

Syndicat Intercommunal
d'Assainissement de la Vanoise



Etude de faisabilité

Installation d'une pompe à chaleur sur la station
d'épuration du SIAV



www.groupeirhenvironnement.com

Groupe IRH Environnement



Préambule

Le présent mémoire détaille l'étude de faisabilité relative à **l'installation d'une pompe à chaleur sur la station d'épuration du SIAV**.

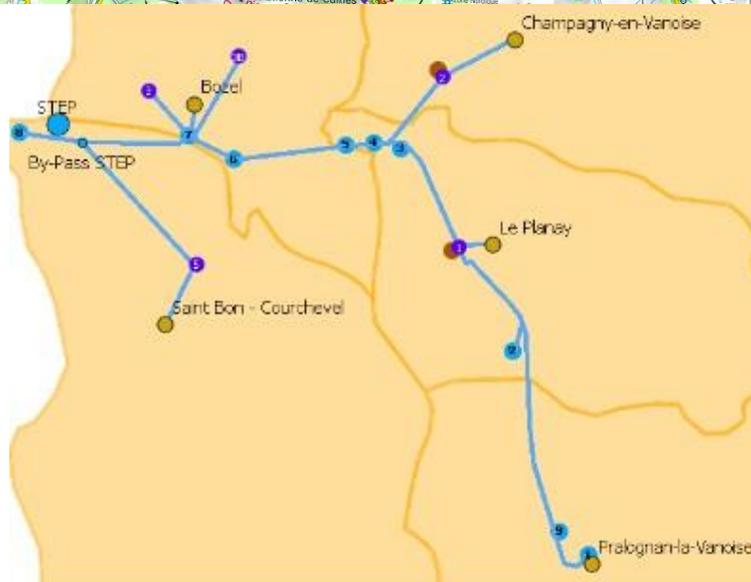
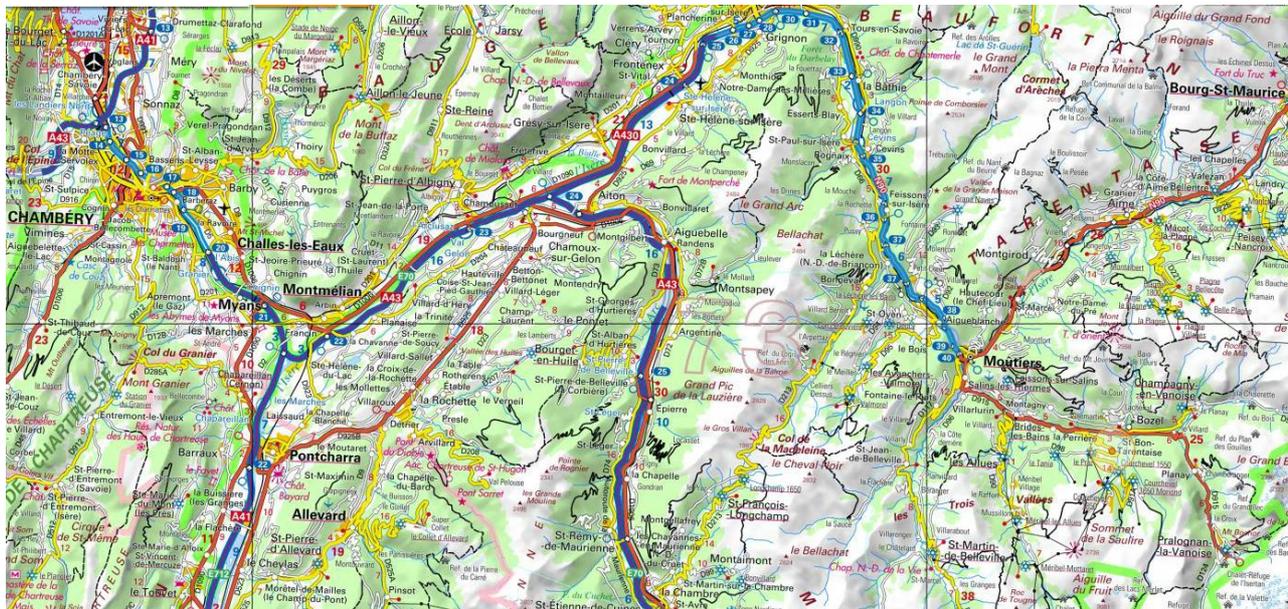
L'étude de faisabilité s'appuiera sur les éléments suivants :

- **L'étude de faisabilité** réalisée par Profil Etudes et BG Ingénieurs Conseils en Juin 2014,
- **Les données clients** concernant les débits eaux traitées, les régimes de température etc...,
- **Dossier ADEME** déposé sur la base des études précédentes.

2 Contexte de l'étude

2.1 Présentation du système de traitement des effluents

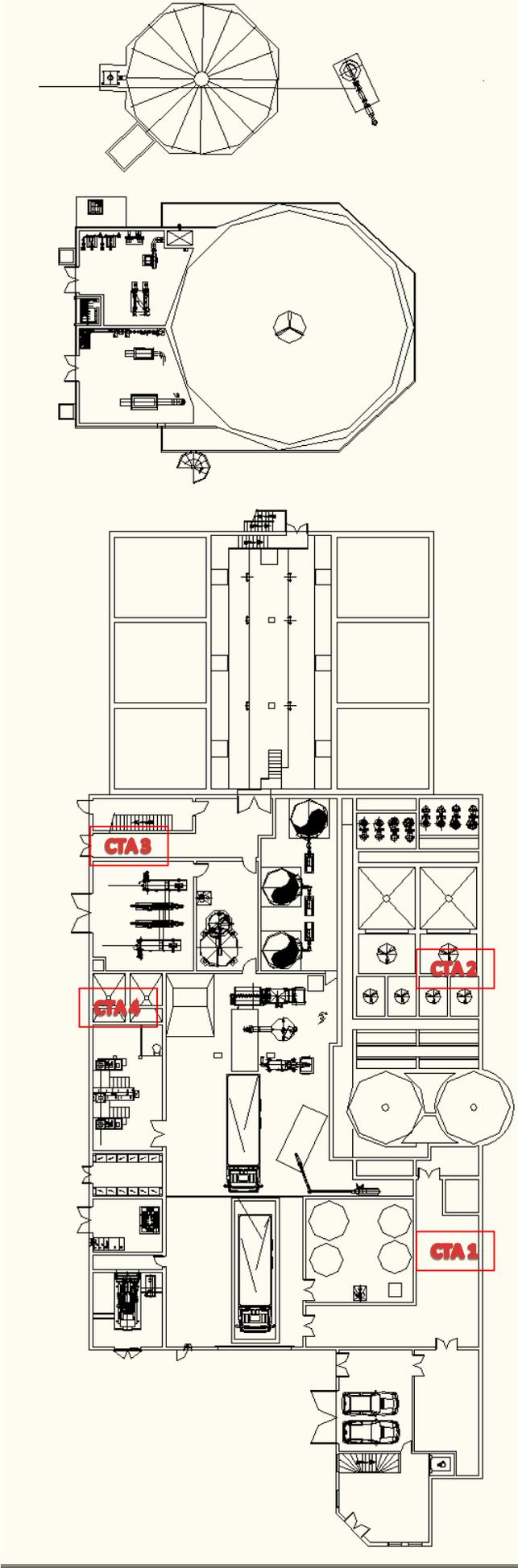
La station d'épuration du Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Vanoise se situe sur la commune de Courchevel. Cette station d'épuration traite les effluents de 5 communes : Pralognan la Vanoise, le Plagnay, Champagny en Vanoise, Bozel et Saint Bon Tarentaise.



Synoptique de fonctionnement du réseau SIAV

Au nominal, cette station d'épuration a été dimensionnée sur 65 000 EH, toutefois le contexte local (activités touristiques) implique de fortes variations de charge en entrée de station d'épuration, sur l'année 2014 (année de référence pour l'étude) on constate les volumes suivants en entrée station :

- Basse saison (printemps-automne) : 4 000 m³/j
- Haute saison (hiver) : 13 300 m³/j

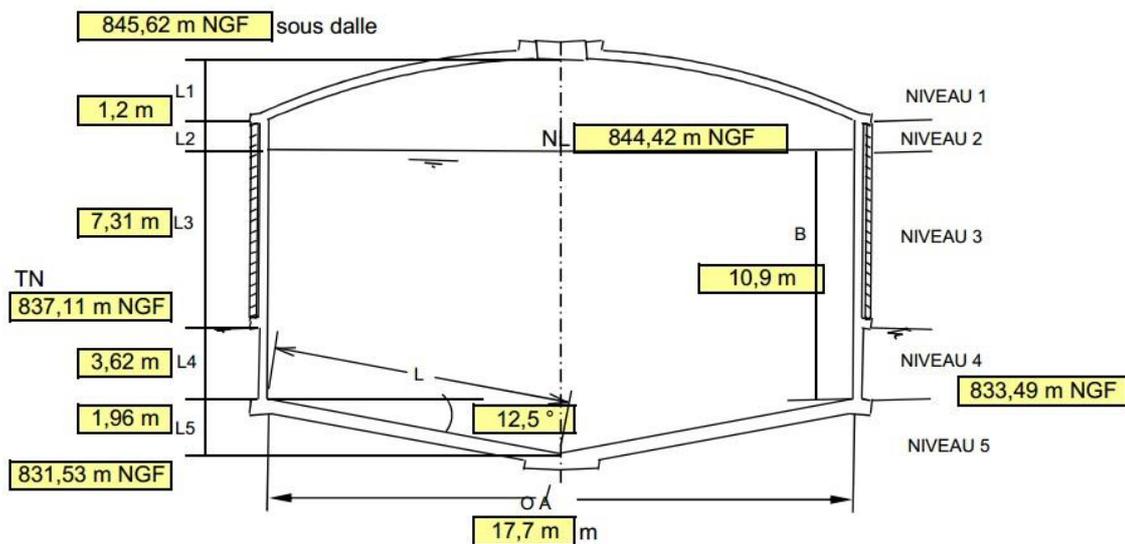


2.2 Présentation des équipements liés à la digestion des boues et au chauffage de la STEP

2.2.1 File boue

La station d'épuration est équipée d'une filière boue composée d'un digesteur et d'un gazomètre. Le biogaz produit par le digesteur est dans un premier temps stocké dans le gazomètre puis brûlé sur une chaudière biogaz.

