



**Etude de faisabilité
d'un projet pilote d'écologie industrielle et territoriale :**

**Etude de la valorisation énergétique et matière des eaux épurées
de la station d'épuration de Villepreux**

Projet financé par :



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Etude réalisée par :



Mandant :

Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets

Marie de Naurois

Animatrice du GAL Plaine de Versailles

APPVPA

Mairie de Noisy-le-Roi

37, rue André Bourblanc

BP 32

78502 Noisy-le-Roi Cedex

Document réalisé par :

Sofies SA (siège)

1, rue du Vuache

CP 2091

1211 Genève 1

Suisse

Tél : +41 22 338 15 24

Web: sofiesonline.com

Chef de projet

Charlotte Thévenet (charlotte.thevenet@sofiesonline.com)

Expert énergie

Pierre-Michel Bruder

ENERConcept.ch

TABLE DES MATIERES

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
2	VALORISATION DES EAUX EPUREES	5
2.1	Valorisation énergétique	5
2.2	Valorisation matière	6
3	ESTIMATION DU POTENTIEL D'EXTRACTION DE CHALEUR SUR LES EAUX EPUREES	6
3.1	Température des eaux épurées en sortie de station	6
3.2	Débits disponibles des eaux épurées	6
3.3	Variation de température	7
3.4	Puissance extractible	7
4	EVALUATION DES BESOINS EN CHALEUR	8
4.1	Besoins de la ferme de Mézu	8
4.2	Besoins de la zone administrative et centre de commande de la STEP	9
5	PRE-DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE VALORISATION DE LA CHALEUR DES EAUX EPUREES	10
5.1	Périmètre des installations	10
5.2	Installations pour une valorisation par la ferme de Mézu	10
5.3	Installations pour une valorisation par la zone administrative et le centre de commande de la STEP	13
6	ANALYSE REGLEMENTAIRE	14
6.1	Influence du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du Ru de Gally	14
6.2	Contraintes réglementaires liées à l'exutoire final	14
7	PRESENTATION ET COMPARAISON DES SOLUTIONS DE PRODUCTION DE CHALEUR	15
7.1	PAC eau-eau sur eaux épurées	15
7.2	PAC sol-eau sur collecteur d'eaux usées au nord de la ferme	16
7.3	PAC sol-eau sur sondes géothermiques	17
7.4	Chaudière à condensation fonctionnant au gaz	17
7.5	Chaudière à condensation fonctionnant au fioul	19
7.6	Chaudière à bois	19
8	ANALYSE DE FAISABILITÉ	20
8.1	Evaluation des impacts environnementaux	20
8.2	Estimation du coût des installations en lien avec la ferme de Mézu	22
8.3	Estimation du coût des installations en lien avec les locaux chauffés de la STEP	23
8.4	Analyse coût / bénéfice	24
9	ETUDE DE LA VALORISATION MATIERE DES EAUX EPUREES	27
9.1	Influence du prélèvement sur le Ru de Gally	27
9.2	Qualité des eaux pour une réutilisation matière	28
10	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	30
11	ANNEXES	31
11.1	Cartographie du zonage réglementaire extraite du PPRI du Ru de Gally	31
11.2	Détail du coût des installations lien avec la ferme de Mézu	31
11.3	Détail du coût des installations en lien avec les locaux chauffés de la STEP	32

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

La station d'épuration (STEP) de Villepreux est une infrastructure gérée par le Syndicat Intercommunal d'Assainissement Val de Gally Ouest (SIAVGO) qui regroupe les communes des Clayes sous Bois, Noisy le Roi, Saint Nom la Bretèche et Villepreux.

L'installation a une capacité maximale annuelle de 45'000 équivalents habitants, soit une capacité maximale d'épuration de 8.8 millions de m³ d'eaux usées urbaines. La capacité moyenne actuellement utilisée pour l'assainissement et le traitement des eaux usées de ces communes est de 36'000 équivalents habitants.

Cette installation est exploitée depuis 2001 par Veolia Eau par le biais d'un contrat de délégation de service public (DSP). Ce contrat de DSP a été renouvelé au 1er janvier 2013 pour une durée de 12 ans et comporte des clauses prévoyant la mise en place de mesures d'amélioration de la station pour une meilleure intégration dans son environnement.

A ce titre, SOFIES a été mandaté par l'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) pour l'accompagner dans la **mise en œuvre d'un projet de valorisation des eaux usées traitées de la station de Villepreux**, en accord avec les principes de l'écologie industrielle et territoriale. **L'écologie industrielle et territoriale** prévoit la mise en œuvre de symbiose industrielle, un nouveau mode de collaboration entre acteurs économiques basé sur l'échange de flux physiques (matière ou énergie) et poursuivant des objectifs d'économies de ressources, d'impacts environnementaux et d'économies financières. Ce projet porté par l'APPVPA, dont le périmètre d'application comprend les quatre communes membres du SIAVGO, s'inscrit dans sa stratégie de faire de la Plaine de Versailles une zone pilote de l'écologie industrielle et territoriale.

La présence d'une ancienne ferme, en voie de rénovation, à moins de 250 mètres de la station d'épuration, a motivé cette étude de la valorisation des eaux traitées, tant d'un point de vue énergétique que matière. En effet, les eaux épurées contiennent de la chaleur qu'il serait possible de récupérer pour chauffer des locaux et ou produire de l'eau chaude sanitaire. Cette énergie pourrait également être utilisée pour améliorer le processus de séchage des boues. En tant que matière, cette eau pourrait être réutilisée à des fins d'arrosage.

La présente étude a pour objectif d'accompagner l'APPVPA dans l'étude de la faisabilité d'un tel projet, sous l'angle de la faisabilité technique et réglementaire, et de la pertinence économique et environnementale.



Photographie aérienne du site (source : Veolia) :

La station d'épuration de Villepreux est au premier plan en bordure de la D97 (rue de Villepreux).

L'ensemble de bâtiments visibles en haut à droite est le complexe de la ferme de Mézu.

2 VALORISATION DES EAUX EPUREES

Deux types de valorisation sont envisagés :

- la valorisation des calories de l'eau épurée, c'est-à-dire une **valorisation énergétique** en considérant l'eau épurée comme une source de chaleur.
- la **valorisation matière** de l'eau épurée, comme moyen d'arrosage ou pour l'actionnement d'une roue à eau.

2.1 Valorisation énergétique

Les eaux traitées sortent de la station à une température comprise généralement entre 10 et 25°C (respectivement en hiver et en été). Ces niveaux de température doivent être rehaussés pour être utilisables dans un bâtiment pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS). Moyennant un apport modeste en énergie électrique, les **pompes à chaleur (PAC) eau-eau** sont capables d'effectuer ce travail. Le schéma ci-dessous explique brièvement le fonctionnement d'une PAC eau-eau.

La valorisation de l'eau épurée comme source d'énergie mécanique, pour la production d'électricité, n'est pas envisageable en raison de la faible hauteur de colonne d'eau en sortie de station.

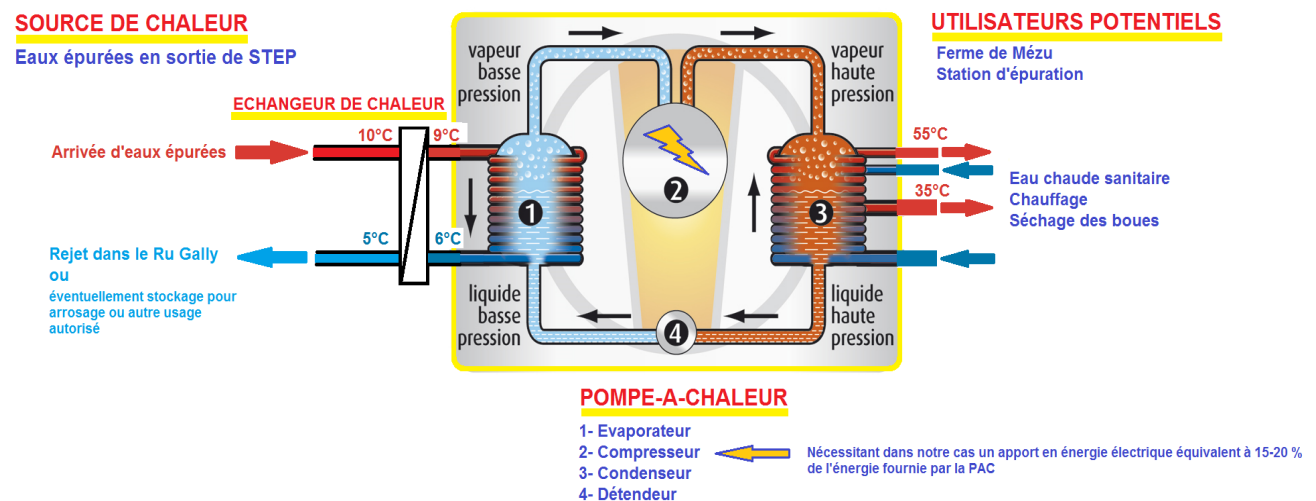


Schéma de principe d'une pompe-à-chaleur eau-eau :

Par l'entremise d'un échangeur de chaleur, les eaux épurées cèdent une partie de leur chaleur à la PAC.

Les eaux ressortent de l'échangeur en ayant perdues 5°C.

Le système permet de rehausser le niveau de température pour permettre son utilisation.

Côté utilisateurs, la PAC fournit de la chaleur à des niveaux de température compris entre 35 et 65 °C suivant les caractéristiques de la PAC et les besoins.

L'étude de la valorisation énergétique telle qu'elle est présentée dans ce rapport consiste à **évaluer le potentiel d'extraction de chaleur sur les eaux épurées** d'une part et **les besoins en chaleur** d'autre part. Le périmètre initial prévoyait une valorisation pour les **besoins en chaleur de la ferme de Mézu** seulement. Un pré-dimensionnement des installations et une analyse coût/bénéfice sont proposés, en comparaison d'autres solutions de chauffage dont pourrait disposer la ferme.

Le potentiel de chaleur extractible a également laissé entrevoir la possibilité d'élargir le périmètre des consommateurs à la station elle-même. Plus précisément, il s'agit des **besoins en chauffage des locaux administratifs de la station** d'une part et des **possibilités de séchage des boues** résultant de l'épuration des eaux d'autre part. Une évaluation des coûts est proposée à partir d'une estimation grossière des consommations en chauffage électrique des bâtiments administratifs. Les possibilités de séchage des boues ne sont pas abordées dans ce rapport-ci, mais dans un second rapport relatif à une étude, également commanditée par l'APPVPA, pour la recherche d'alternatives au traitement des boues de la station suivant les principes de l'écologie industrielle et territoriale.

2.2 Valorisation matière

La réutilisation d'eaux traitées en tant que matière est soumise à une réglementation française stricte. L'étude de la faisabilité de cette réutilisation consiste à analyser les conditions permettant de la **valider d'un point de vue réglementaire**, mais aussi du point de vue de **l'impact du prélèvement de cette eau sur le milieu naturel, le Ru de Gally**. Cette partie relative à la valorisation matière est abordée en toute fin de rapport.

