableaux suivants.

Famille	Situation actuelle			Chaufferie & Décent. ECS			Enveloppe			Ventilation		
	55	50fac	73	55	50fac	73	55	50fac	73	55	50fac	73
Toiture	84 877	95 497	78 401	84 877	95 497	78 401	19 576	12 021	18 004	19 576	12 021	18 004
Murs	234 706	41 528	241 929	234 706	41 528	241 929	30 332	18 494	48 817	30 332	18 494	48 817
Fenêtres	190 407	35 413	135 838	190 407	35 413	135 838	62 799	10 624	40 752	62 799	10 624	40 752
Sol	110 707	36 958	100 510	110 707	36 958	100 510	31 418	11 792	28 572	31 418	11 792	28 572
Ventilation mécanique	415 937	62 060	423 718	415 937	62 060	423 718	415 937	62 060	423 718	137 259	20 480	139 827
Infiltration	124 781	12 840	105 930	124 781	12 840	105 930	41 178	4 237	34 957	41 178	4 237	34 957
kWh (total)	1 161 415	284 297	1 086 327	1 161 415	284 297	1 086 327	601 239	119 227	594 819	322 562	77 647	310 928
kWh (/m <sup>2</sup> )	197	142	189	197	142	189	102	59	104	55	39	54
Pertes de production	109 775	24 721	99 435	58 071	14 215	54 316	30 062	5 961	29 741	16 128	3 882	15 546
Pertes de distribution	258 565	58 229	234 211	129 283	29 115	117 106	129 283	29 115	117 106	129 283	29 115	117 106
Pertes d'émission	66 443	14 963	60 184	66 443	14 963	60 184	16 611	3 741	15 046	4 153	935	3 762
Pertes de régulation	140 268	31 589	127 056	116 142	28 430	108 633	60 124	11 923	59 482	32 256	7 765	31 093
ECS	50 030	0	29 247	40 024	0	23 398	40 024	0	23 398	40 024	0	23 398
<b>TOTAL</b>	<b>1 786 496</b>	<b>413 799</b>	<b>1 636 460</b>	<b>1 571 377</b>	<b>371 019</b>	<b>1 449 963</b>	<b>877 343</b>	<b>169 966</b>	<b>839 592</b>	<b>544 406</b>	<b>119 344</b>	<b>501 832</b>
m <sup>2</sup>	5883	2006	5742	5883	2006	5742	5883	2006	5742	5883	2006	5742
kWh/m <sup>2</sup>	<b>304</b>	<b>206</b>	<b>285</b>	<b>267</b>	<b>185</b>	<b>253</b>	<b>149</b>	<b>85</b>	<b>146</b>	<b>93</b>	<b>59</b>	<b>87</b>

Toutes ces valeurs peuvent également être exprimées en kWh/m<sup>2</sup> chauffé des bâtiments.

Famille	Situation actuelle			Chaufferie & Décent. ECS			Enveloppe			Ventilation		
	55	50fac	73	55	50fac	73	55	50fac	73	55	50fac	73
Toiture	14,4	47,6	13,7	14,4	47,6	13,7	3,3	6,0	3,1	3,3	6,0	3,1
Murs	39,9	20,7	42,1	39,9	20,7	42,1	5,2	9,2	8,5	5,2	9,2	8,5
Fenêtres	32,4	17,7	23,7	32,4	17,7	23,7	10,7	5,3	7,1	10,7	5,3	7,1
Sol	18,8	18,4	17,5	18,8	18,4	17,5	5,3	5,9	5,0	5,3	5,9	5,0
Ventilation mécanique	70,7	30,9	73,8	70,7	30,9	73,8	70,7	30,9	73,8	23,3	10,2	24,4
Infiltration	21,2	6,4	18,4	21,2	6,4	18,4	7,0	2,1	6,1	7,0	2,1	6,1
kWh (total utile)	197	142	189	197	142	189	102	59	104	55	39	54
Pertes de production	18,7	12,3	17,3	9,9	7,1	9,5	5,1	3,0	5,2	2,7	1,9	2,7
Pertes de distribution	44,0	29,0	40,8	22,0	14,5	20,4	22,0	14,5	20,4	22,0	14,5	20,4
Pertes d'émission	11,3	7,5	10,5	11,3	7,5	10,5	2,8	1,9	2,6	0,7	0,5	0,7
Pertes de régulation	23,8	15,7	22,1	19,7	14,2	18,9	10,2	5,9	10,4	5,5	3,9	5,4
<b>ECS</b>	<b>8,5</b>	<b>0,0</b>	<b>5,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,0</b>	<b>4,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,0</b>	<b>4,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,0</b>	<b>4,1</b>
<b>kWh/m<sup>2</sup> TOTAL</b>	<b>303,7</b>	<b>206,3</b>	<b>285,0</b>	<b>267,1</b>	<b>185,0</b>	<b>252,5</b>	<b>149,1</b>	<b>84,7</b>	<b>146,2</b>	<b>92,5</b>	<b>59,5</b>	<b>87,4</b>

Si les bâtiments sont intégralement rénovés, la consommation moyenne des bâtiments sera grosso modo divisée par trois, restera néanmoins une consommation de 100 kWh par m<sup>2</sup> environ pour les bâtiments « laboratoires ». Dans ce scénario, le réseau de chaleur sera responsable d'un quart de la consommation des bâtiments. Les pertes en lignes resteront en effet fixes, alors que la consommation des bâtiments utilisateur va diminuer.

Afin de faire baisser les pertes du réseau il importe d'avoir une consommation identique ou tout du moins similaires entre les bâtiments utilisateurs. Si l'ensemble des bâtiments du site sont rénovés intégralement au niveau de leur enveloppe, alors l'on pourra encore baisser la température et le nombre d'heures de fonctionnement du réseau de chaleur. En effet, un bâtiment récent et bien isolé n'a plus besoin de chaleur en mi-saison et l'on pourra alors couper le réseau plus tôt dans l'année (en avril par exemple) et le relance plus tard (fin octobre). Mais ceci ne sera réalisable que si tous les bâtiments utilisateurs sont rénovés intégralement ce qui est peu probable à court terme et peut être même à moyen terme également.



### 3.2. Chauffage

Une nouvelle chaudière a récemment été installée dans la chaufferie centrale et un projet de rénovation plus global de la chaufferie est en cours. Le rendement saisonnier de production est mesuré à 92%, l'installation d'une chaudière à condensation associée à une pompe à vapeur d'eau (PAVE) va permettre d'améliorer le rendement de production. L'ensemble de la chaufferie devra également respecter la législation PEB ce qui signifie également des améliorations au niveau de la régulation (température glissante, gestion de cascade, etc), l'isolation des conduites et accessoires en chaufferie et enfin le respect des exigences au niveau documentaire (carnets de bord, comptabilité énergétique, etc etc).

Le remplacement des chaudières implique également le respect de la législation PEB sur l'entièreté du réseau de chaleur ce qui aura des conséquences importantes avec, par exemple, l'isolation de l'ensemble des conduites et accessoires dans tous les bâtiments de même que l'installation d'une régulation terminale (vannes thermostatiques) dans l'ensemble des bâtiments.

Ces impositions entraineront de facto également la rénovation des collecteurs des sous-stations puisque c'est l'entièreté du réseau qui devra passer au « débit variable ». Si l'on installe des vannes thermostatiques sur tous les radiateurs d'un bâtiment il est fortement conseillé de remplacer également les pompes associées pour des modèles à débit variable, sans cela des problèmes de sur-débit et nuisances sonores risquent d'apparaître dans l'installation. L'isolation des pompes et accessoires (vannes, coudes, etc) est également obligatoire suite à la rénovation de la chaufferie centrale.

Pour chacune des sous-stations il faudra dès lors :

- Remplacer les pompes de distribution vers les radiateurs par des modèles à débit variable, ce n'est pas une obligation PEB mais l'imposition d'installer des vannes thermostatiques sur tous les radiateurs rend techniquement de facto cette mesure obligatoire.
- Isoler toutes les vannes, pompes et autres accessoires d'un diamètre supérieur à DN40, c'est une obligation de la législation chauffage PEB.
- Supprimer les bouclages hydrauliques afin de favoriser la réduction de température du réseau de chaleur, il n'y a aucune obligation à ce sujet mais cela favorisera la réduction de température du réseau et l'augmentation du rendement de la chaudière à condensation.



### 3.3. Eau Chaude Sanitaire

Tous les bâtiments ne sont pas raccordés à l'eau chaude sanitaire, ceux qui le sont semblent avoir des besoins très limités dans certains cas. Une étude est actuellement en cours pour redéfinir les besoins de chacun des bâtiments. L'objectif est de déconnecter la production d'eau chaude sanitaire du réseau de chaleur de manière à réaliser des économies importantes et à pouvoir couper le réseau en été.

Pour les bâtiments équipés, la production d'ECS est réalisée au moyen de ballons tampons de 3000 litres suivi d'une boucle de distribution sanitaire. Pour la plupart des bâtiments étudiés, la charge des ballons est réalisée la nuit et la boucle est active 24h/24. Nous avons constaté deux problèmes principaux.

#### 1. Température ECS trop faible.

En matinée, lorsque le ballon a été chargé toute la nuit il est à température de 50°C et la boucle de charge s'arrête. L'on constate alors sur la boucle de distribution ECS que la température d'eau diminue jusqu'à la nuit suivante où la charge des ballons reprend. La température d'ECS dans la boucle et le ballon en journée est entre 40°C et 50°C ce qui est trop faible pour empêcher le développement des bactéries de légionellose.