Le digesteur a une capacité de 2850 m³ avec un débit d'alimentation en boues épaissies de 6m³/h. Ces boues sont ensuite recirculées à un débit de 70 m³/h.



2.2.2 File chauffage

La production de chaleur est assurée par une chaudière biogaz de 250kW et une chaudière fioul de 750 kW. Comme expliqué précédemment la chaudière 250kW est alimentée par le biogaz produit par le digesteur. Cette chaudière n'est pas suffisante pour chauffer l'intégralité des locaux et équipements du site, une chaudière fioul a donc été installée afin de compléter.

a. Chaudière biogaz

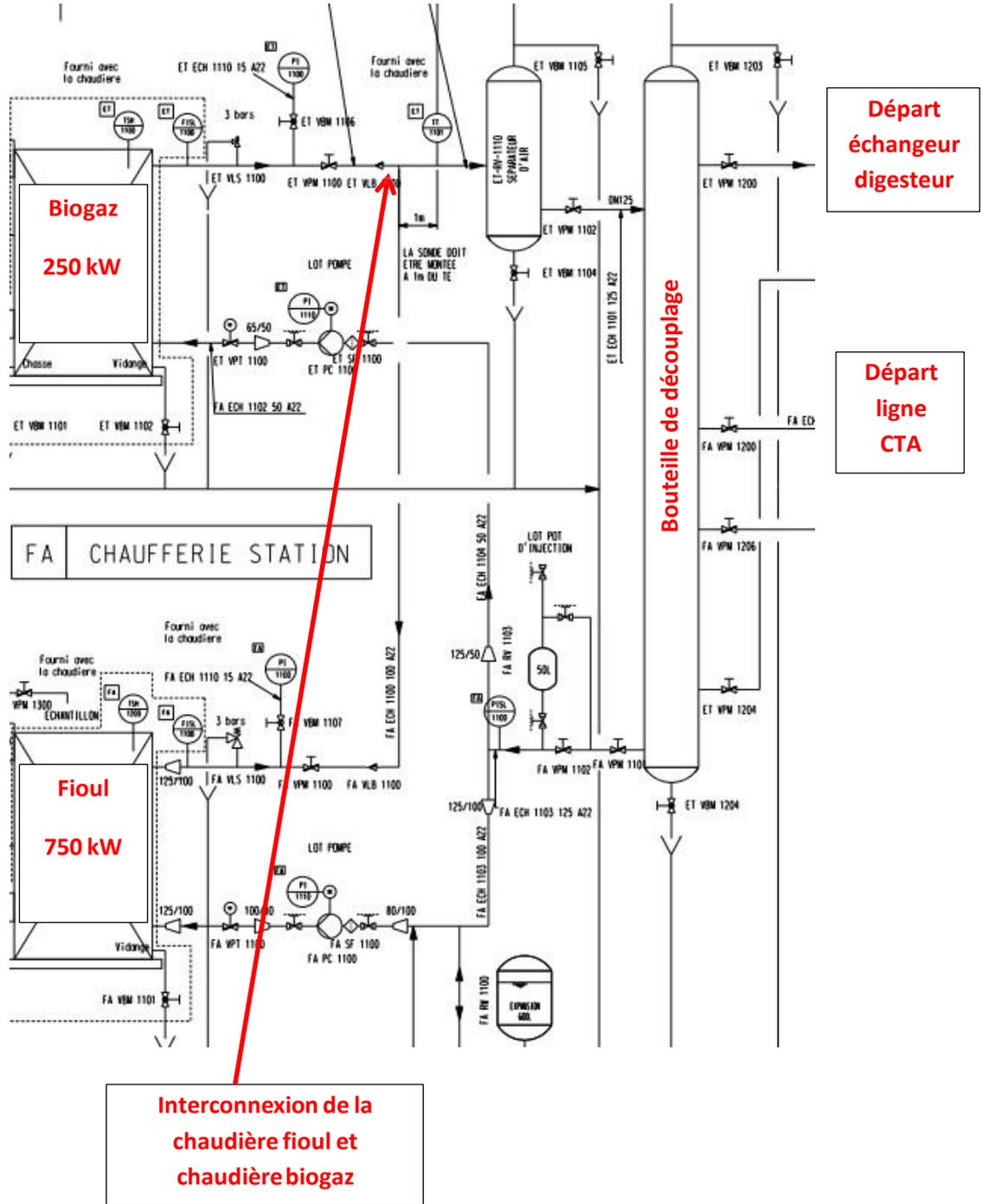
Cette chaudière d'une puissance de 250kW a été dimensionnée sur la capacité de production de biogaz du digesteur. On constate toutefois qu'à certaines périodes de l'année, la chaudière biogaz n'est pas en capacité d'absorber la totalité du biogaz fourni par le digesteur. Ce phénomène s'explique par la forte variabilité de la charge en entrée station d'épuration qui impacte directement la production de boues et donc de biogaz. **Une réflexion pourrait également être menée sur ce sujet afin de réduire les pertes de biogaz.**

Le départ eau chaude en sortie de chaudière biogaz est envoyé dans une bouteille de découplage.

b. Chaudière fioul

Cette chaudière d'une puissance de 750kW a été dimensionnée afin d'assurer le chauffage de l'ensemble des équipements et locaux de la station d'épuration. Cela comprend les éléments tels que l'échangeur du digesteur, les CTA et les émetteurs de chaleur annexes. Ces éléments seront détaillés par la suite.

Le départ eau chaude est connecté sur le départ eau chaude de la chaudière biogaz, cela permet d'assurer le complément de la chaudière biogaz en cas de température de retour eau chaude trop faible.



c. Echangeur digesteur

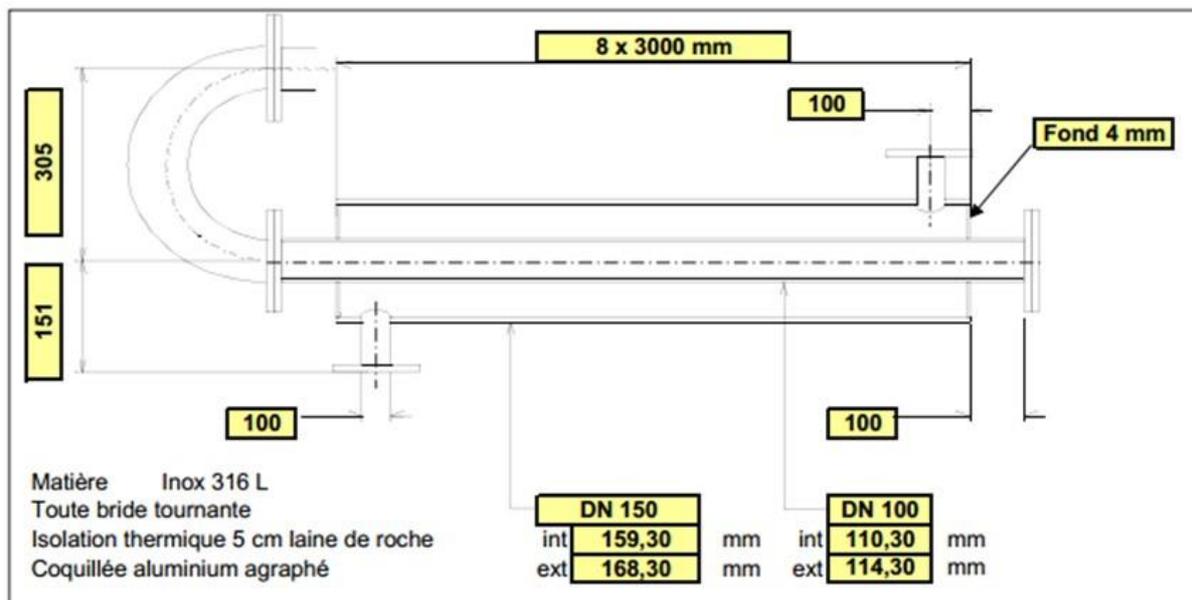
Cet équipement permet le réchauffement des boues recirculées du digesteur. Les caractéristiques de dimensionnement sont les suivantes :

