

UniMail - Genève

Audit d'assainissement de la production de chaleur



Lausanne, le 16 juin 2022

Mandant

République et canton de Genève
Département des finances
Direction de l'ingénierie & Energie
16, Bld St Georges 8
1211 Genève 8

Mandataire

Effin'Art Sàrl
Ch du Pré-Fleuri 6
1006 Lausanne

Table des matières

1	Introduction et but de l'étude.....	3
2	Etat des lieux de l'installation existante.....	4
2.1	Données énergétiques et financières.....	4
2.2	Etat de l'enveloppe du bâtiment.....	7
2.3	Schématique de fonctionnement actuelle de la production chaleur.....	8
2.4	Ventilations.....	11
3	Nouvelle production de chaleur	12
3.1	Confirmation de la puissance de la production chaleur.....	12
3.2	Variante de production de chaleur	14
3.3	Collecteur de distribution	18
3.4	Production de l'ECS	19
4	Variante 1 : Production de chaleur avec chaudières à gaz à condensation, et brûleurs bicombustibles et PAC sur l'air du parking et des rejets.....	22
5	Variante 2 : Production de chaleur avec chaudières à gaz à condensation, et brûleurs bicombustibles et PAC plus puissante sur l'air du parking et des rejets	27
6	Variante 3 : En parallèle à la variante 1 et 2, installation d'une PAC dédiée à la production de l'eau chaude sanitaire.....	33
7	Rentabilité	36
7.1	Sans PAC dédiée à l'ECS	36
7.2	PAC dédiée à l'ECS	37
8	Energie de réseau	37
9	Conclusion et recommandation	39

1 Introduction et but de l'étude

Cette étude a comme but de réaliser un concept d'assainissement de la chaufferie du bâtiment de l'Uni-Mail. Cette nouvelle production de chaleur devra permettre de diminuer drastiquement la consommation de combustibles fossiles.

Elle se basera, comme point de départ, sur l'étude du bureau Enerplan SA réalisée en 2018.

Elle se composera des étapes suivantes :

1. Prise de connaissance de l'installation existante, contrôle des calculs effectués pour évaluer la puissance de chaleur nécessaire
2. Etude de faisabilité d'assainissement de la chaufferie, développement d'une variante PAC permettant de diminuer l'impact CO2 du site

L'état des lieux de l'installation existante réalisée par l'étude du bureau Enerplan SA et résumée dans leur rapport du 18 janvier 2018 permet d'effectuer un 'photographie' fiable de l'installation existante.

La nouvelle production chaleur devra permettre de réaliser des économies énergétiques et de CO2. Une substitution du mazout ou du gaz par un autre vecteur énergétique est recherchée.

Cette étude se base notamment sur nos visites sur place et sur la consultation de différents documents et études reçus de l'OBA. On citera plus particulièrement le rapport du bureau Enerplan du 18 janvier 2018.

2 Etat des lieux de l'installation existante

2.1 Données énergétiques et financières

La surface de référence énergétique totale du site, qui comporte plusieurs bâtiment est de SRE = 45'318 m². La décomposition des surfaces par bâtiment est donnée ci-dessous.

Uni Mail - Genève

**Consommations et coûts d'énergies et d'eau de janvier à juin 2017 selon factures
(Valeurs absolues)**

Surface Totale (SRE) : 45'318 m²

Surface UniMail (SRE) : 39'330 m²

Surface UniPignon (SRE) : 2'912 m² (nouveau dès mi 2003)

Surface IUFE (SRE) : 3'076 m² (nouveau dès mi 2010)

Gaz

L'université bénéficie d'un tarif interruptible, des citernes à mazout étant toujours disponibles en cas d'arrêt du gaz

Prix moyen du gaz actuel : 6.4 cts/kWh (données smartvisio)

Les SIG nous ont fait parvenir un certain nombre d'années pré-covid sous forme de fichier exell.

UNI Mail

	Gaz [kWh/an]
2018	1877
2019	2285

Soit un IDC moyen de 190 MJ/m²an

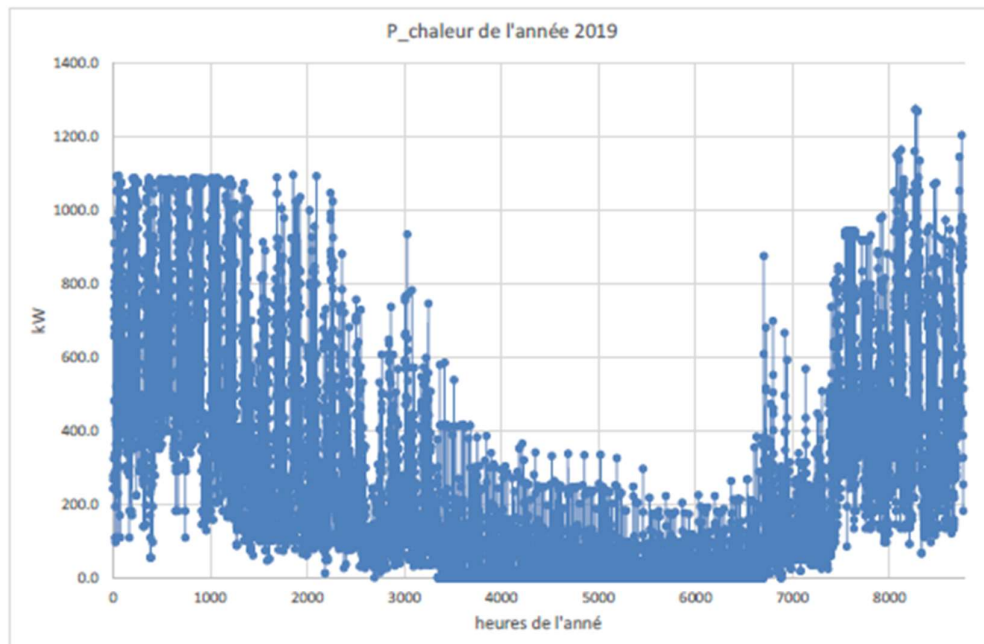


Fig 1 Demande chaleur horaire en 2019 avant la crise du Covid19

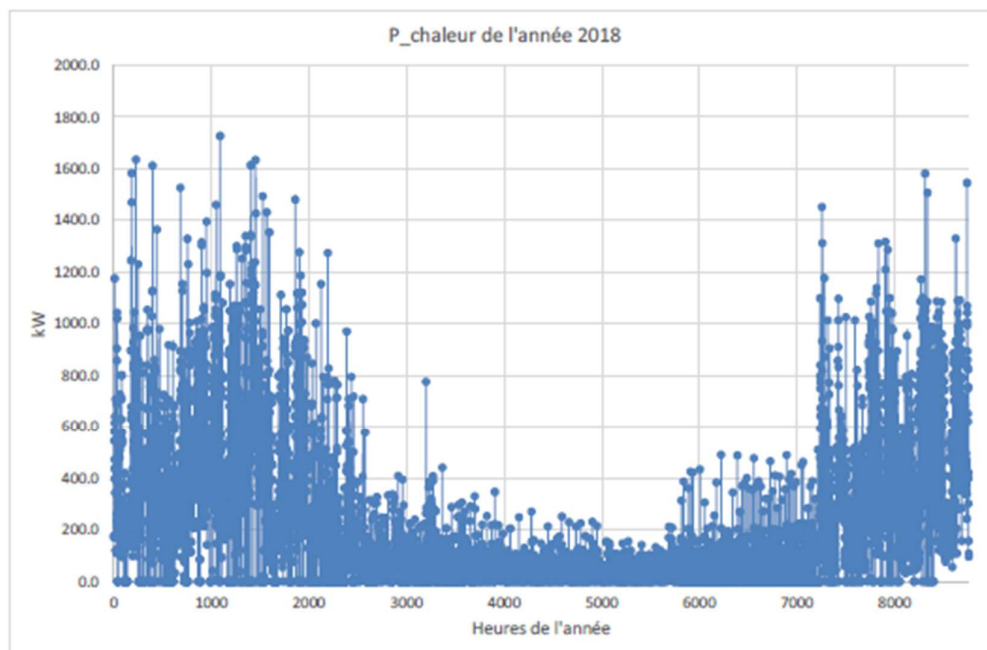


Fig 2 Demande chaleur horaire en 2018 avant la crise du Covid19

Electricité :

Prix moyen de l'électricité actuel : 14.7 cts/kWh (données smartvisio)

