

GÉOTHERMIE PROFONDE À LAVEY : LE PROJET AGEPP

Gabriele Bianchetti

ALPGEO Sàrl Hydrogéologues Conseils

Rue du Bourg 49 – 3960 SIERRE

RESUME

Le projet de géothermie profonde AGEPP (Alpine Geothermal Power Production) prévoit la réalisation d'un forage profond prévu à fin 2010 à Lavey. L'objectif est d'exploiter par pompage l'aquifère profond du Cristallin avec un débit de 40 l/s et une température de l'eau de 110°C. La valorisation de l'énergie géothermique doit permettre de produire de l'électricité (module ORC de 250 kW) et d'assurer le chauffage de quartiers d'habitation à Lavey (VD) et St-Maurice (VS), de plusieurs bâtiments d'Armasuisse ainsi que de l'établissement thermal de Lavey-les-Bains, grâce à des réseaux de chauffage à distance.

INTRODUCTION

Le projet AGEPP (Alpine Geothermal Power Production) vise à exploiter par pompage des aquifères profonds (= roches fissurées contenant de l'eau chaude) situés dans les massifs cristallins alpins entre 2.5 et 3.0 km de profondeur. Le mode de captage et d'exploitation des eaux profondes se différencie complètement de celui utilisé par le projet de Bâle, qui avait pour objectif de fracturer artificiellement des roches cristallines situées à 5 km de profondeur pour créer un échangeur de chaleur. En clair, le projet AGEPP ne va pas provoquer des séismes! Le mode d'exploitation des aquifères profonds avec un puits de pompage est une technique éprouvée et sans dangers, comme le démontrent les très nombreuses réalisations en service dans le monde (p. ex. doublets dans le Bassin Parisien en production depuis 20 à 40 ans).

L'étude de faisabilité du projet (phase B) s'est terminée en juin 2009. La prochaine étape (phase C) prévoit la réalisation d'un forage profond à Lavey vers la fin de 2010.

OBJECTIFS DU PROJET, SITUATION ACTUELLE ET FUTURE

Le projet AGEPP a pour but de démontrer, par la réalisation sur le site de Lavey d'un forage géothermique profond, qu'il est possible de produire, en plus de la chaleur, de l'électricité d'origine géothermale avec un fluide binaire en exploitant des aquifères profonds du Cristallin dans les Alpes Suisses.

Actuellement, deux puits de pompage de 201 et 600 m de profondeur fournissent de l'eau thermale aux Bains de Lavey (consommation de chaleur annuelle : ~16 GWh).

Le forage profond prévu par le projet AGEPP envisage, après avoir produit de l'électricité, de fournir la chaleur aux agglomérations de St-Maurice (VS) et Lavey (VD), via un réseau de chauffage à distance, et de valoriser la chaleur résiduelle pour alimenter Armasuisse et les Bains de Lavey (fig. 1). On prévoit une production annuelle de 1.5 GWh_{el} et une consommation de chaleur de 29 GWh_{th} par an.

L'exploitation du futur puits profond se fera par singlet, à savoir avec rejet des eaux thermales dans le Rhône après utilisation thermique.