Puissance : 235 kW

Débit d'alimentation en boues : 70 m³/h

Débit d'alimentation en eau chaude : 25 m³/h

Régime de température eau chaude : 70-61 °C



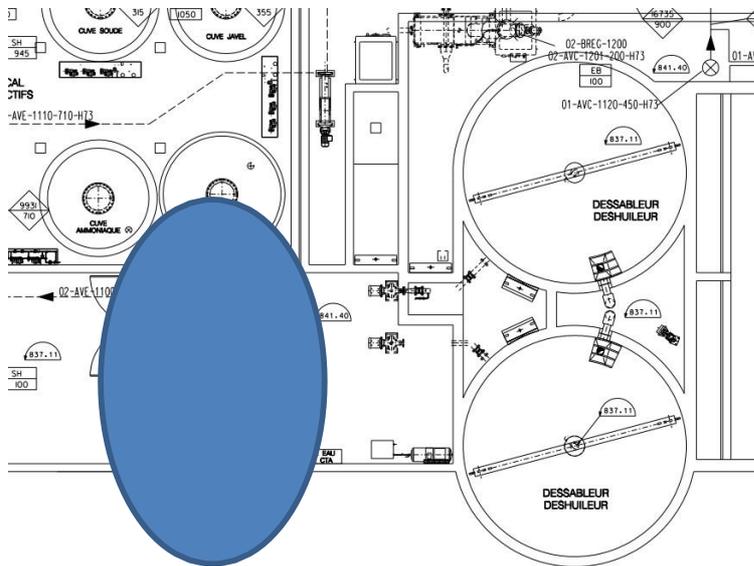
Nota : le régime de température est élevé et ne correspond pas aux régimes de température généralement utilisés pour des pompes à chaleur.

d. CTA

Ces équipements sont au nombre de 4 et permettent le chauffage des locaux d'exploitation de la station d'épuration. Les caractéristiques de dimensionnement sont les suivantes :

CTA 1 prétraitement :

nom CTA	puissance (kW)	débit air (m3/h)	régime température (°C)	débit eau (m3/h)
prétraitement	254.4	19232	75-55	10.94

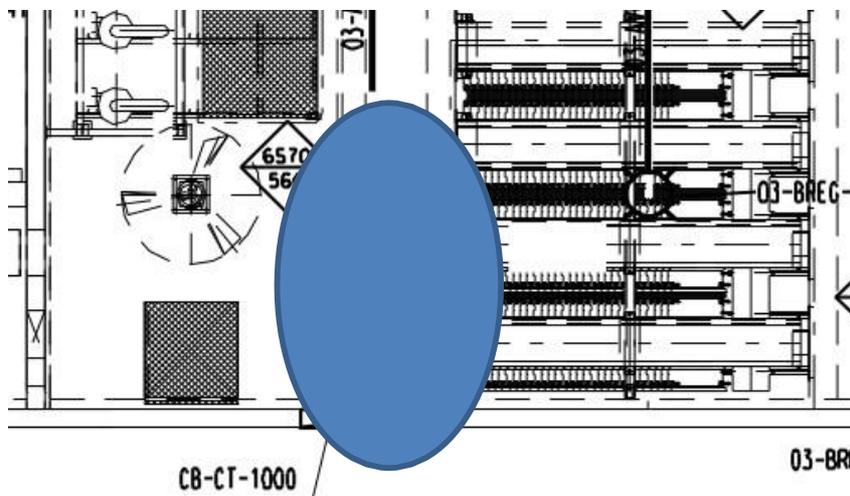


Température extérieure de référence : -20°C
Température de soufflage : 16°C

11

CTA 2 traitement primaire :

nom CTA	puissance (kW)	débit air (m3/h)	régime température (°C)	débit eau (m3/h)
traitement primaire	94.4	6570	75-55	4.06



Température extérieure de référence : -20°C
Température de soufflage : 16°C

CTA 3 traitement biologique :

nom CTA	puissance (kW)	débit air (m3/h)	régime température (°C)	débit eau (m3/h)
traitement biologique	40.5	3015	75-55	1.74

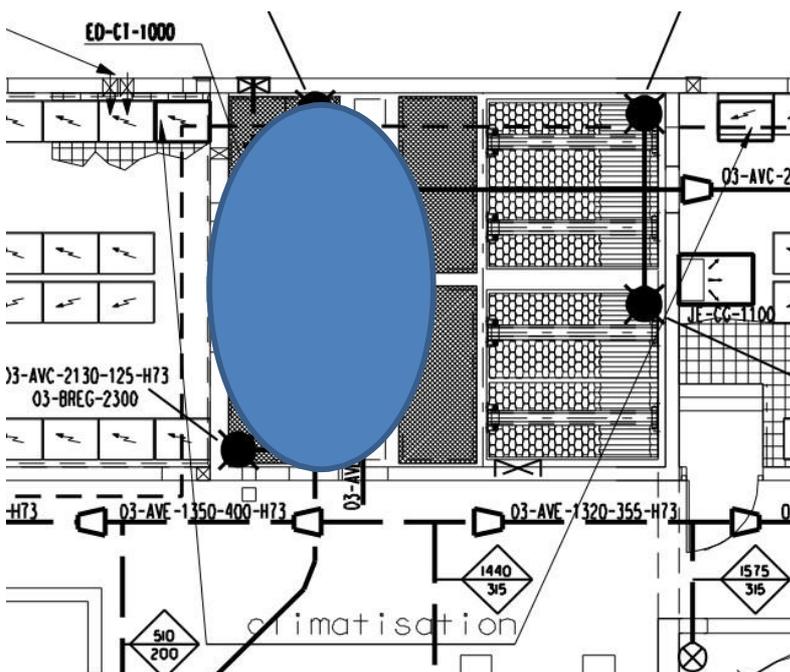


Température extérieure de référence : -20°C

Température de soufflage : 16°C

12 CTA 4 traitement des boues :

nom CTA	puissance (kW)	débit air (m3/h)	régime température (°C)	débit eau (m3/h)
traitement des boues	65.8	4545	75-55	2.83



Température extérieure de référence : -20°C

Température de soufflage : 16°C

3 Hypothèses de travail

3.1 Listing des données d'entrée

Les données de base sur lesquelles sera définie l'étude de faisabilité sont listées ci-après, elles sont issues des consommations énergétiques de la station d'épuration, du dimensionnement des équipements de chauffage réalisé lors de la construction de la station d'épuration et des demandes du client.

Plusieurs points sont à noter :

- La récupération des calories pour le fonctionnement de la pompe à chaleur se fera sur les eaux traitées ;
- L'enveloppe financière présentée dans le dossier ADEME doit être respectée ;
- L'implantation de la PAC se fera dans le local canal de rejet avec un piquage du circuit eau chaude sur le retour des CTA.

L'ensemble des données collectées est basé sur l'année 2014 (annexé à l'étude de faisabilité) et comprend :

13

- La température des eaux traitées journalières (issues de graphes) ;
- La production de biogaz journalière ;
- La consommation de biogaz journalière ;
- La consommation de fioul mensuelle ;
- Les températures extérieures journalières (extrapolation sur les 3 premiers mois de l'année car données manquantes).

3.2 Analyse de la ressource de calories récupérables

Comme expliqué dans le paragraphe précédent, la ressource primaire de chaleur devant être exploitée sur la future pompe à chaleur correspond aux eaux traitées de la station d'épuration.

Une analyse est donc nécessaire sur cette ressource afin de connaître son potentiel calorifique. Les données de débits journaliers ainsi que les températures journalières sur l'année 2014 permettront de réaliser cette analyse.

Il ressort de cette analyse annuelle :

Débit minimum : **0 m³/h sur 1 heure** (cela correspond au lavage des biofiltres)

Débit moyen annuel : **275 m³/h**

Température minimum : **10 °C**

Température moyenne : **12,3 °C**

En réalisant une analyse mensuelle on obtient les données suivantes :

Débit journalier mois par mois :

MOIS	Volume (m ³ /j)	Température (°C)
janvier	7288	12,4
février	8082	13
mars	9345	10,4*
avril	9768	10,9
mai	8574	10*
juin	5739	10,9*
juillet	4791	15
août	5493	15,2
septembre	3968	14,5
octobre	3931	13,4
novembre	5680	10,4
décembre	6366	12,1

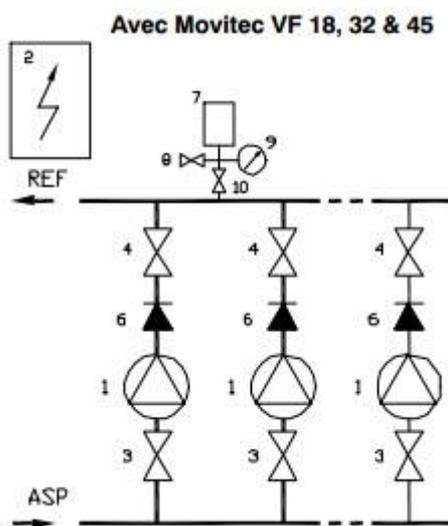
* : données manquantes, extrapolation faite

On constate une forte variabilité des volumes journaliers en sortie eaux traitées, ce qui correspond aux variations de charges en entrée station. Cette information devra être prise en compte lors de la caractérisation minimal de la ressource en chaleur.

On constate également un impact de la variation de charge sur les températures des eaux traitées. Toutefois la valeur à prendre en compte sera celle minimale afin d'assurer un fonctionnement correcte de la pompe à chaleur.

Plusieurs points peuvent être limitant pour le dimensionnement de la pompe à chaleur au vu des données sur les eaux traitées, à savoir le débit nul à certains horaires (variable et généralement tous les 1 ou 2 jours) et la température de 10°C qui imposera de réduire le delta T sur la pompe à chaleur et donc le compenser en augmentant le débit prélevé sur les eaux traitées.

