

Potentiel de la nappe phréatique à Sion

Le potentiel d'exploitation important de l'aquifère alluvial du Rhône à Sion a permis le développement des doublets géothermiques pour la production combinée de chaleur et de froid.

De nombreux projets de construction à Sion se tournent vers la géothermie dite «basse température» pour subvenir à leurs besoins énergétiques pour la production de chaleur et/ou de froid (freecooling). Depuis la réalisation des premiers projets d'exploitation thermique de la nappe phréatique du Rhône dans les années 1990, les responsables des projets se sont davantage intéressés à la géothermie et ont pris conscience du potentiel d'exploitation de la nappe du Rhône. Les nombreux puits d'exploitation implantés à Sion ont permis de mieux connaître les caractéristiques de l'aquifère alluvial du Rhône (géologie, hydrodynamique et hydrochimie).

Aquifère alluvial du Rhône

L'épaisseur du remplissage quaternaire dans la plaine du Rhône est très hétérogène mais atteint plusieurs centaines de mètres à l'axe de la vallée. Les dépôts alluviaux du Rhône les plus récents composent les dernières dizaines de mètres par rapport à la surface. Ils sont essentiellement composés de graviers sableux avec des galets et blocs pluri-décimétriques (aquifère). Des intercalations de couches de limons argilo-sableux

d'épaisseur variable font qu'il existe localement plusieurs nappes phréatiques superposées. L'aquifère supérieur, le plus proche de la surface et qui est exploité par des doublets géothermiques, est recouvert par une couche de limons dont l'épaisseur varie entre 1 et 5 mètres.

La perméabilité des graviers formant l'aquifère supérieur a été évaluée à plusieurs reprises lors d'essais de pompage. Dans les graviers formant des chenaux, la perméabilité atteint localement 10-2 m/s. En dehors des chenaux, elle est globalement comprise entre 10-4 et 10-3 m/s ce qui assure une bonne capacité de renouvellement de la nappe. Comme les alluvions du Rhône se sont déposées de manière «stratifiée», la perméabilité horizontale est plus élevée que celle verticale. La perméabilité des limons de surface recouvrant les graviers est plus faible (10-5 à 10-7 m/s) ce qui permet une certaine protection des eaux souterraines contre les risques de pollution.

Eaux souterraines

Le régime d'écoulement naturel du Rhône est de type glacio-nival: basses-eaux hivernales (no-

> Dr. Romain Sonney
Bureau d'Etudes Géologiques SA
CH-1994 Aproz
romain.sonney@beg-geol.ch
www.beg-geol.ch