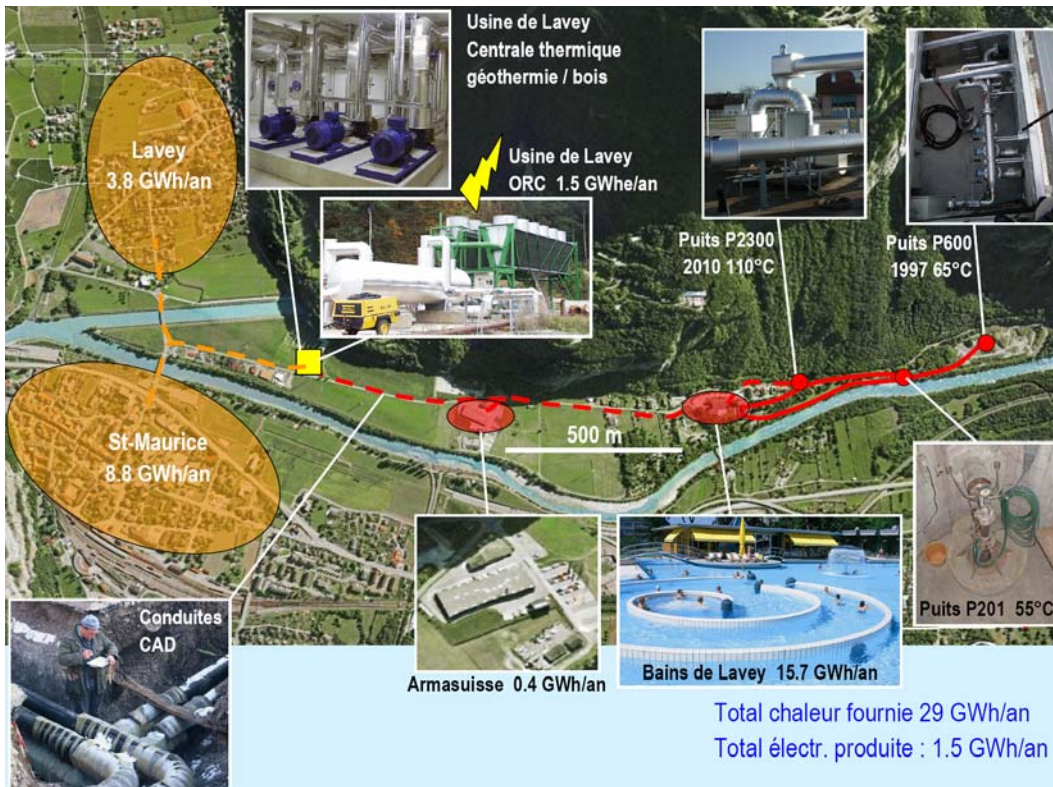


Figure 1: Situations actuelle et future de l'exploitation de la géothermie à Lavey.

PLANNING, BUDGET ET ORGANISATION DU PROJET

La réalisation du projet est prévue en plusieurs étapes successives (fig. 2), dont la plus importante est celle qui verra la réalisation d'un forage profond d'environ 3 km.

Le budget pour la phase C (réalisation du forage profond et mise en place des installations de surface) se monte actuellement à environ 18 Mio de Fr.

La création d'une société qui financera cette étape cruciale du projet est actuellement en cours.

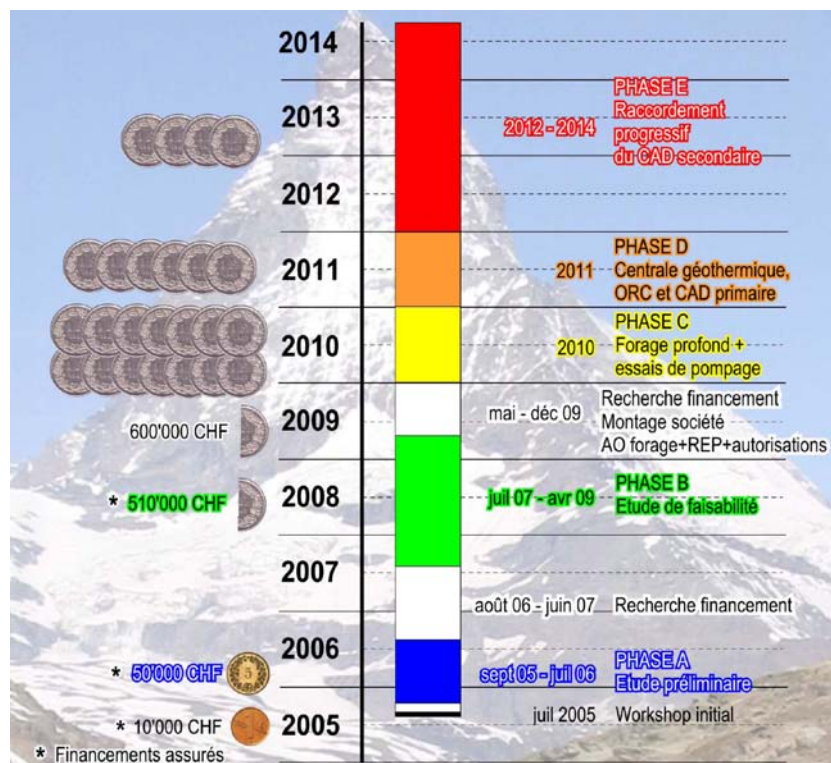


Figure 2: Planning et budget indicatif du projet AGEPP.