3 ESTIMATION DU POTENTIEL D'EXTRACTION DE CHALEUR SUR LES EAUX EPUREES

La récupération de chaleur sur les eaux épurées est fonction

- de la température des eaux utilisées,
- du flux disponible, concrètement le débit minimal d'eau épurée en hiver par temps sec,
- de la variation de température acceptable pour le rejet en milieu naturel et de la capacité de l'échangeur à l'entrée de la PAC à soutirer les calories aux eaux traitées.

3.1 Température des eaux épurées en sortie de station

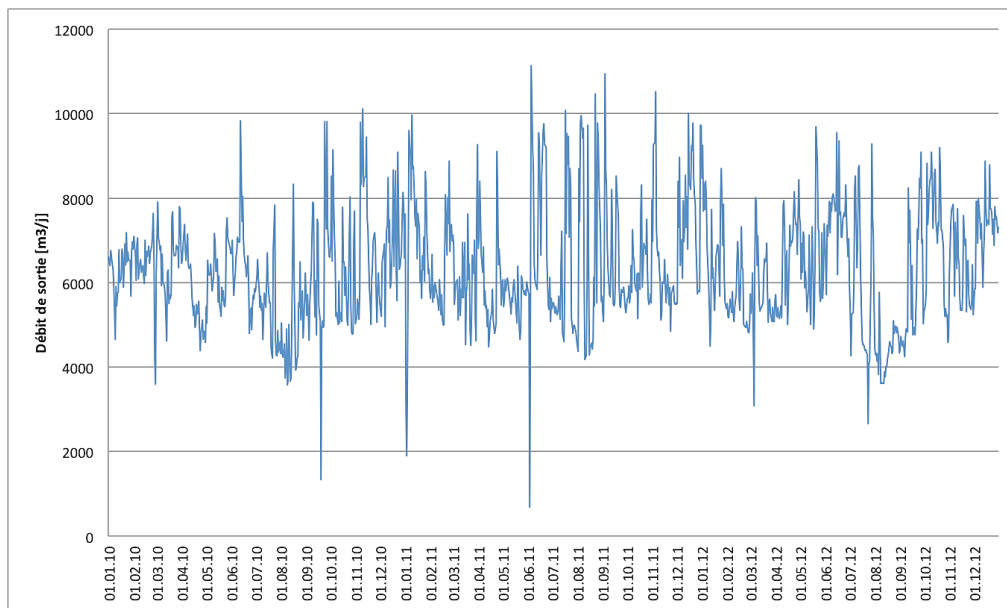
Le relevé de températures des eaux épurées en sortie de station n'est pas effectué à l'heure actuelle car non nécessaire à l'exploitation de la STEP. Ce paramètre est néanmoins nécessaire à l'évaluation du potentiel d'extraction de chaleur des eaux épurées. A ce stade de l'étude, la température en sortie de station a donc été supposée en choisissant les conditions les moins favorables. La température de l'eau rejetée par une STEP dans le milieu naturel étant généralement comprise entre 10 et 25°C, **la température de 10°C a été retenue pour établir le pré-dimensionnement**.

Lors du dimensionnement définitif, il sera prudent de planifier des mesures journalières de température en sortie de STEP idéalement sur un an ou, du moins, pendant la période hivernale.

3.2 Débits disponibles des eaux épurées

Les débits des eaux épurées ont pu être obtenus et ce, sur une période de 3 ans, pour apprécier la variation. Le graphique ci-dessous illustre les débits moyens journaliers relevés en m³/jour entre 2010 et 2012.

Les débits journaliers ont varié entre 688 et 11'133 m³/j pendant cette période. La limite inférieure de 688 m³/j pourrait être particulièrement dommageable dans le cadre d'un projet de valorisation énergétique des calories des eaux traitées. L'exploitant de la station explique les 3 faibles valeurs de débit, représentés sur le graphique ci-dessus, par des erreurs humaines de saisie dans le logiciel informatique de traitement de données de la station.



Débits moyens journaliers des eaux épurées en sortie de STEP :

Représentation graphique de ces débits du 1^{er} janvier 2010 au 31 décembre 2012 variant entre 688 et 11'133 m³/jour.

De la même manière que pour la température, les conditions les moins favorables ont été retenues pour évaluer la faisabilité du projet. Statistiquement, les débits journaliers sont dans 98% des cas supérieurs à 4000 m³/j. Ainsi le **débit moyen journalier de 4000 m³/j**, soit en moyenne 46.3 litres par seconde (L/s), **est utilisé pour évaluer le potentiel d'extraction de chaleur.**

3.3 Variation de température

Le transfert de chaleur des eaux épurées vers le circuit primaire de la PAC est effectué par le biais d'un échangeur. Pour rester dans des conditions énergétiques, économiques et environnementales viables, **un échangeur provoquant un abaissement de la température de 5°C est choisi.**

3.4 Puissance extractible

En considérant une température de départ de 10°C, un débit Q de 4000 m³/j (46.3 L/s) et une variation de température ΔT° de l'eau épurée de 5°C, le potentiel d'extraction de chaleur s'exprime comme suit :

$$P_{\text{ext}} = Q \times \rho \times P_c \times \Delta T^\circ$$

avec P_{ext} : Puissance extractible (W)

Q : Débit (l/s)

ρ : Masse volumique de l'eau (1 kg/L à une température entre 0 et 20°C)

P_c : Pouvoir calorifique de l'eau (4186 J/kg°C à une température entre 0 et 20°C)

Sous ces conditions, le potentiel de chaleur extractible des eaux épurées est donc de

969 kW soit près d'un mégawatt de chaleur.

4 EVALUATION DES BESOINS EN CHALEUR

Comme expliqué au point 2.1, la puissance extractible de près d'1 MW, estimée, qui plus est, dans les conditions les moins favorables, permet d'ores et déjà d'envisager plusieurs consommateurs. Trois utilisateurs potentiels ont été identifiés :

- la ferme de Mézu, pour la couverture de ses besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS),
- les bâtiments chauffés de la STEP (chauffage et ECS),
- une installation de séchage des boues de STEP, inexistante à l'heure actuelle.

Les besoins en chaleur des deux premiers utilisateurs potentiels, la ferme de Mézu et la station sont sujets à une analyse dans les parties qui suivent. Le projet de séchage des boues n'est pas abordé ci-après ; il est intégré au sein du rapport intitulé *Etude de la valorisation énergétique des boues de la station d'épuration de Villepreux*.

4.1 Besoins de la ferme de Mézu

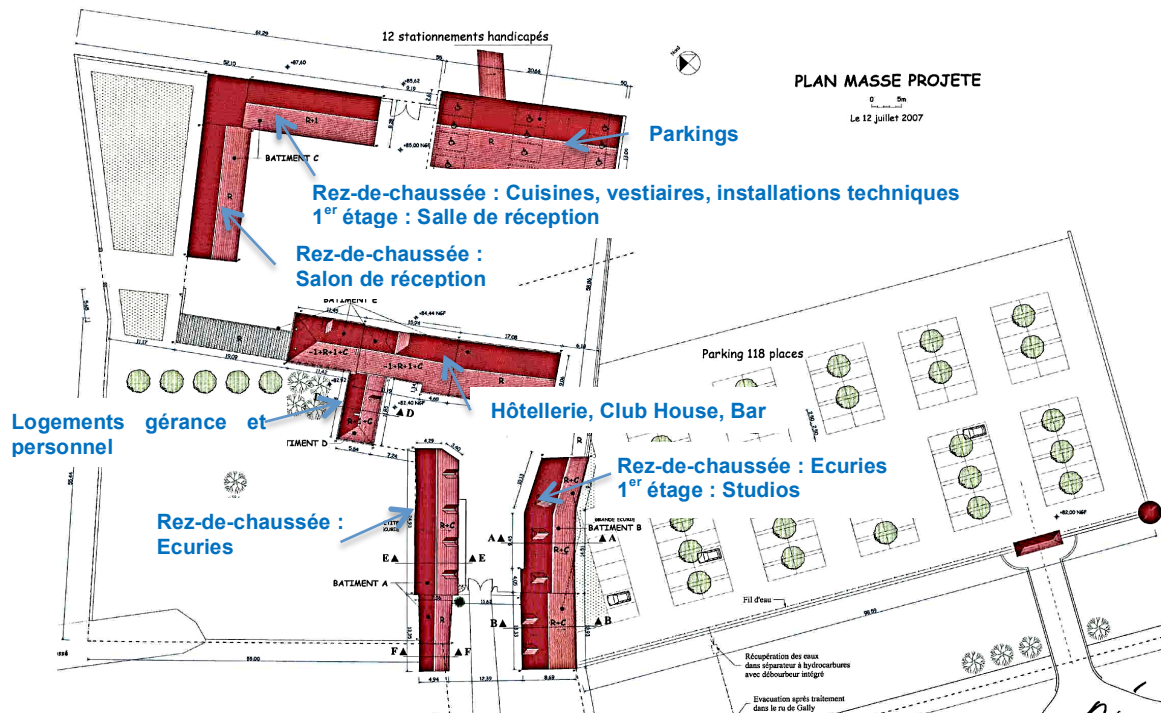
Le gestionnaire du domaine où se situe la ferme du Mézu ainsi que l'architecte ont confié que le projet de réhabilitation de la ferme en centre équestre et hôtelier est prévu sur du haut de gamme.

Les besoins en chaleur pour le chauffage d'un bâtiment dépendent des pertes thermiques et des volumes à chauffer. La qualité thermique de l'isolation de l'enveloppe thermique d'un bâtiment est donc déterminante pour en définir les besoins. A ce titre, l'évaluation des besoins pour les bâtiments de la ferme de Mézu est basée sur une rénovation conforme aux exigences minimales de la Réglementation Thermique 2012 (RT2012). L'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants liste l'ensemble des travaux visés et donne les exigences minimales associées.

Si le maître d'ouvrage décide d'exécuter une rénovation énergétiquement exemplaire, en dépassant les exigences légales ou atteindre le label BBC (Bâtiment Basse Consommation), la puissance de chauffe requise en sera diminuée. A l'inverse, les besoins en chaleur peuvent augmenter par l'installation d'une piscine chauffée dans le cadre d'un projet de spa par exemple.

La rénovation de la ferme du Mézu prévoit des surfaces chauffées de 2'549 m². Selon les normes d'isolation en vigueur, pour un corps de ferme rénové, les besoins en chauffage sont de l'ordre de 40 à 50 W/m² en puissance de pointe (creux de l'hiver). **La puissance de pointe de chauffage du complexe de ferme du Mézu est donc comprise entre 102 et 127 kW.** Dans le cadre du pré-dimensionnement, le système de production de chaleur devra être capable de fournir une puissance de 120 kW.

Pour l'eau chaude sanitaire, les besoins sont de l'ordre 200 W par personne et par jour, soit pour une fréquentation de 50 personnes (hypothèse maximale) soit environ 10 kW. Cependant, la production d'ECS peut être effectuée à un moment où les besoins en chauffage sont moins importants, souvent de nuit, et stockée. Par conséquent, sur une installation relativement importante, la puissance nécessaire à l'ECS peut être incluse dans les besoins de pointe en chauffage.



Plan de masse du projet de rénovation des bâtiments de la ferme du Mézu

Le centre équestre comporte des écuries (non-chauffées) ainsi que des zones chauffées constituées de studios, d'un hôtel, d'un bar club house, de salles de réceptions et des logements du personnel.