#### 2. Circulation en thermosiphon

Dans certains bâtiments, les pompes de bouclage ECS s'arrêtent en fin de journée mais l'on constate que la température reste élevée dans les tuyaux. Il est fort probable que l'eau chaude continue à circuler par effet thermosiphon.

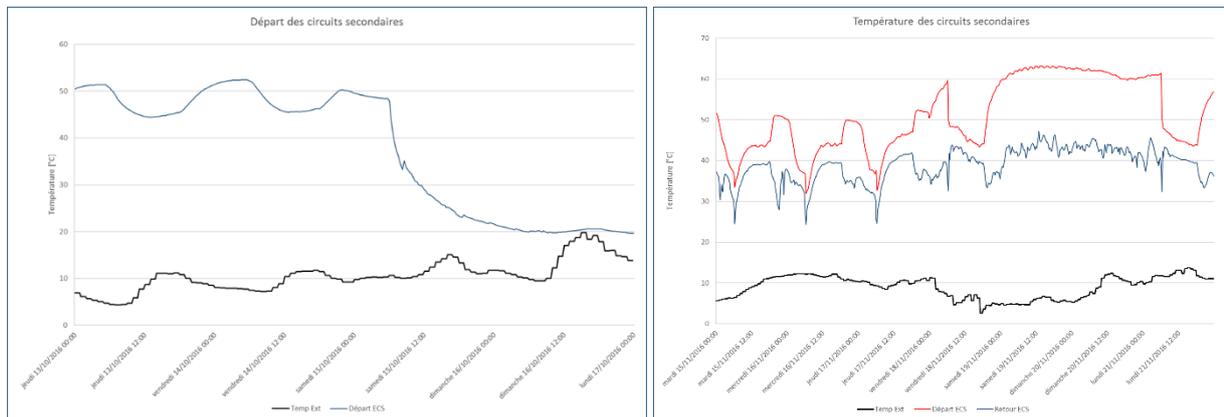


Figure 4 : températures du circuit de distribution de l'ECS (bât 55 départ boucle à gauche, bât 72 départ/retour boucle à droite)



### 3.4. Système de Ventilation

Les groupes de ventilation des bâtiments étudiés sont de performance variable. Certains ont été remplacés, d'autres modernisés (ajout de variateurs de fréquence), d'autres encore sont vétustes et d'origine. Dans l'ensemble les taux de ventilation (volume d'air brassé par rapport aux volumes des bâtiments) sont très (trop ? beaucoup trop ?) importants et le nombre de m<sup>3</sup> d'air pulsé est inconnu pour une partie importante des groupes de ventilation. Selon nos estimations, dans certains bâtiments de laboratoires, le taux de ventilation dépasse les 3 volumes par heure, ce qui signifie que l'air intérieur des immeubles est renouvelé entièrement toutes les 20 minutes.

Nous avons également constaté toute une série d'incohérence au niveau de la régulation, certains groupes sont forcés en mode manuel dans la GTC, d'autres sont en mode automatique mais localement en manuel sur les variateurs de fréquence. Certains groupes ont des horaires « étranges » dans la GTC comme par exemple les GP auditoriales qui fonctionnent le dimanche alors qu'il n'y a pas de cours. Les groupes de ventilation fonctionnent ainsi la nuit ou le WE dans au moins la moitié des bâtiments étudiés.

La priorité concernant la ventilation va être de redéfinir les besoins de chacun des bâtiments en terme de volume d'air neuf et d'heure afin de pouvoir mesurer et adapter les débits et horaires de chacun des groupes. Certains groupes vétustes mériteraient également d'être remplacés. Cette mesure est probablement la plus rentable à court terme et permettra des économies très importantes.

Certains groupes fonctionnent en mode manuel forcé, pour un groupe de 70.000 m<sup>3</sup>/h sans variateur de fréquence et en fonctionnement permanent, la consommation annuelle est la suivante :

Débit : 70.000 m <sup>3</sup> /h	Combustible annuel (kwh)	Coût annuel
Consommation électrique des moteurs :	300.000 kWh	±25.000 €
Consommation de combustible (sans récupération)	2.500.000 kWh	±80.000 €
Consommation de combustible (avec boucle glycolée)	1.500.000 kWh	±50.000 €

Une fois les besoins clairement définis, il sera possible de modifier les débits de ventilation sur la plupart des groupes en agissant sur les variateurs de fréquence lorsqu'ils sont présents. Dans le cas contraire il faudra se poser la question de l'opportunité d'installer des variateurs, de remplacer les groupes, ou d'agir sur les poulies en attendant le remplacement complet par exemple.

Dans les bâtiments où la quantité d'air est très importante et liée au fonctionnement des hottes, il faudra se poser la question de l'opportunité d'installer un système de compensation d'air local ou des clapets motorisés permettant de réduire le débit d'air primaire dans le bâtiment.

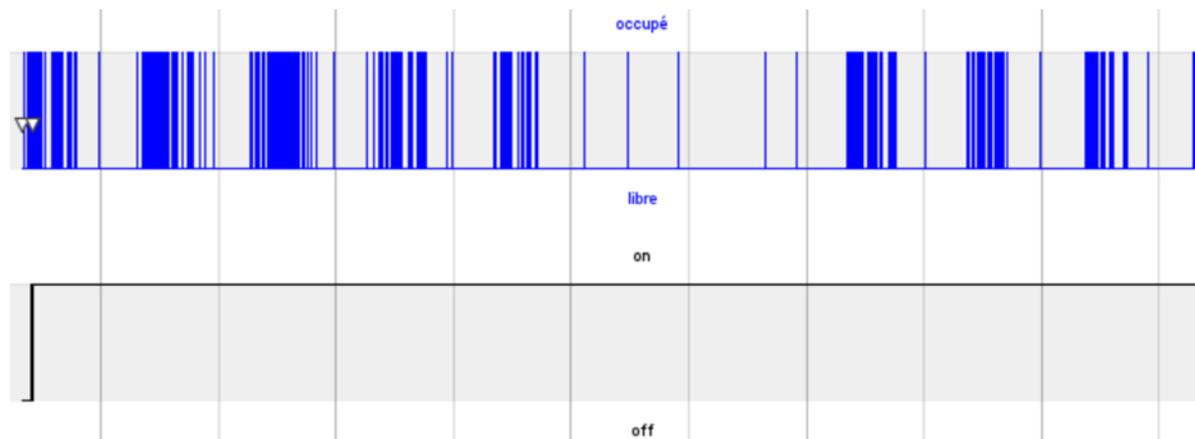


### 3.5. Eclairage

La rénovation des systèmes d'éclairage des bâtiments est en cours depuis plusieurs années, progressivement toutes les zones sont équipées de luminaires TL performants associés à des détecteurs de présence. Nous préconisons d'étendre la rénovation aux zones d'éclairage encore avec des vieux luminaires TL avec ballast électroniques.

Les luminaires LEDs sont aujourd'hui devenus compétitif par rapport aux éclairages néons T5 traditionnels, dans la plupart des cas ils restent plus cher à l'achat mais le surcoût est remboursé par un coût d'utilisation plus faible.

Nous avons également monitoré dans plusieurs bâtiments l'éclairage dans les couloirs où certaines zones restent allumées 24h/24. Les mesures permettent de mettre en évidence le peu de passage la nuit et le WE, l'installation de détecteurs de présence permettrait des économies importantes.





## 4. Mesures globales

### 4.1. Général

#### 4.1.1. Sensibilisation

Les occupants ont un rôle actif à jouer au niveau de la consommation d'énergie du bâtiment :

- Eclairage dans les locaux

Eteindre la lumière quand l'on quitte son local, même pour 15 minutes doit devenir un réflexe. Lors de nos visites, nous avons constaté que certains bureaux ou laboratoires vides étaient éclairés. De même l'extinction de l'éclairage dans les sanitaires peut être améliorée.

- Extinction des appareils informatiques (ordinateurs, imprimantes, scanner, ...)

De nombreux appareils restent trop souvent allumés durant la nuit, alors qu'ils ne sont pas utilisés. Une campagne de sensibilisation permet d'inciter le personnel à éteindre ces appareils informatiques en quittant le bureau.



Figure 5 : Source : Ikea

Il existe des multiprises avec interrupteur spécialement adaptées pour un montage sur le bureau. Ce type d'équipement permet facilement la sensibilisation car il permet de couper tous les appareils consommateurs en veille grâce à l'interrupteur éventuellement lumineux. Les téléphones, ordinateurs et chargeurs divers sont ainsi déconnectés en dehors de la présence du personnel.

#### 4.1.2. Visite en dehors des heures d'occupation

La technique la plus efficace et la moins coûteuse pour identifier tous les consommateurs d'énergie inutile est de visiter les bâtiments en dehors des heures d'occupation normales. Cela permet d'identifier très rapidement une série de consommateurs inutiles tels que :

- Locaux éclairés
- Groupes de ventilation en fonctionnement
- Chauffage des locaux
- Boucle d'eau chaude sanitaire en fonctionnement
- Etc.

Un plan d'actions peut ensuite être établi, ce type de visite est à organiser régulièrement.