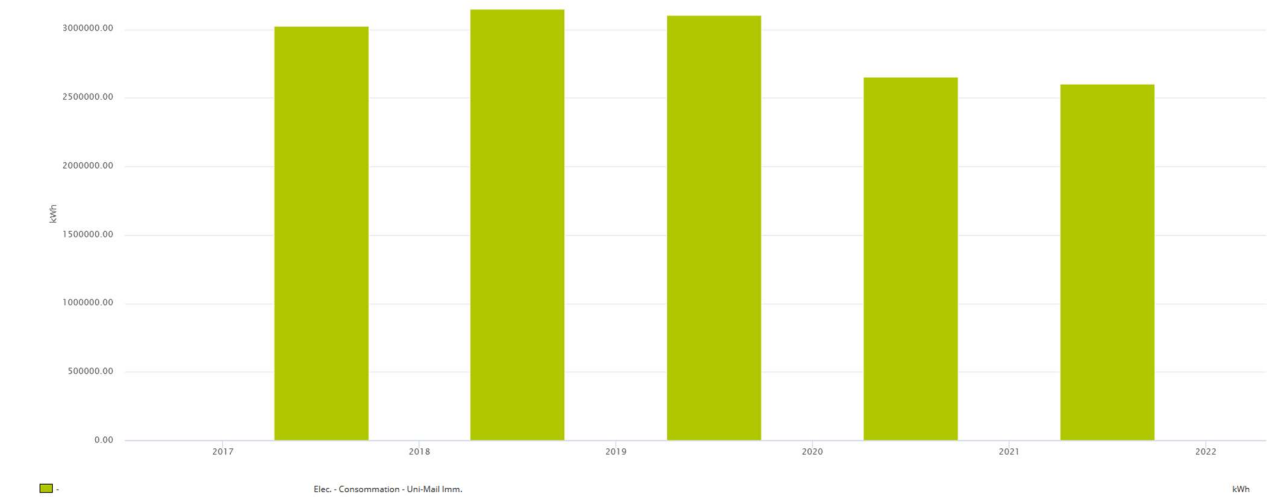


Fig 3 Consommation d'électricité des dernières années

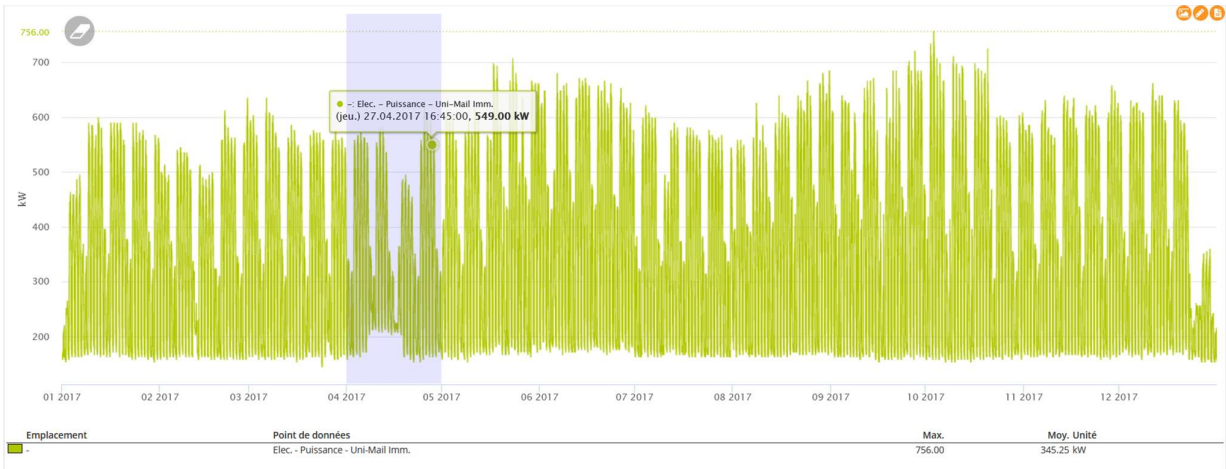


Fig 4 Demande électrique en 2017 avant la crise du Covid19

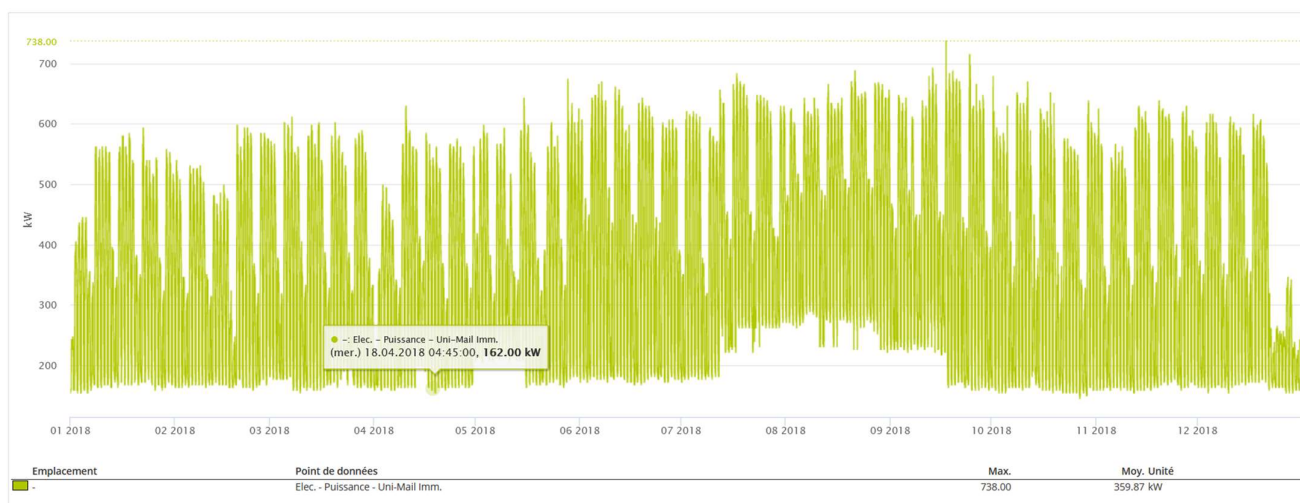


Fig 5 Demande électrique en 2018 avant la crise du Covid19

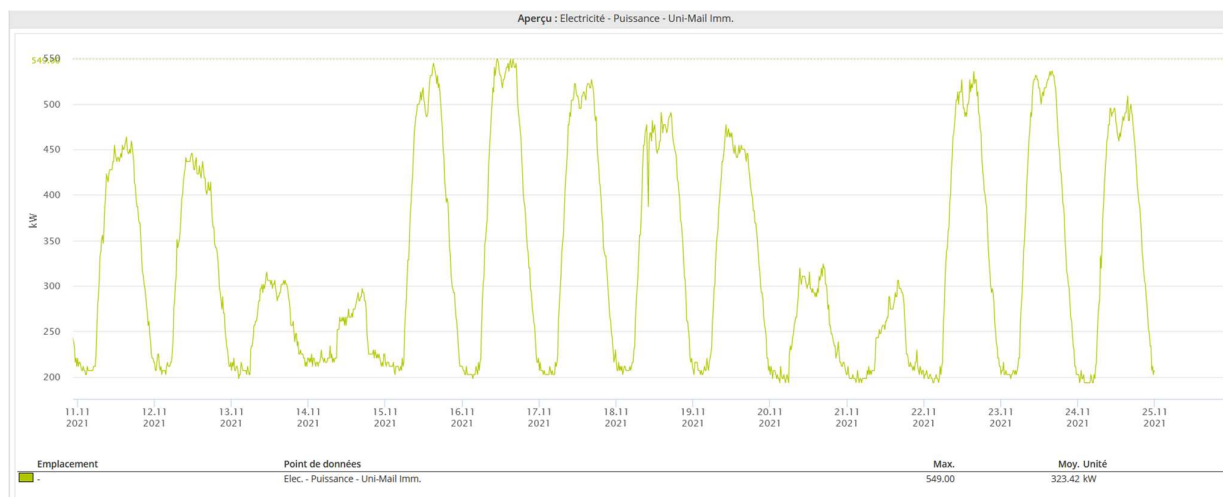


Fig 6 Demande électrique des 15 derniers jours de novembre 2021

2.2 Etat de l'enveloppe du bâtiment

Le bâtiment et ces installations techniques a été construit dans les années 1991, il est isolé et ses installations de ventilation sont munies de récupération de chaleur. Le bâtiment et ses installations techniques sont bien entretenus. On note par contre des petits problèmes de confort sur certains locaux situés sous la toiture laissant entrevoir une isolation relativement faible de la toiture

2.3 Schématique de fonctionnement actuelle de la production chaleur

Actuellement il n'y a pas d'utilisation d'énergie renouvelable pour la production de chaleur. La totalité de la demande est assurée au moyen du gaz avec un tarif interruptible.

La chaufferie se situe au 1er sous-sol du bâtiment avec un accès direct sur l'extérieur (rampe parking).

La production de chaleur pour cette partie est réalisée par 2 chaudières :

- I. Chaudière n°1, Pth : 960 kW
- II. Chaudière n°2, Pth : 960 kW
- III. Chaudière n°3, Pth : 585 kW

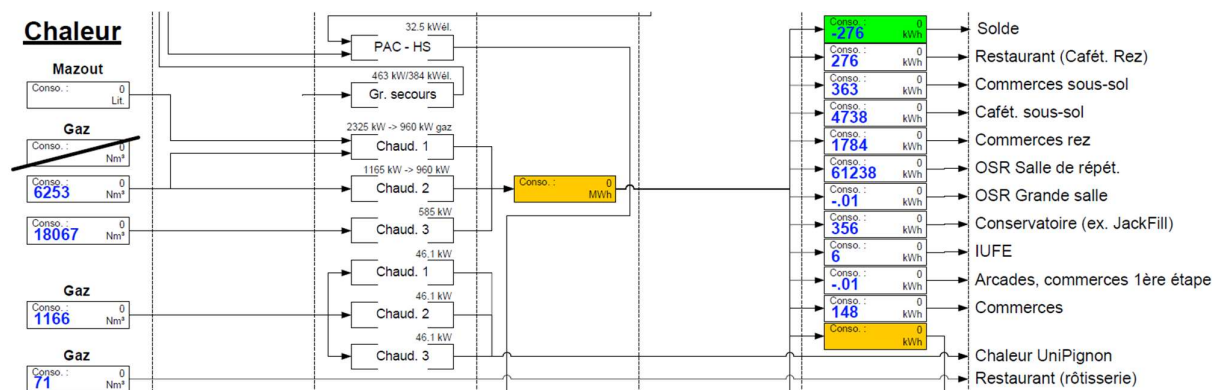


Fig 7 Schéma de comptage du bureau Enerplan

Le schéma de comptage de la société Enerplan nous montre que nous avons actuellement 1 compteurs pour les 2 grosses chaudières dont la puissance du bruleur a été ramenée à 960 kW par chaudière. Nous avons aussi un compteur gaz pour la chaudière plus petite.

La production d'ECS est effectuée depuis le collecteur de chauffage sur des ballons d'eau chaude, 2 x 2'000 lites pour le bâtiment principal et 2 x 2'500 litres pour le restaurant.

La distribution de chaleur est basée sur un principe d'injection 3-voies, une quantité importante d'eau primaire est continuellement recyclée dans le retour. Les delta T sont donc très bas et les retours aux chaudières plus hauts que nécessaire. Ce mode de couplage hydraulique n'est pas adapté aux chaudières à condensation et surtout pas adapté aux PAC.

La régulation de la chaufferie est numérique et basée sur un système d'automates programmables SAUTER d'une ancienne génération, devant être renouvelés, sous peine de risque de manque de pièce de rechange.

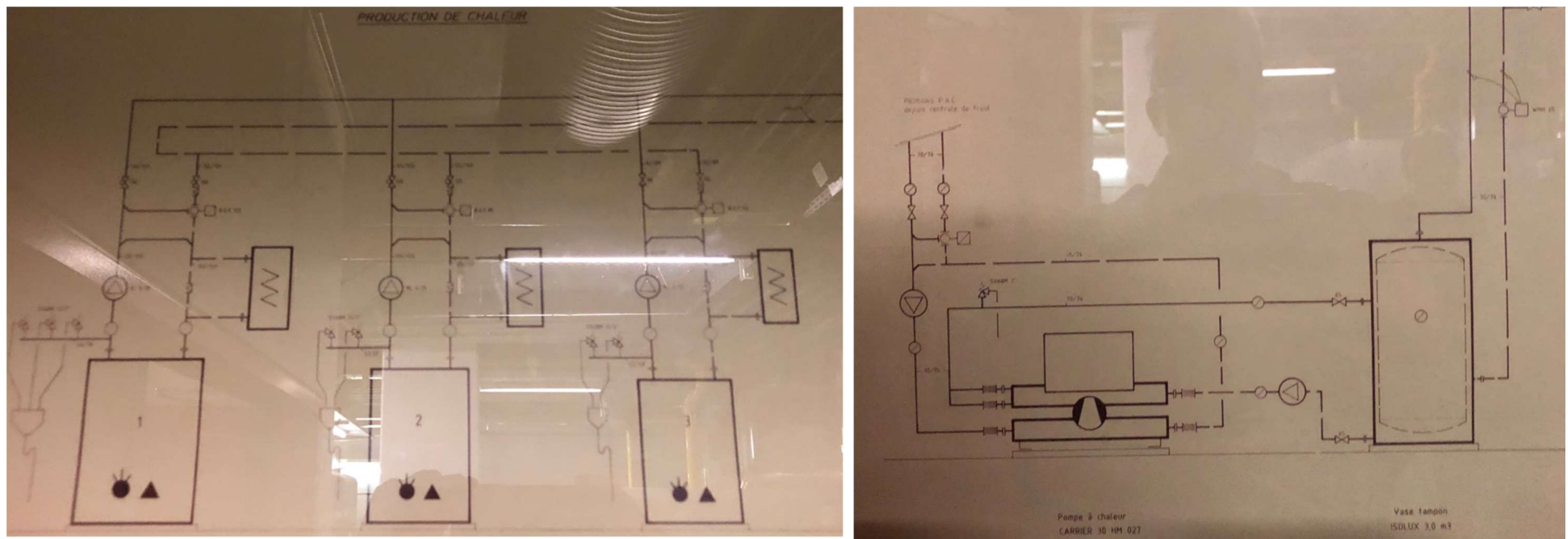


Fig 8: Schéma de principe de la production de chaleur avec les 3 chaudières et la PAC sur le réseau de froid pour l'ECS qui n'a jamais fonctionné

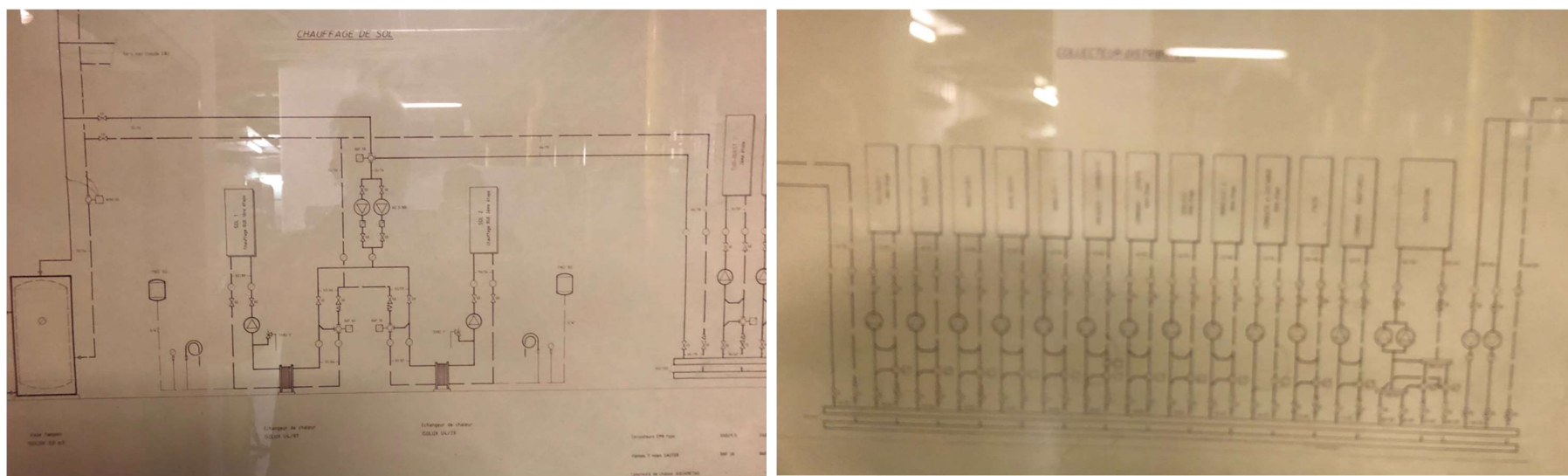


Fig 9: Schéma de principe de la distribution de chaleur avec les groupes en injection 3 voies et les secteurs du chauffage de sol de la cour centrale d'un mail qui sont actuellement hors service.

Les températures du réseau primaire sont descendues après optimisation à 80/60°C et celles du primaire pour le réseau CAD, ECS restaurant et ventilation à 70/60°C. Pour tous les autres départs on est à 50/30°C.

Un relevé du bureau Enerplan par Text = -5°C nous donne les températures de fonctionnement actuelles suivantes :

Départ de chauffage	T. départ -5°C	% vanne max.	P. nom [kW]
Secteur Concierge	52°C	85%	inconnue
Secteur Sud-Ouest 2	54°C	85%	67
Secteur Sud-Ouest 1	57°C	60%	72
Secteur Ejecto 1	55°C	48%	inconnue
Secteur Nord-Est 1	53°C	55%	68
Secteur Nord-Ouest	52°C	60%	137
Secteur Arcades + Commerces	49°C	50%	96
Secteur Ejecto 2	52°C	43%	inconnue
Secteur Sud-Est 2	50°C	40%	inconnue
Secteur Nord-Est 2	48°C	50%	71
Secteur CAD (IUFE)	-	Direct	85
Secteur Patio	52°C	48%	435
Secteur Communs + Auditorios	48°C	50%	170
Secteur Ventilations	70°C	75%	2020
Secteur S-s + Rez	48°C	5%	inconnue
Secteur Commerces	44°C	50%	inconnue
Total puissance connue			1'867

On remarque qu'à part le secteur ventilation, déjà tous les départs sont compatibles avec une PAC.

Pour la ventilation il existe encore un potentiel de diminution même si avec une PAC HT on ne sera pas loin des 70°C demandés.

2.4 Ventilations

Il existe un grand nombre d'installations de ventilation, qui sont regroupées en trois centrales. Les monoblocs sont équipés de récupération chaleur, soit des rotatifs soit ou des échangeurs plaques. L'air est évacué dans le parking au 2^{ème} sous-sol et sort par surpression vers l'extérieur.