Lors de l'étude de faisabilité (phase B), CESLA SA, société qui gère l'exploitation des puits de Lavey et la vente d'eau thermale aux Bains, a été la requérante et partenaire du projet. Les autres principaux partenaires du projet ont été : les Services industriels de Lausanne (SIL), l'Etat de Vaud (SEVEN) et l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Ont contribué aussi au financement de l'étude de faisabilité : l'Etat du Valais (SEFH), les communes de Lavey et St-Maurice, la bourgeoisie de St-Maurice, Forces Motrices de l'Avançon et Romande Energie.

Les études ont été réalisées par une équipe pluridisciplinaire comprenant des spécialistes dans les domaines de la géologie, de l'hydrogéologie, de la géothermie, du chauffage à distance, de la production d'électricité avec fluide binaire et de l'établissement de business plan. Ce team a été dirigé par un chef de projet et un Comité de pilotage (COFIL), comprenant un représentant des principaux partenaires du projet, a encadré le projet.

APPROCHE DE L'ETUDE DE FAISABILITE

L'étude de faisabilité s'est divisée en deux axes, l'axe vertical concernant l'étude du forage et l'axe horizontal pour la valorisation de l'énergie.

Axe vertical :

Il a servi à identifier les trois facteurs les plus importants du projet qui sont la profondeur de forage, le débit et la température des eaux profondes. Pour déterminer ces paramètres, des prévisions géologiques ont été établies. En se basant sur l'étude détaillée de la fissuration et sur un modèle géologique 3D du réservoir corrélé avec les données des puits de pompage de Lavey-les-Bains, le potentiel d'exploitation a été identifié entre 40 et 60 l/s. Une modélisation géochimique de l'eau thermale exploitée par ces deux puits a démontré que le fluide géothermal atteint en profondeur une température comprise entre 100 et 120 °C.

En parallèle, une étude régionale a été menée afin de connaître l'état de la sismicité dans la région de Lavey. Même si le projet AGEPP ne vise pas une fracturation artificielle du massif rocheux, qui a été la cause des séismes induits par le forage profond de Bâle, par mesure de précaution un suivi de la sismicité sera assuré avant, pendant et après les travaux de perforation et les pompages.

Une fois ces paramètres réunis, le concept d'exploration par forage profond a été élaboré. Il s'agit de déterminer l'emplacement, la profondeur, les diamètres de perforation ainsi que la géométrie et l'orientation du futur puits. Ces paramètres ont permis de définir une fourchette de prix pour le forage profond.

Axe horizontal :

A partir des données de l'axe vertical, le travail de l'axe horizontal s'est concentré sur la valorisation du potentiel énergétique avec un rendement technique, écologique et économique optimal. La valorisation de la chaleur résiduelle, plus rentable du point de vue économique, a été privilégiée par rapport à une production maximale d'électricité. Des synergies pour la mise en place de réseaux de chauffage à distance à St-Maurice et Lavey ont été recherchées en étroite collaboration avec les responsables des deux communes et de la Bourgeoisie de St-Maurice, qui exploite déjà un CAD. Des solutions pour valoriser la chaleur résiduelle de basse température ont été aussi évaluées, notamment pour l'alimentation de l'établissement thermal de Lavey et pour le chauffage de serres.

OPTION RETENUE POUR LA VALORISATION DE LA GEOTHERMIE

Après évaluation technique et économique de trois différentes variantes classiques d'exploitation de l'aquifère profond et de valorisation de la géothermie en privilégiant la production d'électricité (pompage dans un seul puits avec rejet dans les eaux de surface, fonctionnement en doublet avec un puits de réinjection), l'équipe de projet est arrivée à la conclusion qu'aucune solution n'était rentable financièrement et que les investissements étaient assez lourds, notamment pour le doublet.