#### 4.1.3. Engagement d'un responsable énergie

La priorité pour réduire la consommation d'énergie réside dans l'adaptation de l'ensemble des consignes de la GTC au fonctionnement et besoins réels de l'institution. Ces besoins ne sont à l'heure actuelle pas clairement établis et il y a un gros travail à réaliser, bâtiment par bâtiment et service par service, pour les définir. Ce travail de grande ampleur doit permettre de caractériser pour chacun des bâtiments :

- Horaire précis d'occupation
- Besoins en termes d'eau chaude sanitaires
- Consignes de température appropriées
- Volume d'air neuf hygiénique nécessaire pour tous les bâtiments
- Besoins d'air de compensation pour les laboratoires

La législation impose également l'installation d'un grand nombre de compteurs d'énergie, ces compteurs viendront s'ajouter à tout une série de compteurs existants peu exploités. Un responsable énergie aurait comme tâche de traiter cette masse d'information cruciale pour déterminer les investissements prioritaires à réaliser et détecter les dérives de consommations.

Les audits énergétiques préconisent également des mesures liées à la sensibilisation du personnel et des étudiants, un responsable énergie pourrait également assumer ce rôle.

Dans d'autres institutions similaires, le responsable énergie est également invité à participer à la rédaction des cahiers des charges et au suivi des travaux de manière à vérifier que les critères énergétiques et environnementaux sont bien pris en compte dans les marchés publics.

#### 4.2. Obligations PEB

##### 4.2.1. Installation de compteurs

Le placement de compteurs est le point de départ d'une comptabilité énergétique. La comptabilisation distincte de l'énergie consommée par le système et de l'énergie utile produite permet de suivre l'évolution du rendement de production et de déterminer le rendement saisonnier de production. La réglementation impose différents niveaux de comptage en fonction de la puissance et du type d'installation.

##### Comptage sur la production de chaleur

La législation impose, lorsque que la somme des puissances des chaudières est supérieure à 500 kW, l'installation de deux compteurs. Un premier comptabilisant la consommation en combustible de l'ensemble des chaudières raccordées à un même réseau et utilisant le même combustible. Un second comptabilisant l'énergie utile transmise par l'ensemble des chaudières à ce réseau de distribution.

Si les chaudières distribuent leur chaleur dans plusieurs bâtiments, il est imposé d'installer au moins autant de compteurs d'énergie que de bâtiments desservis. Il est également imposé que les compteurs placés après le 01/01/2011 soient équipés d'un dispositif permettant un relevé automatique, localement ou à distance.

Les compteurs d'énergie sur la production sont présents mais pour les sous-stations ils ne permettent pas de différencier l'énergie entre deux bâtiments desservis par une même sous-station.

##### Comptage sur la production d'eau glacée

Les compteurs sont également obligatoires sur les systèmes de climatisation dès que la puissance frigorifique dépasse les 12 kW thermique il faut un compteur électrique, les compteurs d'énergie thermiques sont également obligatoire à partir de 500 kWth.

##### Comptage sur la distribution d'air

Les alimentations électriques des moteurs de ventilation d'extraction ou de pulsion d'un débit de conception supérieur ou égal à 10.000 m<sup>3</sup>/h faisant partie du système de chauffage doivent être équipées d'un compteur. Pour faire partie du système de chauffage, un groupe de pulsion doit être équipée d'une batterie de chauffage.

Certains groupes de ventilations concernés sont dotés de variateurs de fréquence, qui peuvent faire office de compteurs électriques.



### Compteurs électriques

Comme pour le comptage de la production de chaleur, nous conseillons d'installer 1 compteur électrique pour chacun des bâtiments afin de différencier les consommations spécifiques. Nous conseillons également d'installer des compteurs électriques sur les équipements médicaux à forte consommation électrique, tel que le cyclotron, afin de permettre un comptage plus pertinent et d'estimer les répartitions des consommations électriques.

Ces compteurs n'entrent pas dans la réglementation PEB.

#### 4.2.2. Comptabilité énergétique

Une comptabilité énergétique est la première mesure à mettre en place pour réaliser des économies dans un bâtiment. C'est pour cette raison que cette comptabilité est rendue obligatoire par la législation PEB chauffage, en vigueur à Bruxelles depuis 2011, et par la législation PEB Climatisation, en vigueur à Bruxelles depuis 2013.

#### Eau

C'est au général au niveau de l'eau que l'on constate des consommations importantes qui ne sont pas décelées dans les bâtiments. Une simple chasse d'eau ou un robinet qui fuit, un robinet laissé ouvert pendant une période d'absence, et ce sont très rapidement de nombreux euros qui partent à l'égout.

Un relevé mensuel des compteurs d'eau permettrait le suivi années après années et la détection des dérives. Nous conseillons de mettre en place un suivi mensuel de la consommation d'eau de ville, d'eau industrielle, et d'eau chaude sanitaire.

#### Combustible

Le suivi énergétique des consommations de combustible est obligatoire à Bruxelles de par la législation PEB. Pour les chaufferies de plus de 500 kW, il faut réaliser un suivi mensuel de l'installation. Il est également demandé de corriger la consommation en fonction du climat et de réaliser un graphique de comparaison avec le secteur. Vous trouverez l'ensemble des informations sur cette législation sur le site de Bruxelles Environnement.

Un rapport annuel de comptabilité énergétique, reprenant les consommations mensuelles, doit être mis en place.

#### Electricité

La réglementation Chauffage PEB et Climatisation PEB impose un relevé annuel des compteurs électriques placés au niveau de la ventilation et de la climatisation. Il est également demandé de calculer la consommation annuelle liée au système de climatisation et de la rapporter à la superficie climatisée.



#### 4.2.3. Carnet de bord chauffage et climatisation

Outre les contrôles réglementaires cités précédemment, il est également obligatoire de consigner une série de documents dans un « carnet de bord ». Le carnet de bord est la base documentaire de référence des systèmes de chauffage et de climatisation. Il doit être accessible à tous les professionnels qui interviennent sur les installations techniques.

Le responsable des installations techniques veille à ce que le carnet de bord soit tenu à jour par les différents professionnels qui interviennent sur les systèmes de chauffage et de climatisation lors de leur installation et pendant leur exploitation.

Un carnet de bord chauffage doit contenir au minimum :

- Une notice de montage, d'utilisation (y compris de la paramétrisation) et d'entretien de l'installation
- La feuille de route
- Les attestations de contrôle périodique et de réception
- Une note de dimensionnement
- Un rapport de diagnostic de type 2
- Le rapport de comptabilité énergétique conforme

Quant au carnet de bord climatisation, celui doit contenir au minimum :

- Les historiques de révision. Le carnet de bord doit être revu à chaque changement important de l'installation.
- La liste des personnes de contact (services de secours, responsable des installations techniques, société de maintenance ...)
- La description générale du bâtiment et des installations techniques ainsi que les paramètres de conception.
- Le descriptif des différentes zones et de leur occupation
- Un inventaire des principaux équipements du système de climatisation
- La description de la régulation
- La liste des compteurs

D'autres documents sont à joindre au carnet de bord climatisation, tels que :

- Le dossier as-built
- Le dossier des interventions ultérieures
- Les notes de dimensionnement des installations de réfrigération
- Le rapport de mise en service
- Les documentations techniques (notices d'utilisation, de montage, d'entretien ...)
- Les plans des techniques spéciales (Schémas de principe, plans hydrauliques et aérauliques)
- Le registre des installations de réfrigération
- Le programme de maintenance reprenant les opérations de contrôle et d'entretien effectuées.
- Le rapport d'entretien et d'intervention sur le système de climatisation
- Le rapport du technicien frigoriste
- Les attestations de contrôle périodique
- Les rapports d'inspection des gaines de ventilation
- Les rapports de comptabilité énergétique
- Les rapports des analyses d'eau et du système de climatisation

#### 4.2.4. Contrôle périodique de l'installation de climatisation

Les systèmes de climatisation doivent être contrôlés périodiquement par un contrôleur agréé. Le premier contrôle doit être réalisé avant le 1<sup>er</sup> septembre 2013 pour les systèmes existants avant le 1<sup>er</sup> septembre 2012.

Pour les systèmes placés ou modifiés après le 1<sup>er</sup> septembre 2012, un contrôle périodique doit être réalisé après l'installation d'un nouveau système de climatisation ou après la modification d'un système de climatisation existant. Il doit être réalisé avant la réception définitive et au plus tard 6 mois après la mise en service.

Le délai maximal entre deux contrôles périodiques est fonction de la puissance nominale effective du système de climatisation. Pour une puissance de plus de 100 kW (cas présent) le délai maximal est de 5 ans.

A l'issue du contrôle périodique, le contrôleur mentionne si le système de climatisation est conforme ou non par rapport aux exigences PEB. Si le système de climatisation est déclaré non conforme, le responsable des installations techniques dispose de 12 mois pour le mettre en conformité et faire réaliser un nouveau contrôle périodique.



#### 4.2.5. Réception du système de chauffage

Le responsable des installations techniques doit faire appel à un professionnel agréé pour réaliser la réception du système de chauffage lors de la mise en service de celui-ci après l'installation d'une chaudière. Le but de la réception est de vérifier la conformité du système de chauffage aux différentes exigences. Le nombre d'exigences dépend de la puissance des chaudières.

Actuellement, le système de chauffage ne respecte pas certaines exigences telles que l'exigence sur la régulation des unités terminales (absence de vannes thermostatiques) et l'exigence de calorifugeage des conduites et accessoires.

#### 4.2.6. Contrôle périodique des chaudières

Le responsable des installations techniques doit faire contrôler les chaudières du système de chauffage par un professionnel agréé par l'IBGE tous les 3 ans pour une chaudière gaz ou mazout de plus de 20 kW et tous les ans pour une chaudière mazout de plus de 20 kW. Le contrôle comporte le nettoyage de la chaudière et du système d'évacuation des fumées, le réglage du brûleur, un test de combustion et la vérification de certaines exigences.