Source : Gilles Maurel, Architecte DPLG – Architecte du patrimoine, Rambouillet

Lors du dimensionnement final du système de production de chaleur, il sera nécessaire de faire un bilan thermique de l'enveloppe des différents bâtiments de la ferme afin d'en connaître les pertes et donc d'établir avec précision la puissance de chauffage nécessaire. Cela est d'autant plus important lors de l'emploi d'une pompe à chaleur quelque soit la source de chaleur utilisée.

4.2 Besoins de la zone administrative et centre de commande de la STEP

Les besoins en chaleur et en ECS de ces surfaces sont couverts par des radiateurs et chauffe-eau électriques directs. Les exploitants de la STEP ne disposent pas des consommations électriques détaillées par poste. Les données de consommation électrique propre au chauffage des locaux ne sont donc pas connues. L'évaluation de ces besoins est néanmoins basée sur une estimation de consommation par m² pour une construction standard datant des années 2000-2001.

La puissance de pointe d'un nouveau générateur de chaleur est évaluée en première approche à quelques 40 kW. Basé sur un fonctionnement de 2'300 h/an à pleine charge, les besoins en chaleur des zones chauffées de la STEP sont de l'ordre de 92'000 kWh/an.

Dans le cadre d'un pré-dimensionnement final, les surfaces chauffées devront être définies et les relevés de consommation analysés.

5 PRE-DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE VALORISATION DE LA CHALEUR DES EAUX EPUREES

5.1 Périmètre des installations

Cette section traite du dimensionnement des équipements nécessaires à la valorisation de la chaleur des eaux épurées dans le cas de la ferme, et plus sommairement, dans le cas des locaux de la STEP. Ce dimensionnement inclut les installations de captage des eaux épurées et les installations de production de chaleur, mais ne tient pas compte de la distribution de l'énergie thermique pour le chauffage et l'ECS à l'intérieur des bâtiments consommateurs.

5.2 Installations pour une valorisation par la ferme de Mézu

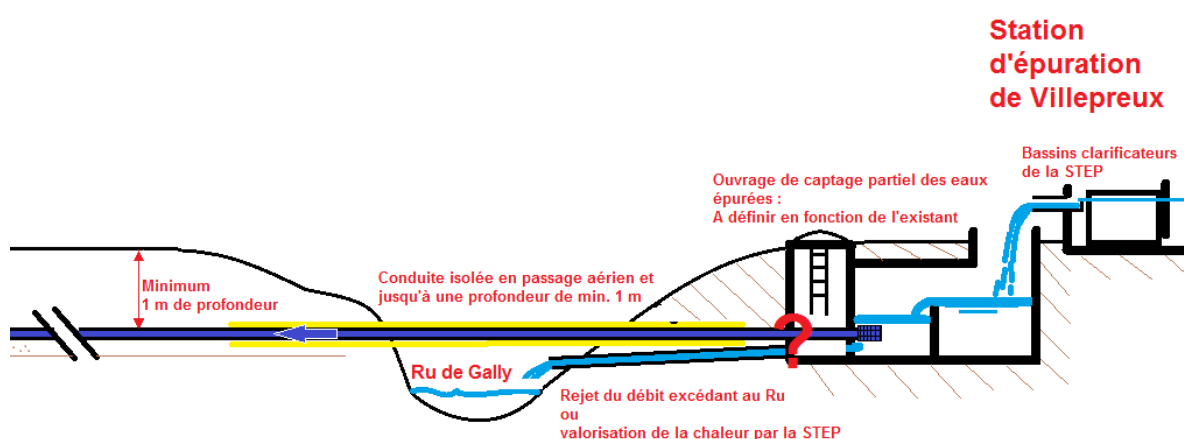
Pour rappel, l'évaluation de la puissance de pointe nécessaire au chauffage des bâtiments et à l'eau chaude sanitaire de la ferme de Mézu est estimée à 120 kW.

5.2.1 Captage des eaux épurées (côté STEP)

Le captage des eaux traitées peut être installé juste après le bassin de comptage de la STEP. Il sera constitué d'un réservoir muni d'un trop-plein et d'orifices de soutirage d'eau épurée à destination des installations à PAC.

Le volume du réservoir doit permettre de maintenir une alimentation en eau constante des conduites vers les installations à PAC. Les fluctuations journalières du débit d'eau épurée sortant de la STEP n'ayant pas été transmises, il n'a pas été possible de calculer le volume nécessaire du réservoir. Lors du dimensionnement final, il devra être soigneusement calculé.

Aujourd'hui, les eaux épurées sont directement rejetées au Ru de Gally. La conduite actuelle de rejet peut alors être utilisée comme canalisation du trop-plein du réservoir de captage. Les orifices de soutirage seront équipés de systèmes de préfiltrage. Après chaque exutoire, une vanne devra être installée pour permettre d'interrompre l'alimentation des conduites.



Représentation schématique en coupe du captage des eaux épurées au niveau de la STEP

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement d'une PAC eau-eau représente généralement 15 à 20% de l'énergie totale, soit un coefficient de performance annuel de 5. Compte tenu de ces données, le débit d'eau

épurée au travers de l'échangeur doit être de 322.5 Litres/minute. Ce débit conditionne le diamètre de la conduite entre captage à la STEP et les installations de production de chaleur de la ferme du Mézu.

Installations	Ferme de Mézu
Puissance nominale de la PAC (kW)	120
Puissance extraite aux eaux épurées (kW)	90
Débit soutiré (Litres/min)	322.5
Diamètre nominale de l'exutoire (mm)	90

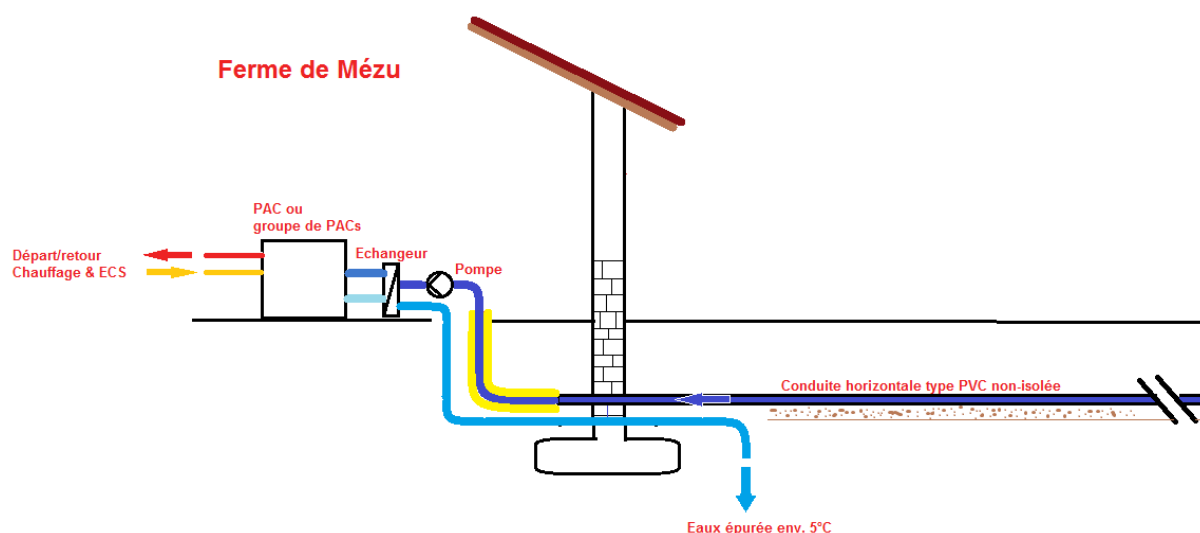
5.2.2 Conduite d'eaux épurées (STEP – ferme de Mézu)

Le parcours entre le captage à la STEP et les installations de la ferme mesure environ 260 m. Conformément au tableau précédent, la conduite aura un diamètre nominal de 90 mm (Ø int. 76.6 mm).

Afin de limiter les pertes de charges, la conduite aura un parcours le plus rectiligne possible et pseudo-horizontal. Elle devra être étanche, posée dans une fouille d'1 mètre de profondeur au minimum, ou isolée le cas échéant. Si la conduite est enterrée hors gel, elle pourra être en polychlorure de vinyle (PVC) non isolée. Le passage du Ru de Gally à proximité du captage nécessite l'isolation de la conduite ainsi que la protection contre des agressions extérieures. Si l'introduction dans la chaufferie ne peut pas être réalisée en sous-œuvre et doit être exécutée par l'extérieur, la conduite devra également être isolée et protégée.

5.2.3 Installation de production de chaleur (Mézu)

Les locaux techniques prévus au sein des bâtiments de la ferme permettront d'abriter l'installation d'aspiration des eaux épurées, l'échangeur de chaleur, la PAC et l'installation de refoulement des eaux épurées.



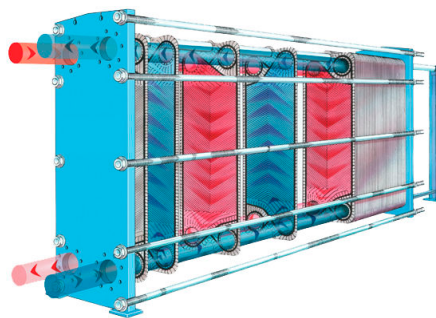
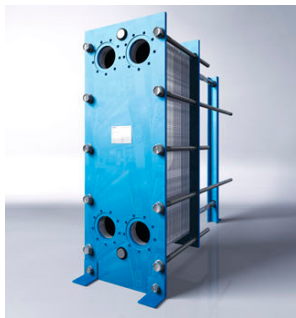
Représentation schématique en coupe de l'installation côté ferme de Mézu - les eaux épurées parviennent à l'échangeur à plaques au moyen d'une pompe.

Caractéristiques de la pompe :

La pompe, d'une puissance d'environ 1 kW, sera reliée côté amont à la conduite DN 90 venant de la STEP. Avant la pompe, la conduite doit être munie d'une purge et d'un dispositif anti coup de bélier sauvegardant la conduite en cas d'arrêt brusque de la pompe. A la sortie de la pompe, les eaux seront refoulées au travers de l'échangeur de chaleur où elles cèderont une partie de leur chaleur au circuit d'eau glycolée de la PAC.

Caractéristiques de l'échangeur:

L'échangeur de chaleur devra avoir une puissance de transfert de 90 kW. Un modèle à plaques démontables en acier inoxydable est préconisé en raison de son faible encombrement (env. 1.2 x 0.5 x 0.8 m) et de ses très bonnes capacités de transfert.

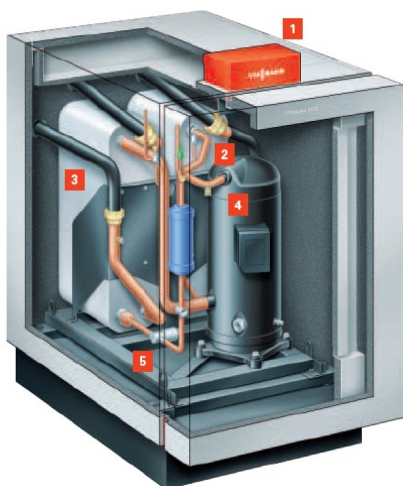
**Représentation d'un échangeur à plaques et principe de fonctionnement :**

Un échangeur permet le transfert de chaleur entre deux fluides sans contact entre eux. Le fluide chaud est représenté en rouge (eaux épurées dans notre cas). Le fluide auquel est transmise la chaleur est en bleu (dans notre cas, de l'eau glycolée du circuit primaire de la PAC)

Entre l'échangeur et la PAC circule de l'eau glycolée. Ce dispositif empêche le gel du fluide en cas de défaillance de la source de chaleur (arrêt de la pompe, fuites, etc.).