Les monoblocs fonctionnent selon les besoins donc plutôt la journée.

3 Nouvelle production de chaleur

3.1 Confirmation de la puissance de la production chaleur

Différentes méthodes sont disponibles :

- Bilan calorimétrique (par exemple avec le programme Lesosai), la difficulté dans ce type de bâtiment est de bien estimer la demande de chaleur liée aux installations de ventilation.
- Par une mesure de la signature énergétique durant une période froide de l'hiver. On mesure la puissance fournie par les chaudières durant un période donnée en fonction de la température extérieure du moment. Cette méthode est la plus intéressante car elle permet de mesurer réellement la demande du bâtiment sans hypothèses plus ou moins fiables.

Les données des SIG nous ont permis de réaliser cette signature énergétique sur les années 2018 et 2019 (voir figure 1 et 2 des appels de puissance).

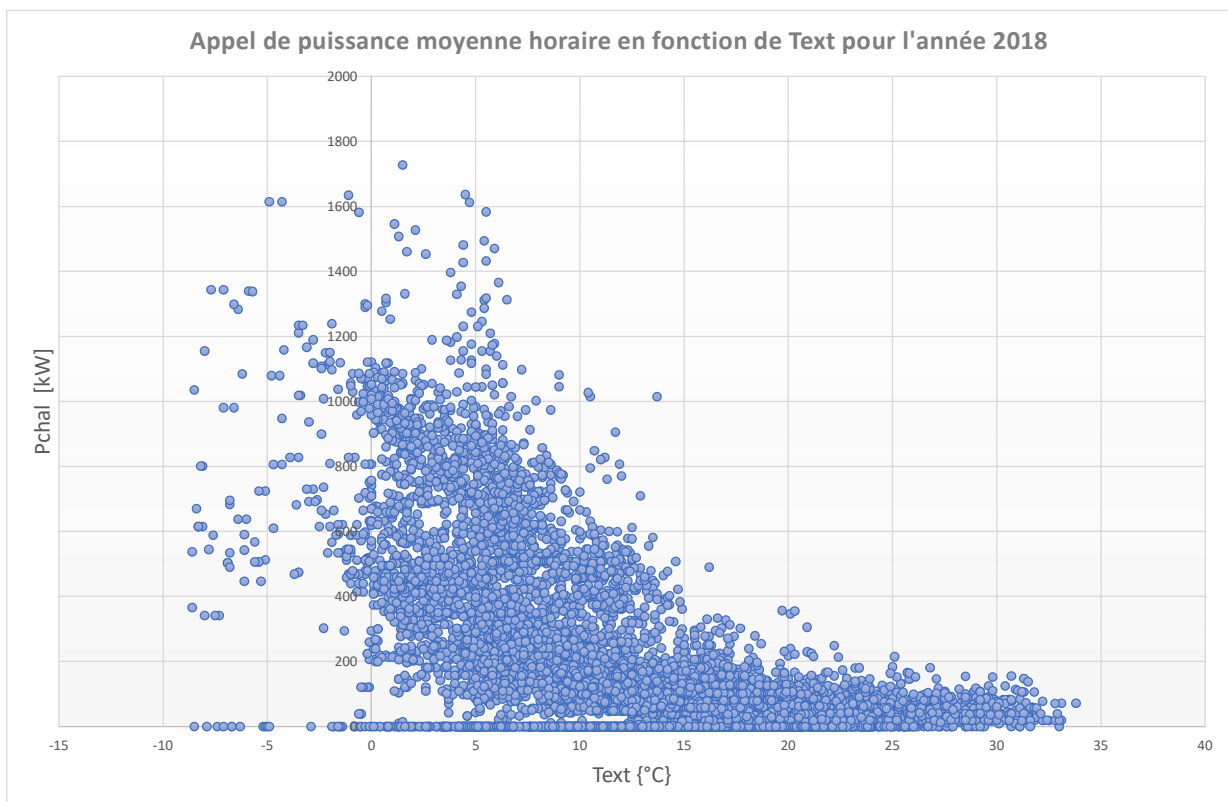


Fig 10: Signature énergétique horaire basée sur les mesures des compteurs de gaz SIG 2018

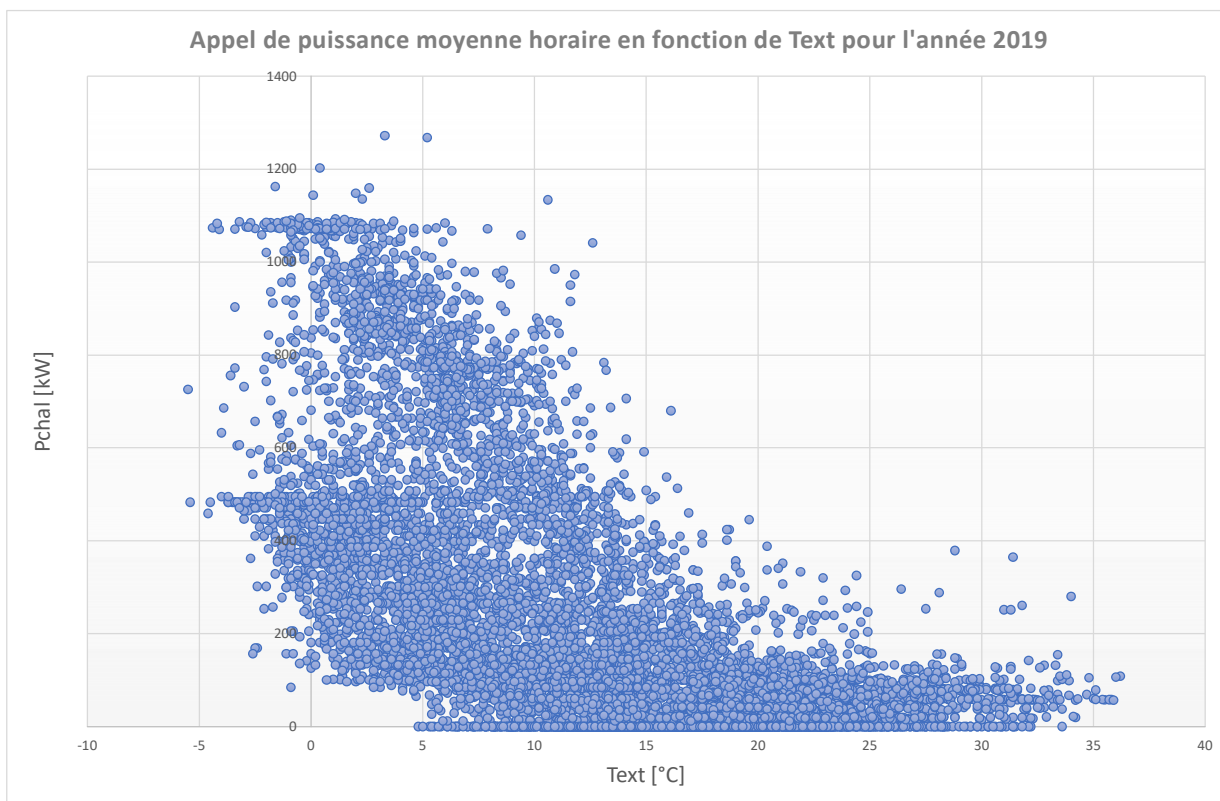


Fig 11: Signature énergétique horaire basée sur les mesures des compteurs de gaz SIG 2019

On voit que pour l'année 2018 des puissances horaires de 1600 kW ont été atteintes mais très rarement. Il s'agit plutôt de remise en température que des demandes sur une longue durée.

On remarque aussi que des demandes de chaleur importantes ont lieu même en été, pour la production de l'ECS.

Au vu de ces valeurs, on peut en déduire que la puissance appelée maximale du site se situe vers 1600 kW.

Avec 2 chaudières bi-combustible modulantes de 800 kW la totalité de la puissance est couverte.

Actuellement						
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an
1877	125 759	463 050	5 030	593 839	427 731	417 708 000

Actuellement						
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an
2285	153 095	456 288	6 124	615 507	520 706	474 307 200

Les tableaux précédents résument les principaux chiffres de la situation actuelle, notamment les consommations d'énergies et leurs coûts ainsi que les différentes émissions. On note par exemple une émission de 430 - 520 tonnes de CO2 par an selon l'année.

3.2 Variante de production de chaleur

Pour diminuer l'impact CO₂ du site et donc la consommation de combustible fossile, il n'y a pas énormément de solutions. L'emploi de chaudière à bois ou à pellets ne sont pas adéquates au centre-ville de par les émissions de particules qu'elles vont générer. Sans compter sur la problématique du stock des Pellets dans un site comme celui d'Uni-Mail. Il ne reste donc plus que l'utilisation de pompes à chaleur pour substituer un part de fossile.

Le rapport du bureau Enerplan SA du 18 janvier 2018 présente les résultats de son analyse de recherche de sources froids pour une éventuelle pompe à chaleur. Il met en évidence une possibilité d'utiliser une PAC comme machine de froid de secours pour le réseau d'eau glacée en été. En effet en cas de panne du pompage sur l'Arve la puissance disponible de la machine de froid actuelle est insuffisante.

Actuellement, une étude parallèle sur l'amélioration de la production de froid du site est en cours, et devrait résoudre ce problème. Nous ne nous occuperons donc pas de ce réseau d'eau glacée et resterons confiné dans la partie de la production de chaleur et sa distribution.

Sur ce site le local serveur (centre de calcul) n'est pas très grand (contrairement à l'Uni Dufour), sa puissance est de 35 kW seulement. Il dispose d'une installation de refroidissement indépendante sans freecooling.

Comme cela l'a déjà été évoqué, les ventilations sont toutes munies d'une récupération chaleur, leur air vicié est pulsé dans le parking. Le parking en tant que tel est aussi une source de chaleur potentielle de par la chaleur dégagée par les voitures qui arrivent le matin et durant la journée. Nous proposons donc d'utiliser ces arrivées d'air dans le parking et le flux extrait du parking comme source de chaleur pour notre PAC.

La figure suivante illustre de façon simplifiée la position des points de récupération. Cette solution est similaire à celle proposée par le bureau Enerplan mais dispose les batteries de récupération sur la périphérie du parking (vers les 2 sorties de l'air de refoulement des centrales SUD et EST) afin de ne pas avoir trop de conduites supplémentaires dans la zone des places de stationnement, qui auraient de la peine à passer (hauteur insuffisante) sous les gaines de ventilation etc..

La ventilation d'extraction du parking de 44'000 m³/h sera aussi modifiée et munie d'une batterie de récupération de la chaleur. Des batteries contre les sorties du refoulement des centrales SUD et EST seront aussi installées. Pour finaliser la récupération chaleur des aéros de récupération seront installés à la sortie du parking en partie haute (sous le plafond). Le débit total de refoulement dans le parking est d'environ 150'000 m³/h, ceci constitue une source froide intéressante pour la PAC, car même par temps froid (Text = -5°C) l'air des installations de ventilation après récup sort aux alentours de 5°C. ceci revient à disposer d'un potentiel de récupération de 250 kW soit près de 340 kW au condenseur, pour notre première variante.

PARKING UNI-MAIL

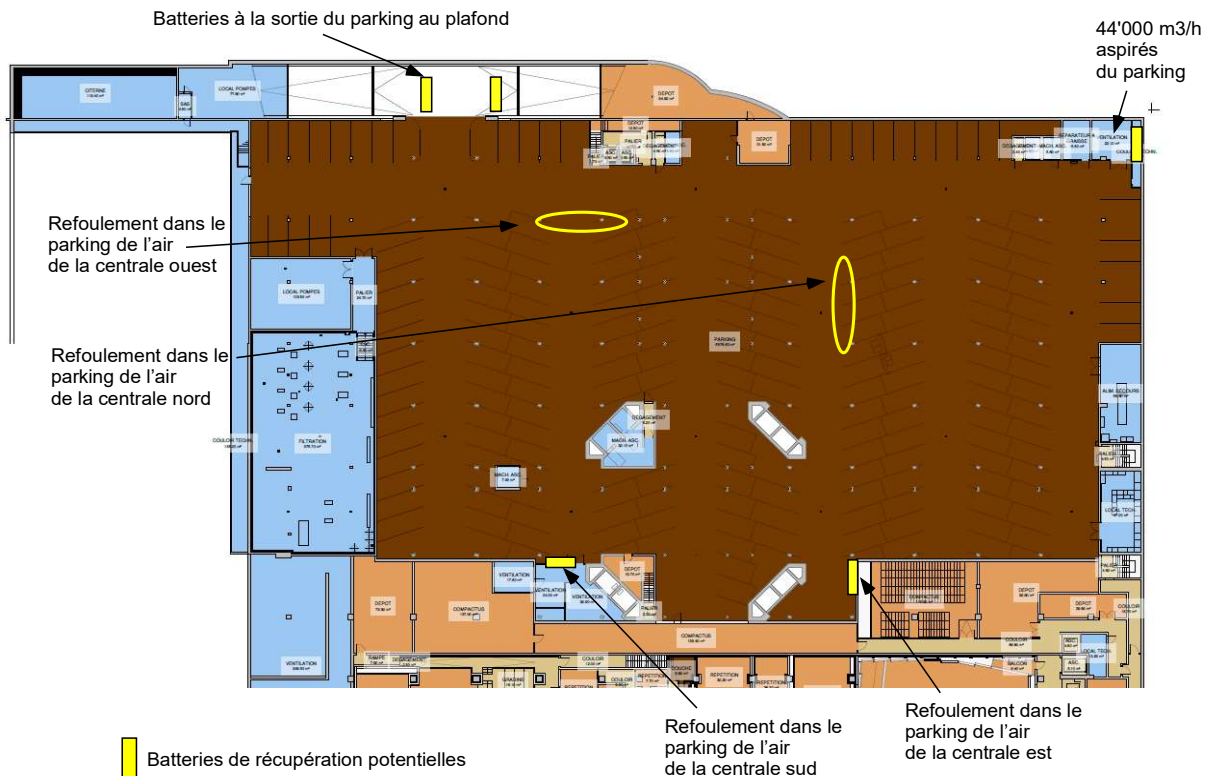


Fig 12: Position des récupérations et des refolements de l'air des centrales de ventilation dans le parking

La première variante d'assainissement est illustrée dans le schéma de la page suivante.