A l'issue du contrôle périodique de la chaudière, le professionnel agréé rédige une attestation de contrôle périodique. Ce document atteste de la conformité ou de la non-conformité de la chaudière. Cette attestation doit être conservée et jointe au carnet de bord du système de chauffage.

En cas de non-conformité, le responsable des installations techniques dispose de 5 mois pour mettre en conformité le système de chauffage et faire réaliser une nouvelle réception. Si la non-conformité est due au non-respect des exigences relatives aux orifices de mesures ou aux conditions de ventilation du local de chauffe le responsable des installations techniques peut disposer de 7 mois supplémentaires.

#### 4.2.7. Diagnostic de l'installation de chauffage

La réglementation PEB Chauffage impose également la réalisation d'un diagnostic de l'installation de chauffage, par un acteur agréé (Conseiller Chauffage PEB) lorsqu'au moins une des chaudières atteint l'âge de 15 ans. Ce rapport de diagnostic propose des mesures d'amélioration à l'installation de chauffage, mais n'est pas contraignant.

4 chaudières ont plus de 15 ans et par conséquent sont soumises à un rapport de diagnostic.



#### 4.3. Rénovation complète de l'enveloppe d'un des bâtiments

Une étude du potentiel d'économie a été réalisée en parallèle de l'audit. Sur base d'une consommation d'un bâtiment type d'un peu moins de 1.500 MWh, le potentiel d'économie est chiffré ci-dessous.

Au moins un des bâtiments sera entièrement rénové pendant la durée du plan d'action, conduisant à des économies de 900 MWh annuels en combustible.



SCENARIOS COMBINES, avec débits ventil réduits

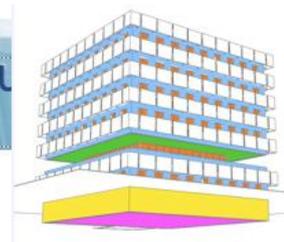
Mesures	IMPACTS SUR LA CONSOMMATION			INVESTISSEMENTS			CO2	
	Conso réelle après mesure en MWh/an	Conso après mesure en kWh/m <sup>2</sup> (peb)	%	Invest. € (TTC 6%)	Gain annuel €	TRI	T CO2	€/tonne CO2
E1+V2 Vitrages et ventilation	1.059	204	28%	291.097	31.361	9,3	88	3.313
E1+3 Vitrages et murs extérieurs	821	158	44%	358.407	49.916	7,2	140	2.562
E2+3 Vitrages, châssis et murs extérieurs	802	154	45%	569.565	51.413	11,1	144	3.954
E1+3+V2 Vitrages et murs extérieurs + ventilation	671	129	54%	538.607	61.634	8,7	173	3.119
E2+3+V2 Vitrages, châssis + murs extérieurs + ventilation	652	125	55%	749.765	63.117	11,9	177	4.239
E1+3+7 Vitrages, murs ext. et cabanon	764	147	48%	384.377	54.353	7,1	152	2.524
E2+3+7 Vitrages, châssis, murs ext. et cabanon	745	143	49%	595.535	55.845	10,7	156	3.806
E1+3+7+V2 Vitrages, murs ext. et cabanon + ventilation	615	118	58%	564.577	66.028	8,6	185	3.051
E2+3+7+V2 Vitrages, châssis, murs ext. et cabanon + ventilation	596	115	59%	775.735	67.503	11,5	189	4.101
E1+3+4+7+9 Vitrages, murs ext., cabanon, toitures par le bas	740	142	49%	464.248	56.264	8,3	158	2.945
E2+3+4+7+9 Vitrages, châssis, murs ext., cabanon, toitures par le bas	721	139	51%	675.406	57.754	11,7	162	4.173
E1+3+4+7+9+V2 Vitrages, murs ext., cabanon, toitures par le bas + trottoirs par le bas, ventilation	591	114	60%	644.448	67.917	9,5	190	3.386
E2+3+4+7+9+V2 Vitrages, châssis + murs extérieurs + ventilation + trottoirs par le bas + cabanon & rigole toiture	572	110	61%	855.606	69.389	12,3	194	4.400
E1+3+4+6+7+9 Vitrages, murs ext., cabanon, toit. par le bas, plafon	713	137	51%	493.944	58.391	8,5	164	3.019
E2+3+4+6+7+9 Vitrages, châssis, murs ext., cabanon, toit. par le bas	694	133	53%	705.101	59.879	11,8	168	4.202
E1+3+4+6+7+9+V Vitrages, murs ext., cabanon, toit. par le bas, plafon	564	108	61%	674.144	70.018	9,6	196	3.436
E2+3+4+6+7+9+V Vitrages, châssis, murs ext., toit. par le bas, cabanon	545	105	63%	885.301	71.486	12,4	200	4.420

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	900 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	0	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	900 000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	247,86	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	28 800	[€/an]
Coût de l'investissement	855 606	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	29,7	[Ans]
Primes et avantages fiscaux	15 000	[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	29,2	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	2	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	non	



#### 4.4. « Reglazing » de 4 bâtiments

La même étude évalue le gain potentiel à remplacer uniquement le vitrage des châssis anciens. Le remplacement aura lieu sur les bâtiments 72, 73, 74 et 75.



### Mesures : CHASSIS (E1 ou E2)

Mesures	IMPACTS SUR LA CONSOMMATION				INVESTISSEMENTS			CO2	
	Conso réelle après mesure en MWh/an	Conso après mesure en en KWh/m <sup>2</sup> (peb)	Gain en MWh sur base conso réelle	%	Invest. € (Ttc 6%)	Gain annuel €	TRI	T CO2	€/tonne CO2
1 Châssis OPTION1 : rplct vitrage	1.213	233	248	17%	110.897	19.325	5,7	54	2.048
2 Châssis OPTION2 : rplct complet	1.164	224	297	20%	322.055	23.149	13,9	65	4.965

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	1 200 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	0	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	1 200 000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	330,48	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	38 400	[€/an]
Coût de l'investissement	1 200 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	31,3	[Ans]
Primes et avantages fiscaux		[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	31,3	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	2	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	non	



#### 4.5. Rénovation de la production de chaleur (chaufferie)

##### 4.5.1. Installation d'une nouvelle chaudière à condensation

Les chaudières 2, 3, 4 et 5 sont âgées de plus de 35 ans et leurs rendements sont faibles par rapport aux nouvelles technologies. Un projet de rénovation de chaufferie prévoit le remplacement des chaudières 2, 3 et 5 par une chaudière de 10 MW.

Le projet prévoit l'installation de deux nouvelles chaudières dont l'une à condensation et équipée du système de pompe à vapeur d'eau (P.A.V.E). L'une des anciennes chaudières sera conservée en back-up. Cette technologie innovante<sup>1</sup> permet d'élever le point de rosée des fumées à 70°C au lieu des 50 à 55°C traditionnels pour les chaudières à condensation à l'aide de deux laveurs d'air qui permettent de saturer en eau l'air entrant dans le brûleur. Le rendement de production sera donc amélioré et l'on pourra condenser avec des températures de retour du réseau de chaleur jusqu'à 70°C.

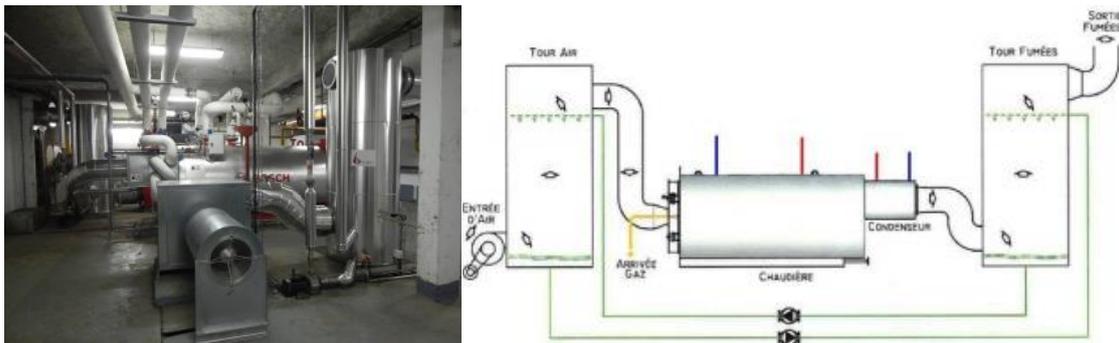


Figure 6 : chaudière équipée d'un condenseur et d'une pompe à vapeur d'eau

Cette technologie permet également de réduire fortement les émissions d'oxyde d'azote (NOx).

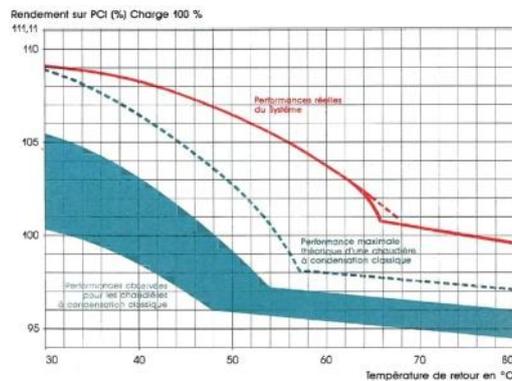


Figure 7 : comparaison de rendement avec une chaudière condensation classique

En fonction de la température de retour du réseau de chaleur le système permettra un rendement instantané  $H_i$  jusqu'à 100,5% à 70°C ou 106,5% à 50°C soit entre 3 et 5% de mieux qu'une chaudière à condensation classique.