Caractéristiques de la PAC:

Dans le cadre du pré-dimensionnement, un ensemble de 2 PACs eau-eau fonctionnant en cascade est préconisé. Les modèles choisis sont la Viessmann Vitocal 300-G 58.9 kW type BW 301.A45 comme « maître » et type BWS 301.A45 comme « esclave ». La puissance nominale totale est de 117.8 kW. Ce système permet 2 allures. Lorsque les besoins en chaleur sont inférieurs à 58.9 kW, une seule PAC fonctionne. La deuxième s'enclenche lorsque les besoins dépassent le seuil des 58.9 kW.

**Vitocal 300-G**

- 1 Régulation numérique en fonction de la température extérieure Vitotronic 200
- 2 Condenseur
- 3 Evaporateur de grande surface
- 4 Compresseur hermétique Compliant Scroll
- 5 Détendeur électronique



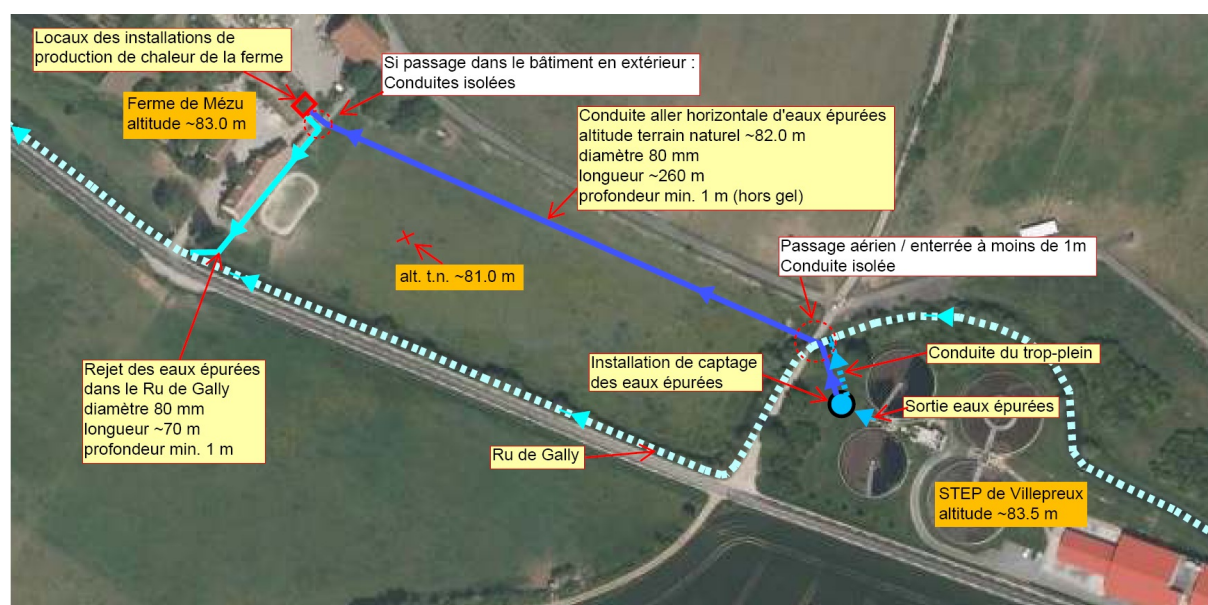
Représentation et caractéristiques principales des pompes-à-chaleur eau/eau Viessmann Vitocal 300-G type BWS 301.A45

Caractéristiques de la conduite de refoulement :

Les eaux épurées, une fois les calories valorisées, sont prévues d'être rejetées au Ru de Gally par le biais d'une conduite. Celle-ci est prévue de mesurer 70 m et présente les mêmes caractéristiques que la conduite reliant la STEP et la ferme. La position de cette conduite est représentée au point suivant (5.2.4).

5.2.4 Positionnement des installations

La représentation ci-dessous résume les éléments détaillés précédemment en offrant une vue globale de la STEP et de la ferme. A noter que les locaux techniques de la ferme ont été placés approximativement mais de manière stratégique au centre du complexe de bâtiment. Cet emplacement correspond au « centre des besoins » en chaleur de l'ensemble des bâtiments. La pompe, l'échangeur à plaques et la pompe à chaleur y prendront place.



Représentation en plan de l'emplacement des installations nécessaires à l'usage des calories des eaux traitées valorisées par un système de pompe à chaleur.

5.3 Installations pour une valorisation par la zone administrative et le centre de commande de la STEP

Pour rappel, la puissance de pointe de la PAC devra être de l'ordre de 40 kW. Suivant le même principe que pour la ferme de Mézu, les conditions de puissance et de débit récapitulées dans le tableau ci-dessous permettent de définir un diamètre nominal de la conduite de 63 mm ($\varnothing$ int. 53.6 mm).

Installations	STEP locaux chauffés
Puissance nominale de la PAC (kW)	40
Puissance extraite aux eaux épurées (kW)	30
Débit soutiré (Litres/min)	107.5
Diamètre nominal de l'exutoire (mm)	63

Le parcours de cette conduite n'a pas pu être déterminé précisément car il dépend de l'emplacement de la PAC et des infrastructures présentes sur le site de la station qu'elles soient aériennes et/ou souterraines. La longueur

de cette conduite a toutefois été estimée à 200 m pour tenir compte du contournement nécessaire des bassins de la STEP.

6 ANALYSE REGLEMENTAIRE

Ce chapitre a pour but de mettre en évidence les principales composantes du projet de valorisation de la chaleur des eaux épurées de la STEP à destination de la ferme de Mézu, pouvant être impactées par des considérations réglementaires ou des projets décidés par les pouvoirs publics. Les procédures ou les alternatives à mettre en œuvre sont également brièvement commentées.

6.1 Influence du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du Ru de Gally

Le PPRI du Ru de Gally est un cas particulier des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) institués par la loi n° 95.101 du 2 février 1995, dite loi Barnier, relative au renforcement de la protection de l'environnement. Le PPRI du Ru de Gally a été approuvé par le Préfet le 24 juillet 2013¹. Ce plan est à prendre en compte dans la mesure où le projet de valorisation des calories des eaux épurées requiert l'installation de nouveaux équipements sur des terrains s'étendant de la STEP à la ferme de Mézu.

Parmi les documents qui composent le PPRI, la carte du zonage réglementaire a pour objectif de réglementer l'occupation et l'utilisation du sol. Comme le Règlement le stipule, « lorsqu'un projet se situe sur plusieurs zones du P.P.R.I., le projet est soumis aux règles de la zone la plus contraignante ». La planche 8 de la carte du zonage réglementaire, reprise en annexe de ce rapport, indique la présence de zones rouge et verte sur les terrains situés entre la STEP et la ferme. La zone rouge est la plus contraignante. **D'après les dispositions applicables en zone rouge citées dans le Règlement, la réalisation de réseaux y compris enterrés sont autorisés, sous réserve de garantir leur étanchéité ou leur non vulnérabilité en cas de crue.**

A noter que l'autorité responsable de la prise en considération du risque d'inondation et de l'application du PPRI sur son territoire, est l'autorité de délivrance des autorisations de construire.

6.2 Contraintes réglementaires liées à l'exutoire final

La position de la conduite de refoulement des eaux épurées depuis la ferme jusqu'au Ru de Gally, l'exutoire final, pourra être revue en fonction du projet de renaturation hydromorphologique du ru prévu par le Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien du Ru de Gally (SIAERG). Un entretien avec A. Chauvry, technicienne de rivière au SIAERG a mis en évidence le fait que l'installation d'une conduite de rejet direct dans le Ru s'annonce en opposition avec le projet de restauration. **Un rejet par lagunage représente une alternative**, à condition de disposer d'un terrain suffisant sur le site de la ferme et de s'assurer de l'absence d'obstacle.

Par ailleurs, ce rejet supplémentaire se situe à plus de 250 mètres du point de rejet habituel dont les coordonnées (x, y) sont précisées dans le dossier d'autorisation préfectorale au titre de la loi sur l'eau. **Une modification du dossier d'autorisation s'avère nécessaire.** La lourdeur de la démarche ainsi que son potentiel d'acceptation par les acteurs locaux de la police de l'eau seront à évaluer au préalable du dimensionnement final.

¹ L'intégralité des documents qui composent ce PPRI est disponible via le lien suivant : <http://www.yvelines.equipement.gouv.fr/plan-de-prevention-des-risques-d-r511.html>

7 PRESENTATION ET COMPARAISON DES SOLUTIONS DE PRODUCTION DE CHALEUR

Ce chapitre présente les différentes possibilités de production de chaleur pour le chauffage et l'ECS de la ferme de Mézu et des locaux chauffés de la STEP. L'objectif est de définir les alternatives à la PAC eau-eau à retenir pour une analyse comparative approfondie sur les plans économiques et environnementaux.

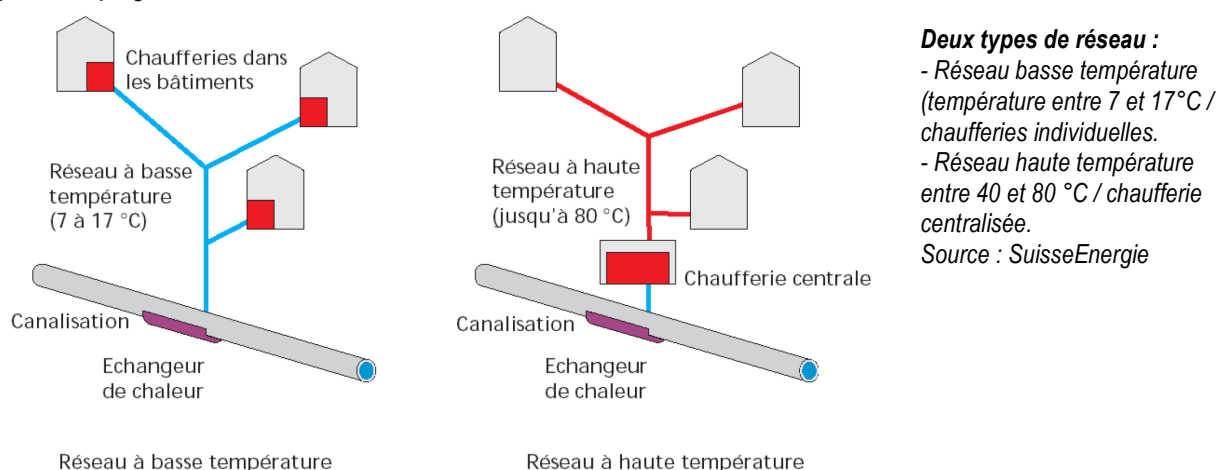
7.1 PAC eau-eau sur eaux épurées

La technologie de valorisation de la chaleur des eaux épurées emploie des pompes à chaleur (PAC) eau-eau dont le coefficient de performance (COP) est élevé. Ce coefficient représente la quantité d'énergie thermique fournie par rapport à l'apport d'électricité nécessaire au fonctionnement de la PAC. Ce COP est situé entre 5 et 6 pour de telles installations. Autrement dit, cela signifie que 80 à 85% de l'énergie chaleur est fournie par les eaux épurées (énergie renouvelable et gratuite). Le solde étant apporté sous forme d'électricité fournie au compresseur de la PAC.