La PAC sur l'air du parking et les rejets de la ventilation dans le parking est reliée à un stock tampon qui permet de dégivrer les batteries de récup indépendamment des autres.

Le régime de fonctionnement en conditions extrêmes de la PAC est $-2/3^{\circ}\text{C}$ du côté air et $70/60^{\circ}\text{C}$ du côté condenseur.

Deux chaudières modulantes bi-combustible de 800 kW sont prévues. La production de l'ECS est réalisée à partir du collecteur de distribution avec un départ dédié. Le branchement hydraulique de la PAC est en série sur le retour des consommateurs permettant ainsi aux chaudières d'injecter uniquement la puissance manquante sur le départ sans préteriter le fonctionnement de la PAC.

La puissance de la PAC est dimensionnée à 250 kW évaporateur et 340 kW condenseur, elle basée sur les valeurs des récupérations disponibles dans le parking.

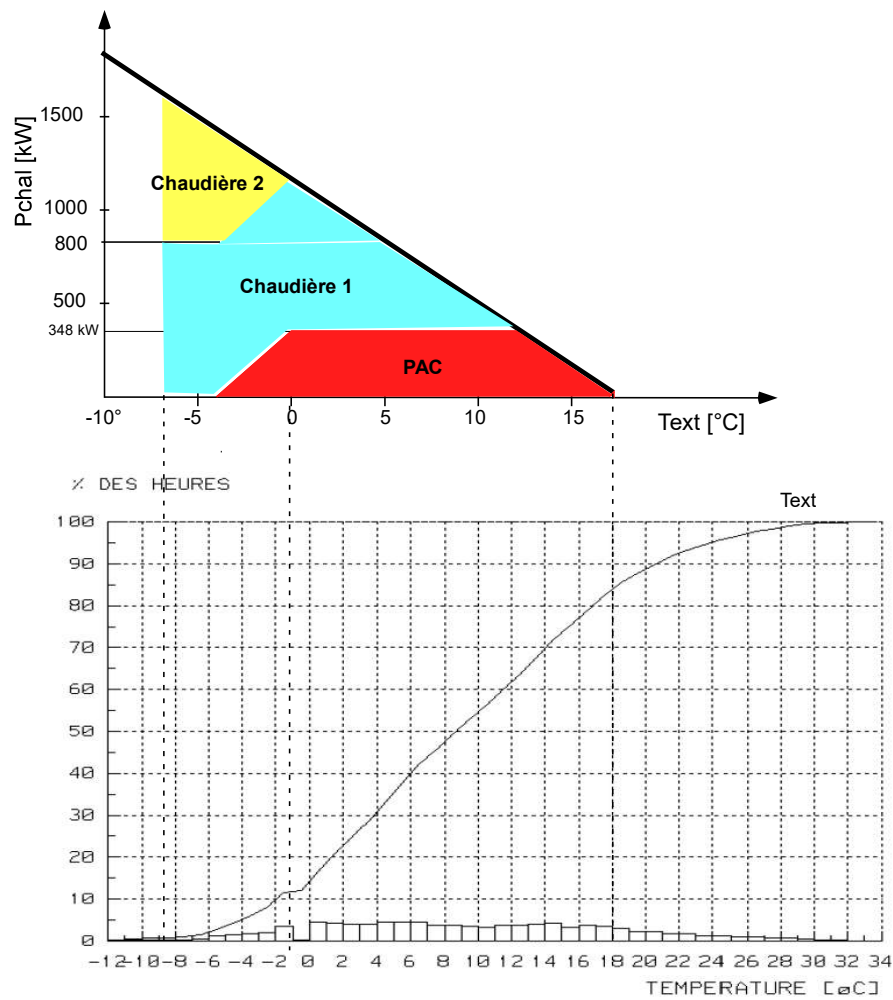


Fig 13: Illustration de la cascade des producteurs chaleur par rapport à la demande avec la distribution des températures extérieures

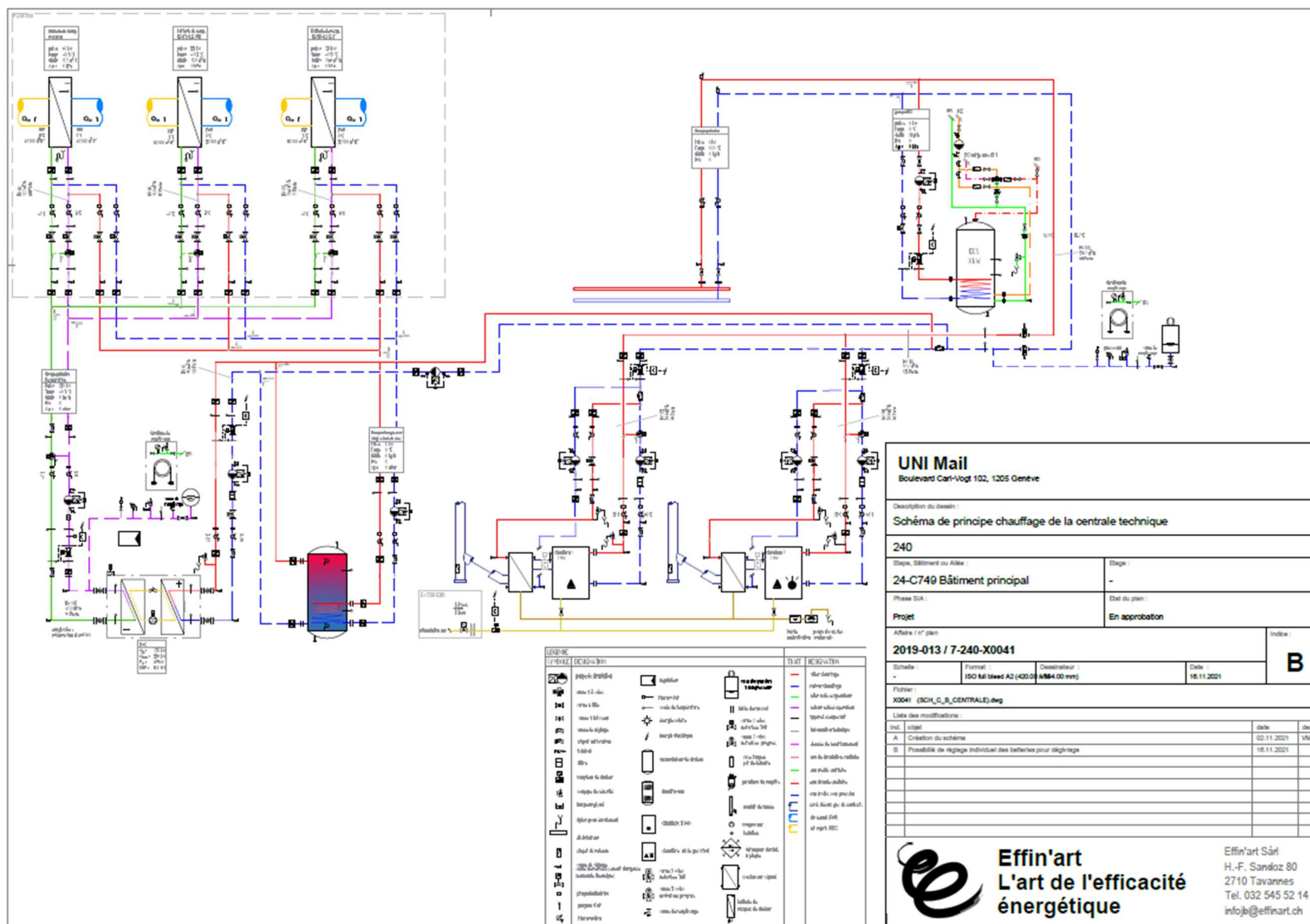


Fig 13 : Schéma de principe de la PAC sur l'air du parking

3.3 Collecteur de distribution

Pour pouvoir utiliser le plus longtemps possible la PAC, il faut pouvoir obtenir des températures de retour les plus basses possible. Le collecteur actuel ne permet pas du tout cela car il est basé sur l'ancien système d'injection 3-voies ou une grande quantité d'eau est recirculée directement dans le retour.

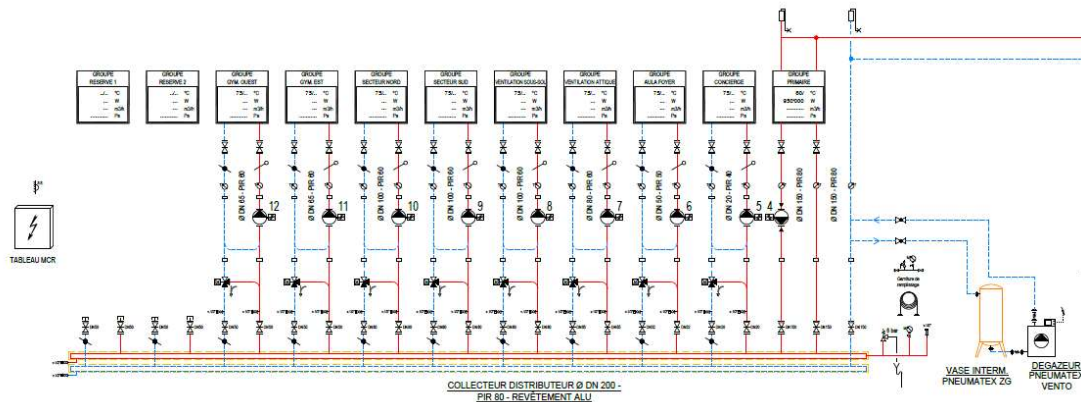


Fig 14 : Exemple de collecteur de distribution en injection 3-voies (actuel)

Dans la figure 21 on peut voir les modifications apportées au collecteur actuel. Le débit d'eau de retour sera à la température de retour des groupes, il n'y a plus d'eau du collecteur allé (chaude) qui retourne à la chaudière sans être passée par les consommateurs. Les températures de retour seront réellement plus basses et le débit primaire pourra aussi être diminué de façon effective lorsque les vannes deux-voies se ferment.

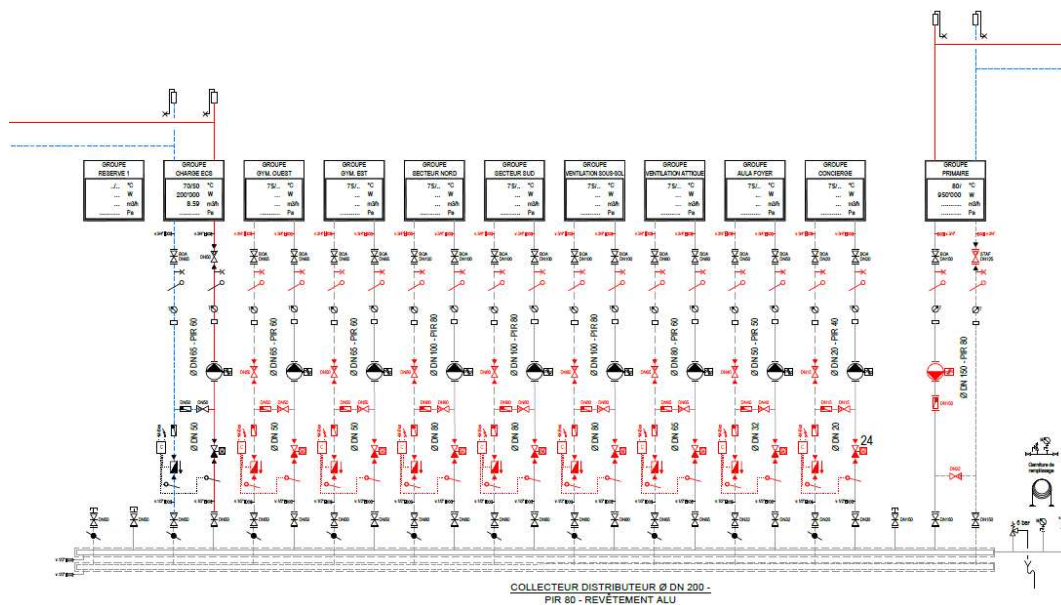


Fig 15 : Exemple de collecteur de distribution futur (injection 2 voies)

Les éléments dessinés en rouge seront changés à neuf lors de l'assainissement, les pompes des groupes seront par contre gardées, car elles sont récentes et déjà avec variateur incorporé. La pompe primaire sera changée et redimensionnée avec un variateur de fréquence bien entendu.

3.4 Production de l'ECS

Le diagramme Sankey ci-dessous nous montre que la part de l'ECS correspond à environ 10% de la consommation totale de chaleur du site, soit 230 MWh sur les 2007 MWh de 2015 (valeurs issues des rapports et du contrôle continu d'Enerplan).