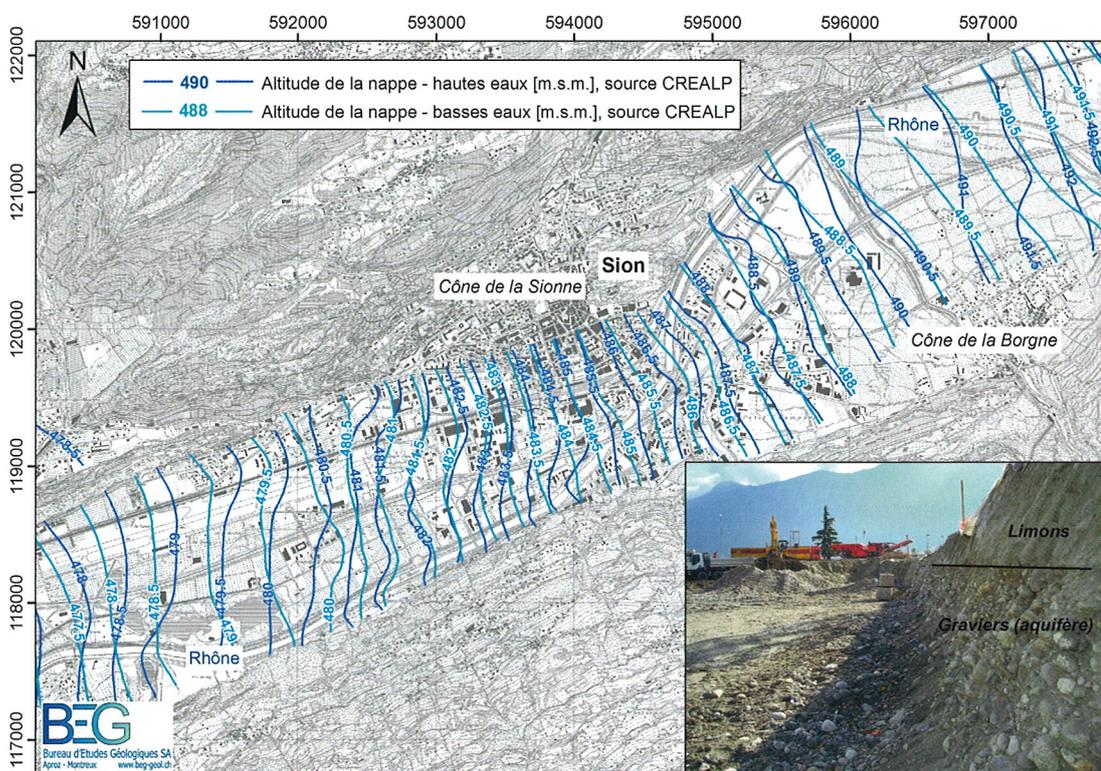


Fig. 1
>> Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de l'aquifère supérieur alluvial du Rhône dans la région de Sion (données piézométriques).

>> Geologische und hydrogeologische Merkmale der Rhône-Grundwasserleiter in der Region Sion (piezometrischen Daten).

>> Fig.: CREALP

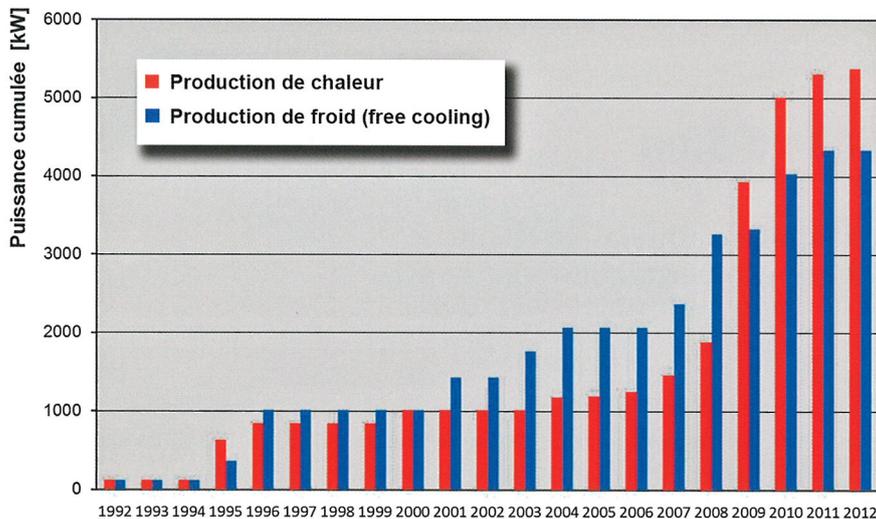


Fig. 2

>> Evolution des puissances cumulées soutirées à la nappe phréatique du Rhône à Sion.

>> *Entwicklung der installierten Leistung der Grundwassernutzung im Raum Sion (Daten).*

>> Fig.: Service Eau et Energie de la Ville de Sion

vembre à mars) et hautes-eaux estivales (mai à septembre). Les variations piézométriques de la nappe du Rhône suivent globalement le même comportement que celui du Rhône. Les battements de la nappe entre les périodes de basses et hautes eaux sont d'environ 1 mètre en amont du point où le cône de déjection de la Sionne intersecte la plaine du Rhône, et d'environ 0.5 mètre en aval de ce point.