Les frais d'exploitation sont faibles car essentiellement dus à cette consommation électrique. En outre, l'installation ne nécessite ni cheminée ni citerne, permettant un substantiel gain de place. L'investissement initial est toutefois plus élevé par rapport à un système de production de chaleur classique.

Il existe deux types de réseaux de chaleur : le réseau dit « froid » ou « basse température » et le réseau « chaud » ou « haute température ». Dans un réseau haute température, la production de chaleur est centralisée puis distribuée aux utilisateurs par des conduites isolées. Malgré cette isolation, les conduites subissent des pertes d'autant plus importantes que la température du fluide est élevée. En outre, le circuit nécessite deux conduites (aller et retour). Elles doivent impérativement être isolées et sont plus onéreuses que leurs équivalents non-isolés. Dans un réseau froid, le fluide est amené aux installations utilisatrices décentralisées. Le réseau tel qu'il a été dimensionné précédemment correspond à ce type de réseau. Cette solution permet d'employer des conduites non-isolées, peu onéreuses, car les pertes thermiques à ce niveau de température sont très faibles.

La figure ci-dessous schématise les deux types de réseau. A noter que la source de chaleur représentée est un échangeur sur collecteur (voir §6.2). Dans le cas d'une PAC eau-eau sur l'eau épurée, le collecteur est remplacé par un captage sur les eaux traitées en sortie de STEP.



La solution PAC sur eaux épurées présente de solides avantages, sur les plans techniques, et a priori économiques. Les avantages de la PAC sur le plan environnemental sont présentés plus loin au chapitre suivant.

7.2 PAC sol-eau sur collecteur d'eaux usées au nord de la ferme

Il est possible de valoriser la chaleur des eaux usées arrivant à la STEP. Cette récupération est effectuée par le biais d'un échangeur placé dans ou à proximité du collecteur. Cette technique est en général adoptée en présence de collecteurs de large diamètre ($\varnothing \geq 800$ mm).

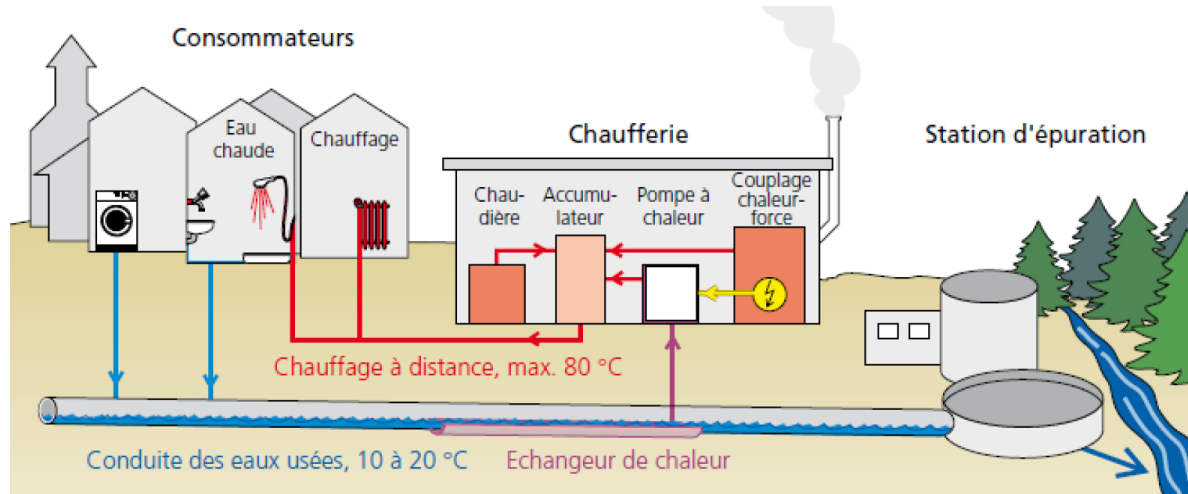


Schéma de principe d'installation de chauffage avec récupération de chaleur sur eaux usées dans le collecteur

Source : SuisseEnergie

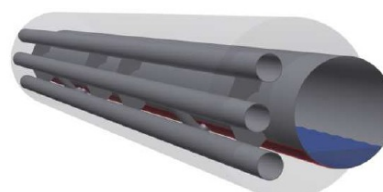
L'extraction de chaleur des eaux usées a une influence sur les procédés de la STEP en aval. Des conditions limites sont à respecter, en principe la température des eaux usées ne doit pas descendre en dessous de 10°C en entrée de STEP.

La différence de température de 1°C entre l'entrée et la sortie des échangeurs de chaleur correspond au potentiel d'extraction communément utilisé dans le cadre d'études d'opportunité afin d'évaluer le potentiel de récupération de chaleur dans les collecteurs d'assainissement. Selon les cas, il pourra être envisagé une récupération de chaleur plus ou moins importante en fonction de l'abaissement de température à la STEP, susceptible de nuire aux performances de traitement du process.

Un collecteur de 200 mm de diamètre passe à proximité immédiate de la ferme. Ce diamètre est faible en regard des besoins en chaleur de la ferme et la pose d'un échangeur dans le collecteur existant n'est pas réalisable. Il faut, dans ce cas, opérer le remplacement du collecteur par un autre équipé d'un échangeur.

Plusieurs systèmes de récupération de chaleur existent à l'heure actuelle et pourraient être adoptés :

- Remplacement du collecteur par un collecteur-échangeur de type Kasag Gravitytube.



Exemples de collecteurs-échangeurs

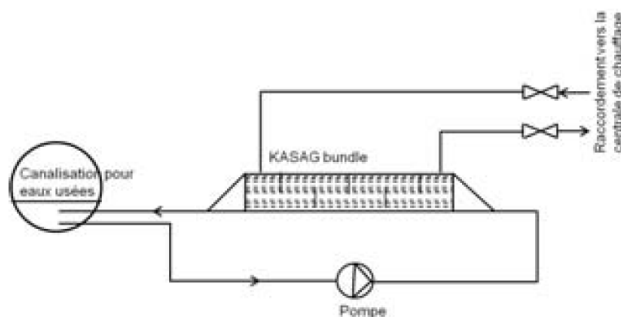
La chaleur des eaux usées est transmise à un réseau de tubes situé à l'extérieur du collecteur.

Source : Kasag Langnau AG

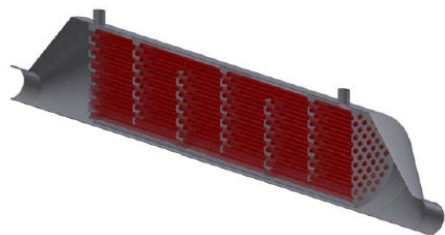
Pour un collecteur de 200 mm, la capacité de récupération est de 0.6 kW/m pour des eaux usées à 13°C. Dans notre cas, environ 150 m de collecteur serait à remplacer par un collecteur-échangeur. Cette longueur est trop importante pour pouvoir être adoptée en termes d'investissement. Il est adéquat d'explorer cette solution lorsque le remplacement d'un collecteur existant est nécessaire ou si un collecteur neuf doit être posé pour raccorder de nouvelles constructions. Les frais supplémentaires de pose d'un collecteur-échangeur en lieu et place d'une conduite simple sont, dans ces derniers cas, raisonnables.

✗ Cette solution n'est pas retenue en raison de la longueur excessive de collecteurs existants à remplacer par des collecteurs-échangeurs, rendant l'opération excessivement coûteuse.

- Pose d'échangeurs à faisceau de tubes en marge du collecteur actuel.



Exemple de collecteur-échangeur à faisceau de tubes



Source : Kasag Langnau AG

Ces types d'échangeurs ont une valeur située entre 600 et 1500 W/m²K. Leurs utilisations pour couvrir les besoins de la ferme semblent compromises en raison de la quantité de chaleur relativement élevée à soutirer aux eaux usées, laquelle conditionne les dimensions et le prix de l'échangeur. Une étude plus approfondie serait nécessaire pour connaître la viabilité économique de cette solution.

✗ Pour être approfondie, cette solution nécessiterait une meilleure connaissance des débits et de la température des eaux usées s'écoulant dans le collecteur proche de la ferme.

7.3 PAC sol-eau sur sondes géothermiques

Pour couvrir les besoins de la ferme, entre 2'000 et 2'400 m de sondes géothermiques seraient nécessaires. Pour le champ de sondes uniquement, l'investissement serait de plus de 100'000 €. Ce coût est dans notre cas rédhibitoire. Par ailleurs, le coefficient de performance d'une PAC sol-eau (géothermique) est moins intéressant que celui d'une PAC eau-eau (sur les eaux épurées par exemple).

✗ Solution non retenue en raison du coût excessif du champ de sondes géothermiques nécessaire.

7.4 Chaudière à condensation fonctionnant au gaz

Les besoins du domaine pourraient être couverts par une chaudière à gaz à condensation. Cependant, aucun raccordement au gaz n'existe actuellement. Deux solutions se présentent dès lors :

- La mise en place du raccordement au réseau de gaz naturel (GN),
- L'installation d'une citerne à gaz propane (GPL)

Ces solutions sont décrites ci-après. La solution au gaz naturel liquéfié (GNL) est écartée car à l'heure actuelle, le GNL n'est distribué par camion-citerne que dans le cas de très gros consommateurs, en général industriels.

Du plus, l'alimentation par citerne de GNL nécessite une installation relativement complexe et coûteuse permettant de revaporiser le gaz.

7.4.1 Alimentation par le réseau de gaz naturel

Les bâtiments de la ferme sont situés à plus de 100 m du réseau existant.