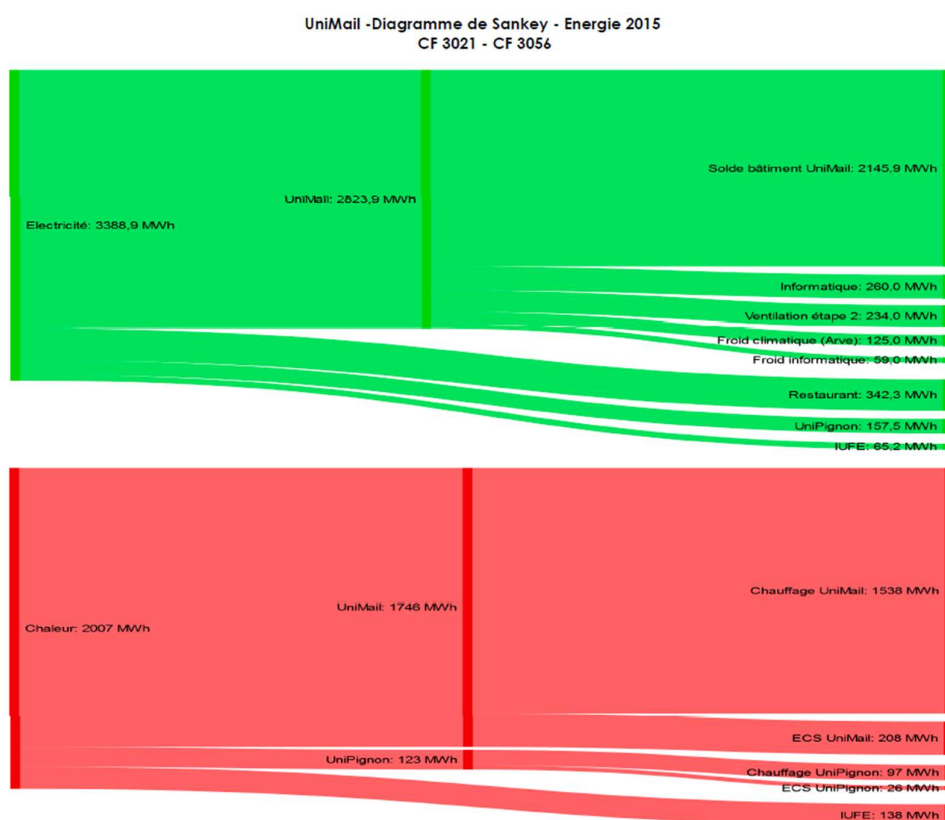


Fig 16 Diagramme de Sankey de flux d'énergie (source rapports Enerplan)

Si l'on étudie le profil de demande de chaleur estival reçu des SIG, on peut déduire la demande de chaleur liée à la production d'ECS. Sur l'année cela correspond à environ 630 kWh/jour.

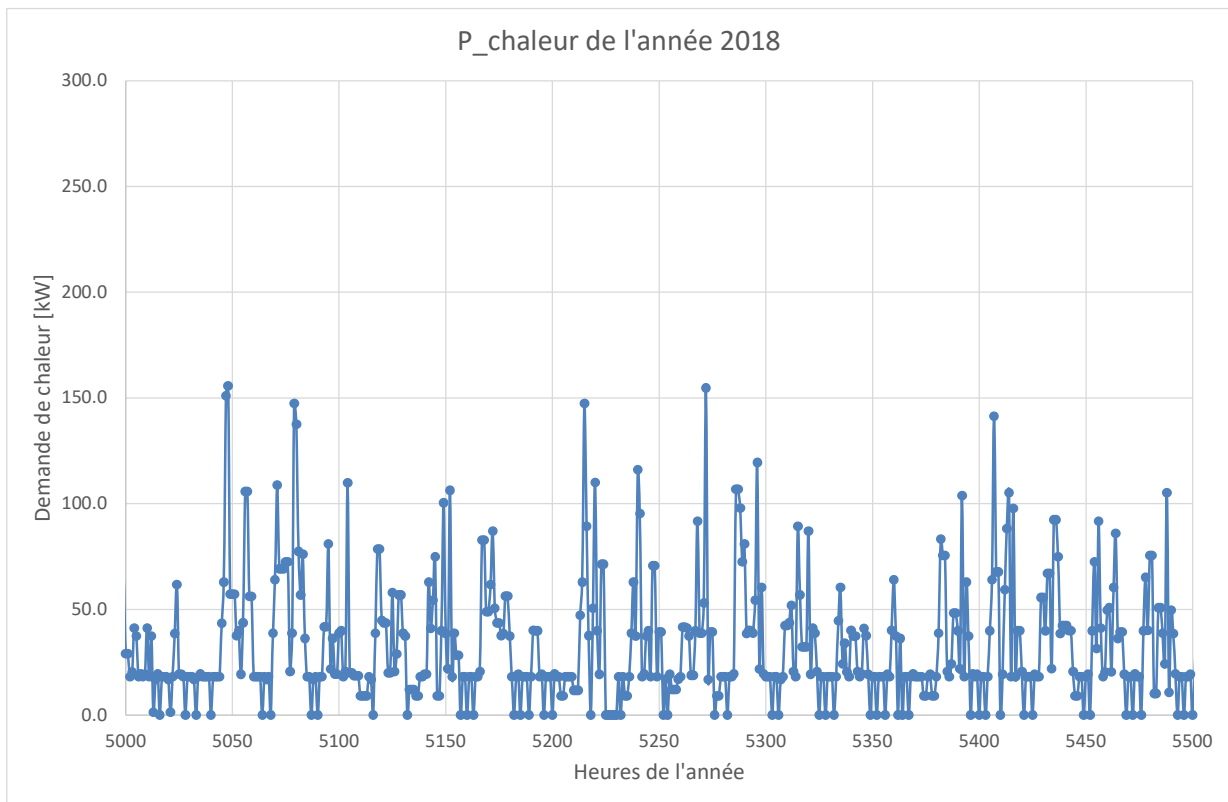


Fig 17 Consommation chaleur durant le mois d'août

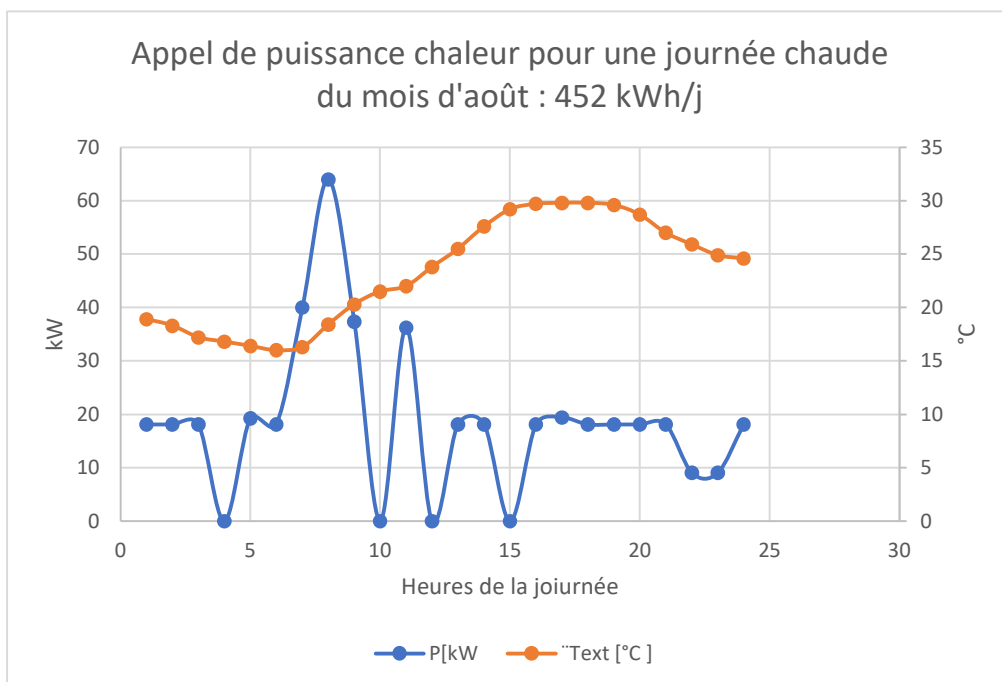


Fig 18 Consommation chaleur durant une journée chaude du mois d'août

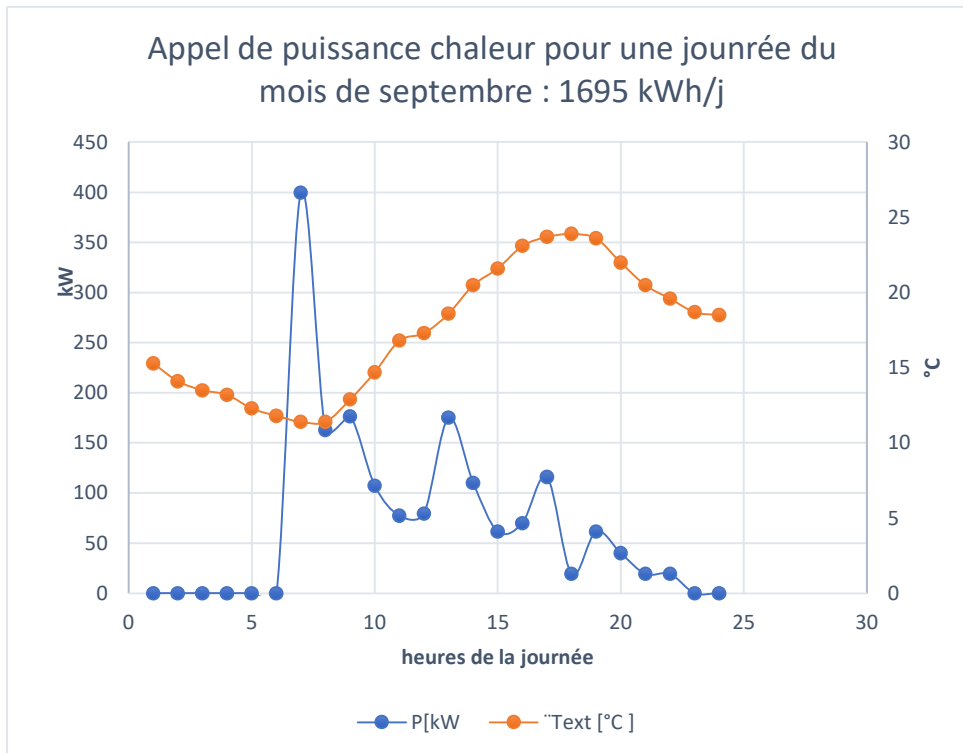


Fig 19 Consommation chaleur durant une journée chaude du mois de septembre

La journée du mois d'août correspond à une période sans activité importante dans l'université, celle de septembre avec une reprise des étudiants donc une utilisation de plus d'ECS notamment pour le restaurant.

La consommation 'sans' activité de cours est de 452 kWh/j et avec plus de présences des étudiants de 1650 kWh/j.

La consommation de 650 kWh/j correspond à une puissance moyenne soutirée sur 24 h de 27 kW.

Le bureau Enerplan SA a proposé d'installer une petite PAC qui utilise la chaleur du local serveur pour chauffer l'ECS. Ce système permettrait de complètement arrêter la distribution chaleur principale en été. Cette installation pourrait puiser la chaleur directement dans le local serveur au moyen d'une armoire complémentaire, ou directement sur les condenseurs des armoires splits actuelles au niveau -1 vers le passage parking en face de l'entrée de la chaufferie. Cette solution serait plus simple, car on n'aurait pas à installer du matériel dans le local serveur, mais aurait un rendement global moins bon. La puissance du local serveur est de 36 kWfr, donc très proche des 27 kW moyens de consommation pour la production d'ECS.

4 Variante 1 : Production de chaleur avec chaudières à gaz à condensation, et brûleurs bicomcombustibles et PAC sur l'air du parking et des rejets

Actions entreprises :

- Assainissement des groupes de départs, mise en place d'un système à débit variable et injection 2-voies
- Installation de 2 chaudières à gaz et bicomcombustible (mazout) avec échangeur à condensat. Chaque chaudière a une puissance de 800 kW. Le brûleur est modulant en mode gaz et à 2 étages au mazout.
- Installation d'une PAC à haute température de 348 kWch sur l'air du parking et des rejets
- Complément de la régulation pour prendre en charge les éléments supplémentaires et remplacement total de la régulation actuelle

La figure de la page 16 illustre la nouvelle production chaleur proposée en variante 1. Cette variante a été simulée selon les deux profils de demande obtenus des SIG à savoir l'année 2018 et 2019.

Les résultats nous ont donné un taux de couverture de la PAC de 65% avec le profil 2018 et 62% avec le profil 2019.