Toutefois ces points limitant pourraient être amoindri en utilisant le circuit d'eau industrielle (EI), en effet ce circuit est alimenté par 4 pompes à vitesse fixe dont les caractéristiques sont les suivantes :

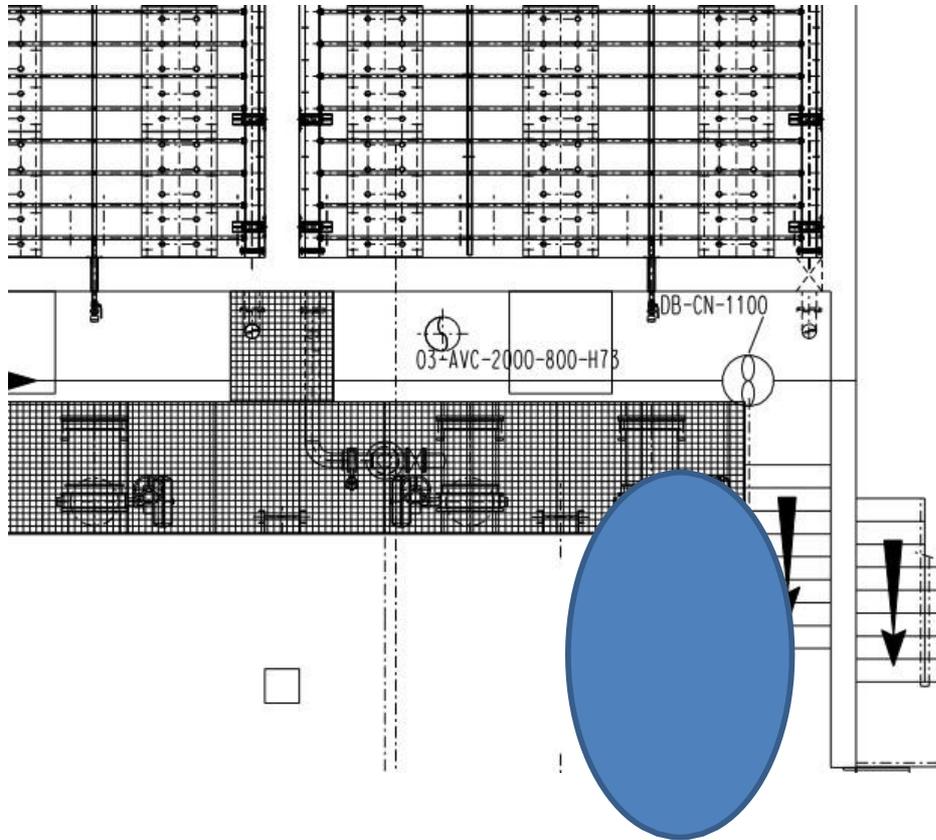


Débit au point de fonctionnement : 16 m³/h

HMT : 65 mCE

Fonctionnement en cascade à vitesse fixe permettant le fonctionnement jusqu'à 64m³/h et 160 mCE.

Implantation du groupe EI :



17

De plus ce circuit d'eau industrielle est à l'intérieur du bâtiment, il est donc probable que la température du fluide soit supérieure à la température des eaux traitées.

Au vu des données collectées, il semble intéressant de créer un piquage sur le circuit d'eau industrielle afin de profiter d'un débit permanent et d'une température possiblement plus élevée.

Les puissances thermiques disponibles en cas de piquage sur le réseau d'eau industrielle (EI) seraient donc les suivantes :

Conditions	Débit m ³ /h	Puissance thermique disponible (kW)
Utilisation d'une pompe du groupe EI	14	32
Utilisation de l'ensemble des pompes du groupe EI	64	148

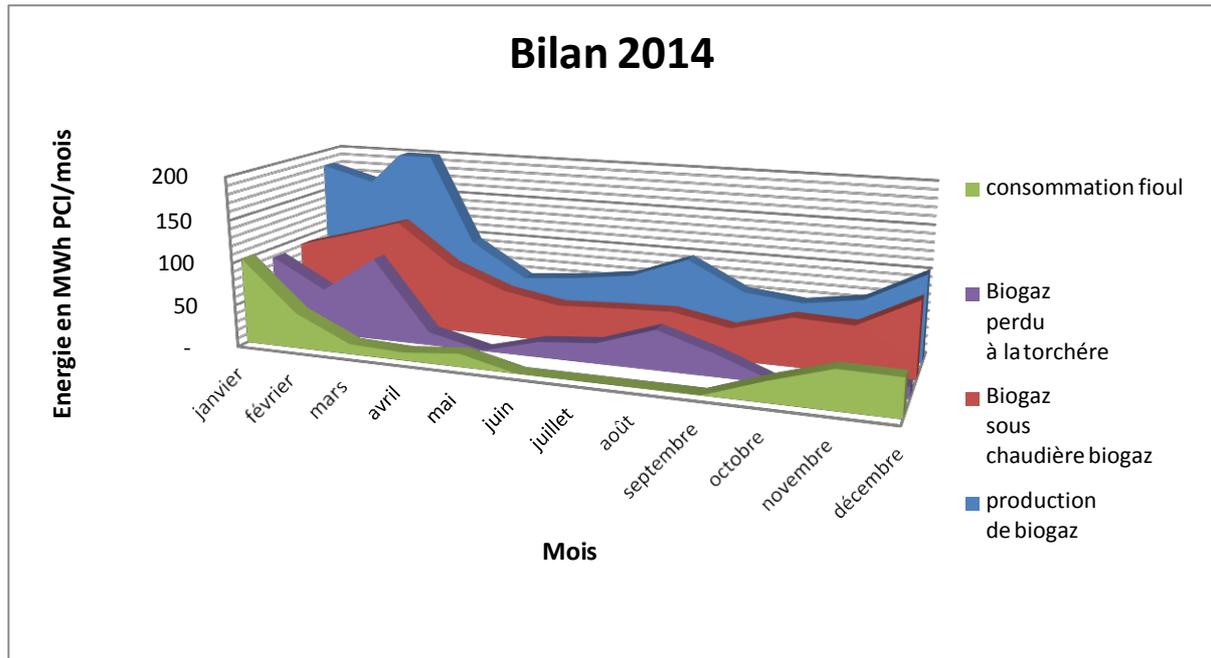
Suite à la réunion du 16/09/15, une solution alternative au piquage sur les eaux industrielles a été présentée, il s'agit de réutiliser les eaux traitées du circuit de recirculation présent dans le local du canal de comptage, cette solution permettra de s'affranchir de la consommation électrique d'une pompe pour récupérer la source de chaleur primaire. En effet la pompe présente sur le circuit de recirculation serait suffisante pour alimenter la PAC (sous réserve des études de l'entreprise).

Il a donc été décidé que la source de chaleur primaire (eaux traitées) serait piquée sur le circuit de recirculation des eaux traitées.

3.3 Analyse des besoins de chaleur

Les données d'entrées transmises par le client que sont les volumes biogaz produits, les volumes biogaz consommés et les volumes de fioul consommés nous ont permis de détailler mois par mois ainsi que jour par jour les besoins réels de la station d'épuration en fonction des conditions climatiques sur l'année 2014. Il en ressort les tableaux suivants :

Mois		<i>production de biogaz</i>	<i>consommation biogaz chaudière biogaz</i>	<i>consommation fioul</i>	<i>Biogaz perdu à la torçère</i>
	DJ base 15	Nm3	Nm3	m3	Nm3
janvier	364.50	28123	14257	10051.00	13866
février	278.00	25485	16974	4174.00	8511
mars	178.3	35137	19957	1191.00	15180
avril	99.3	15048	12607	939.00	2441
mai	72.9	8845	8734	1536.00	111
juin	0.1	9763	6940	2.00	2823
juillet	15.8	11160	7443	-	3717
août	7.4	15052	7802	-	7250
septembre	6.0	9858	5848	7.00	4010
octobre	61.7	8854	8847	2398.00	7
novembre	183.8	10476	8505	4439.00	1971
décembre	361.1	15998	13939	4332.00	2059
TOTAL	1629		131853	29069	61946



Suite à l'analyse des productions et des consommations énergétiques, on constate une perte importante de biogaz alors que la chaudière fioul fonctionne également. Cela est dû au dimensionnement de la chaudière biogaz qui ne permet pas d'absorber la totalité de biogaz produit lors des périodes de fortes charges. **Ce point pourra faire l'objet d'une autre réflexion.**

19

Au vu des consommations de fioul, la pompe à chaleur devra être capable de fonctionner durant les mois Janvier, Février, Octobre, Novembre et Décembre.

Mois	Puissance fournie Chaudière biogaz + chaudière fioul	Demande Chaleur CTA 456 kW + 30kW radiateur	Demande Chaleur Digesteur 235kW
	MWh	MWh	MWh
janvier	174.1	117.7	56.4
février	136.5	89.8	46.7
mars	126.7	57.6	69.1
avril	81.7	32.1	49.7
mai	64.7	23.5	41.1
juin	40.3	0.0	40.3
juillet	43.2	5.1	38.1
août	45.3	2.4	42.9
septembre	34.0	1.9	32.1
octobre	73.2	19.9	53.2
novembre	89.7	59.4	30.4
décembre	120.3	116.6	3.7
TOTAL	1030	526	504

Le dimensionnement de la PAC consistera, à partir de ces données, de compenser au maximum les périodes de fonctionnement de la chaudière fioul pour la production de chaleur de la « ligne eau chaude CTA ».

En effet pour des raisons d'implantation et de réduction des nuisances en termes de travaux, la pompe à chaleur sera installée sur le retour eau chaude de la « ligne eau chaude CTA », ce qui implique que seule cette partie du réseau de chauffage pourra bénéficier de la pompe à chaleur.

De plus, comme expliqué dans le paragraphe 2.2.2 les régimes de température des CTA et radiateurs sont plus élevés que les régimes de température classique de PAC. Ce point sera abordé dans le paragraphe suivant.

4 Dimensionnement de la pompe à chaleur

Comme expliqué précédemment les régimes de température des équipements n'est pas compatible avec un PAC classique basse température, afin de pallier ce problème, deux solutions sont envisageables :

- La mise en place d'une PAC haute température ;
- La réduction des températures de fonctionnement des équipements de la « ligne eau chaude CTA ».