Il est également prévu de garder la chaudière 4 en back up, celle-ci ne devrait être quasiment jamais utilisée et servira uniquement de redondance en cas de panne d'une des deux chaudières classiques.

#### L'économie d'énergie

Sur base de l'étude de rénovation, nous estimons à 7 % l'augmentation du rendement saisonnier. L'économie d'énergie est dès lors de :

$$0,07 * 60.000.000^2 \text{ kWh} = 3.000.000 \text{ kWh}$$

<sup>1</sup> Système P.A.V.E : pompe à vapeur d'eau ; [http://www.ciec.fr/innovation-pompe-a-vapeur-deau\\_70.html](http://www.ciec.fr/innovation-pompe-a-vapeur-deau_70.html)

<sup>2</sup> Moyenne des consommations corrigées du site entre 2014 et 2015.



## Coût

La nouvelle chaudière ainsi que la pompe à vapeur d'eau qui lui est associé ont été estimées à 500.000 euros.

## Aide financière

Une prime de 500 Eur + 5 Eur/kW au-delà de 40 kW est disponible, la prime s'élève donc à  $500 \text{ €} + (450 - 40) * 5 \text{ €} = 50.300 \text{ Eur}$ .

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	3 000 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	0	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	3 000 000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	826,20	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	96 000	[€/an]
Coût de l'investissement	500 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	5,2	[Ans]
Primes et avantages fiscaux	50 000	[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	4,7	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	2	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	non	

Mesure 1 : Rénovation de chaufferie



#### 4.6. Réseau de chaleur

##### 4.6.1.1. Distribution : Décentralisation de la production d'ECS

La production d'ECS combinée au réseau de chaleur force le maintien d'un régime de température élevé sur l'ensemble du réseau. La situation présente rend impossible l'arrêt des chaudières en été et augmente les pertes de distribution. Nous proposons de remplacer l'ensemble des boilers actuels par des boilers gaz si une arrivée gaz est à proximité, par des boilers électriques sinon. Cette solution permettra également de redimensionner la production d'ECS en fonction des besoins actuels de chacun des bâtiments.

Cette mesure n'est envisageable uniquement si l'ensemble des bâtiments est équipé d'une production d'ECS indépendante du réseau de chaleur. Nous avons repris dans le tableau ci-dessous les boilers à installer par bâtiment, en fonction des besoins spécifiques de ceux-ci et des accès au gaz ou non.

N° bâtiment	Nom du bâtiment	Besoin en ECS	Solution
20	Campanile	Oui, production à partir du réseau	GAZ 2 X ACV 120 TC
28	Carnoy	Oui, mais chaufferie indépendante du réseau	-
30	Ecole de santé publique (ESP)	Non	-
38	Pavillon des conférences	Non	-
39	Institut Paul Lambin - Parnasse-ISEI	ECS produite par un tiers, à partir du réseau	pistes d'investissement à proposer à ces tiers
40	Vecquée	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2x ACV 70 TC
41	Mairie	Oui, production à partir du réseau	2 boiler 500L
42	Martin V	Oui, production à partir du réseau	2 boiler 500L
43	Mémé		
44	Les Arches	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2x ACV 45 TC
48	Centre œcuménique	Oui, production à partir du réseau	Présence de 6 nouveaux Boilers ACV 300 L, uniquement travaux de scindage
50	Centre Faculté	Non	-
51	Auditoires centraux	Non	-
52	Vésale	Oui, production à partir du réseau	
53	Pasteur	Oui, production à partir du réseau	Boiler électrique 2x500 L
54	Claude Bernard		
55	Harvey	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2 x ACV 45 TC
56	Linné	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2 x ACV 45 TC
61	Idéal A	Oui, mais chaufferie indépendante du réseau	-
62	Idéal B	Oui, mais chaufferie indépendante du réseau	-
63	Idéal C	Oui, mais chaufferie indépendante du réseau	-
71	Auditoire Simonart	Non	-
72	Ehrlich		
73	Van Helmont	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2 x ACV 45 TC
74	De Duve (DDUV)		
75	De Duve (DDUV)	Oui, production à partir du réseau	Gaz 2 x ACV 45 TC
83	Galien	Oui, mais chaufferie indépendante du réseau	-
84	Parnasse-ISEI	ECS produite par un tiers, à partir du réseau	pistes d'investissement à proposer à ces tiers
87	CSW	ECS produite par un tiers, à partir du réseau	pistes d'investissement à proposer à ces tiers

Tableau 2 : Récapitulatif des travaux à effectuer par bâtiment



Cette mesure nécessite également une étude des circuits hydrauliques de chaque bâtiment. Afin d'éviter les retours chauds, les collecteurs devront être débouclés et les circulateurs à vitesse fixe devront être remplacés par des circulateurs à vitesse variable.

#### Economie :

Nous avons pu calculer les rendements de distribution pour les années 2014-2015 grâce aux compteurs de passage. Nous estimons que nous pouvons diminuer les pertes de distribution de 45 % en passant d'un régime de température de 90-70 °C à un régime de température variable avec arrêt des chaudières en été. Pour rappel, nous avons estimé les pertes en ligne actuelles à 4.100 MWh/an.

Economie totale estimée : 1.845.000 kWh/an.

#### Coût :

Le coût de la mesure est estimé à 209.000 € pour les bâtiments de l'UCL auquel il conviendrait d'ajouter le coût pour les bâtiments raccordés sur le réseau mais n'appartenant pas à l'UCL. Pour ces bâtiments, nous tenons compte d'un investissement complémentaire de 91.000 € bien que nous n'ayons pas visité ni dimensionné les installations à ajouter ou transformer. Le coût global de la mesure est dès lors estimé à 300.000 euros.

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	1 845 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	0	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	1 845 000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO <sub>2</sub>	508,11	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	59 040	[€/an]
Coût de l'investissement	300 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	5,1	[Ans]
Primes et avantages fiscaux		[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	5,1	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	3	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	3	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	Oui	

Mesure 2 : Suppression de la production d'ECS sur le réseau



#### 4.6.1.2. Rénovation du circuit de distribution

Suite au projet de rénovation de chaufferie et de découplage de réseau d'ECS (voir point 5.2.5.1), le réseau de chaleur devra être adapté. Cela comprend le remplacement de trois tronçons :

- Un nouveau réseau entre la chaufferie et la Chambre de Visite 9 (CV09), représenté en vert sur la figure ci-dessous. Le coût est estimé à 800.000 euros.
- Un nouveau réseau entre la Chambre de Visite 9 (CV09) et l'Ecole de Santé Publique (ESP), représenté en bleu sur la figure ci-dessous. Le coût estimé à 260.000 euros.
- Un nouveau réseau entre la Chambre de Visite 2 (CV02) et la clinique, représenté en rouge sur la figure ci-dessous. Le coût estimé à 500.000 euros.
- Abandon du feeder Nord

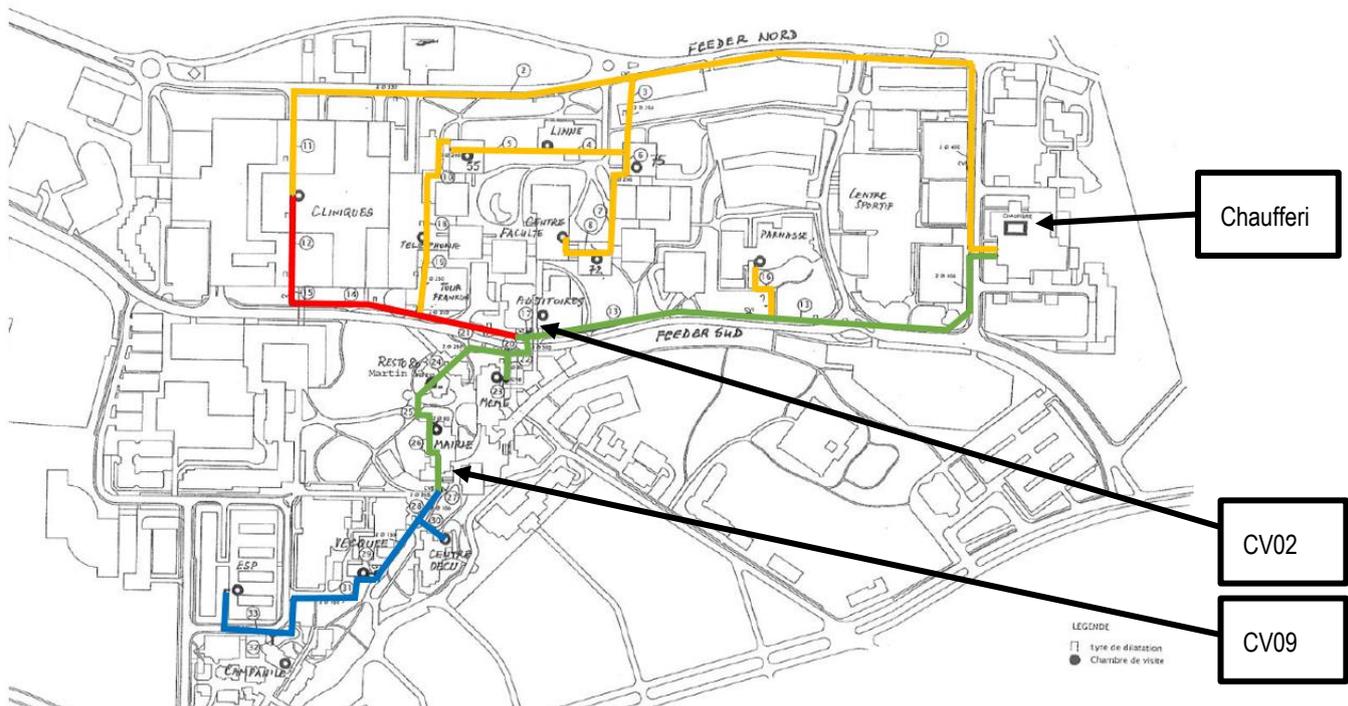


Figure 8 : Illustration du réseau de chaleur

Ces nouveaux réseaux permettront d'un point de vue énergétique de diminuer les pertes en ligne. Selon nos calculs, celles-ci passeraient d'environ 4.100 MWh/an à 2.100 MWh/an sur base de la situation actuelle.