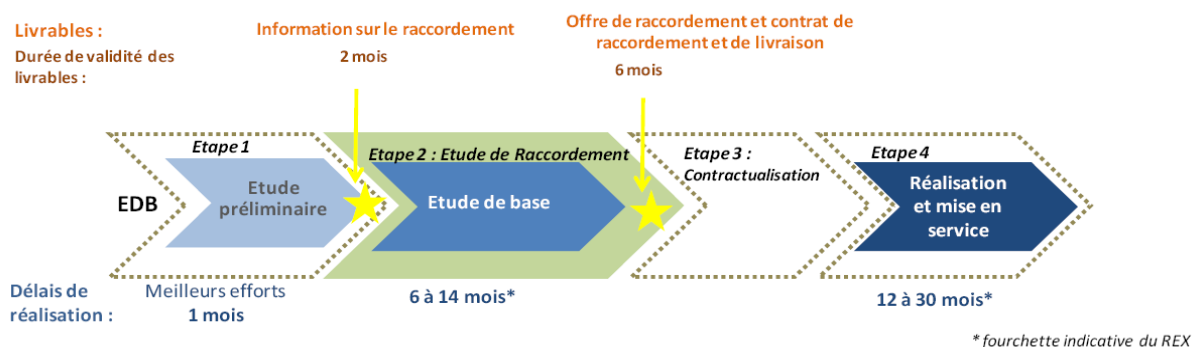
Carte du réseau de distribution de gaz naturel dans la région de Villepreux

La ferme du Mézu est relativement distante du réseau existant (entre 500 et 1000 m)

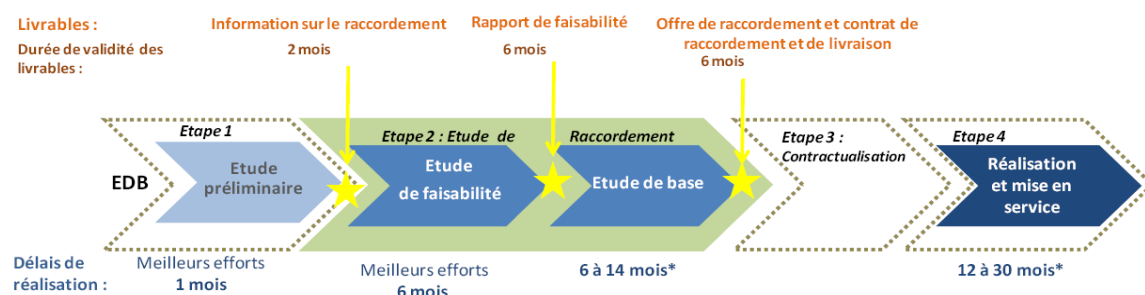
Le fournisseur demande qu'une étude soit effectuée pour pouvoir chiffrer le coût d'un raccordement éventuel.

Le coût de raccordement est établi par le fournisseur (GRTGaz) sur la base d'une étude de raccordement. Celle-ci comprend, en premier lieu, une étude préliminaire qui peut être réalisée par GRTGaz. Elle est gratuite et facultative. En dehors de l'étude préliminaire, les études de raccordement peuvent se dérouler en une ou 2 phases représentées ci-dessous.

Déroulement des études de raccordement en 1 phase :



Déroulement des études de raccordement en 2 phases



Les études de faisabilité et de base sont payantes sur la base de devis établis par GRTGaz. D'après le document GRTGaz, intitulé « Client consommateur : Quelle démarche pour vous raccorder à notre réseau de transport de gaz naturel ?² », la démarche en deux phases coûte entre 50'000 et 350'000 € en fonction du degré de complexité du projet. L'étude de raccordement en 1 phase coûte entre 30'000 et 100'000 €.

Dans notre cas, il n'a pas été possible d'obtenir un devis dans le délai imparti pour la présente étude. Toutefois, le coût d'études peut être estimé en prenant le cas le plus simple et le moins cher, à savoir le déroulement en 1 phase, et en jugeant la réalisation de l'étude de base comme relativement simple (conduites en pleine terre, pas ou peu d'infrastructures à traverser) : 50'000 €.

 Solution retenue à titre de comparaison.

7.4.2 Alimentation par citerne à gaz propane

La pose d'une citerne à gaz propane est possible. Pour une autonomie convenable, le volume de stockage doit être voisin de 25'000 litres.

Les frais d'exploitation sont élevés notamment en raison du coût du gaz et de l'entretien. Cette possibilité nécessite toutefois un investissement de départ relativement faible en regard des solutions renouvelables.

 Solution retenue à titre de comparaison.

7.5 Chaudière à condensation fonctionnant au fioul

L'utilisation de fioul entraîne des observations semblables à l'utilisation du gaz. Le volume de stockage est de l'ordre de 20 à 30'000 litres pour assurer une autonomie suffisante.

Les frais d'exploitations sont en général plus élevés que pour le gaz en raison des importants dépôts de suie (brûleur, cheminée). L'investissement nécessaire à l'installation est comparable à une installation au gaz, autrement dit, il est relativement faible par rapport aux solutions renouvelables.

 Solution retenue à titre de comparaison.

7.6 Chaudière à bois

Dans le cas de la ferme de Mézu, une chaudière automatique à pellets ou plaquettes de bois pourrait être envisagée. L'installation nécessiterait un stockage de bois relativement important lequel devrait être situé à proximité de la chaudière. A pouvoir calorifique égal, c'est 2.5 x le volume de fioul pour les pellets et 6x pour les plaquettes. Cela représente un volume de stockage d'environ 75 m³ de pellets pour un poids de quelques 50 tonnes.

L'investissement est plus important que l'équivalent au gaz ou au fioul en raison d'un volume de stockage important, du système d'alimentation automatique de la chaudière et de la chaudière elle-même et, le cas

² document consultable via la lien : <http://www.grtgaz.com/fileadmin/clients/consommateur/documents/fr/client-final-demarche-raccordement-octobre2013.pdf>

échéant, du filtre à particules. En effet si le conduit de cheminée n'est pas équipé d'un filtre à particules électrostatique, ce système rejette des particules fines dans l'atmosphère et, de ce fait, peu recommandé en zone péri-urbaine.

Les frais d'exploitation sont tributaires des prix et de la disponibilité du bois. Ils sont affectés par les coûts d'entretien de l'installation. En effet, le bois est un matériau beaucoup plus hétérogène que le fioul ou le gaz. Une bonne combustion est plus délicate à contrôler. Elle génère des dépôts de suie et des cendres à évacuer. L'entretien nécessaire à une telle installation est de ce fait plus important que pour l'équivalent au fioul ou au gaz.



Cette solution n'est pas approfondie plus avant dans ce rapport, car nécessite une étude à part entière.

En raison de leur encombrement, l'implantation de la chaudière et de son stock de bois devra être intégrée dans le projet de rénovation pour permettre le chiffrage de l'installation. A la vue des quantités de bois requises par l'installation, il sera adéquat de vérifier que l'approvisionnement en pellets ou plaquettes de bois soit garanti au niveau local.

8 ANALYSE DE FAISABILITÉ

Le chapitre précédent a permis de sélectionner les alternatives technologiques à la PAC eau-eau. Une synthèse des solutions retenues à titre de comparaison est proposée ci-dessous selon le type de consommateur, à savoir :

Pour la ferme de Mézu :

- PAC sur les eaux épurées
- Chaudière à gaz à condensation
 - alimentée par une citerne à gaz propane
 - alimentée par le réseau gaz naturel
- Chaudière au fioul à condensation

Pour les locaux chauffés de la STEP :

- Conservation de l'installation électrique directe
- PAC sur les eaux épurées
- Chaudière à gaz à condensation
 - alimentée par une citerne à gaz propane
 - alimentée par le réseau gaz naturel
- Chaudière au fioul à condensation

8.1 Evaluation des impacts environnementaux

La comparaison des solutions sur un plan environnemental est proposée sur la base de l'évaluation de deux indicateurs :

- la **proportion d'énergie utile rendue par unité d'énergie non renouvelable consommée.**
- la **quantité de CO₂ émise par kilowattheure PCI d'énergie finale.**

La technologie de la chaufferie au bois est intégrée à la comparaison, uniquement pour l'évaluation des indicateurs d'ordre environnemental.

8.1.1 Bilan énergétique

Une étude commanditée par l'ADEME en 2005 relative au bilan environnemental du chauffage domestique au bois fait état du bilan de la consommation d'énergie primaire non renouvelable des technologies de chauffage domestique au gaz, au fioul, à l'électricité et au bois (sous forme de plaquettes forestières). A noter que pour cette comparaison, les systèmes considérés sont une chaudière avec un rendement de 95% pour le gaz, et de 90% pour le fioul, un convecteur électrique ayant un rendement de 100% et une chaudière à plaquettes forestières à 75% de rendement. Les résultats extraits de cette étude sont exposés dans le tableau ci-dessous.

Le pré-dimensionnement du système de valorisation des calories des eaux épurées à destination de la ferme de Mézu fait état d'une pompe à chaleur caractérisée par un COP de 5. Sur cette base, l'indicateur « bilan énergétique » renseigné pour la PAC dans le tableau récapitulatif s'élève à 2.2 unités d'énergie utile rendue par unité d'énergie non renouvelable consommée.

	Unité d'énergie utile rendue par unité d'énergie non renouvelable consommée
Gaz naturel*	0.8
Fioul*	0.7
Electricité*	0.3
Bois – Plaquettes*	20
PAC eau/eau (cas COP =5)	2.2

*source : ADEME

Le bilan énergétique est clairement en faveur de la chaufferie bois. Toutefois la pompe à chaleur eau/eau reste pertinente d'un point de vue énergétique, en comparaison aux autres solutions de chauffage plus classiques, étant donné que le rapport est supérieur à 1.

8.1.2 Bilan gaz à effet de serre

Les références en termes d'émissions de gaz à effet de serre de différentes solutions de chauffage individuelles sont stipulées dans l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique. Ces valeurs sont estimées sur la base de la méthode de l'analyse de cycle de vie qui consiste à quantifier les émissions relatives à l'extraction du combustible, à la distribution et à l'utilisation finale chez l'utilisateur qui sont liées à la production d'1 MWh utile de chaleur chez l'utilisateur. Les valeurs sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Le bilan gaz à effet de serre de la pompe à chaleur eau/eau dimensionnée pour le projet qui utilise 15% d'énergie électrique, le reste étant fourni par l'énergie disponible des eaux épurées, est compris entre 36 et 120 g équivalent CO₂ par kWh PCI d'énergie finale.

	g eq CO ₂ / kWh PCI d'énergie finale
Gaz naturel*	234
Fioul*	300
Electricité*	Entre 180 et 600 (selon méthodes de calculs)
Bois – Plaquettes*	13
PAC eau/eau (cas COP =5)	Entre 36 et 120

*source : arrêté du 15 septembre 2006

Les résultats du bilan gaz à effet de serre sont encore une fois en faveur de la chaufferie bois. Toutefois, la pompe à chaleur est une solution qui s'affiche en deuxième position par rapport aux autres solutions.

Il est important de souligner, sur la base de ces conclusions, qu'une étude élargie des impacts de ces solutions sur l'environnement, notamment en termes d'acidification atmosphérique (émissions d'oxydes de soufre), d'eutrophisation des eaux (oxydes d'azote) et d'émissions de métaux toxiques dans l'air révélerait les points faibles de la chaufferie au bois.

8.2 Estimation du coût des installations en lien avec la ferme de Mézu

Les estimations de coût décrites ci-dessous concernent exclusivement les systèmes de production de chaleur. Le coût de la distribution de la chaleur et des installations de production d'eau chaude sanitaire, identique pour l'ensemble des systèmes de production de chaleur, n'est pas intégré dans ces estimations.

Les chiffrages présentés ci-dessous sont détaillés en annexe.

8.2.1 Pompe à chaleur sur les eaux épurées

Investissement	Travaux (€ HT)	81'980
	Ingénierie (€ HT)	26'700
	Total investissement (€ HT)	108'680
Frais d'exploitation (€ HT/an)		9'280

8.2.2 Chaudière à gaz à condensation

Gaz propane

Investissement	Travaux (€ HT)	37'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	37'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		40'640

Gaz naturel

Investissement	Travaux (€ HT)	66'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	66'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		20'820

8.2.3 Chaudière au fioul à condensation

Investissement	Travaux (€ HT)	34'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	34'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		30'100

8.3 Estimation du coût des installations en lien avec les locaux chauffés de la STEP

8.3.1 Electrique direct (statu quo)

Ces installations sont en service actuellement. L'investissement nécessaire à l'utilisation du système actuel est nul.