La première solution implique la mise place d'une pompe à chaleur plus couteuse dont le COP est moins élevé que celui d'une pompe à chaleur basse température.

La deuxième solution implique la mise en place de nouvelle batterie de chauffage (échangeur) des CTA afin de réduire le régime de température.

La suite des calculs sera basée sur la première solution.

4.1 Potentiel de production de chaleur de la PAC

Suite à l'analyse des différentes données, et de l'établissement de certaines hypothèses de fonctionnement (régime de température), il est possible de calculer le potentiel de production de chaleur de la pompe à chaleur en fonction de son régime de température et des besoins en chaleur des équipements, il en ressort le tableau suivant :

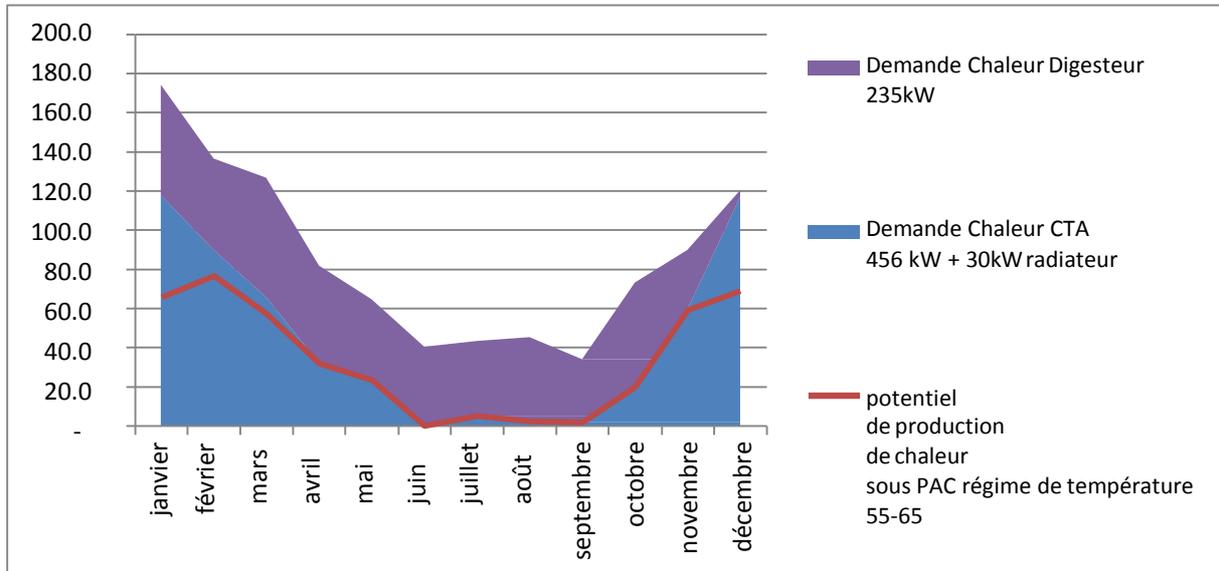
Mois	Puissance fournie Chaudière biogaz + chaudière fioul	Demande Chaleur CTA 456 kW + 30kW radiateur	Demande Chaleur Digesteur 235kW	potentiel de production de chaleur sous PAC régime de température 55-65	potentiel de production de chaleur sous PAC régime de température 55-65 percentile 95	Taux de fonctionnement de la PAC théorique 100%	Taux de fonctionnement de la PAC théorique 95%
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	%	%
janvier	174.1	117.7	56.4	92.1	65.8	78%	56%
février	136.5	89.8	46.7	89.5	76.6	100%	85%
mars	126.7	65.7	61.0	65.5	57.2	100%	87%
avril	81.7	32.1	49.7	32.0	32.0	100%	100%
mai	64.7	23.5	41.1	23.5	23.5	100%	100%
juin	40.3	0.0	40.3	0.0	0.0	100%	100%
juillet	43.2	5.1	38.1	5.1	5.1	100%	100%
août	45.3	2.4	42.9	2.4	2.4	100%	100%
septembre	34.0	1.9	32.1	1.9	1.9	100%	100%
octobre	73.2	19.9	53.2	19.9	19.9	100%	100%
novembre	89.7	59.4	30.4	59.2	59.2	100%	100%
décembre	120.3	116.6	3.7	91.0	68.9	78%	59%
	1 030	534	496	481.9	412.4	90%	83%

22

Le tableau présenté ci-dessus a été réalisé en prenant comme hypothèse la mise en place d'une pompe à chaleur haute température (régime de température 55-65°C) et pouvant assurer une puissance calorifique maximale de 220 kW.

Cette puissance de 220 kW découle de l'analyse journalière de l'appel de puissance de la ligne de chauffage CTA + radiateur (voir annexe).

Cette puissance maximale peut être minorée, en effet on constate que le percentile 95 des puissances appelées est de 161 kW. Le taux de fonctionnement de la pompe à chaleur sera alors de 83%. Le graphique ci-après présente de façon plus claire le fonctionnement de cette pompe à chaleur.



De plus la moyenne des puissances appelées sur l'année de référence est de 60 kW, il est donc important de ne pas surdimensionner la pompe à chaleur, afin de conserver une charge thermique convenable pour ne pas dégrader le COP.

23

Néanmoins, le régime de température étant haut (55-65°C) le COP sera aux alentours des 3 sans déduire les puissances des équipements annexes (circulateurs).

4.2 Détermination de la pompe à chaleur

Il est donc proposé, suite aux calculs précédents, de mettre en place une pompe à chaleur permettant de produire 161kW à un régime de température de 55-65°C.

La pompe à chaleur sera piquée directement sur le retour eau chaude de la « ligne eau chaude CTA » ce qui impose un débit fixe sur le condenseur de la PAC à 20 m³/h.

Les caractéristiques de la PAC sont donc :

Puissance : 161kW

Régime de température : 55-65°C

Débit au condenseur : 20 m³/h

Toutefois, suite à la vérification chez certains fournisseurs de pompes à chaleur, un tel équipement n'existe pas, les PAC proposées sont, soit d'une puissance inférieure à 100kW soit d'une puissance supérieure à 250kW ou encore avec un delta T au condenseur de 5°C et non 10°C.

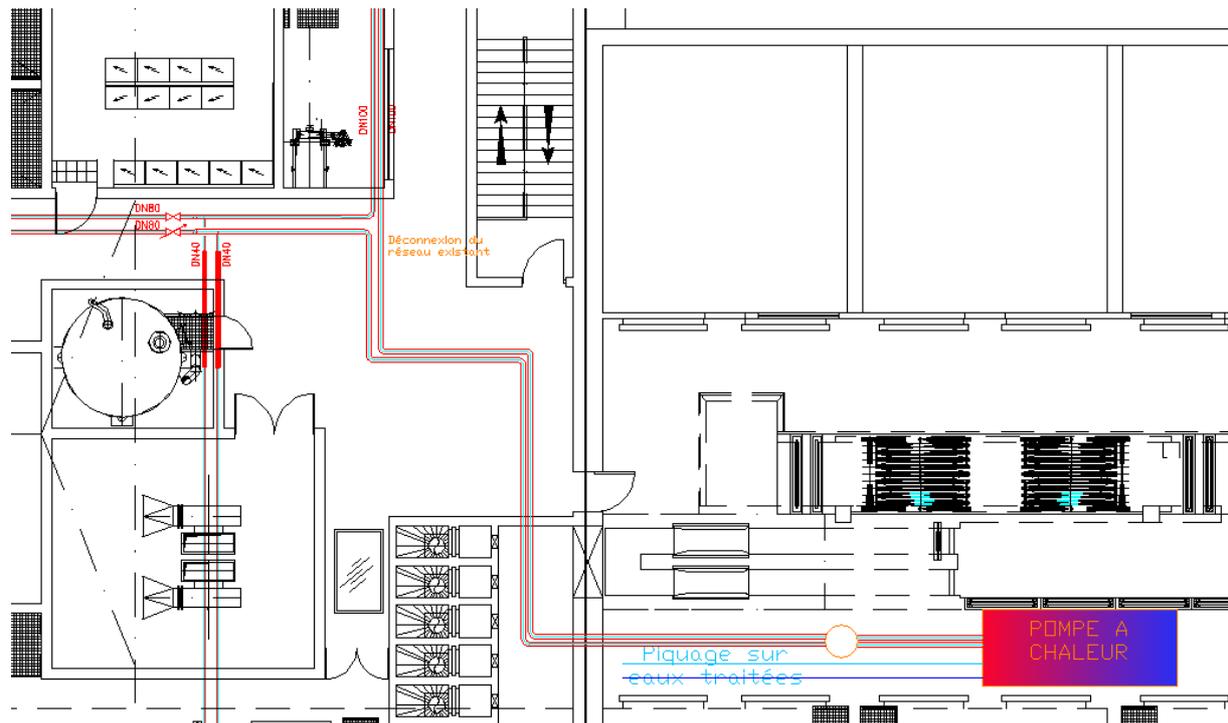
Une solution alternative serait de découpler hydrauliquement la PAC du reste du circuit eau chaude. Cette solution consisterait à mettre en place un bouteille de découplage entre la PAC et la première bouteille de découplage située dans le local chaufferie.

La mise en place de cet équipement permettrait de s'affranchir du débit fixe de 20 m³/h.

4.3 Mise en place de la pompe à chaleur

La pompe à chaleur sera installée au niveau du local canal de comptage, avec un piquage sur le circuit EI pour la source primaire.

Le schéma suivant présente l'implantation de la pompe à chaleur :



5 Bilan technico-économique

5.1 Investissement

Suite à l'analyse des différentes données et contraintes, le choix technologique s'est porté sur une pompe à chaleur de 161 kW à haute température couplé à une bouteille de découplage.