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	1 980 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	1 880	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	1 984 700	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	546,03	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	63 525	[€/an]
Coût de l'investissement	1 560 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	24,6	[Ans]
Primes et avantages fiscaux		[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	24,6	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
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	non	

Mesure 3 : Rénovation du circuit de distribution (situation actuelle 90 – 70°C constant)

Si par contre l'on tient compte de la réduction du régime de température moyen (70°C – 50°C) du réseau grâce au découplage de l'ECS ainsi que de la coupure en été la mesure est moins rentable. Dans ce cas l'économie annuelle est d'environ 1.000 MWh.



Économie d'énergie finale annuelle de combustible	1 000 000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	1 880	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	1 004 700	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	276,14	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	32 165	[€/an]
Coût de l'investissement	1 560 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	48,5	[Ans]
Primes et avantages fiscaux		[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	48,5	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	0	[€/an]
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	non	

Mesure 4 : Rénovation du circuit de distribution (situation projetée T° variable, coupure en été)

#### 4.6.1.3. Installation de vannes thermostatiques institutionnelles

Lors de notre visite, nous avons constaté la présence de vannes manuelles sur la plupart des radiateurs, ce qui empêche une régulation terminale en tenant compte des apports solaires et des apports internes (présence humaine, ordinateurs, ...) et engendre un risque élevé de surchauffe. Actuellement, cette surchauffe est compensée en partie par une ventilation intensive des locaux (ouverture des fenêtres).

Nous conseillons vivement de placer des vannes thermostatiques institutionnelles, de manière à imposer le réglage des vannes sur une position fixe (position 3 correspondant environ à 20°C – position 4 correspondant environ à 22°C). Certains modèles de vannes permettent un libre choix de la valeur jusqu'à une valeur maximale (20 ou 22°C par exemple). Ce type de vanne permet d'éviter une position « 5 » synonyme de chauffage permanent y compris en été ce qui est absolument à éviter.



Figure 9 : Vannes thermostatiques institutionnelles

Notons que dans le cadre d'une rénovation de chaufferie, la réglementation PEB impose que les radiateurs alimentés par la nouvelle chaudière soient équipés de vannes thermostatiques. C'est donc une obligation légale applicable à l'ensemble des bâtiments desservis par le réseau de chaleur.

#### Hypothèses et économie d'énergie :

Le gain concernant cette mesure est difficile à calculer puisqu'il dépend de la quantité d'énergie économisée par les vannes qui se ferment lorsque les apports solaires et internes suffisent à atteindre la température souhaitée, et de la manière dont les vannes manuelles sont régulées de manière actuelle. Nous estimons l'augmentation du rendement de régulation à 5% (la chaleur ne sera pas produite, distribuée et émise lorsque la consigne de température de la vanne sera atteinte), ce qui ferait passer le rendement global de l'installation de chauffage de 65 % à 69 %.

Tableau 3 : Rendement global de l'installation de chauffage

	Avant	Après	Delta
<b>Production</b>	92%	92%	0%
<b>Distribution</b>	83%	83%	0%
<b>Émission</b>	95%	95%	0%
<b>Régulation</b>	90%	95%	5%
<b>Total</b>	<b>65%</b>	<b>69%</b>	<b>4%</b>

Sur base des consommations moyennes des dernières années, l'économie énergétique serait de :



$$0,04 * 60.000.000 kWh Hs = 2.400.000 kWh Hs$$

Coût :

Pour estimer le coût engendré par cette mesure, nous tenons compte de la pose de 6.000 vannes institutionnelles, au coût unitaire, placement compris, de 50 euros htva, soient 300.000 euros htva.

Économie d'énergie finale annuelle de combustible	2.400.000	[kWh/an]
Économie d'énergie finale annuelle d'électricité	0	[kWh/an]
Économie d'énergie primaire annuelle	2.400.000	[kWh/an]
Réduction d'émissions de CO2	660,96	[t eq-CO2/an]
Gain financier annuel lié à l'économie d'énergie	76 800	[€/an]
Coût de l'investissement	300 000	[€]
Temps de retour simple sans primes et avantages fiscaux*	3,9	[Ans]
Primes et avantages fiscaux		[€]
Temps de retour simple avec primes et avantages fiscaux	3,9	[Ans]
Coût annuel d'exploitation (ou variation du coût)	76 800	[€/an]
Fiabilité de l'évaluation de l'économie d'énergie (1 à 5)	2	
Fiabilité de l'évaluation de l'investissement (1 à 5)	2	
Pertinence de réaliser une étude de faisabilité complémentaire	non	

Mesure 5 : Installation de vannes thermostatiques institutionnelles



## 5. CALCUL DU MINIMUM d'économies à réaliser

Le tableau ci-dessous résume les minimas d'économies d'énergie à réaliser pour les 12 bâtiments.

N°	Somme des mesures avec un TRS<5 ans	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement		Economie en GES
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]			[€ HTVA]
<b>50bib</b>		129965	37500	151660	7547	21023		51
<b>50fac</b>		103188	12500	134438	4472	13081		33
<b>51</b>		222466	30728	299286	9974	29144		73
<b>52</b>		352218	64600	513717	17195	57012		123
<b>53</b>		345963	74600	532462	17870	47708		125
<b>54</b>		358154	180731	789982	26955	72133		165
<b>55</b>		305608	171731	734935	25100	71498		152
<b>56</b>		323008	5635	337095	11052	34992		91
<b>72</b>		159889	27560	228789	7650	41095		55
<b>73</b>		199457	27560	268357	8944	43569		66
<b>74</b>		511369	30000	586369	19352	50968		153
<b>75</b>		499721	78770	696646	23263	52236		169
	<b>TOTAL</b>	<b>3 511 006</b>	<b>741 915</b>	<b>5 273 736</b>	<b>179 374</b>	<b>534 459</b>		<b>1 256</b>



## 6. Mesures globales (ensemble des bâtiments)

Les mesures communes à l'ensemble des bâtiments ont été résumées dans le tableau ci-dessous.

La dernière ligne du tableau (Total pour les 12 bâtiments facultés) reprend les coûts et économies des mesures globales réparties sur les 12 bâtiments audités. Pour les mesures chauffage qui donneront des économies d'énergie à l'ensemble du site, nous avons estimé à 25% les économies attribuables aux 12 bâtiments audités.

N°		Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie primaire.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
			[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
1	Général	Sensibilisation des occupants								-	
2	Général	Visite en dehors des heures d'occupation								-	
3	Général	Engagement d'un responsable énergie								-	
4	Obligations Légales - PEB	Installation de compteurs								-	
5	Obligations Légales - PEB	Comptabilité Energétique								-	
6	Obligations Légales - PEB	Carnet de bord chauffage et climatisation								-	
7	Obligations Légales - PEB	Diagnostic de l'installation de chauffage								-	
8	Obligations Légales - PEB	Contrôle Périodique des installations de climatisation								-	
9	Obligations Légales - PEB	Contrôle périodique des chaudières								-	
10	Obligations Légales - PEB	Réception de la chaufferie								-	
11	Enveloppe	Rénovation complète de l'enveloppe d'un des bâtiments	900 000		900 000	28 800	855 606	29,7	248	oui - Architecte	2024
12	Enveloppe	Remplacement des vitrages de 4 bâtiments	992 000		992 000	31 744	443 588	14,0	273	oui - Architecte	2024
13	Chauffage	Rénovation de la production de chaleur	3 000 000		3 000 000	96 000	500 000	5,2	826	oui	
16	Chauffage	Installation de vannes thermostatiques institutionnelles	2 400 000		2 400 000	76 800	300 000	3,9	661	non	2024
		<b>TOTAL (pour tout le site) :</b>	<b>7 292 000</b>		<b>7 292 000</b>	<b>233 344</b>	<b>2 099 194</b>		<b>2 008</b>		
		<b>TOTAL (pour les 12 bâtiments facultés) :</b>	<b>3 482 000</b>		<b>3 482 000</b>	<b>111 424</b>	<b>1 539 194</b>	<b>46</b>	<b>959</b>		



## 7. Mesures spécifiques par bâtiment

### 7.1. Bâtiment 50 (bibliothèque)

La campagne de mesure a révélé une température élevée en permanence dans le bâtiment, le ralenti nocturne du chauffage n'est applicable que de 23h à minuit et la ventilation fonctionne 24h sur 24. Concernant le bâtiment 50, les mesures spécifiques concernent l'adaptation des horaires de fonctionnement du chauffage et de la ventilation compte-tenu des horaires d'occupation ainsi que le remplacement de l'éclairage (vieux TL et lampes halogènes).