Selon demande chaleur 2018

Actuellement							
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	Taux couverture
1877	125 759	463 050	2 515	591 324	427 731	417 708 000	0
Variante PAC/GAZ							
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	couverture PAC %
664	44 512	518 093	3 561	566 167	151 395	260 612 283	65

Selon demande chaleur 2019

Actuellement							
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	couverture PAC %
2285	153 095	456 288	3 062	612 445	520 706	474 307 200	0
Variante PAC/GAZ							
Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	couverture PAC %
870	58 295	520 542	4 664	583 501	198 273	291 014 688	62

L'économie de CO2 est de 300 tonnes par an

La part de couverture simulée de la PAC dans la production chaleur est de 65% avec la demande de 2018 et 62% avec celle de 2019

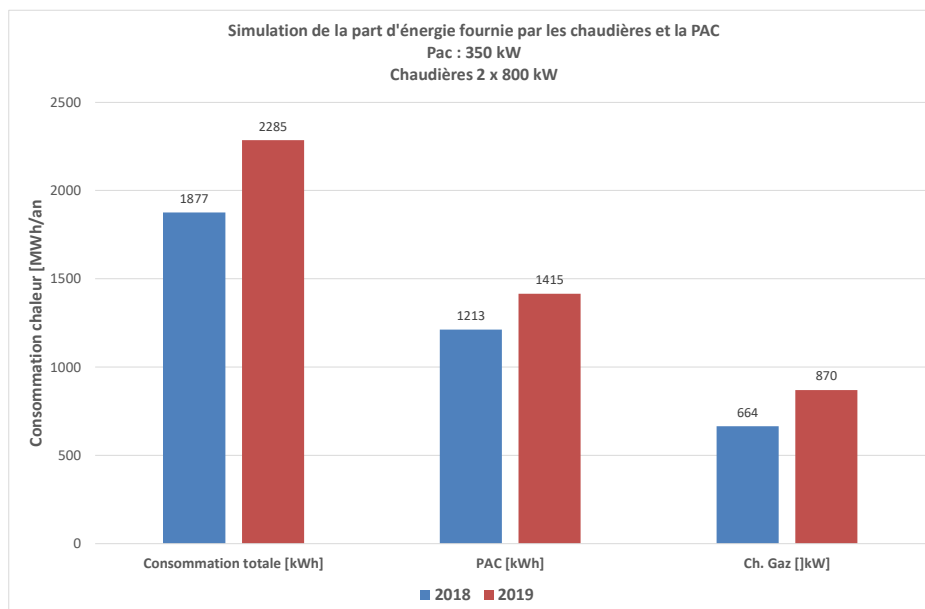


Fig 20 : Répartitions des productions de chaleur entre la PAC et les chaudières

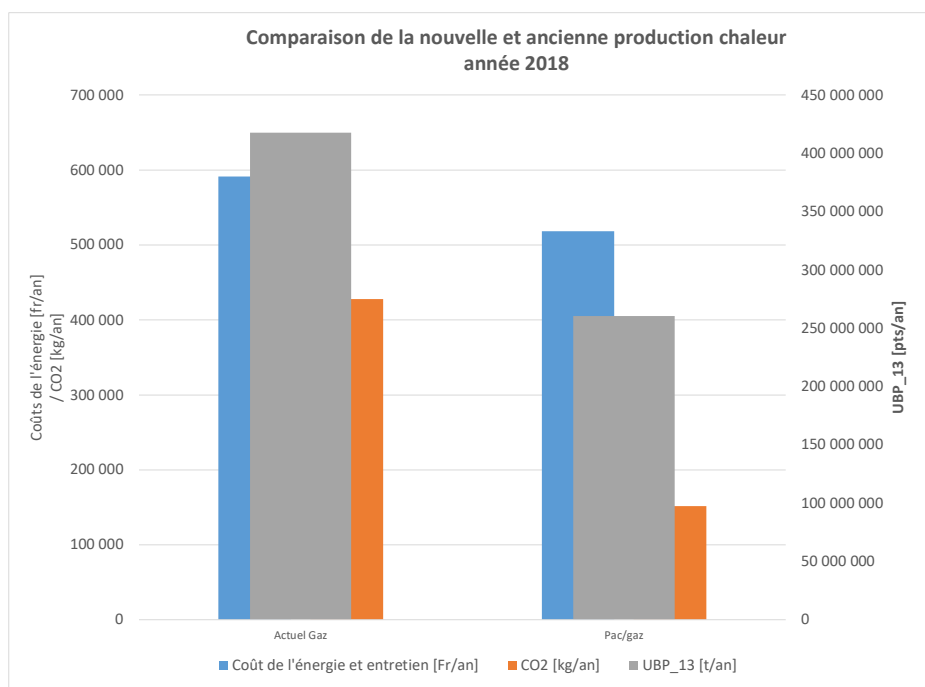


Fig 21 : Comparaison avant et après assainissement pour l'année 2018

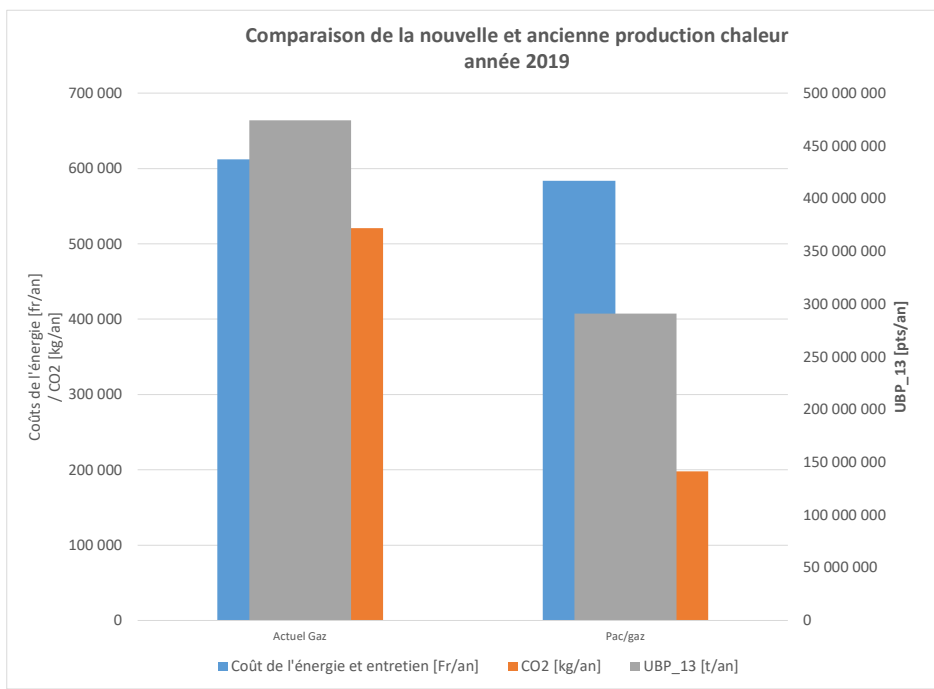


Fig 22 : Comparaison avant et après assainissement pour l'année 2019

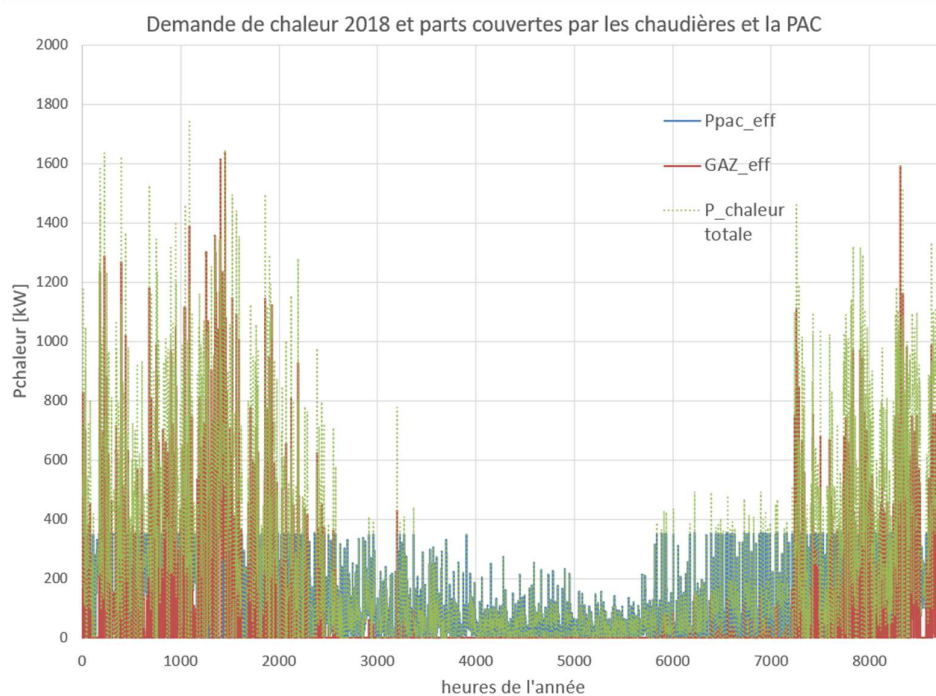


Fig 23 : Basées sur la demande de chaleur 2018, puissances couvertes par les chaudières en rouge et par la PAC en bleu, en vert la demande totale

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

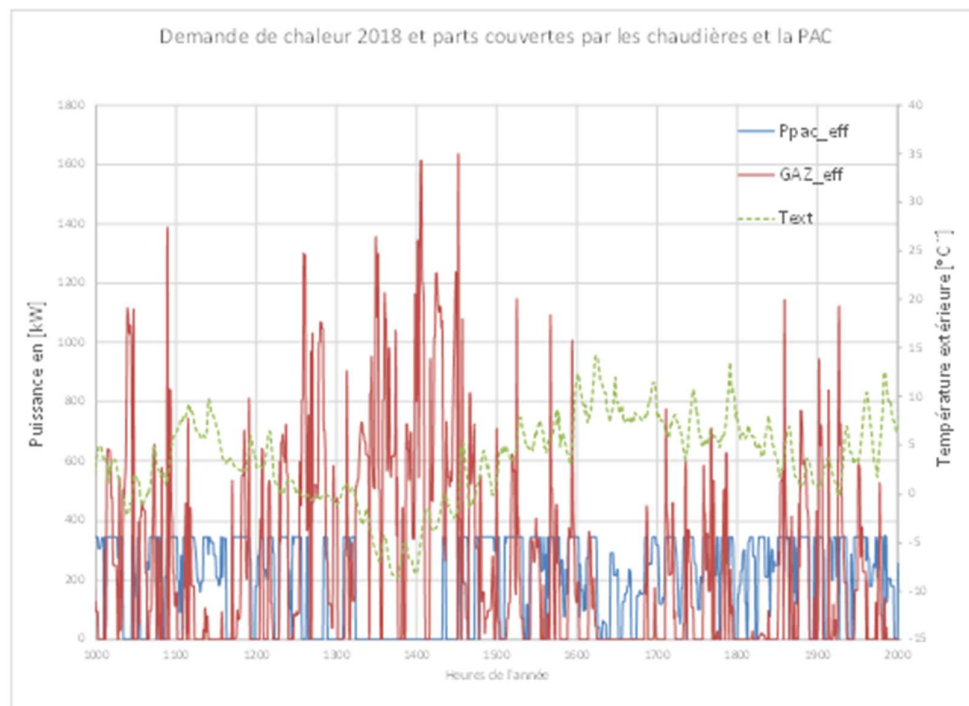


Fig 24 : Basées sur la demande de chaleur 2018, puissances couvertes par les chaudières en rouge et par la PAC en bleu en période hivernale



Effin'Art

Budget : V1

Uni-Mail Récupération

Précision : ± 20%

Concerne : Description

Date : 29,11,2021

CFC	Designation	Prix	Sous-total	Total
144	Démontage / Evacuation			<u>25 000 CHF</u>
144.0	Démontage des installations		25 000 CHF	
	Démontage des chaudières existantes	25 000 CHF		
	Démontages ventilation	5 000 CHF		
230	Electricité			<u>180 000 CHF</u>
230.0	Installation électriques		180 000 CHF	
	Divers installations	180 000 CHF		
240	Installation de chauffage			<u>615 000 CHF</u>
241	Production de chaleur		535 000 CHF	
	Chaudières	200 000 CHF		
	Pompe à chaleur PAC	200 000 CHF		
	Appareils divers	40 000 CHF		
	Accumulateurs	25 000 CHF		
	Change Over dégivrage	70 000 CHF		
242	Distribution de chaleur		80 000 CHF	
	Divers installations	80 000 CHF		
244	Installation de ventilation			<u>110 000 CHF</u>
244	Installation de ventilation		110 000 CHF	
	Divers installations	110 000 CHF		
246	Installation de refroidissement			<u>145 000 CHF</u>
246	Installation de refroidissement		145 000 CHF	
	Tuyauterie	70 000 CHF		
	Panopelies	75 000 CHF		
25	Installation sanitaires			<u>20 000 CHF</u>
239	Installations sanitaires		20 000 CHF	
	Divers installations	20 000 CHF		
239	Automation du bâtiment			<u>160 000 CHF</u>
239	Automation du bâtiment		160 000 CHF	
	Divers installations	160 000 CHF		
XXX	Contrat de maintenance annuel			<u>0 CHF</u>

Récapitulatif des prix

CFC	Designation	Prix
144	Démontage / Evacuation	25 000 CHF
230	Electricité	180 000 CHF
240	Chauffage	615 000 CHF
244	Ventilation	110 000 CHF
246	Refroidissement	145 000 CHF
250	Sanitaire	20 000 CHF
239	Automation du bâtiment	160 000 CHF
	Sous-total	1 255 000 CHF
	Réserve 10%	109 500 CHF
Total		1 364 500 CHF

Non compris :

- Tout travail de démolition non spécifié
- Travaux d'étanchéité
- Travaux de serrurerie
- Travaux de ferblanterie et faux-plafonds
- Travaux électrique (hors mis les travaux spécifiquement spécifié)
- Travaux de rebouchage et maçonnerie en tout genre
- Travaux en horraire découpé / hors des heures normal de travail
- Honoraire ingénieurs et architectes

En définitive tout travail qui n'est pas clairement décrit dans le présent budget

5 Variante 2 : Production de chaleur avec chaudières à gaz à condensation, et brûleurs bicom bustibles et PAC plus puissante sur l'air du parking et des rejets

Cette variante est similaire à la première sinon que la puissance de la PAC est plus importante, on a cherché à augmenter la puissance soutirée de l'air extérieur proche de l'entrée du parking. On profite aussi pour refroidir le local serveur et utiliser cette énergie pour notre PAC.