La nappe phréatique s'écoule d'Est en Ouest dans le secteur de Sion avec un gradient variant entre 1 et 3‰. La profondeur du toit de la nappe est inférieure à 3 mètres en période de basses eaux en dehors des cônes de déjection. La nappe est localement captive si la limite entre les limons et les graviers se trouve en dessous du niveau piézométrique. Comme la nappe est peu profonde, elle est soumise aux variations saisonnières de température. La température de la nappe évolue donc au fil des saisons se limitant normalement entre un minimum de 10 °C en fin d'hiver et un maximum de 14 °C en fin d'été. Les propriétés physico-chimiques des eaux de la nappe sont bien connues dans le secteur de Sion, l'exploitation des eaux ne pose pas de problèmes de corrosion ni de précipitation pour les doublets géothermiques.

Cadastre des PAC eau-eau de la Ville de Sion

L'exploitation thermique de la nappe phréatique du Rhône, à travers les pompes à chaleur (PAC) eau-eau, est soumise à autorisation cantonale et communale via le Service de la Protection de l'Environnement de l'Etat du Valais et le Service Eau et Energie de la Ville de Sion. Les doublets géothermiques en fonctionnement et projetés sont recensés dans une base de données. La Ville de Sion a délimité des secteurs où il est possible d'implanter des doublets géothermiques, les autres secteurs étant réservés notamment pour l'approvisionnement en eau potable.

La Figure 2 présente l'évolution des puissances cumulées soutirées à la nappe phréatique du Rhône à Sion. C'est à partir des années 2000 que

de nombreux doublets géothermiques ont été implantés, dans un premier temps avec plus de projets visant à produire du froid (freecooling). Les doublets utilisés pour la production de chaleur ont connu une forte progression à partir de 2009, année de l'introduction des labels Minergie et Minergie-P (norme SIA 380/1). Le plus gros projet exploite la nappe phréatique pour la production de chaleur (270 kW) et le freecooling (880 kW). Actuellement, la différence entre la production de chaleur et le freecooling est d'environ + 1000 kW pour l'ensemble de Sion. L'impact thermique sur l'ensemble de la nappe phréatique est relativement faible en raison du bon équilibre entre la production de chaleur et le freecooling. Plusieurs autres projets importants (> 100 kW) sont en cours d'étude selon la Ville de Sion.

Gestion des PAC eau-eau

L'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux/28 octobre 1998) exige que la modification de température de la nappe à 100 m à l'aval d'un puits de rejet ne doit pas dépasser 3 °C par rapport à la température naturelle de celle-ci. Au vu du fort développement des activités dans la plaine du Rhône, et pour satisfaire les normes en vigueur, la Ville de Sion demande qu'une étude de faisabilité hydrogéologique soit réalisée par un expert pour les projets supérieurs à 30 kW. L'étude doit notamment démontrer que les interférences hydrauliques et thermiques avec les autres PAC existantes sont négligeables.

Une modélisation thermo-hydraulique par éléments finis permet de déterminer les interférences potentielles entre les puits des doublets géothermiques. Ce type de modèle montre en fonction du temps la propagation du panache chaud ou/et froid résultant des doublets existants et du doublet projeté. Il permet donc de définir l'impact thermique sur la nappe en aval et à proximité d'un site étudié, et de vérifier si les exigences de l'OEaux sont respectées (faisabilité du projet). Dans certains cas, l'implantation d'un nouveau doublet peut avoir un impact positif sur le fonctionnement d'autres doublets car il est possible de combiner production de chaleur et freecooling (rééquilibrage thermique de la nappe).