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
15	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	3 341		3 341	109	1 800	16,5	1	non	2024
16	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		2 970	7 425	261	3 000	11,5	1	non	2024
17	Installer des vannes thermostatiques institutionnelles	23 934		23 934	782	5 000	6,4	7	non	2024
18	Redéfinir les horaires d'alimentation des radiateurs	20 699		20 699	676	200	0,3	6	non	2024
19	Redéfinir les horaires du GP dans la GTC	30 000	12 500	61 250	2 080	200	0,1	13	Non	2024
20	Remplacement des TL8 par des LED		25 000	62 500	2 200	6 000	2,7	10	non	2024
21	Remplacement des halogènes par des LED	6 589		6 589	215	680	3,2	2	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>84 563</b>	<b>40 470</b>	<b>185 738</b>	<b>6 323</b>	<b>16 880</b>		<b>40</b>		



## 7.2. Bâtiment 50 (faculté)

Des résultats identiques ont été observés suite à la campagne de mesure, température élevée en permanence, ralenti nocturne du chauffage uniquement de 23h à minuit et fonctionnement permanent de la ventilation avec une température de pulsion élevée.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
14	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	3 341		3 341	109	1 800	3	3	non	2024
15	Remplacer les circulateurs par des pompes à débit variable		2 970	7 425	261	3 000	2	3	non	2024
16	Redéfinir les horaires d'alimentation des radiateurs	20 699		20 699	676	200	2	3	non	2024
17	Redéfinir les horaires du GP dans la GTC	30 000	12 500	61 250	2 080	200	2	3	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>54 040</b>	<b>15 470</b>	<b>92 715</b>	<b>3 126</b>	<b>5 200</b>		<b>12</b>	<b>54 040</b>	



### 7.3. Bâtiment 51 (auditoires centraux)

La consommation de combustible de ce bâtiment est en augmentation avec +40% sur les trois dernières années.

Nous avons notamment observés des horaires de fonctionnement aléatoires pour les groupes de ventilation avec un fonctionnement les samedi et dimanches pour certains groupes. Nous avons également observés des incohérences entre le fonctionnement des GP et GE d'un même auditoire. Les groupes de ventilation les plus anciens sont, en outre, à débit fixe et nous conseillons d'étudier l'opportunité d'installer des variateurs de fréquence.

Nous avons également constaté que l'éclairage des halls restait en fonctionnement en dehors des périodes d'occupation (vacances scolaires ou WE par exemple).

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
17	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	1 346		1 346	44	94	2,1		Non	2024
16	Remplacer le circulateur à débit fixe par un circulateur à débit variable		2 000	5 000	176	3 000	17,0	1	non	2024
19	Remplacement des T8 des halls par des LED		13 728	34 320	1 208	6 000	5,0	5	non	2024
21	Révision des paramètres de régulation	65 000	17 000	107 500	3 620	2 400	0,7	25	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>66 346</b>	<b>32 728</b>	<b>148 166</b>	<b>5 048</b>	<b>11 494</b>	<b>25</b>	<b>31</b>		



#### 7.4. Bâtiment 52 (Vésale)

La température dans le bâtiment reste très élevée la nuit et le WE en raison du groupe de pulsion qui fonctionne 24h/24 à température élevée, le bâtiment est ventilé 24h/24 avec de l'air neuf, les volumes sont-ils réellement nécessaires la nuit ou le WE lorsque le bâtiment est quasiment entièrement vide ?

La boucle de charge des boilers ECS ne fonctionne que la nuit, alors que la distribution est active 24h/24. L'eau circule donc en boucle en permanence et se refroidit tout au long de la journée. Une température de 45°C est alors observée en journée en semaine ce qui favorise le développement des bactéries de légionellose.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
19	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	6 600		6 600	216	3 600	16,7	2	non	2024
20	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		5 245	13 113	462	7 500	16,2	2	non	2024
16	Adapter les horaires et le débit d'air neuf à l'occupation						2	3	non	2024
17	Redéfinir les horaires du GP dans la GTC	30 000	12 500	61 250	2 080	200	2	3	non	2024
24	Remplacement des TL8 des bureaux et laboratoires par des lampes LED		27 560	68 900	2 425	11 000	4,5	11	non	2024
25	Remplacement des TL8 des cages d'escalier par des lampes LED		7 040	17 599	619	1 020	1,6	3	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>36 600</b>	<b>52 345</b>	<b>167 462</b>	<b>5 802</b>	<b>23 320</b>		<b>24</b>		



### 7.5. Bâtiment 53 (Pasteur)

Le chauffage fonctionne en semaine selon les horaires classiques, mais également le samedi de 17h à 22h.

Le groupe de ventilation fonctionne en semaine selon les horaires classiques d'occupation néanmoins la température de pulsion est élevée, jusqu'à 30°C alors qu'il s'agit d'un groupe de ventilation hygiénique. Des groupes de ventilation supplémentaires ont été récemment installés, ils n'apparaissent pas sur la GTC et les horaires de fonctionnement sont inconnus.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sub>2</sub> /an]		
19	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	6 600		6 600	216	3 600	16,7	1,8	non	2024
20	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		4 095	10 238	360	6 000	16,7	1,6	non	2024
24	Remplacement des TL8 des bureaux et laboratoires par des lampes LED		27 560	68 900	2 425	11 000	4,5	11	non	2024
25	Remplacement des TL8 des cages d'escalier par des lampes LED		7 040	17 599	619	1 020	1,6	3	non	2024
26	Révision des paramètres de régulation	87 000	40 000	187 000	6 363	2 400	0,4	40	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>93 600</b>	<b>78 695</b>	<b>290 337</b>	<b>9 983</b>	<b>24 020</b>		<b>57</b>		



## 7.6. Bâtiment 54 (Claude Bernard)

Pour ce bâtiment le chauffage fonctionne en semaine suivant les horaires classiques, mais également le samedi matin.

Les groupes de ventilation principaux fonctionnent en semaine suivant l'horaire classique et également le samedi jusqu'à 19h.

L'éclairage dans les couloirs est constamment allumé, nous avons installé un logger permettant d'analyser le fonctionnement de l'éclairage et le passage dans les locaux de circulation. Nous avons observés un fonctionnement constant de l'éclairage alors qu'un passage intensif n'était constaté qu'entre 6h et 20h en semaine. Nous conseillons un fonctionnement permanent pour cette plage horaire et un fonctionnement via détection de présence le reste du temps.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sub>2</sub> /an]		
19	Isoler les accessoires non calorifugés au niveau de la sous station	17 000		17 000	556	9 000	3	16,2	non	2024
20	Remplacer les circulateurs par des pompes à débit variable		6 661	16 653	586	6 000	2	10,2	non	2024
23	Remplacement des TL8 des bureaux et laboratoires par des LED		82 680	206 700	7 276	33 000	2	4,5	non	2024
24	Remplacement des TL8 des couloirs par des LED		32 011	80 028	2 817	5 500	2	2,0	non	2024
25	Remplacement des TL8 des cages d'escalier par des lampes LED		7 040	17 599	619	1 020	2	1,6	non	2024
26	Révision des paramètres de régulation	98 000	59 000	245 500	8 395	4 000	2	0,5	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>115 000</b>	<b>187 392</b>	<b>583 480</b>	<b>20 249</b>	<b>58 520</b>		<b>35</b>		



### 7.7. Bâtiment 55 (Harvey)

Les horaires des radiateurs et de la ventilation sont du lundi au vendredi de 6h à 19h environ ainsi que le samedi matin, certaines consignes de température pourraient être optimisées comme la température de pulsion du GP qui fonctionne également le samedi jusqu'en soirée. Les débits de ventilation sont très élevés, peut être nécessaire par les hottes et autres équipements des laboratoires. Nous avons également constaté que la commande du groupe d'extraction du bâtiment était en manuel, il fonctionne donc le Week-end et la nuit.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
19	Remplacer les circulateurs par des pompes à débit variable		1 778	4 446	156	4 000	2	25,6	non	2024
21	Isoler les accessoires non calorifugés au niveau de la sous station	17 000		17 000	556	9 000	3	16,2	non	2024
24	Remplacement des TL8 des bureaux et laboratoires par des LED		82 680	206 700	7 276	33 000	2	4,5	non	2024
25	Remplacement des TL8 des couloirs par des LED		32 011	80 028	2 817	5 500	2	2,0	non	2024
26	Remplacement des TL8 des cages d'escalier par des lampes LED		7 040	17 599	619	1 020	2	1,6	non	2024
27	Révision des paramètres de régulation	90 000	50 000	215 000	7 341	2 400	2	0,3	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>107000</b>	<b>173509</b>	<b>540773</b>	<b>18765</b>	<b>54920</b>		<b>50,2</b>		



### 7.8. Bâtiment 56 (Linné)

Le bâtiment est équipé d'une chaudière vapeur qui historiquement produisait de l'eau chaude sanitaire, de la vapeur pour la stérilisation (autoclaves) et la machine à laver. Aujourd'hui seule la machine à laver les cages utilise toujours de la vapeur pour son fonctionnement. La production est active 7j/7 et la vapeur n'est utilisée en général que le mardi, parfois d'autres jours de la semaine aux dires du personnel utilisant les équipements. La chaudière vapeur est en outre complètement surdimensionnée par rapport au besoin et nous estimons que les pertes sont beaucoup plus importantes que l'utilisation utile de la vapeur.