Le cout d'investissement pour la mise en place d'un équipement comprenant cette pompe à chaleur, la bouteille de mélange, la robinetterie et les différents réglages des bruleurs des chaudières fioul et biogaz est d'environ :

Etude de conception : 12 000 euros HT

PAC 161 KW : 80 000 euros HT

Bouteille de découplage : 5 500 euros HT

Raccordement et robinetterie : 32 000 euros HT

Appareillage de suivi : 3 600 euros HT par compteur de chaleur

Total d'investissement travaux : 136 700 euros HT

5.2 Retour sur investissement

La mise en place de la pompe à chaleur permettra une réduction de 83% de la consommation de fioul (hors arrêt PAC pour maintenance ou réparation) ce qui représente un gain annuel brute de 20 412 euros HT (0,084€/kW). A cela doit être déduit le cout électrique de fonctionnement de la PAC qui s'élève à 8 694 euros HT (0,063€/HT) mais également la maintenance des équipements qui s'élève à 3 000 euros HT/an.

Au final, le gain net attendu est de l'ordre de 8 718 € HT soit un temps de retour sur investissement de 16 ans.

6 Solution alternative

6.1.1 Définition de la solution alternative

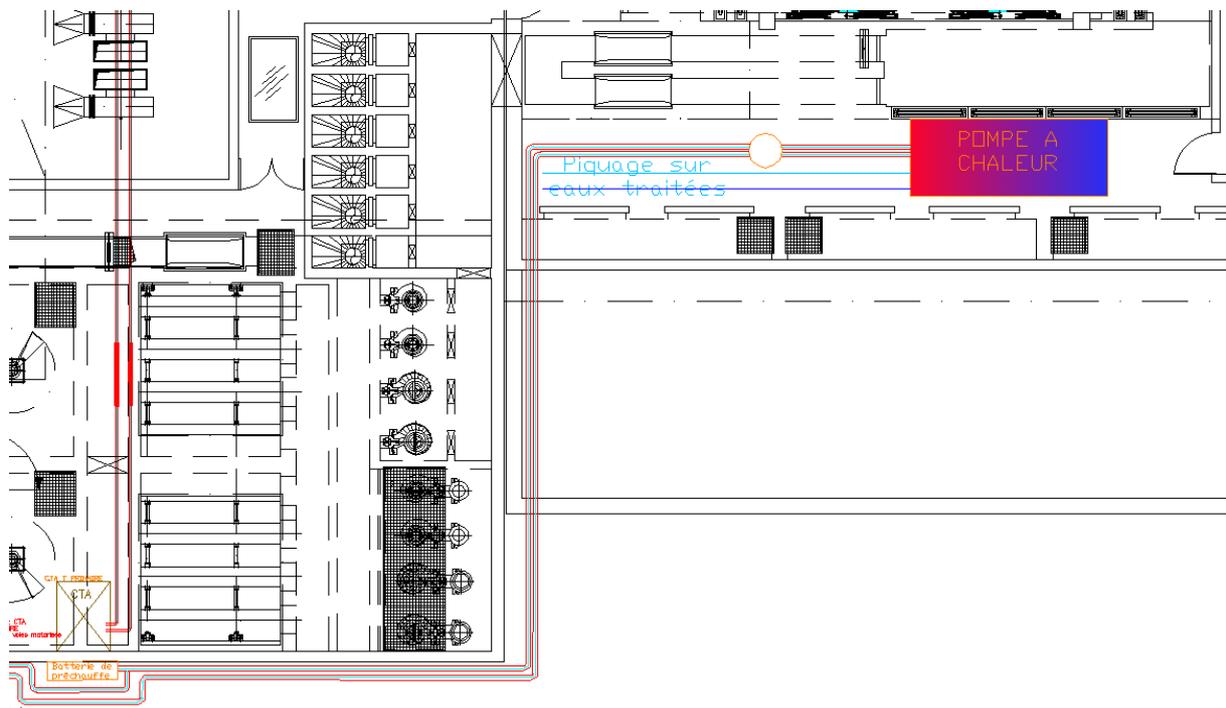
Suite à la réunion du 16/09/15, le comité de pilotage ne souhaite pas investir dans la solution initialement présentée au vu du retour sur investissement qui n'est pas intéressant.

Une solution alternative a donc été proposée par le SIAV, à savoir la mise en place d'une batterie de préchauffe au niveau des centrales de traitement de l'air 1 et 2. Cela permettrait de s'affranchir de la problématique de régime de température imposé par les circuits de chauffage existants.

En effet la solution consisterait à créer un circuit de chaleur parallèle à l'existant qui alimenterait les batteries de préchauffe des CTA 1 et CTA2. Ce circuit parallèle serait alimenté par une pompe à chaleur dont la ressource de chaleur resterait l'eau traitée. En créant un circuit parallèle, nous pouvons choisir le régime de température le plus favorable à la pompe à chaleur à savoir 35-45°C ou 40-50°C (en fonction du fournisseur de PAC et de batterie de préchauffe).

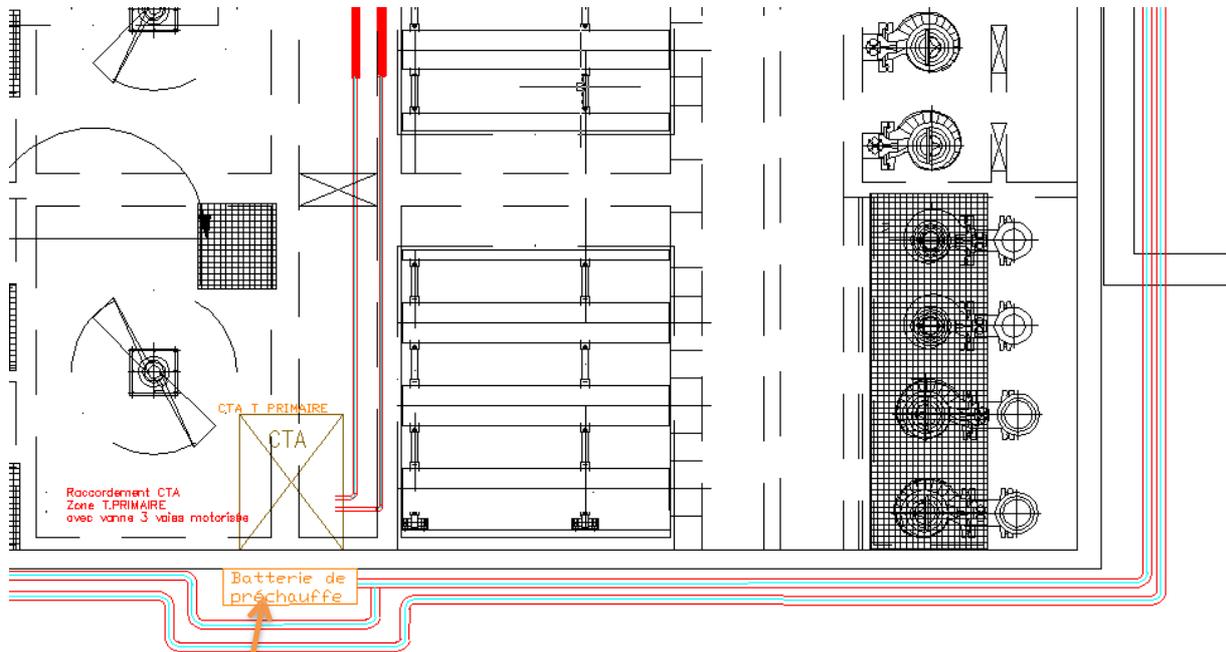
6.1.2 Implantation de la solution alternative

La pompe à chaleur de cette solution serait implantée au même endroit que pour la solution initiale, à savoir le local canal de comptage de la station d'épuration.



28

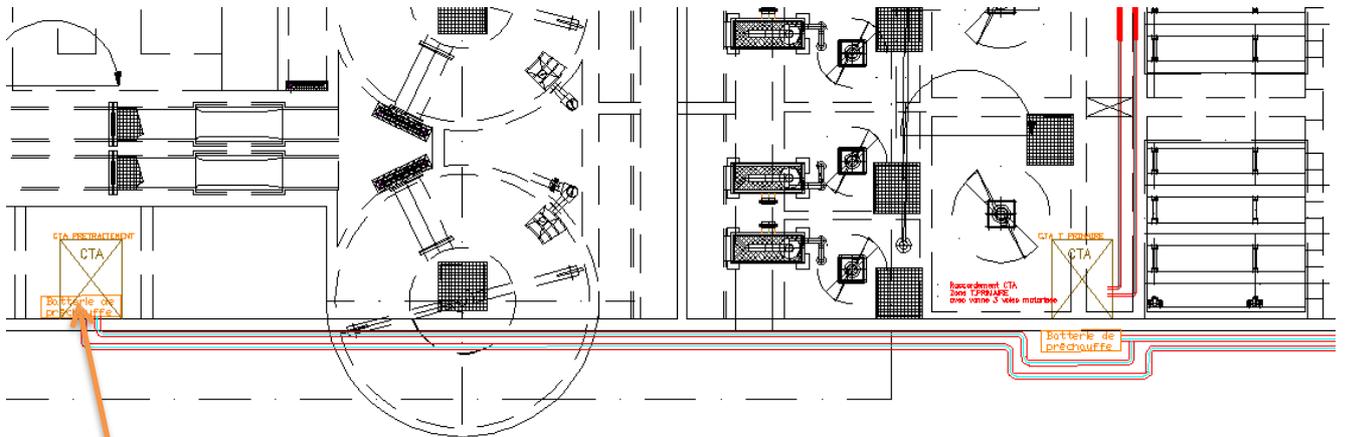
Le plan ci-dessus présente l'implantation de la PAC. Un circuit eau chaude sera mis en place pour alimenter les batteries de pré chauffe à partir de la pompe à chaleur.