La Figure 3 présente un cas pratique de modélisation numérique en régime transitoire effectuée pour l'étude de faisabilité d'un nouveau projet de doublet géothermique. Les isopièzes déterminent les limites amont et aval du modèle (charge hydraulique imposée), alors que le Rhône et une limite à flux nul (versant par exemple) délimitent latéralement le modèle. Les données récoltées lors d'essais de pompage sur des puits existants des PAC 1 (chauffage) et PAC 2 (rafraîchissement) à proximité d'un projet permettent de définir la perméabilité des terrains et de calibrer le modèle. Les informations fournies par les ingénieurs

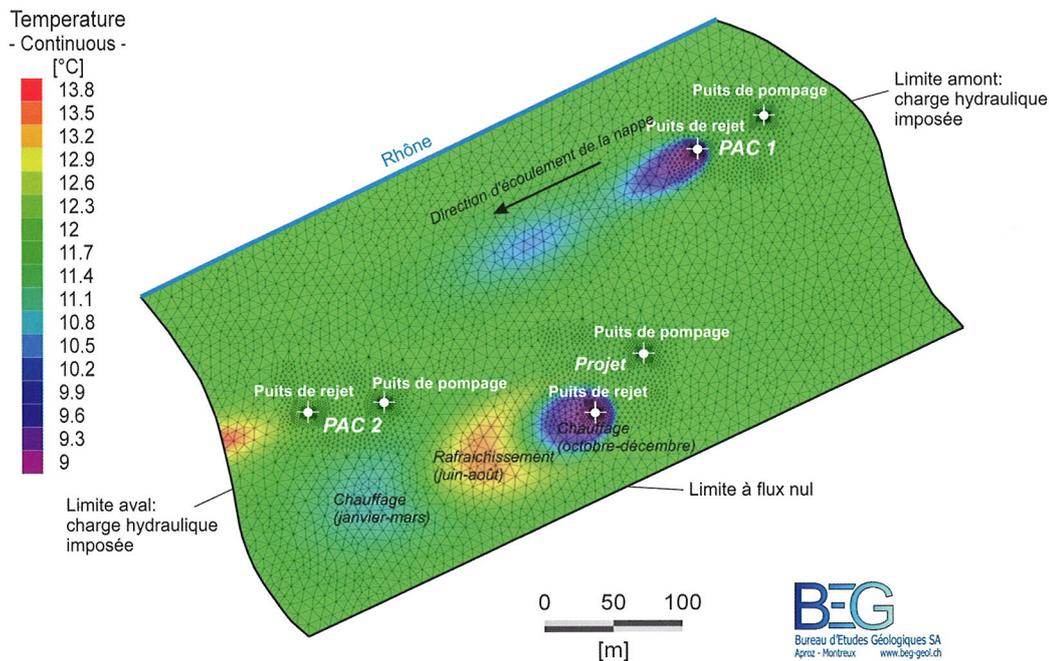


Fig. 3
 >> Exemple d'une modélisation des panaches thermiques résultant de plusieurs doublets géothermiques.

>> Beispiel einer Modellierung der Wärmeströme aus mehreren geothermischen Dubletten.

>> Fig.: Bureau d'Etudes Géologiques SA

CVS du projet nous renseignent sur le mode de fonctionnement projeté de la future PAC eau-eau (chauffage et rafraîchissement): puissance soustraite à la nappe, débit de pointe demandé par mois, variation des températures de rejet, etc. Pour des raisons de représentation graphique, la période modélisée est d'une année depuis le 1er janvier jusqu'au 31 décembre (au lieu de 5 à 10 années habituellement). La Figure 3 montre les panaches thermiques résultant des doublets géothermiques le 31 décembre. Les résultats de la modélisation montrent que pour ce cas pratique le projet est faisable car:

- 1) la distance entre le puits de pompage et de rejet du projet est suffisante afin d'éviter un retour des eaux rejetées vers le puits de pompage (pas de boucle thermique);
- 2) les rejets d'eaux refroidies de la PAC 1 n'ont pas d'impact sur le projet;
- 3) le projet a peu d'impact sur la PAC 2;
- 4) le panache froid du projet (période janvier-mars) arrive à la hauteur de la PAC 2 pendant l'été cela est bénéfique à la PAC 2 qui utilise la nappe pour le rafraîchissement.

Conclusion

Le potentiel d'exploitation important de l'aquifère alluvial du Rhône à Sion a permis le développement des doublets géothermiques pour la production combinée de chaleur et de froid. