

Rapport, 21 août 2017

# Programme „réseaux thermiques“

Étude de cas,  
CAD La Tour-de-Peilz

**Auteurs**

Iris Mende, Spécialiste Communication & Affaires publiques, Groupe E SA

Sylvain Baumann, Responsable gestion de projets, Groupe E Celsius SA

Lionel Jordan, Ingénieur chef de projets, Groupe E Celsius SA

**La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.  
La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.**

**Adresse**

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : 3003 Berne  
Infoline 0848 444 444, [www.suisseenergie.ch/conseil](http://www.suisseenergie.ch/conseil)  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

<b>1</b>	<b>Fiche descriptive</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Contexte / objectifs</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Organisation du projet</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Procédure</b> .....	<b>8</b>
4.1	Planification .....	8
4.2	Réalisation .....	10
4.3	Exploitation.....	11
<b>5</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>11</b>

# 1 Fiche descriptive

## Informations générales

Nom du projet	CAD La Tour-de-Peilz
Lieu	La Maladaire, 1814 La Tour-de-Peilz
Investisseur	Groupe E SA
Maître d'ouvrage	Groupe E Celsius SA
Exploitant	Groupe E Celsius SA
Année de construction	Début des travaux mars 2013. Achèvement des travaux octobre 2015
Type de réseau thermique	Réseau de froid ( $15^{\circ}\text{C} < T_{\text{Réseau}} \leq 5^{\circ}\text{C}$ )
Description du projet	La station de pompage, située sur la plage de la Maladaire, récupère l'eau du lac dans un bassin. Grâce à des échangeurs de chaleur, cette eau cède 3 degrés au circuit de distribution reliant la station de pompage aux bâtiments alimentés. Chaque bâtiment dispose de sa propre pompe à chaleur. Ce réseau s'étend sur la partie nord de la ville et devrait s'étendre sur toute la commune dans les années à venir.

## Domaine d'approvisionnement

Utilisation	Habitations (villas, bâtiments administratifs, ...)
Personnes raccordées	14 bâtiments en service et 10 prochainement mis en service
Construction	Existante, années 2015
Besoin en énergie utile	
Énergie vendue en 2016	812'337 KWh/a
Puissance installée	10 MW potentiel de 30 MW
Besoin en énergie de refroidissement	Pour l'instant, aucun besoin en froid.
Niveau de température	
ECS	55-60°C
Chauffage	55-60°C
Refroidissement	5-15°C

## Production d'énergie

### Système de production de chaleur bâtiment

Type de pompe à chaleur	Pompes à chaleur fournies par la société CTA
Système pompe à chaleur	décentralisé
Puissance pompe à chaleur	de 10 kW à 500 kW puissance thermique installée pour chauffage et ECS
Source de chaleur	eau du lac
Préparation ECS	décentralisé

### Système de production de chaleur réseau

Rendement des PAC	$COP_{PAC}$ entre 3.5 et 4
-------------------	----------------------------

### Système de freecooling

Système de refroidissement (ruban)	refroidissement par eau du lac
Rendement du système de froid	Pas de besoin en froid pour l'instant.

## Stockage thermique

Aucun

## Distribution

Typologie	boucle
Longueur	2 x 4,1 km
Diamètre	bras principal entre 700 mm et 400 mm
Matériel de conduite	fonte - béton
Caractéristiques d'isolation	Aucune isolation
Structure du réseau	unidirectionnel
Nombre de conduites	2 conduites
Températures dans le réseau	
Conducteur thermique chaud	max. 20°C, min 2°C

**Critères économiques**

Investissement total	32 Mio. CHF
Conduite	5.5 Mio. CHF
Production de distribution	2.5 Mio. CHF
centrale	5.7 Mio. CHF
sous-station - distribution	23 Mio. CHF
Coût de l'énergie	19.8 cts/kWh
Partenaires / Prestataires	Sollertia – Planair - Conti – JDH
Annuité	0.064
Durée de vie	
Conduites	50 a
Production de chaleur	25 a
Réduction des émissions de gaz à effet de serre	- 10'000 t/a