29



Le plan ci-dessus présente l'implantation des circuits eau chaude alimentant la CTA 2. La batterie de préchauffe sera installée en extérieur au niveau de la prise d'air neuf de la CTA 2. Un capotage sera prévu pour assurer la protection de la batterie de préchauffe. Un calorifugeage des canalisations eau chaude sera mis en place pour les circuits en extérieur.

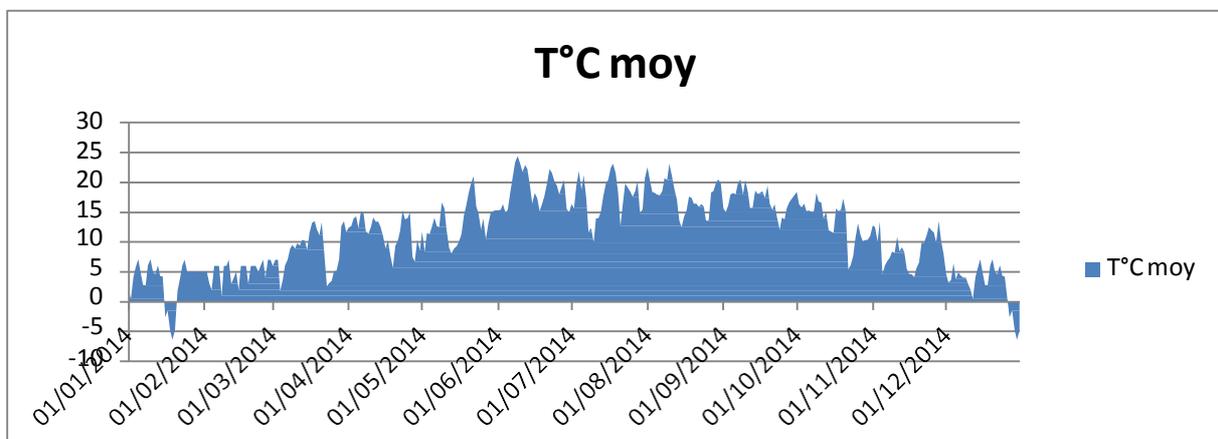


Le plan ci-dessus présente l'implantation des circuits eau chaude alimentant la CTA 1. La batterie de préchauffe sera installée à l'intérieur du bâtiment sur la prise d'air neuf de la CTA 1. Un calorifugeage des canalisations eau chaude sera mis en place pour les circuits en extérieur.

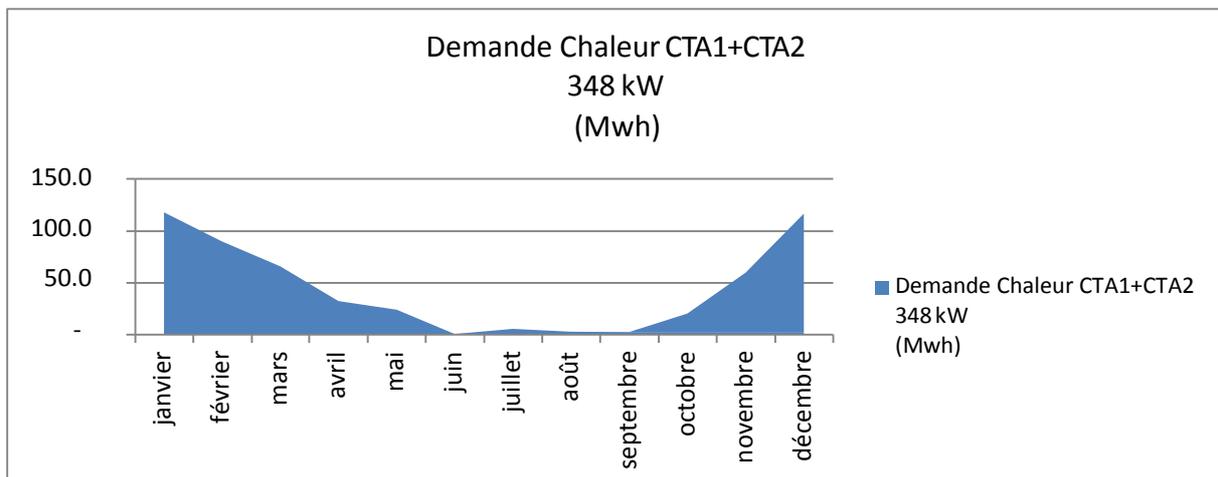
6.1.3 Dimensionnement de la pompe à chaleur

Le principe de fonctionnement de cette solution alternative est le suivant :

Le dimensionnement de la pompe à chaleur reprend le même principe que pour la solution initiale, à savoir le calcul des besoins de chaleur sur l'année 2014 des consommateurs, dans notre cas présent il s'agit uniquement de la CTA 1 et la CTA 2, la puissance nominale de ces deux consommateurs est de 348 kW (254+94).



31



On constate que les puissances appelées sont inférieures au dimensionnement nominal des CTA, en effet les températures au cours de l'année ne descendent jamais en dessous des -10°C (température moyenne journalière).

Cela nous permet d'installer une pompe à chaleur d'une puissance de 125kW qui serait capable d'assurer le chauffage complet des locaux de prétraitement et des traitements primaire lorsque la

température est supérieure à -3°C, en dehors de ces cas, la batterie de préchauffe fonctionnera en mode normal à savoir en préchauffage.

2014		Besoins de chaleur						PAC
Mois	DJ base 15	consommation	Fioul	Puissance fournie	Demande Chaleur	potentiel	Pourcentage des	économie de fioul
		fioul	sous	chaudière	CTA1+CTA2	de production	besoins couverts	
		Litres	MWhPCI	MWh	MWh	MWh	%	Litres
janvier	364.50	10051.00	102	91.4	84.6	56.1	61%	6 168.8
février	278.00	4 174.00	42	37.9	64.5	61.2	100%	4 174.0
mars	203.3	1 191.00	12	10.8	47.2	44.1	100%	1 191.0
avril	99.3	939.00	9	8.5	23.0	23.0	100%	939.0
mai	72.9	1 536.00	16	14.0	16.9	16.9	100%	1 536.0
juin	0.1	2.00	0	0.0	0.0	0.0	100%	2.0
juillet	15.8	-	-	-	3.7	3.7	100%	-
août	7.4	-	-	-	1.7	1.7	100%	-
septembre	6.0	7.00	0	0.1	1.4	1.4	100%	7.0
octobre	61.7	2 398.00	24	21.8	14.3	14.3	66%	1 574.7
novembre	183.8	4 439.00	45	40.4	42.6	42.6	100%	4 439.0
décembre	361.1	4 332.00	44	39.4	83.8	58.3	100%	4 332.0
TOTAL	1 654	29 069	294	264	384	323.5	84%	24 363.5

On constate que la consommation de fioul ne couvre pas l'ensemble des besoins des CTA 1 et 2. La PAC sera donc en compétition avec le biogaz sur certaines périodes de l'année.

32

A l'heure actuelle, le fournisseur Carrier a été contacté afin de connaître la disponibilité technologique d'une telle PAC. Il s'avère qu'il soit nécessaire d'installer 2 PAC afin d'assurer l'ensemble de la puissance appelée. Vous trouverez ci-dessous les caractéristiques des PAC proposées par Carrier.

61WG		020	025	030	035	040	045	050	060	070	080	090
Application chauffage - Selon EN14511-3 : 2011*												
Puissance calorifique - Conditions 1	KW	29,0	34,4	38,3	44,2	50,2	57,2	66,6	78,2	88,4	100	117
Coefficient de performance (COP)	KW/KW	5,42	5,29	5,21	5,29	5,34	5,32	5,49	5,36	5,46	5,28	5,33
Classe eurovent chaud		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Application chauffage**												
Puissance calorifique - Conditions 1	KW	28,9	34,3	38,1	44,1	49,9	57,0	68,3	77,9	88,1	100	116
Coefficient de performance (COP)	KW/KW	5,75	5,62	5,56	5,65	5,73	5,69	5,76	5,63	5,76	5,59	5,65
Application chauffage - Selon EN14511-3 : 2011*												
Puissance calorifique - Conditions 2	KW	21,7	25,7	29,4	34,1	37,7	42,1	50,4	56,7	67,1	74,6	87,0
Coefficient de performance (COP)	KW/KW	4,24	4,26	4,29	4,27	4,27	4,25	4,25	4,27	4,26	4,28	4,29
Application air conditionné **												
Puissance calorifique - Conditions 2	KW	21,6	25,7	29,3	34,0	37,6	42,0	50,3	56,5	66,8	74,4	86,7
Coefficient de performance (COP)	KW/KW	4,42	4,46	4,51	4,49	4,49	4,46	4,38	4,41	4,42	4,44	4,46
Application chauffage - Selon EN14511-3 : 2011*												
Puissance calorifique - Conditions 3	KW	27,7	33,1	36,7	42,7	48,7	54,8	66,4	75,7	84,2	95,3	109
Coefficient de performance (COP)	KW/KW	4,35	4,34	4,20	4,27	4,32	4,36	4,51	4,32	4,35	4,27	4,31
Classe eurovent chaud		B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B
Application chauffage **												
Puissance calorifique - Conditions 3	KW	27,6	32,9	36,5	42,5	48,5	54,5	66,2	75,4	83,8	94,9	109
Coefficient de performance (COP)		4,53	4,53	4,39	4,47	4,53	4,58	4,67	4,47	4,51	4,44	4,47

En première approche il s'agirait d'installer deux PAC 61WG 050, la puissance calorifique serait alors de 124kW et un régime de température de 35-45°C.