Investissement	Travaux (€ HT)	0
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	0
Frais d'exploitation (€ HT/an)		11'240

8.3.2 Pompe-à-chaleur sur les eaux épurées

Investissement	Travaux (€ HT)	49'190
	Ingénierie (€ HT)	18'400
	Total investissement (€ HT)	67'590
Frais d'exploitation (€ HT/an)		3'160

8.3.3 Chaudière à gaz à condensation

Gaz propane

Investissement	Travaux (€ HT)	15'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	15'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		13'880

Gaz naturel

Investissement	Travaux (€ HT)	57'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	57'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		6'940

8.3.4 Chaudière au fioul à condensation

Investissement	Travaux (€ HT)	17'000
	Ingénierie (€ HT)	0
	Total investissement (€ HT)	17'000
Frais d'exploitation (€ HT/an)		10'700

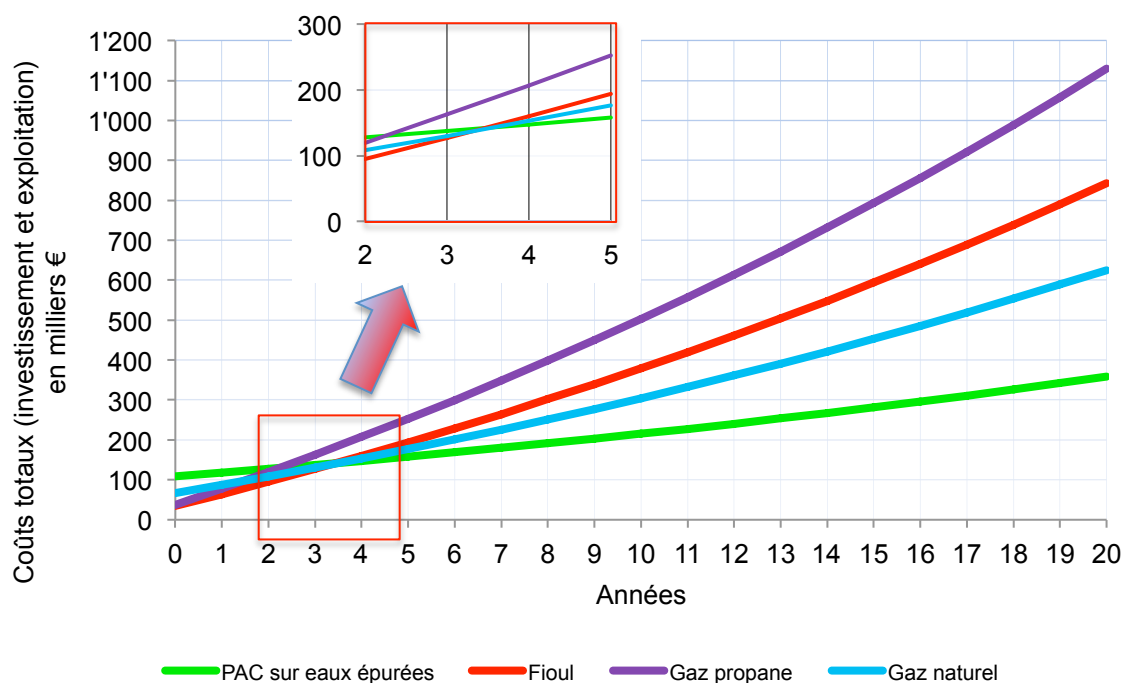
8.4 Analyse coût / benefice**8.4.1 Ferme de Mézu**

L'installation d'une PAC sur les eaux épurées est comparée à trois autres possibilités de production de chaleur de puissance équivalente :

- chaudière au fioul à condensation
- chaudière à gaz à condensation raccordée réseau de gaz naturel
- chaudière à condensation alimentée par une citerne à propane.

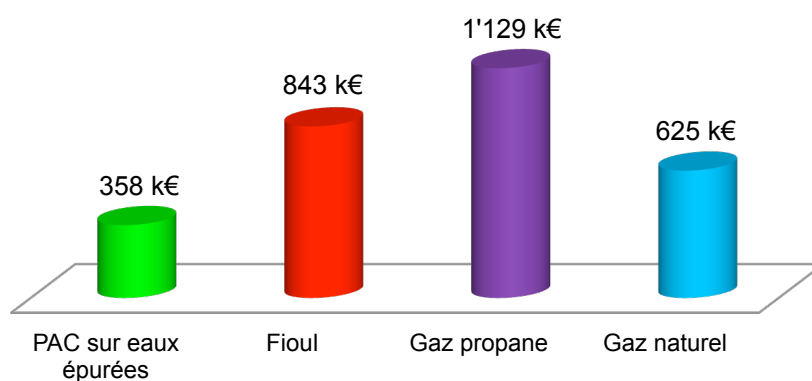
Une représentation graphique des coûts totaux intégrant l'investissement de départ (hors coûts d'emprunt) et les coûts d'exploitation (énergie, entretien) pour chacune des solutions sur une période s'étalant sur 20 ans est présentée ci-dessous. Les coûts d'exploitation ont été majorés de 3% par année pour tenir compte l'augmentation prévisionnelle du coût des énergies, des fournitures et des services. Les points d'ordonnée à l'origine sont les investissements de départ respectivement pour l'installation au fioul (34'000 €), au gaz propane (37'000 €) au gaz naturel (66'000 €) et la PAC (108'680 €).

Ces résultats démontrent l'intérêt d'une installation à PAC exploitant la chaleur des eaux épurées. Si une PAC alimentée par les eaux épurées est relativement onéreuse à l'achat, elle occasionne des frais de fonctionnement très faibles. Ce type d'installation est ainsi moins coûteux qu'une installation au gaz propane à partir de 2 ans et qu'une installation au gaz naturel ou au fioul à partir de 4 ans.



Sur une durée de 20 ans et selon ces estimations, la couverture des besoins en chauffage et ECS de la ferme coûtera (hors taxes) environ :

- 1 million d'€ avec une installation au gaz propane
- 850'000 € avec une chaudière au fioul
- 600'000 € avec une chaudière raccordée au réseau de gaz naturel
- et seulement 360'000 € avec une PAC alimentée par les eaux épurées.



Evaluation des coûts de la couverture de besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des bâtiments de la ferme de Mézu sur une durée de 20 ans :

Par une installation à PAC alimentée par les eaux épurées, par une chaudière au fioul à condensation, par une chaudière à gaz à condensation (avec gaz propane et gaz naturel)

8.4.2 Locaux chauffés de la STEP

Les installations de chauffage électrique direct, actuellement en service, sont comparées aux trois possibilités de remplacement du système de chauffage :

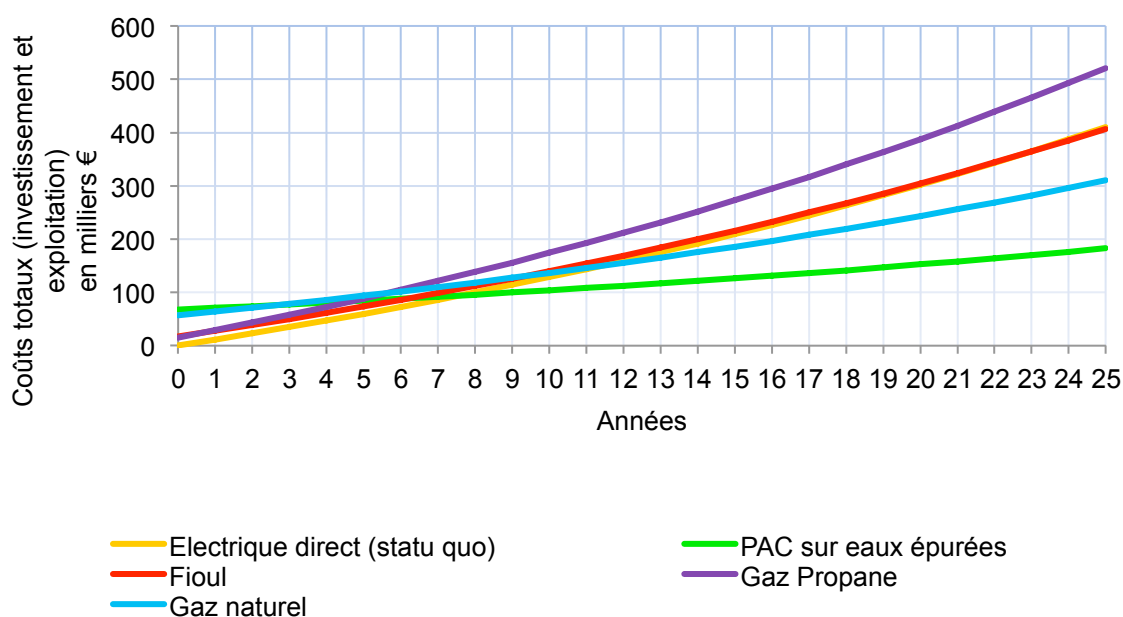
- PAC eau-eau sur les eaux épurées
- chaudière à condensation au fioul
- chaudière à gaz à condensation raccordée réseau de gaz naturel
- chaudière à condensation alimentée par une citerne à propane

L'investissement nécessaire à la mise en place d'un nouveau circuit hydraulique de distribution de la chaleur n'a pas pu être déterminé avec précision avec les données à disposition. Il a toutefois été estimé entre 30'000 € et 50'000 € en fonction du système émetteur adopté (radiateurs standards, chauffage par le sol, etc.). Idéalement, la distribution devrait être effectuée à basse température par le sol. Le rendement des installations de chauffage fonctionnant à basse température est meilleur. Lors de cette opération, il serait d'autre part adéquat d'isoler la dalle des locaux chauffés. A l'heure actuelle, cette dalle est insuffisamment isolée d'un réservoir d'orage adjacent et le plancher froid provoque de grandes pertes thermiques et l'inconfort des usagers.

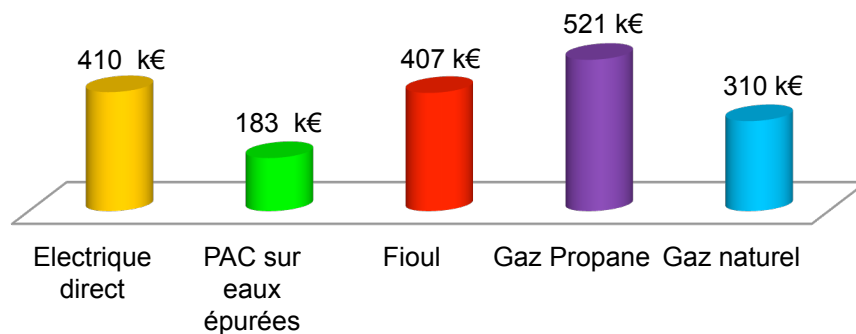
Comme dans le cas de la ferme, une représentation graphique des coûts totaux est présentée ci-dessous. les points d'ordonnées à l'origine du graphique ci-dessus représentent l'investissement de départ. L'investissement initial pour l'installation électrique directe existante est considéré comme nul. Il est de 67'590 € pour la PAC, 17'000 € pour la chaudière au fioul, 15'000 € pour la solution gaz alimentée par citerne et de 57'000 € pour la chaudière à gaz sur le réseau de gaz naturel.