**Monitoring**

Monitoring	existant
------------	----------

## 2 Contexte / objectifs

En Suisse, le chauffage des bâtiments représente entre 40 et 45 % de la consommation énergétique du pays. En hiver, sa contribution représente jusqu'à 60% de la consommation. Pour diminuer cet impact, il est important d'agir tant sur la qualité énergétique des bâtiments que sur l'efficacité des systèmes de conversion d'énergie et l'intégration des sources d'énergies renouvelables. Parmi les solutions qui devraient prendre leur essor, la valorisation thermique de l'eau du lac (ressource renouvelable) à des fins de chauffage et de rafraîchissement représente une alternative très intéressante aux technologies conventionnelles. Les expériences menées à ce jour en Suisse ont permis de démontrer la maturité de cette technologie qui se révèle être particulièrement pertinente dans le canton de Vaud en raison de la densité du tissu urbain en bordure des lacs.

L'élément déclencheur du projet a été le besoin en chaleur du promoteur JDH Immo pour les nouveaux bâtiments du quartier En Sully. La proximité avec le lac a très vite débouché sur une étude de faisabilité avec la production de chaleur couplée avec le pompage d'eau du lac.

L'étude de faisabilité a démontré la viabilité du projet, cependant à condition de pouvoir raccorder le plus de preneurs de chaleur possibles sur la commune. C'est ainsi qu'il a été décidé de prolonger le réseau jusqu'aux bâtiments du centre de la commune de la Tour-de-Peilz.

La typologie du quartier était une zone urbaine qui était destiné à construire un nouveau quartier. L'utilisation principale du chauffage à distance de la Tour-de-Peilz est de chauffer les bâtiments mais il est aussi possible de les refroidir. Les utilisateurs sont nombreux que ce soit des habitations, des villas ou encore des entreprises ou bâtiments publics tous y trouvent leur contribution (voir plan en annexe).

## 3 Organisation du projet

Le projet a été initié par Groupe E en 2011 après des discussions avec le promoteur immobilier JDH Immo qui cherchait une solution de chauffage pour le projet de construction En Sully. Grâce à son esprit pionnier, la société a pu lui proposer une solution innovante parfaitement adaptée au lieu et aux besoins des clients. Le maître d'ouvrage est Groupe E Celsius. La commune n'est pas financièrement partenaire du projet mais met à disposition la surface sur laquelle est construite la centrale de pompage.

Pour la conception et l'exécution du projet, Groupe E Celsius a sollicité les bureaux d'ingénieurs Sollertia, PLANAIR et Conti & Associés. Yerly Installations SA et CTA Services SA ont réalisé les installations sanitaires et les pompes à chaleur dans les bâtiments alimentés. L'entreprise Sollertia SA a réalisé toute la partie génie civil.

Groupe E Celsius a loué les terrains de la commune de La Tour-de-Peilz pour la construction de la station de pompage et le passage des conduites. La pose de conduites dans les terrains de privés

a été réglée par le biais de servitudes. Le Service de l'environnement a quant à lui soutenu le projet en octroyant une subvention.

Groupe E Celsius est aujourd'hui le seul propriétaire et exploitant de la centrale et du réseau de chauffage à distance.

La population a été impliquée tout au long du projet par diverses mesures de communication, notamment des informations aux médias locaux et une journée portes ouvertes après la mise en service de l'installation. Il y a également eu deux séances d'information pour les personnes habitant à proximité des conduites.

## 4 Procédure

### 4.1 Planification

Groupe E Celsius a proposé ce projet de chauffage à distance basé sur le pompage de l'eau du lac Léman car cette solution présentait de nombreux avantages tant d'un point de vue économique que d'un point de vue énergétique et environnemental.