A partir de ces informations, le COP de l'installation serait de 4,51 hors circulateur. On constate que le COP de cette installation est bien plus performant que celui de la solution initiale.

Afin de calculer l'économie de fioul, les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

PCI fioul domestique : 10,1 kWh/Litre

Rendement chaudière fioul : 90%

La mise en place d'une pompe à chaleur de 125kW permettrait l'économie de 84% de fioul (sous réserve que la chaleur fournie par la chaudière fioul soit consommée par les CTA).

L'économie ainsi réalisée grâce à l'ajout de cette pompe à chaleur est de 24 360 litres de fioul.

Suite à un entretien avec la maîtrise d'ouvrage, il a été décidé de partir sur la mise en place d'une seule pompe à chaleur pour éviter la multiplication des équipements.

2014		Besoins de chaleur						PAC
Mois	DJ base 15	consommation fioul	Fioul sous chaudière	Puissance fournie chaudière fioul	Demande Chaleur CTA1+CTA2 348 kW	potentiel de production de chaleur	Pourcentage des besoins couverts	économie de fioul
		Litres	MWhPCI	MWh	MWh	MWh	%	Litres
janvier	364.50	10 051.00	102	91.4	84.6	39.7	43%	4 369.5
février	278.00	4 174.00	42	37.9	64.5	41.8	100%	4 174.0
mars	203.3	1 191.00	12	10.8	47.2	33.2	100%	1 191.0
avril	99.3	939.00	9	8.5	23.0	23.0	100%	939.0
mai	72.9	1 536.00	16	14.0	16.9	16.9	100%	1 536.0
juin	0.1	2.00	0	0.0	0.0	0.0	100%	2.0
juillet	15.8	-	-	-	3.7	3.7	100%	-
août	7.4	-	-	-	1.7	1.7	100%	-
septembre	6.0	7.00	0	0.1	1.4	1.4	100%	7.0
octobre	61.7	2 398.00	24	21.8	14.3	14.3	66%	1 574.7
novembre	183.8	4 439.00	45	40.4	42.6	40.1	99%	4 412.8
décembre	361.1	4 332.00	44	39.4	83.8	28.7	73%	3 162.2
TOTAL	1 654	29 069	294	264	384	244.6	74%	21 368.3

Le modèle se rapprochant le plus des besoins en chaleur serait la PAC 61WG090 avec une puissance calorifique de 109kW. Le COP de l'installation nominal serait de 4.31 hors circulateur.

Sachant que la source primaire de chaleur est l'eau traitée de la station, la température varie peu on a donc :

- Lorsque la température de l'eau traitée est de 10°C, le COP sera de 4,1
- Lorsque la température de l'eau traitée est égale ou supérieure à 12°, le COP sera de 4,5

Données Carrier : Le SCOP d'une 61WG090 est de 4.83 et un rendement moyen de 185% (application chauffage 50/55°C). Il n'est pas donné d'en d'autres conditions aujourd'hui.

La mise en place de cette pompe à chaleur de 109kW permettrait l'économie de 74% de fioul (sous réserve que la chaleur fournie par la chaudière fioul soit consommée par les CTA).

4. Conclusion

On constate dans les deux cas présentés précédemment à savoir :

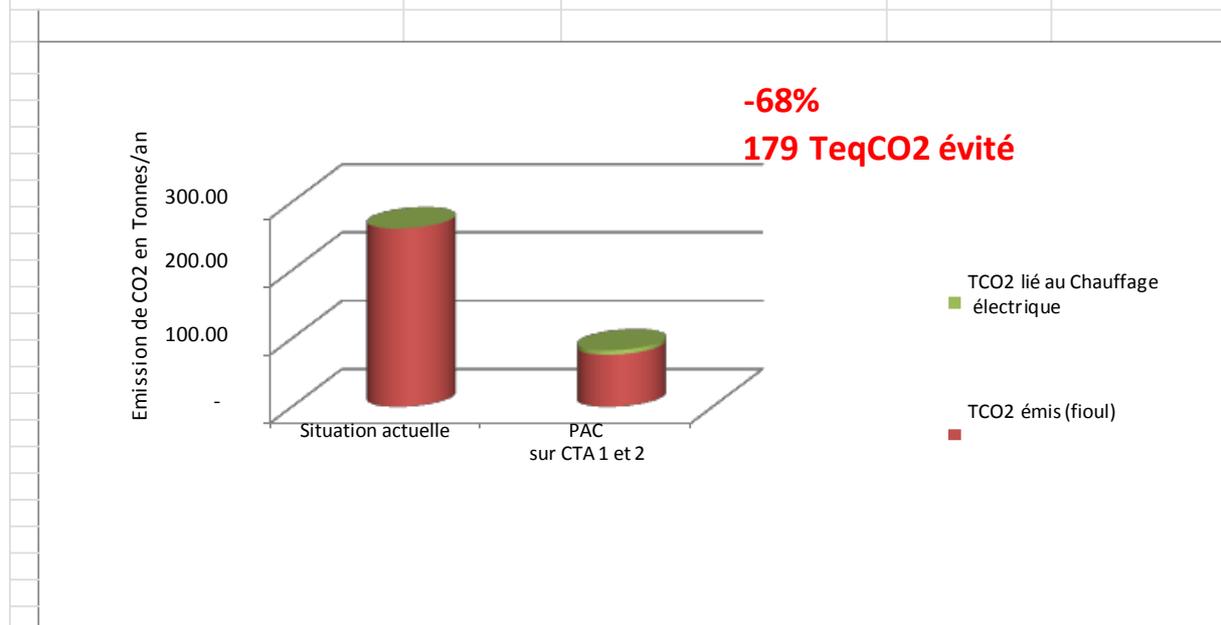
- **Mise en place de deux PAC de 67kW chacune ;**
- **Mise en place d'une PAC de 109 kW.**

Que la puissance fournie par le système de pompe à chaleur est supérieure aux consommations de fioul à certaines périodes de l'année, ce qui signifie que la PAC rentrera en compétition avec le biogaz. Toutefois ce dernier restera l'énergie prioritaire à la production d'eau chaude.

6.1.5 Bilan environnemental

Le bilan des émissions de CO₂ a été réalisé en tenant compte des émissions issues du profil de consommation prévisionnel.

BILAN CARBONE en quivalent CO ₂			
Facteur d'émission CO ₂ fioul	0.89 TCO ₂ /MWh		
Facteur d'émission CO ₂ usages électriques			
Chauffage électrique (données ADEME)	0.180 TCO ₂ /MWh		
Electricité usage process	0.085 TCO ₂ /MWh		
Emissions de CO ₂	Situation actuelle	PAC sur CTA 1 et 2	
TCO ₂ émis (fioul)	261.30	76	
TCO ₂ lié au Chauffage électrique	-	6	
TCO ₂ lié à l'électricité process	-	-	
TOTAL	261	83	179
GAIN			-68%



Ce résultat est à nuancer car la mise en place d'une pompe à chaleur au niveau du retour de la ligne eau chaude des CTA induira une augmentation des pertes de biogaz. En effet la PAC viendra en compétition avec la chaudière biogaz à certaines périodes de l'année.

7 Bilan technico-économique

7.1 Investissement

Suite à l'analyse des différentes données et contraintes, le choix technologique s'est porté sur une pompe à chaleur de 109 kW.

Le cout d'investissement pour la mise en place des équipements est d'environ :

- études et conception : 8 000 € HT
- PAC : 30 000 € HT
- intégration à la supervision : 5 000 € HT
- raccordement électrique : 5 000 € HT
- compteur électrique + automatisme : 10 000€ HT
- mise en service : 2 000 € HT
- Batteries de chauffe + gainage : 10 000 € HT
- tuyauterie + robinetterie + circulateur + échangeur: 40 000 € HT
- Compteur de chaleur : 3 600 euros HT

Total d'investissement travaux : 113 600 euros HT

Des études et prestations parallèles à ce cout d'investissement sont également à prendre en compte, celles-ci sont détaillées ci-après :

- Etude de faisabilité BG : 10 000 € HT
- Etude de faisabilité IRH Ingénieur Conseil : 14 000 € HT
- Contrôleur technique : 2 500 € HT (estimé)
- Coordonnateur SPS : 2 500 € HT (estimé)

Total d'investissement travaux + prestation et études annexes : 142 600 euros HT

7.2 Retour sur investissement

La mise en place de la pompe à chaleur permettra **une réduction de 74%** de la consommation de fioul (hors arrêt PAC pour maintenance ou réparation) ce qui représente un gain annuel brut attendu de 16 380 euros HT (0,084€/kWh).

La PAC a un COP de 4,31 au nominal hors circulateur, en rajoutant le circulateur pour l'alimentation des batteries chaude, on obtient un COP nominal net de 4,1 (à confirmer par les études du constructeur), la consommation électrique de la PAC est donc estimée à 59,5 MWh/an. Le cout électrique de fonctionnement estimé de la PAC s'élève donc à 3 748 euros HT (0,063€/kWh).

L'entretien de la PAC est également à prendre en compte dans le calcul du retour sur investissement et s'élève à 2 000 euros HT/an.

Au final, le gain net attendu est de l'ordre de 10 632 € HT soit un temps de retour sur investissement d'environ 10,7 ans hors subventions et sans prendre en compte les études et prestations annexes présentées au paragraphe 7.1.

En prenant en compte les études et prestations annexes, le temps de retour sur investissement d'environ 13,4 ans hors subventions