Une solution alternative rentable financièrement a été identifiée dans une option mixte utilisant la géothermie et la biomasse, en privilégiant la valorisation de la chaleur pour le chauffage et avec l'appui d'une chaudière à bois à eau surchauffée.

L'élaboration de la solution retenue s'est basée sur six critères fondamentaux :

- Se référer à un projet similaire existant dont la rentabilité est prouvée;
- Définir une répartition économique optimale de l'énergie entre la production d'électricité et le chauffage à distance;
- Déterminer les besoins énergétiques des consommateurs régionaux et adapter le projet en fonction de ceux-ci;
- Profiter au maximum des synergies possibles entre AGEPP et les travaux communaux planifiés;
- Trouver une alternative rentable avec des variantes de Business Plan "Best-Case" et "Worst-Case";
- Etablir une stratégie de forage simple et évolutive en fonction des résultats obtenus.

Le projet de référence est celui de Bad Blumau en Autriche, qui considère les mêmes types de valorisation énergétique que ceux prévus pour le projet AGEPP, à savoir : production d'électricité, chauffage à distance des localités environnantes et alimentation d'un centre thermal avec hôtel.

La centrale ORC de Bad Blumau a une puissance de 250 kW électrique. Elle est alimentée en eau géothermale à 107 °C avec un débit de 30 l/s. La chaleur résiduelle à 85 °C est valorisée dans le chauffage à distance et ensuite dans le centre thermal. La centrale ORC est un module standard refroidi par air. Afin de pouvoir reproduire un projet similaire en Suisse, il faut trouver une eau profonde avec une température de l'ordre de 110 °C avec un débit d'au moins 40 l/s. Cette hypothèse est tout à fait raisonnable sur le site de Lavey et c'est désormais l'objectif visé pour le projet AGEPP.

REPARTITION OPTIMALE DE L'ENERGIE GEOTHERMIQUE

Une analyse de sensibilité a démontré que la valorisation sur le chauffage est plus rentable financièrement que la valorisation sur l'électricité.

En effet, sur une période d'un an, 1 kWth apporte une recette de 168 Fr. en valorisation électrique et 180 Fr. pour la valorisation sur le chauffage. En pourcentage, cela donne presque 7 % en plus pour la valorisation sur le chauffage à distance par rapport à la production d'électricité.

Compte tenu des consommateurs de chaleur régionaux et de l'ORC standard, l'option de valoriser l'énergie thermique à raison de 40% pour la production électrique et de 60% pour la production de chaleur a été retenue.

CLIENTS CHALEUR ET SYNERGIES AVEC LES PROJETS COMMUNAUX

Les principaux clients chaleur à proximité du site de forage sont les suivants (tableau 1) :

	Bains de Lavey	Armasuisse	Commune de Lavey-Morcles	Commune de St-Maurice
Type de chaleur	Retour	Retour	CAD	CAD
Puissance max absorbée (kW th)	2'700	220	1'500	3'500
Taux d'utilisation annuel (h)	5'815	2'000	2'500	2'500
Energie annuelle consommée (MWh th)	15.7	0.4	3.8	8.8
Température entrée (°C)	63	70	85	85
Température sortie (°C)	34-36	55	60	60
Consommation annuelle eau thermale (m3)	500'000	25'000		

Tableau 1: principaux consommateurs de chaleur pour le projet AGEPP.

Les synergies suivantes avec les travaux planifiés par les communes ont été identifiées :

- Projet d'assainissement du réseau séparatif des eaux usées de la commune de Lavey-Morcles, dont le tracé correspond à celui du sous-réseau CAD à mettre en œuvre. Le planning des fouilles par tronçons (début 2011 et fin en 2016) est en accord avec celui du projet AGEPP. Une réduction significative des coûts de mise en œuvre du sous-réseau CAD est possible.
- Refonte totale de l'Avenue de l'Agaune à St-Maurice en 2010, qui représente le joint entre le réseau CAD existant "Calorabois" et l'Abbaye de St-Maurice. Cette dernière représente un important consommateur d'énergie thermique dont la rénovation du système de chauffage est imminente. Les nombreux bâtiments se trouvant de part et d'autre de l'Avenue pourront aussi être raccordés.
- Construction d'un nouveau Cycle d'orientation (CO des Tuilières) à St-Maurice, qui ne peut actuellement pas être raccordé au réseau de Calorabois (capacité de la chaufferie insuffisante). L'arrivée d'une source de chaleur géothermique est donc la bienvenue.
- Construction d'un quartier à haute densité aux Iles, à proximité de Calorabois, destiné à accueillir des immeubles Minergie. Ce quartier permettra de valoriser en cascade la chaleur à partir de 2020.