La puissance totale de la PAC est passée à 670 kW pour une puissance totale de la source froide potentielle de 450 kW.

La part couverte par la PAC passe à 85% de la demande de chaleur et plus que 15% serait couvert par la chaudière à gaz. L'investissement passerait de 1'364'000 Fr à 1'504'800 Fr. L'augmentation étant due à la PAC plus puissante et aux appareils permettant de récupérer de la chaleur supplémentaire sur l'air du parking en entré de ce dernier (rampe).



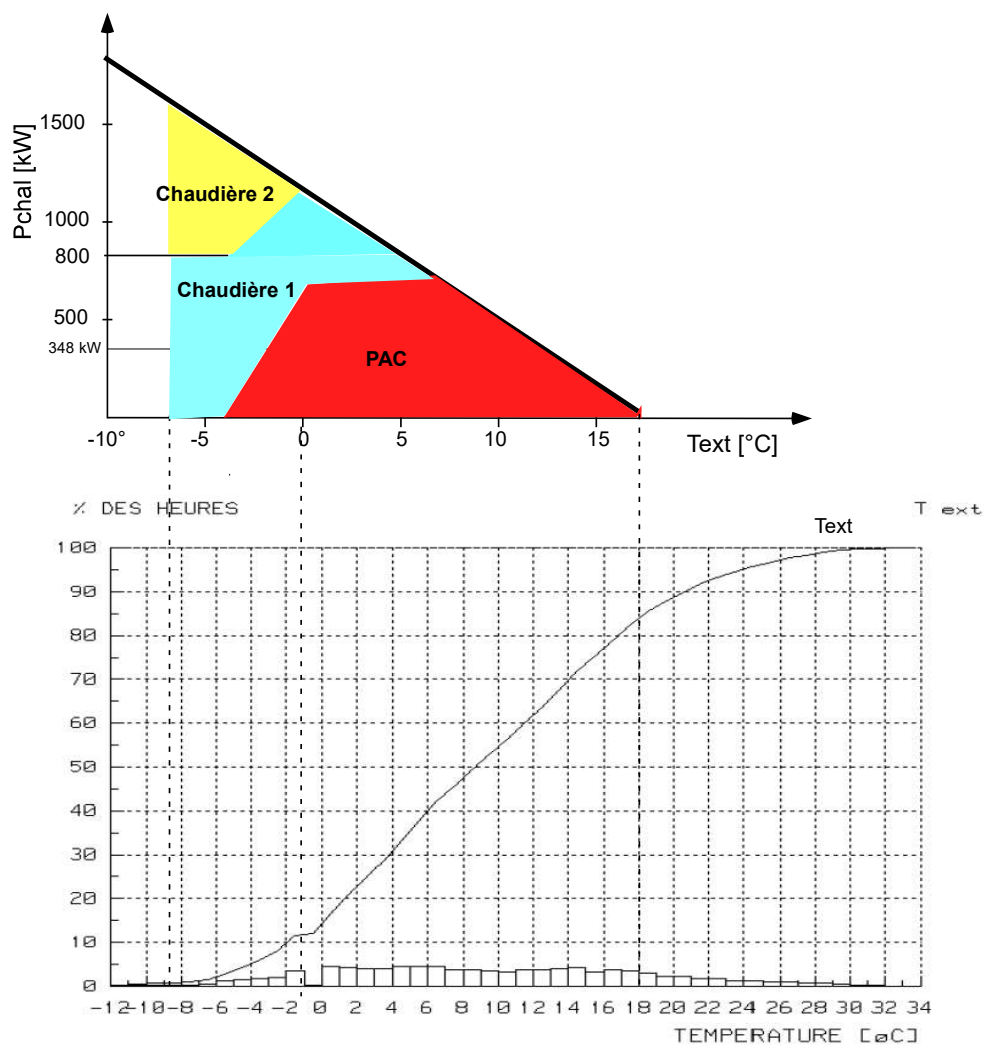


Fig 26: Illustration de la cascade des producteurs chaleur par rapport à la demande avec la distribution des températures extérieure

Selon demande chaleur 2018

Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	couverture PAC %
1877	125 759	463 050	2 515	591 324	427 731	417 708 000	0

Consommation [MWh] gaz	Coûts énergie chaleur [Fr/an]	Coûts énergie élec sans pointes [Fr/an]	Coûts entretien [Fr/an]	Total [FR/an]	émission CO2 kg/an	émission UBP_13 kg/an	couverture PAC %
280	18 762	536 829	1 501	557 092	63 814	211 233 473	85

On note une économie de 367 tonnes de CO2 par an.

La part de couverture simulée de la PAC dans la production chaleur est de 85% avec la demande de 2018

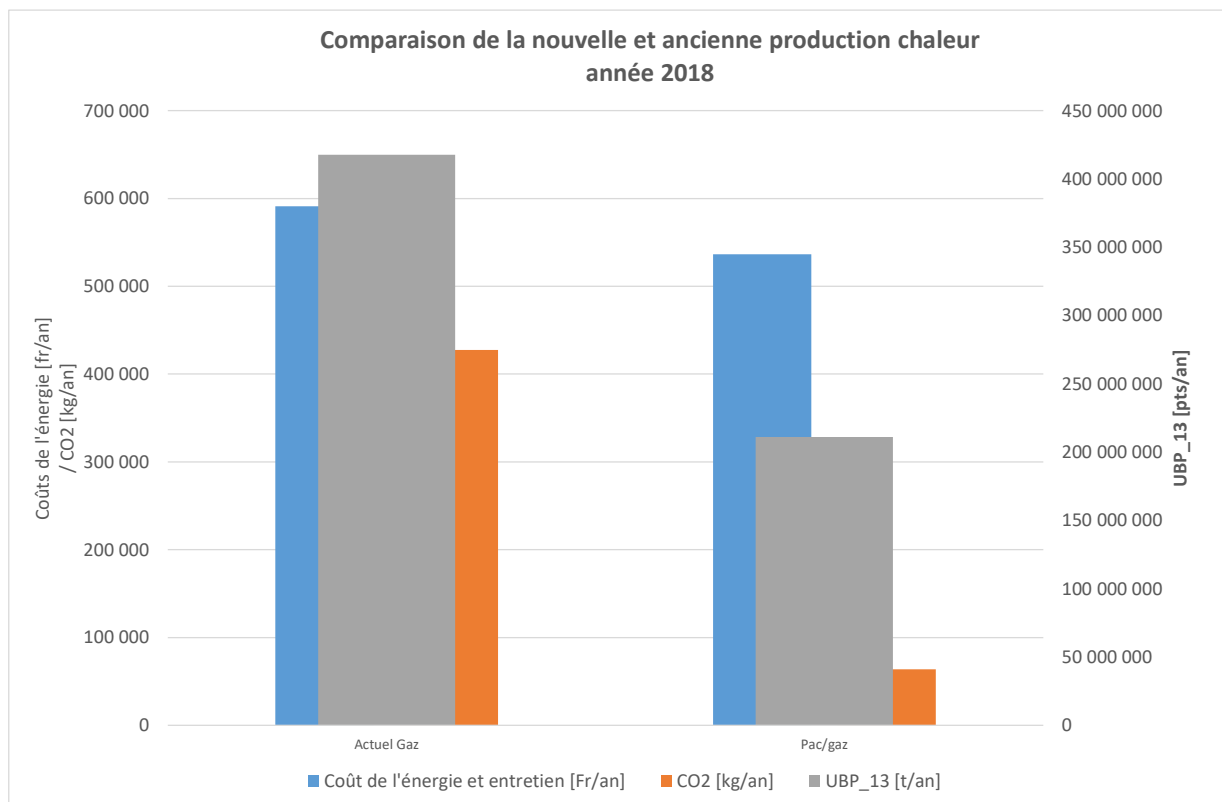


Fig 27 : Comparaison avant et après assainissement pour l'année 2018



Effin'Art

Budget : V2

Uni-Mail Récupération

Précision : ± 20%

Concerne : Description

Date : 17,06,2022

CFC	Designation	Prix	Sous-total	Total
144	Démontage / Evacuation			<u>25 000 CHF</u>
144.0	Démontage des installations		25 000 CHF	
	Démontage des chaudières existantes	25 000 CHF		
	Démontages ventilation	5 000 CHF		
230	Electricité			<u>180 000 CHF</u>
230.0	Installation électriques		180 000 CHF	
	Divers installations	180 000 CHF		
240	Installation de chauffage			<u>688 000 CHF</u>
241	Production de chaleur		608 000 CHF	
	Chaudières	200 000 CHF		
	Pompe à chaleur PAC	240 000 CHF		
	Appareils divers	73 000 CHF		
	Accumulateurs	25 000 CHF		
	Change Over dégivrage	70 000 CHF		
242	Distribution de chaleur		80 000 CHF	
	Divers installations	80 000 CHF		
244	Installation de ventilation			<u>130 000 CHF</u>
244	Installation de ventilation		130 000 CHF	
	Divers installations	130 000 CHF		
246	Installation de refroidissement			<u>175 000 CHF</u>
246	Installation de refroidissement		175 000 CHF	
	Tuyauterie	70 000 CHF		
	Panopelies	105 000 CHF		
25	Installation sanitaires			<u>20 000 CHF</u>
239	Installations sanitaires		20 000 CHF	
	Divers installations	20 000 CHF		
239	Automation du bâtiment			<u>165 000 CHF</u>
239	Automation du bâtiment		165 000 CHF	
	Divers installations	165 000 CHF		
XXX	Contrat de maintenance annuel			<u>0 CHF</u>

Récapitulatif des prix

CFC	Designation	Prix
144	Démontage / Evacuation	25 000 CHF
230	Electricité	180 000 CHF
240	Chauffage	688 000 CHF
244	Ventilation	130 000 CHF
246	Refroidissement	175 000 CHF
250	Sanitaire	20 000 CHF
239	Automation du bâtiment	165 000 CHF
	Sous-total	1 383 000 CHF
	Réserve 10%	121 800 CHF
Total		1 504 800 CHF

Non compris :

- Tout travail de démolition non spécifié
- Travaux d'étanchéité
- Travaux de serrurerie
- Travaux de ferblanterie et faux-plafonds
- Travaux électrique (hors mis les travaux spécifiquement spécifié)
- Travaux de rebouchage et maçonnerie en tout genre
- Travaux en horraire découpé / hors des heures normal de travail
- Honoraire ingénieurs et architectes

En définitive tout travail qui n'est pas clairement décrit dans le présent budget

6 Variante 3 : En parallèle à la variante 1 et 2, installation d'une PAC dédiée à la production de l'eau chaude sanitaire.

Cette variante permettrait de récupérer la chaleur du local serveur et de l'utiliser pour la production de l'ECS tout en arrêtant la PAC principale et les chaudières en été.

Afin de satisfaire au mieux les besoins d'ECS sur la base d'une puissance récupérée relativement faible mais continue, il faudra installer un grand stock de chaleur qui sera chauffé en continu par la petite PAC.

Pserveur	36	kWél
Consommation serveur (source chaleur)	315 360	kWh/an
cop fr	2.5	kWhélec
Cons. Elec Armoire clim conventionelle	126 144	kWhélec
Consommation Pac	112 629	kWhélec
copch	3.8	
Energie PAC condenseur disponible	427 989	KWhth
Besoins ecs	230 000	kWh/an
A disposition en plus à injecter dans le réseau de chauffage principal	197 989	kWh/an

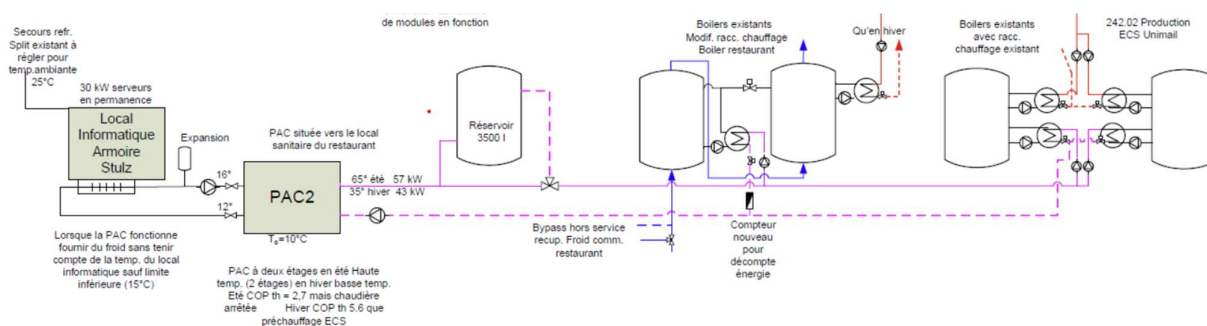


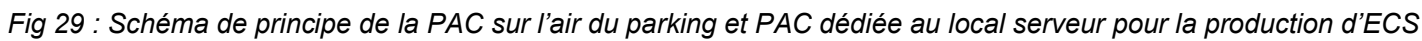
Fig 28 : Production de chaleur pour l'ECS au moyen d'une PAC sur le local serveur selon concept et rapport Enerplan

CONSOMMATION

Consommation élec pac dédiée serveur	112 629	kWhélec	-16 556 CHF
ECONOMIES			
Energie ch PAC principal	197 989	kWhchal	13 265 CHF
Consommation de la clim serveur	126 144	kWhélec	8 452 CHF
Economie chaleur ECS	230 000	kWhchal	15 410 CHF
TOTAL			20 570 CHF

L'investissement nécessaire pour réaliser cette variante dépend entre-autre des travaux à effectuer dans le local serveur. Ces derniers n'ont pas pu être précisément évalués dans le cadre de notre étude, des discussions avec le service informatique de l'université seront nécessaire pour aller plus loin dans ce concept.