Une étude réalisée en collaboration avec l'EPFL a permis de concrétiser le projet au niveau de la solution technique choisie. Pour évaluer la performance énergétique du système de conversion d'énergie, l'EPFL a évalué les éléments suivants :

- Définition de la demande
- Calcul des performances annuelles
- Description des solutions de conversion d'énergie
- Calcul des indicateurs de performance

Groupe E Celsius a fourni des données à l'EPFL sous la forme d'informations géographiques et de descriptions de bâtiments. En outre, le SEVEN<sup>1</sup> a complété les données fournies par des informations concernant la qualité de la source de chaleur (eau du lac). Ces informations ainsi que les hypothèses de calculs préliminaires ont été soumis à une revue critique.

La solution proposée a été comparée à d'autres scénarios, à savoir :

- Chaudière à gaz naturel, Cette situation a représenté la situation de référence
- Couplage chaleur-force à gaz naturel,
- Couplage chaleur-force à bois,
- Chaudière à bois,
- Pompe à chaleur, niveau de température : basse (hpl;  $\leq 60^{\circ}$  C) et haute (hph ;  $\leq 74^{\circ}$  C),
- Couplage chaleur-force à gaz et pompe à chaleur, niveau de température : basse (hpl;  $\leq 60^{\circ}$  C),
- Chaudière à gaz (gas boiler) et pompe à chaleur, niveau de température: basse (hpl;  $\leq 60^{\circ}$  C),
- Couplage chaleur-force à bois et pompe à chaleur, niveau de température : basse (hpl;  $\leq 60^{\circ}$  C),
- Chaudière à bois et pompe à chaleur, niveau de température : basse (hpl;  $\leq 60^{\circ}$  C).

Grâce à son analyse, l'EPFL est arrivée à la conclusion que la variante proposée par Groupe E Celsius (pompage de l'eau du lac avec pompes à chaleur individuelles dans les bâtiments) présentait la solution la plus économique afin d'alimenter plusieurs zones. Elle a recommandé la

---

<sup>1</sup> Service de l'environnement et de l'énergie

solution proposée avec des pompes à chaleur car il s'agissait de la variante la plus économique afin d'alimenter plusieurs zones.

Ce chauffage à distance fonctionne grâce à une technologie combinant pompage, réseau d'eau et pompes à chaleur, qui permet de récupérer l'énergie de l'eau du lac Léman. Cette dernière est captée à 500 mètres du bord du lac et à 70 mètres de profondeur, là où la température est stable. Entrant dans le circuit de pompage à six degrés, elle cède trois degrés à un circuit de distribution reliant la station aux bâtiments raccordés. Le processus de compression et de détente, se déroulant à l'intérieur de pompes à chaleur à haute performance installées chez les consommateurs, permet de valoriser l'énergie puisée dans le lac pour assurer le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

### **Le captage d'eau du lac**

L'eau du lac est captée à 500 m du bord du lac et 70 m de profondeur à l'aide d'une crépine et une conduite de diamètre 800 mm. L'eau captée est remplie par l'effet gravitaire d'une fosse qui se situe dans la station de pompage et distribution au bord du lac. L'eau du lac à 7 °C cède sa chaleur à l'échangeur de chaleur situé dans cette station, pour revenir dans le lac à une température d'environ 4 °C.

### **Réseau d'eau de distribution**

Le réseau d'eau de distribution est l'interface entre l'eau du lac et les consommateurs. Ce réseau fermé, récupère l'énergie cédée par l'eau du lac à l'échangeur et part vers chaque sous-stations des bâtiments. À son tour, le réseau d'eau va céder sa chaleur aux pompes à chaleur et revient dans la station de pompage et distribution pour soutirer une nouvelle fois la chaleur à travers l'échangeur de chaleur.