SCHEMA DE PRINCIPE DE LA FUTURE CENTRALE GEOTHERMIQUE AGEPP

Le schéma de principe du fonctionnement de la future centrale géothermique AGEPP est illustré à la figure 3 et expliqué dans les chapitres suivants. Afin de trouver une rentabilité en "Best-Case" et "Worst case", il est prévu d'adopter des solutions standard moins chères et d'adapter le projet AGEPP en fonction de celles-ci.

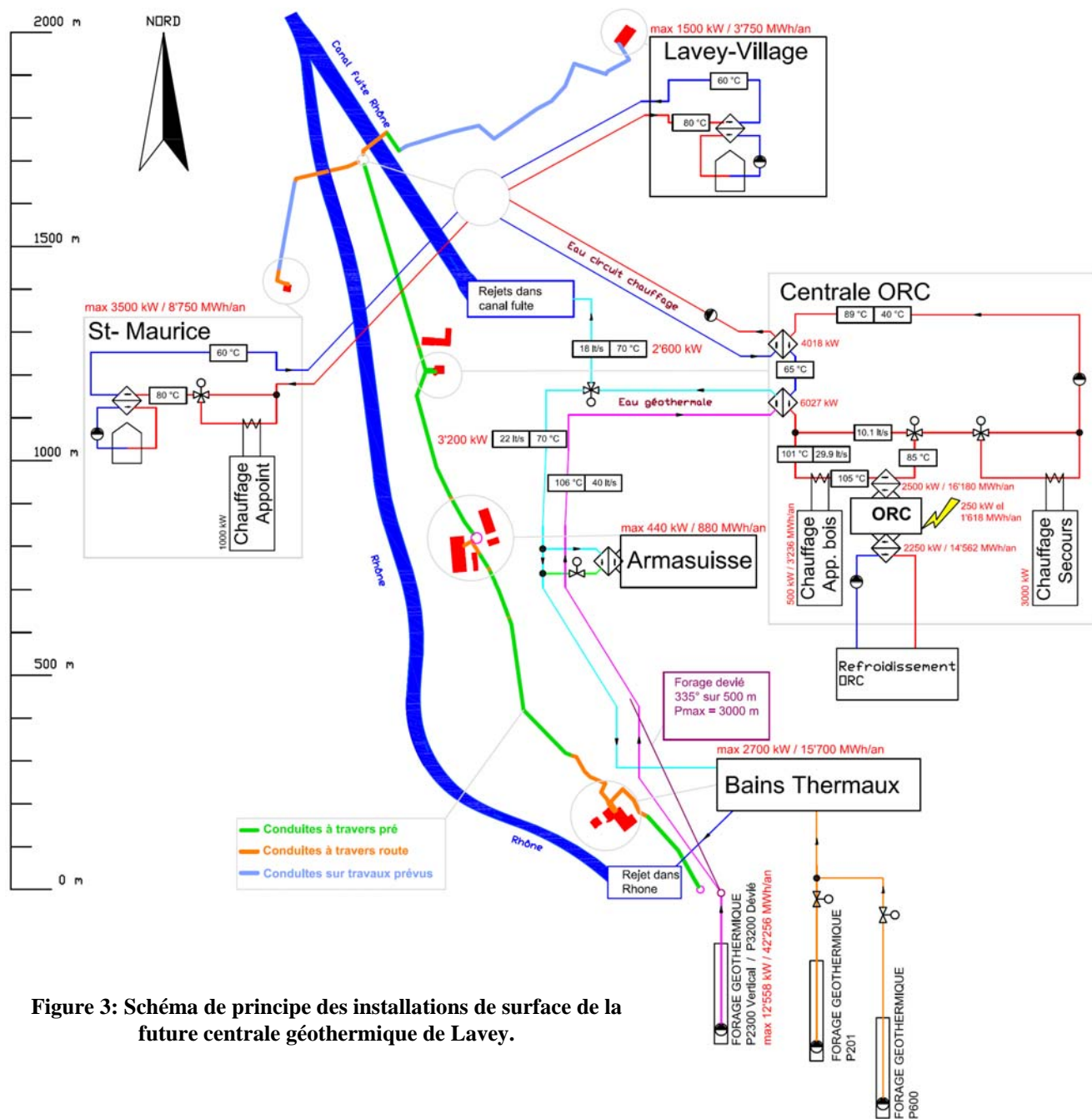


Figure 3: Schéma de principe des installations de surface de la future centrale géothermique de Lavey.

Forage profond

Au lieu de partir sur un forage de base dévié et tubé inox (très cher) comme dans les trois scénarios analysés dans un premier temps, il a été décidé de réaliser d'abord un forage vertical de 2'300 m tubé en acier (P2300). Si les tests de pompage démontrent une capacité du puits inférieure aux 40 l/s et 110 °C fixés, ce forage sera prolongé et dévié jusqu'à une longueur de 3'200 m (profondeur atteinte : 3'000 m). Au-delà des objectifs fixés par le projet, ça ne vaut pas la peine d'investir plus, car le potentiel de consommateurs locaux est insuffisant dans le rayon défini par AGEPP.

Concernant le tubage INOX, il sera mis en place ultérieurement au cas où le nouveau forage venait à faire diminuer drastiquement les débits des puits P201 et P600 (plus de 75%) qui, contrairement à la situation actuelle, servent uniquement à assurer l'eau de renouvellement nécessaire pour les bassins des Bains de Lavey.

Boucle géothermique

La boucle géothermique part du forage P2300/P3200 vers l'échangeur de la centrale ORC, qui se situera à proximité de la centrale hydro-électrique de Lavey. Au niveau de l'échangeur de l'ORC, l'eau géothermale va céder 35°C à la centrale en passant de 105 °C à 70 °C. La chaleur résiduelle de la boucle géothermale va être valorisée sur le retour pour le chauffage d'Armasuisse et ensuite pour celui des Bains de Lavey.