Dans le cadre de son étude Enerplan avait estimé l'investissement à 90'000.- fr à cela nous avons ajouté la partie du couplage de la réinjection du surplus de chaleur dans le circuit de récup de la PAC principale estimée à 110'000 fr. L'investissement total est donc de 200'000 fr.



7 Rentabilité

Les tableaux qui suivent présentent succinctement les investissements et le ROI la variante proposée, avec et sans PAC pour l'ECS.

7.1 Sans PAC dédiée à l'ECS

Les honoraires des ingénieurs et architectes ne sont pas compris dans l'investissement.

Investissement 1 364 500.00 CHF

	Economie [fr]
2018	25 158
2019	28 944
Moyenne	27 051

ROI 50

La rentabilité est basse notamment du fait qu'une partie des coûts sont dus à de la rénovation de matériel obsolète, comme par exemple, le système MCR, ou les chaudières à gaz. Si l'on ne considérait que les travaux liés à la PAC le ROI serait meilleur. Les travaux permettent néanmoins d'économiser 300 Tco2/an sur les 475 Tco2/an moyennes émises actuellement.

Si l'on considère que les investissements doivent être partagée entre l'installation de la PAC sur l'air de récup du parking et l'assainissement des chaudières et du MCR qui devaient de toute façon être réalisé rapidement, l'investissement passerait à 890'500 Fr. Le ROI deviendrait donc meilleur tout en restant relativement haut.

Investissement 890 500.00 CHF

	Economie [fr]
2018	25 158
2019	28 944
Moyenne	27 051

ROI 33

Pour la PAC plus grande (670 kW, variante 2) le ROI passerait à respectivement à 43 et 30 ans selon les investissements pris en compte avec une économie de CO2 de 364 tonnes/ans. Le taux de couverture de la PAC serait de près de 85%.

7.2 PAC dédiée à l'ECS

L'investissement de 200'000.fr permettrait une économie globale de 20570 fr/an donc un ROI de plus de 9 ans. Ce qui est tout-à-fait correct. Cette variante a l'avantage de rendre indépendant la récupération chaleur du local serveur pour faire l'ECS du fonctionnement de la grande PAC, qui pourrait être trop importante pour fonctionner l'été seulement pour l'ECS.

Ce choix entre les variantes 1 et 2 et la variante 3 devra être étudié plus en détail dans la phase de projet afin de trouver la variante la plus optimale pour l'exploitation et le refroidissement du local serveur.

8 Energie de réseau

Dans la figure qui suit nous donnons le plan des réseaux de chaleur ou d'eau du lac des SIG. On voit que pour le début de 2022, l'uni mail n'est pas à portée d'un réseau.

Situation 2022

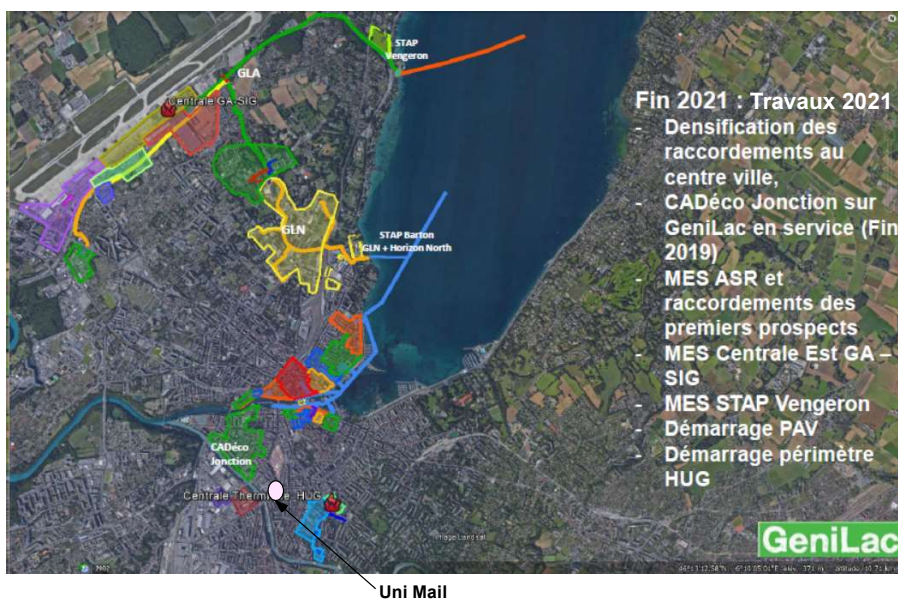


Fig 28 : Situation des réseaux SIG début 2022

En 2026 on voit apparaître à proximité le réseau Génilac, ce réseau pourrait être utilisé, comme source de chaleur froide pour une PAC et comme refroidissement direct pour l'université.

Néanmoins les travaux ont pris du retard et le réseau Génilac ne sera pas directement en contact avec l'université.

Situation 2026

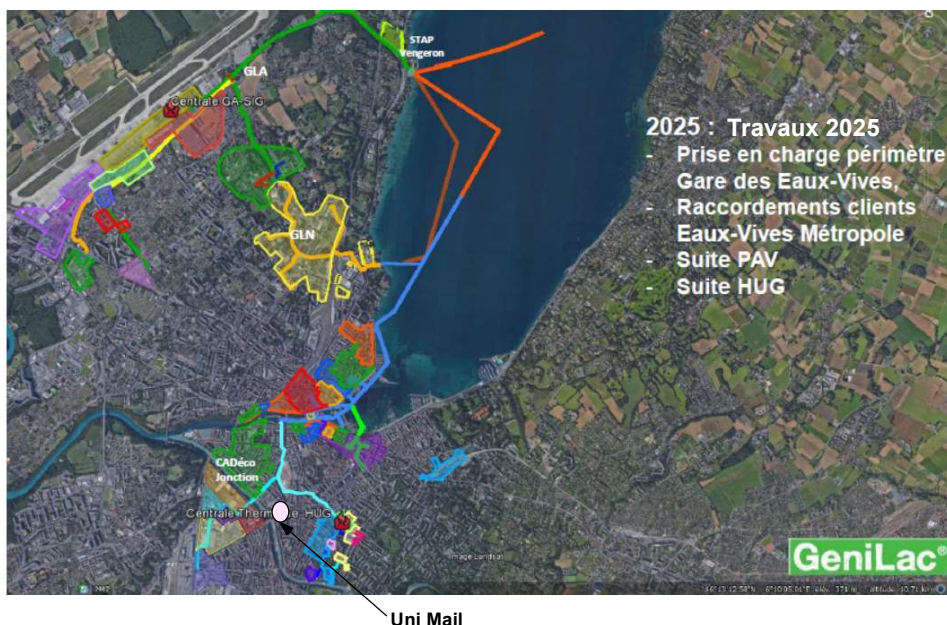


Fig 29 : Situation des réseaux SIG début 2026 (prévision)

Début 2028, on voit apparaître un autre réseau, de chaleur cette fois, lié au HUG. La PAC installée pour récupérer la chaleur de l'air du parking pourra très bien continuer de fonctionner et pourra même être associée à une deuxième PAC sur l'eau du lac, permettant ainsi de se passer de chaudières à gaz. L'investissement de la PAC sur l'air du parking reste complémentaire aux énergies de réseau qui pourraient arriver dans la périphérie de UniMail.

On peut aussi remarquer que le programme de développement de ces réseaux prend facilement du retard et que les dates présentées sans ces figures sont plutôt optimistes. Il existe un sérieux risque que ces dernières ne soient pas respectées.

Situation 2028

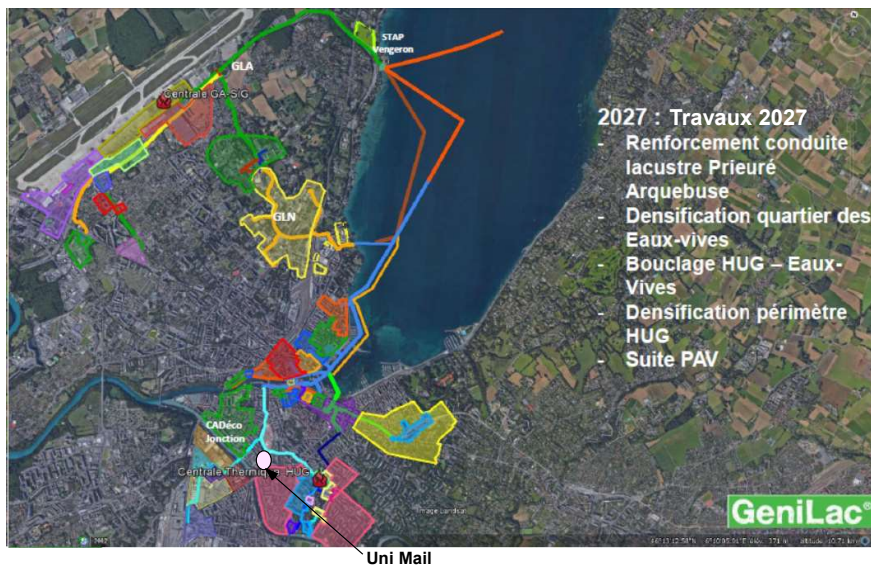


Fig 30 : Situation des réseaux SIG début 2028 (prévision)

9 Conclusion et recommandation

Suite à la prise de connaissance de l'étude du bureau Enerplan, nous avons analysé la situation des installations sur site et évalué le potentiel d'utilisation d'une PAC dans le contexte de la rénovation de la production chaleur du site. Pour affiner l'étude et l'estimation du taux de couverture de la PAC par rapport aux chaudières à gaz nous avons réalisé une signature énergétique basée sur des données de consommation de gaz horaires. Les SIG nous ont fournis les 2 années qui sont actuellement à disposition. Soit 2018 et 2019 donc avant la période covid-19. Pour les années précédentes des problèmes d'enregistrement ont probablement eu lieu car les données de 2015 à 2017 sont vides. Ces deux années disponibles sous forme horaire, nous ont permis de simuler un taux de couverture d'une PAC de 340 kW entre 62 et 65%. Ces valeurs sont intéressantes, car elles permettent un potentiel d'économie de 300 tonnes de CO₂ par an sur les 475 tonnes émises en moyenne actuellement.

Au niveau du ROI on se trouve vers 33 ans, si l'on ne considère que les investissements liés à la récupération de chaleur par la PAC, soit un investissement de 890'500 fr. Si on prend en compte la totalité de l'investissement lié au changement des chaudières, l'assainissement du MCR on passerait à 1'364'500 fr et le ROI à 50 ans. Ces investissements dus à la vétusté des systèmes sont par contre nécessaires même s'ils péjorent la rentabilité.

Dans le cas d'une PAC de plus grande puissance le ROI pourrait être légèrement amélioré et passerait de 50 à 43 ans et respectivement de 33 à 30 ans si l'on considère que la partie liée à la PAC, avec une économie de 364 tonnes /an de CO₂.

La variante avec PAC dédiée à la production de l'ECS, qui récupère la chaleur du local serveur semble être intéressante, puisque contrairement à la variante principale, le Roi est de 9 ans. Les quantités d'énergie en jeu sont nettement moins importantes, et le système plus compliqué. En phase de projet ces possibilités devront être étudiée plus en détail.

Cette solution permettrait d'aller dans la direction de la politique énergétique du canton en diminuant fortement l'impact CO₂ du site.

Nous conseillons donc de poursuivre l'analyse plus approfondie de cette variante avec PAC en centrale et récupération de la chaleur de la ventilation du parking et l'air extérieur, ainsi que celle dédiée à la production de l'ECS sur le local serveur afin d'affiner les coûts qui actuellement sont estimés à +/-20 %. Un contact avec le service informatique devra aussi être organisé afin de mieux évaluer les impacts de cette récupération chaleur sur le local serveur.

Les coûts de l'énergie ont tendance à augmenter fortement notamment celui du gaz, ce prix plus important du combustible fossile permettrait d'obtenir des économies plus importantes pour les variantes avec PAC. Cette mise à jour des prix des énergie devrait être entreprise durant la phase de projet.

L'installation d'une PAC telle que présentée dans le schéma de la figure 29, permettrait d'utiliser cette machine pour participer au refroidissement du réseau d'eau glacée du site et apporter une puissance de 250 à 450 kW selon la variante envisagée. Un branchement du circuit d'évaporation sur le réseau d'eau glacée (non représenté sur le schéma) serait envisageable et l'utilisation des batteries sur l'air extérieur et du parking permettrait d'évacuer la puissance de la condensation de cette machine.

Dans un futur à moyen terme, il existe des projets de CAD ou de réseau d'eau du lac qui seraient à proximité de notre bâtiment. Le réseau CAD qui serait développé pour 2028 à partir du Hug pourrait être une alternative comme Génilac qui devrait arriver au bout de la plaine de Plainpalais.

En cas de raccordement à Génilac, les investissements réalisés pour installer la PAC sur l'air du parking pourraient continuer à être utilisés. De plus le raccordement sur Génilac permettrait aussi de refroidir totalement le site sans apport de machines de froid ou de l'eau de l'Arve, offrant ainsi une solution fiable et durable pour le refroidissement du site. Un raccordement sur Génilac, plutôt que sur le réseau de chaleur du HUG, semble plus intéressant car il pourra être utilisé pour le refroidissement (en direct) et pour le chauffage (avec des PAC).

Lausanne le 16 juin 2022

Effinart Sàrl

Dario Aiulfi, Anthony Danz