### **Production de chaleur par la pompe à chaleur**

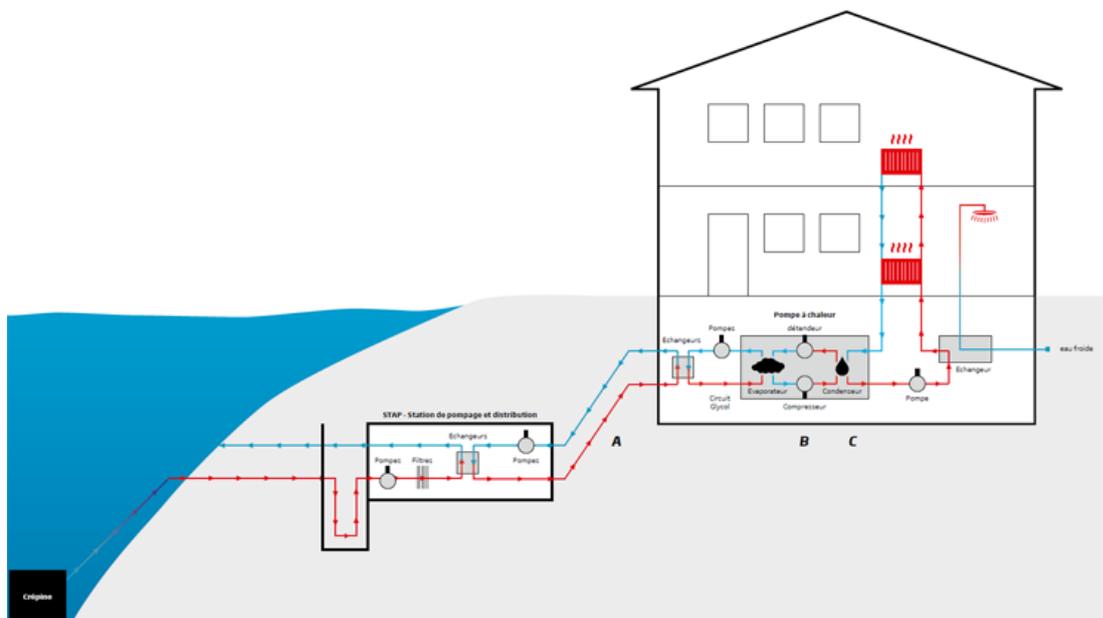
C'est la dernière étape du processus et c'est celle qui permet d'obtenir la chaleur utile pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS). Ce processus fonctionne avec un cycle frigorifique. L'eau amenée à basse température plus un apport d'électricité en raison de 3 pour 1 va permettre d'obtenir 4 unités de chaleur à haute température (65°C). La formule simplifiée est :

$$3 \times \text{chaleur du lac} + 1 \times \text{électricité} = 4 \times \text{Chaleur utile}$$

En fonction de la puissance que les clients ont besoin, une pompe à chaleur fonctionnant en série ou en parallèle sera installée. Plus le besoin en puissance est grand, plus la pompe à chaleur en série conviendra le mieux.

La température nécessaire pour le chauffage peut varier entre 35°C pour les nouvelles constructions et 65°C pour les bâtiments existants. Cette variation va dicter la performance de la pompe à chaleur, c'est pourquoi des accumulateurs sont placés dans les bâtiments pour lisser cette variation de demande. De plus un réglage et équilibrage des installations secondaires permettent une optimisation du fonctionnement des installations et des économies substantielles d'énergie.

### Schéma de principe



- A) La chaleur de l'environnement provenant de l'eau est amenée à l'évaporateur de la PAC.
- B) Le fluide circulant dans la PAC se transforme en gaz. Dans le compresseur, le gaz est comprimé ce qui engendre une augmentation de sa température.
- C) Dans le condenseur, le gaz chaud transmet finalement sa chaleur au système de circulation d'eau de l'installation de chauffage. La pression retombe dans la soupape de détente et le processus peut recommencer depuis le début.