Les eaux de la boucle géothermale seront rejetées en surface en deux points géographiques. Au premier point, le surplus sera restitué au niveau de la centrale hydro-électrique en amont du canal de fuite (qui a un débit élevé entre 40 et 200 m³/s), afin de permettre un rejet à une température inférieure à 30°C. Le deuxième point de rejet se trouve au niveau des Bains de Lavey. L'eau sortant des bassins étant à une température proche de 35°C, il est possible de la rejeter dans le Rhône, après refroidissement, ce qui est déjà le cas actuellement.

Centrale ORC

La centrale ORC sera constituée de deux éléments clef, à savoir une chaudière à bois à eau surchauffée de 500 kW et un module ORC de 250 kW él. La chaudière à bois va permettre d'élever la température de l'eau de 100 à 105 °C. Le volume de bois utilisé annuellement correspondra au volume de bois actuellement utilisé par Calorabois, dont la centrale actuelle ne servira plus que d'appoint ou de secours. L'ORC va soutirer 20 °C en faisant passer l'eau de 105 à 85 °C pour la production électrique. L'eau à 90°C provenant du mélange de la sortie de l'échangeur et l'eau de la sortie de l'ORC servira à chauffer l'eau de la boucle du réseau de chauffage à distance de Lavey-Morcles et St-Maurice.



Figure 4: Centrale ORC de Bad Blumau, avec refroidissement à air.

Boucle de chauffage à distance

La boucle du réseau CAD part de la centrale ORC avec une température d'eau à 85 °C. Elle alimentera la sous-station de Lavey-Morcles avec une température de 80°C et cédera une puissance thermique allant jusqu'à 1'500 kW. Elle ira aussi alimenter la sous-station de Calorabois, située sur la commune de St-Maurice, avec une température de 80°C et cédera une puissance allant jusqu'à 3'500 kW. La chaudière à bois de Calorabois sera mise en "stand-by" et servira de chauffage de secours en cas de panne géothermique ou en appoint en cas de froid extrême. La température de retour est prévue dans les deux cas à 60 °C.