Le condenseur (à air) du groupe frigorifique ne fonctionne plus correctement et de l'eau de ville est utilisée en été pour le refroidir.

Les équipements de chauffage et de ventilation fonctionnent à température fixe de manière permanente ce qui est normal compte-tenu de l'affectation du bâtiment. Le circuit de récupération de chaleur qui a été monitoré semble également fonctionner correctement.

Des économies sont cependant possible au niveau de l'éclairage, nous avons monitoré un couloir (au niveau -2) où la lumière fonctionne 24h/24 et constaté un passage très faible en dehors des heures classiques, nous recommandons l'installation de détecteurs de présence.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
19	Remplacement de la chaudière vapeur								oui	2024
..15	Isoler les accessoires non calorifugés en chaufferie	2 760		2 760	90	192	2,1	1	non	2024
..19	Remplacement des T8 par des T5 avec détecteurs de présence et réflecteurs dans les couloirs entre les bâtiments 56, 55 et 75		5 635	14 087	496	1 700	3,4	2	non	2024
17	Remplacement de la machine frigorifique principale								oui	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>2760</b>	<b>5635</b>	<b>16847</b>	<b>586</b>	<b>1892</b>		<b>3</b>		



### 7.9. Bâtiment 72 (Ehrlich)

Les horaires d'eau chaude sanitaire sont cohérents (fonctionnement en semaine pendant les horaires d'occupation) mais nous avons observé une température d'eau chaude sanitaire élevée en dehors des horaires de fonctionnement des pompes, ce qui pourrait dû à une circulation thermosiphon de l'ECS.

L'eau chaude sanitaire fonctionne en thermosiphon dans la boucle, l'eau chaude continue à y circuler même en dehors des horaires de fonctionnement de la pompe de bouclage.

Les groupes de ventilation sont vétustes, la régulation des batteries est obsolète et le débit d'air probablement excessif, nous conseillons le remplacement complet de ces groupes de ventilation.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
19	Isoler les accessoires non calorifugés au niveau de la sous station	6 600		6 600	216	3 600	16,7	2	non	2024
20	Remplacer les circulateurs par des pompes à débit variable		616	1 540	54	2 800	51,7		non	2024
24	Remplacement des TL8 des laboratoires par des lampes LED		27 560	68 900	2 425	11 000	4,5	11	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>6 600</b>	<b>28 176</b>	<b>77 040</b>	<b>2 695</b>	<b>17 400</b>		<b>13</b>		



### 7.10. Bâtiment 73 (Van Helmont)

Des conclusions identiques au bâtiment 72 sont applicables pour le bâtiment 73. Nous conseillons le remplacement des groupes de pulsion vétustes et au fonctionnement aléatoire (consigne de pulsion).

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sup>2</sup> /an]		
19	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la sous station	6 600		6 600	216	3 600	16,7	2	non	2024
20	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		466	1 165	41	2 100	51,2		non	2024
24	Remplacement des TL8 des laboratoires par des lampes LED		27 560	68 900	2 425	11 000	4,5	11	non	2024
	TOTAL	6 600	28 026	76 665	2 682	16 700		13	6 600	



### 7.11. Bâtiment 74 (ICP)

La ventilation du bâtiment 74 fonctionne en continu, le variateur de fréquence du GE est en mode manuel sur 45 Hz et le groupe de pulsion est en fonctionnement forcé JOUR dans la gtc, ce qui correspond à 80.000 m³/h en permanence (nuit et WE compris). Les températures de pulsion mesurées par la campagne de mesure sont incohérentes et différent des consignes GTC (15, 18 et jusqu'à 25°C en pulsion).

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO²/an]		
19	Isoler les accessoires non isolés	6 700		6 700	219	3 600	16,4	2	non	2024
20	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		1 622	4 054	143	4 800	33,6	1	non	2024
25	Révision des paramètres de régulation	60 000	30 000	135 000	4 601	2 400	0,5	28	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>66 700</b>	<b>31 622</b>	<b>145 754</b>	<b>4 963</b>	<b>10 800</b>		<b>31</b>		



### 7.12. Bâtiment 75 (ICP)

Conclusion similaire pour le bâtiment 75, le chauffage par radiateur fonctionne suivant les horaires établis mais la ventilation fonctionne en mode manuel 24h/24 à température élevée. Le bâtiment reste donc constamment au-delà des 20°C. Le système de récupération ne se met en route qu'en dessous de 16°C extérieur alors que la consigne de pulsion est de 23°C.

N°	Description de la mesure	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement	TRS	Economie en GES	Etude de faisabilité	Mise en œuvre estimée
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]	[€ HTVA]	[an]	[t-eq CO <sub>2</sub> /an]		
18	Isoler les accessoires non isolés au niveau de la chaufferie	10 000		10 000	327	5 400	16,5	3	non	2024
19	Remplacer les circulateurs à débit fixe par des circulateurs à débit variable		943	2 358	83	3 200	38,6		non	2024
22	Installer un variateur de fréquence sur le GP	120 000	45 000	232 500	7 882	15 000	1,9	51	Non	2024
23	Redéfinir les horaires du GP dans la GTC	80 000	30 000	155 000	5 254	400	0,1	34	Non	2024
25	Remplacement des TL8 et lampes halogènes par des lampes LED		3 770	9 425	332	1 500	4,5	1	non	2024
	<b>TOTAL</b>	<b>210 000</b>	<b>79 713</b>	<b>409 283</b>	<b>13 878</b>	<b>25 500</b>	<b>62</b>	<b>89</b>		



## 8. Synthèse des économies d'énergie

Le plan d'action renseigne les mesures qui seront mises en œuvre dans le cadre de la procédure de renouvellement du permis d'environnement. Les mesures ci-dessous doivent être mises en œuvre endéans les 5 ans.

Minimum à réaliser :

	<b>TOTAL</b>	<b>3 511 006</b>	<b>741 915</b>	<b>5 273 736</b>	<b>179 374</b>	<b>534 459</b>		<b>1 256</b>
--	--------------	------------------	----------------	------------------	----------------	----------------	--	--------------

Somme des mesures proposées dans le cadre des différents plans d'actions :

N°	Somme des mesures avec un TRS<5 ans	Economie de combustible	Economie d'électricité	Economie d'énergie prim.	Economie financière	Investissement		Economie en GES
		[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[€/an]			[€ HTVA]
<b>Mesures Globales</b>		3482000	0	3482000	111424	1539194		959
<b>50bib</b>		84 563	40 470	185 738	6 323	16 880		51
<b>50fac</b>		54 040	15 470	92 715	3 126	5 200		33
<b>51</b>		66 346	32 728	148 166	5 048	11 494		73
<b>52</b>		36 600	52 345	167 462	5 802	23 320		123
<b>53</b>		93 600	78 695	290 337	9 983	24 020		125
<b>54</b>		115 000	187 392	583 480	20 249	58 520		165
<b>55</b>		107000	173509	540773	18765	54920		152
<b>56</b>		2760	5635	16847	586	1892		91
<b>72</b>		6 600	28 176	77 040	2 695	17 400		55
<b>73</b>		6 600	28 026	76 665	2 682	16 700		66
<b>74</b>		66 700	31 622	145 754	4 963	10 800		153
<b>75</b>		210 000	79 713	409 283	13 878	25 500		169
	<b>TOTAL</b>	<b>4 331 809</b>	<b>753 781</b>	<b>6 216 260</b>	<b>205 524</b>	<b>1 805 840</b>		<b>2215</b>



## 8.1. Coordonnées des responsables

Tableau 4 : Informations sur le demandeur

Nom : UCL
Place Louis Pasteur, 3 bte L4.03.01 B-1348-Louvain-la-Neuve
Personne de contact : Didier Smits
Fonction : Responsable Energie & Environnement
Mail : didier.smits@uclouvain.be

## 8.2. Synthèse des économies d'énergie

Le tableau ci-dessous analyse les consommations et émissions de gaz à effet de serre avant et après la mise en œuvre du plan d'investissement.

	Avant mise en œuvre	Economie		Après mise en œuvre
	[kWh/an]	[kWh/an]	[%]	[kWh/an]
<b>Combustible</b>	20 969 909 kWh Hs	4 331 809 kWh Hs	20,7%	16 638 100 kWh Hs
	18 872 918 kWh Hi	3 898 628 kWh Hi	20,7%	14 974 290 kWh Hi
<b>Electricité</b>	9 672 925 kWh	753 781 kWh	7,8%	8 919 144 kWh
<b>Total Energie Finale</b>	30 642 834 kWh	5 085 590 kWh	16,6%	25 557 244 kWh
<b>Total Energie Primaire</b>	45 152 222 kWh	7 292 000 kWh	16,1%	37 860 222 kWh
	[t-eq CO2/an]	[t-eq CO2/an]	[%]	[t-eq CO2/an]
<b>GES</b>	7 916,23 t	2 214,94 t	28,0%	5 701,29 t

Tableau 5 : Synthèse de la consommation après le plan d'action



## 9. Visites

Les bâtiments ont été visités entre le 09/09/2016 et le 29/11/2016.

## 10. Signature pour approbation

La signature est précédée de la date et de la mention « Pour Accord du plan d'actions »

Le demandeur/Titulaire du permis d'environnement

## 11. Impartialité de l'audit

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

Signature de l'auditeur :

BARBIER  
04/07/2018

Dominique OFFERGELT  
Administrateur Général  
Université Catholique de Louvain