## 4.2 Réalisation

La réalisation du projet a débuté en 2013. Techniquement, le principal défi était de construire une centrale sur un lac. La construction de la station de pompage et du réseau de distribution a nécessité des travaux lourds. Le besoin de place dans le local technique pour l'installation de la pompe à chaleur et de ses accessoires était conséquent.

Le chantier a pris un retard considérable en raison des difficultés liées à la construction de la centrale, spécialement à la creuse en dessous du niveau du lac.

Groupe E Celsius est la première entreprise en Suisse à effectuer un travail de cette technique et envergure, c'était donc un projet très intéressant et innovant. Du côté économique, les coûts pour la construction de la centrale ainsi que les travaux de fouille ont été sous-estimés et le budget initial a été dépassé. (détails chiffre ci-dessus)

La population de la Tour-de-Peilz a généralement bien accepté le projet en raison de son caractère innovant. Groupe E Celsius a pris des mesures afin d'informer régulièrement la population, par exemple en informant les médias locaux, en faisant des séances d'information pour les conventions de passage et en organisant des journées portes ouvertes après la mise en service de l'installation.

Toutefois, il a suscité deux oppositions ; une d'un ancien conseiller communal à La Tour-de-Peilz qui a pour habitude de s'opposer par principe et une par la commission des rives du lac de l'Etat de Vaud qui visait plutôt un débat indépendant au projet. Ces oppositions ont été en un second temps levées sans peine. En outre, il y a eu un recours sur l'adjudication des équipements du réseau de distribution ainsi qu'un changement de tracé du réseau de distribution selon exigence de la commune.

Groupe E Celsius étant une entreprise fribourgeoise, sa présence en terre vaudoise a gêné Romande Energie ainsi qu'Holdigaz pour des raisons de concurrence.

### 4.3 Exploitation

L'inauguration de la centrale s'est déroulée en septembre 2016. Au total, Groupe E Celsius a raccordé environ 20 clients. Le réseau s'étend et continuera de s'étendre.

Un monitoring des flux pour l'électricité et les circuits hydrauliques existent. L'optimisation de l'exploitation basée sur le monitoring a été faite par le département exploitation de Groupe E Celsius en collaboration avec son partenaire Groupe E Entretec. Aucun problème propre à l'exploitation n'a été rencontré. L'efficacité de l'installation est très bonne, mais le rendement n'est pas optimal en raison du manque de clients finaux. Le coût annuel d'exploitation s'élève à 40'000 CHF ce qui correspond à la prévision de Groupe E Celsius, mais le nombre de clients finaux reste inférieur aux prévisions. Les clients raccordés sont très satisfaits du fonctionnement et de la fiabilité du service, mais le prix de la chaleur est perçu comme trop élevé. En revanche, certains clients trouvent qu'une pompe à chaleur prend beaucoup de place dans leur local technique.

## 5 Conclusion

Le chauffage à distance de La Tour-de-Peilz est un des plus grands projets en Europe valorisant l'énergie thermique de l'eau d'un lac. L'installation combine pompage, réseau d'eau et pompes à chaleur. Chacune des technologies est bien connue et maîtrisée, mais c'est leur mise en commun qui est novatrice et nous permet de faire du chaud avec de l'eau à basse température.

Le chantier a posé de nombreux défis, notamment l'intégration harmonieuse de la station de pompage dans le paysage de la plage de la Maladaire et les travaux de génie civil, notamment la creuse en-dessous du niveau du lac et le forage permettant de passer en-dessous de la route.

Finalement, Groupe E Celsius a pu mettre en service ce nouveau chauffage à distance et est très satisfait de son fonctionnement. Aujourd'hui, le CAD LA-TOUR-DE-PEILZ amène de la chaleur à une vingtaine de bâtiments. Conçu pour s'étendre en fonction des besoins des clients, il pourra, à terme, alimenter plus de 300 bâtiments, soit environ 3'000 ménages ou 7'500 personnes. En fournissant de la chaleur produite à partir d'une source renouvelable, il évitera le rejet de 10'000 tonnes par an de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.