LE PROJET AGEPP EN CHIFFRES

Forage vertical de 2'300 m (si nécessaire, approfondissement avec déviation jusqu'à 3'200 m)
ORC de 250 kW él., longueur du CAD primaire 3 km, CAD secondaire à Lavey et St-Maurice

Investissement total : env. 18 Mio CHF (sans CAD secondaire)

Puissance géothermale : 10'000 kW	Potentiel de réduction CO ₂ : 6'500 t/an
Puissance électr. nette : 250 kW	Énergie électr. : 1.5 GWh/an (400 foyers alimentés)
Puissance CAD communes : 5'000 kW	Énergie : 13 GWh/an (600 foyers alimentés)
Puissance CAD géothermique : 3'000 kW	Énergie : 16 GWh/an (700 foyers alimentés)

CONCLUSIONS

La zone de Lavey représente sans doute le site le plus propice en Suisse pour la réalisation d'un projet de géothermie profonde pouvant produire, en plus de la chaleur, de l'électricité d'origine géothermale avec un fluide binaire en exploitant un aquifère profond. Les puits existants ont montré des débits et des températures exceptionnels par rapport à la profondeur des forages. Ils ont aussi prouvé leur longévité en raison d'une qualité d'eau idéale pour les applications que le projet AGEPP veut poursuivre. De plus, le contexte général du site comporte des atouts indéniables pour la réussite finale du projet : centre thermal, CAD existant, rivière à fort débit pour le refroidissement et les rejets, utilisateurs de chaleur, volonté politique de mener à terme le projet.

L'étude de faisabilité du projet AGEPP a démontré l'absence de critères killer qui pourraient compromettre le succès des opérations. L'évaluation des conditions géologiques et géothermiques locales a montré qu'il est raisonnable de viser l'exploitation d'eaux profondes avec des températures de l'ordre de 110°C et des débits de production d'environ 40 l/s. En l'absence d'informations provenant d'un forage profond, il s'agit là des principales incertitudes du projet, propres à la grande majorité des projets de géothermie profonde. Or, afin de diminuer ce facteur de risque, AGEPP prévoit de dévier et prolonger jusqu'à 3200 m le forage profond vertical prévu dans une première étape à 2300 mètres, si les objectifs visés n'étaient pas atteints.

Tous les moyens techniques qui seront mis en œuvre dans ce projet ont déjà fait leurs preuves sur d'autres sites européens comme par exemple à Bad Blumau. L'étude financière démontre qu'il est possible de réaliser un tel projet avec une viabilité financière aussi bien en "Best-Case" qu'en "Worst-Case". Les données techniques et économiques utilisées pour le Business Plan sont réalistes et conservatives. Elles laissent espérer que les résultats finaux seront supérieurs aux attentes.

A ce stade, il ne reste plus qu'un obstacle à franchir pour réaliser le premier projet de géothermie profonde en Suisse pouvant produire de l'électricité : trouver les fonds nécessaires. Il serait regrettable, au vu des études menées et des investissements consentis à ce jour, de ne pas réaliser un projet aussi novateur et prometteur pour le futur énergétique Suisse.

Nous tenons à remercier tous les mandataires qui ont permis la réalisation de l'étude de faisabilité du projet AGEPP : ALPGEO Sàrl, Sierre - Energie Concept SA, Bulle - ES-Géothermie, Strasbourg (F) - Dr. M. Sartori, Ayent - Dynamic Graphics Inc., Alameda-Californie (USA) - Dr. F. Baillifard, Bruson - CREGE, Neuchâtel - Geothermal Explorers Ltd; Pratteln - Swiss Seismological Service, Zürich - ECOTEC Environnement SA, Genève - Energie solaire SA, Sierre - CREM, Martigny - Eneftech Innovation SA, Lausanne - JPR Concept & Innovation, Uster - Services industriels de Lausanne - Hydro-Concept Sàrl, Yverdon-les-Bains - Laurent Vanat Consulting Sàrl, Genève - BM Engineering-Consulting, Villars-sur-Glâne.