Par rapport à la situation actuelle, la solution au gaz propane ou au fioul ne présentent aucun avantage. Compte tenu du coût de mise en place d'un réseau hydraulique de distribution de la chaleur à prévoir, une installation au gaz naturel deviendrait moins chère au bout de 16 à 20 ans.

Toujours en considérant le coût de la distribution de la chaleur, la PAC fonctionnant sur la base des eaux épurées deviendrait plus intéressante que le statu quo au bout de 10 à 12 ans. Si une PAC de plus grande puissance fournie de la chaleur à la fois pour les locaux et pour le séchage des boues, le retour sur investissement sera certainement plus court.



Sur 25 ans, le coût total de couverture des besoins en chaleur des locaux chauffés de la STEP par le système électrique direct actuel est évalué à 410'000 €. Le remplacement du chauffage existant par une installation à PAC alimentée par les eaux épurées permettrait de couvrir des besoins identiques pour un coût de 213'000 € à 223'000 € (183'000 € + nouveau réseau de distribution).



Evaluation des coûts de la couverture de besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des locaux chauffés de la STEP sur une durée de 25 ans :

Par le système actuel (électrique direct), une installation à PAC alimentée par les eaux épurées, par une chaudière au fioul à condensation, par une chaudière à gaz à condensation (avec gaz propane et gaz naturel).

9 ÉTUDE DE LA VALORISATION MATIERE DES EAUX EPUREES

Comme évoqué au point 1 et 2 de ce rapport, l'étude a également pour objectif d'analyser la faisabilité d'une réutilisation matière des eaux épurées de station par la ferme de Mézu pour un usage comme moyen d'arrosage ou pour l'actionnement d'une roue à eau.

Après énoncé de cet objectif, deux questions se posent :

- Quelle est l'influence d'un prélèvement d'eau épurée sur le Ru de Gally ?
- L'eau épurée a-t-elle la qualité nécessaire pour une réutilisation ?

9.1 Influence du prélèvement sur le Ru de Gally

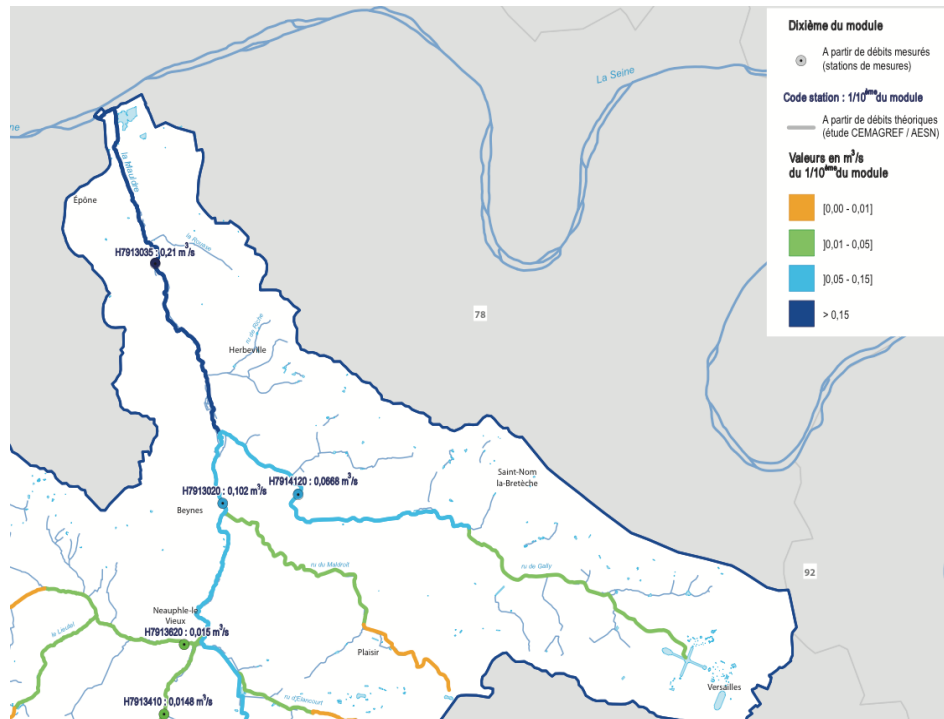
Le COmité du Bassin Hydrographique de la Mauldre et de ses Affluents (COBAHMA) a été mandaté par la Commission Locale de l'Eau du bassin versant de la Mauldre pour être maître d'ouvrage de l'élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Mauldre. Le Ru de Gally étant un affluent de la Mauldre, celui-ci fait partie du SAGE réalisé par le COBAHMA.

L'analyse des résultats du SAGE permet d'en tirer les conclusions suivantes :

- l'influence de la température d'une eau rejetée dans le Ru de Gally est minime. Cela signifie que le rejet prévu depuis la ferme dans le Ru à 5°C au creux de l'hiver, après prélèvement des calories, est négligeable.
- en revanche, le fait de détourner une eau normalement rejetée dans le Ru pour d'autres usages peut avoir un impact en fonction des quantités mises en jeu.

Plus précisément, la disposition n°26 du Plan d'Aménagement et de Gestion Durable fixe les conditions pour définir et respecter le débit minimum biologique pour les cours d'eau de la Mauldre amont : « les débits minimums des cours d'eau du bassin de la Mauldre ne doivent pas être inférieurs à une valeur plancher. Cette

valeur plancher correspond au dixième du module, ... ». Aussi la carte ci-dessous affiche pour la partie du Ru de Gally des valeurs plancher de débit minimum comprises entre 0.01 et 0.05 m³/s, soit environ 4'000 m³/j.



Extrait de la carte des valeurs plancher du débit minimum pour le SAGE de la Mauldre figurant dans l'Atlas Cartographique

Les mesures de débit du Ru de Gally en amont et en aval de la station révèlent que le rejet de la station de Villepreux a peu d'influence sur le débit du Ru. Ce débit est de 1.5 m³/s, mesure réalisée au mois d'août 2012 et donc en période sèche. Ce débit inchangé s'explique notamment par la présence de la station d'épuration du Carré de la Réunion située sur la commune de Bailly en amont de celle de Villepreux qui rejette également dans le ru et qui est dimensionnée à plus de 200'000 équivalents-habitants.

Pour rappel, les débits journaliers de rejet de la STEP de Villepreux sont dans 98% des cas supérieurs à 4000 m³/j. Le débit soutiré pour une valorisation des calories à destination de la ferme est de 33 L/min, soit 465 m³/j. Par conséquent, même si la station amont ne rejetait plus dans le ru, situation peu probable, les valeurs planchers ne seraient de toute façon pas atteinte même en cas de prélèvement pour les besoins de la ferme.

9.2 Qualité des eaux pour une réutilisation matière

La réutilisation d'eaux traitées en sortie de station d'épuration est soumise à la réglementation, et plus précisément, à l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. Selon l'arrêté, les types d'usages sont contraints par des niveaux de qualité sanitaire des eaux usées traitées.

La liste des types d'usage mentionnés dans l'arrêté est limitée. Un usage pour arrosage du manège à chevaux se rapprocherait de celui pour les espaces verts et forêts ouverts au public contraint par niveau de qualité A, quand celui pour une roue à eau ne trouve pas d'équivalent dans la réglementation.

TYPE D'USAGE	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Cultures maraîchères, fruitières et légumières non transformées par un traitement thermique industriel adapté	+	-	-	-
Cultures maraîchères, fruitières, légumières transformées par un traitement thermique industriel adapté	+	+	-	-
Pâturage	+	+(1)	-	-
Espaces verts et forêts ouverts au public (notamment golfs)	+(2)	-	-	-

La poursuite de l'étude consiste donc à comparer la qualité de l'eau traitée par rapport aux seuils définis pour la qualité A dans cet arrêté. Le tableau ci-dessous synthétise cette comparaison pour les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO). Les résultats sont corrects en moyenne. Quelques valeurs maximales en MES supposeraient la pose de filtre avant usage. Les paramètres bactériologiques (entérocoques, etc.) n'ont pu être validées, mais le prestataire mentionne qu'un traitement bactériologique serait certainement nécessaire à mettre en place pour assurer une qualité en-dessous des seuils préconisés.

	Seuils pour une qualité de niveau A (Arrêté 02.08.10)	Qualité eau STEP (donnée Veolia)	Qualité 2010	Qualité 2011	Qualité 2012
MES (mg/L)	< 15	Moyenne	6.61	6.28	11.50
		Max	12.20	18.20	24.00
		Min	1.80	1.60	3.30
DCO (mg/L)	< 60		26.32	22.76	30.58

A ces notions de qualité, il est important de souligner la charge que représente la constitution du dossier de demande d'autorisation pour une telle valorisation. Des éléments de suivi sont également à fournir et à mettre à jour. L'ensemble des pièces requises sont également mentionnées dans l'arrêté réglementaire.

10 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les perspectives d'utilisation de la chaleur contenue dans les eaux épurées de la station d'épuration de Villepreux sont prometteuses, tant sur les plans technique, environnemental et économique.

Le potentiel de chaleur des eaux épurées valorisable à la station de Villepreux est proche d'1 MW. Cette énergie est à l'heure actuelle rejetée dans le milieu naturel. En valorisant seulement un tiers de la chaleur disponible, il est possible de couvrir l'ensemble des besoins en chaleur des bâtiments de la ferme de Mézu et des locaux chauffés de la STEP.

Un système fonctionnant sur la base d'une pompe à chaleur (PAC) eau/eau permet de valoriser cette chaleur disponible. Une telle installation nécessite un investissement conséquent par comparaison à d'autres solutions de chauffage que la ferme pourrait envisager. En revanche, les frais d'exploitation sont plus faibles que dans le cas de chaufferies fonctionnant au gaz ou au fioul. Cela s'explique par le fait que la majeure partie de l'énergie fournie est soutirée aux eaux traitées et considérée comme gratuite et que les frais d'entretien sont limités. Par ailleurs, l'installation ne nécessite ni stockage de combustible, ni cheminée, entraînant un gain de surfaces.

En considérant des besoins standards en chauffage et en eau chaude sanitaire par la ferme de Mézu, la production de chaleur à partir des calories des eaux traitées devient plus intéressante financièrement qu'une installation conventionnelle au gaz naturel ou au fioul au bout de 4 ans. Par ailleurs, la couverture des besoins en chaleur du domaine serait moins chère de 40% sur une durée de 20 ans par rapport à la solution standard la plus avantageuse initialement.

La chaleur encore disponible ouvre la possibilité d'envisager des opportunités haut de gamme, de type installation d'une piscine, voire d'un Spa, projets qui pourraient faire sens avec la rénovation envisagée par les propriétaires de la ferme Mézu.

La réutilisation de ces eaux en tant que « matière » est en revanche déconseillée. Les contraintes réglementaires imposées pour obtenir la qualité adéquate des eaux sont en effet démesurées par rapport aux besoins visés par la ferme.

11 ANNEXES

11.1 Cartographie du zonage réglementaire extraite du PPRI du Ru de Gally



11.2 Détail du coût des installations lien avec la ferme de Mézu

11.3 Détail du coût des installations en lien avec les locaux chauffés de la STEP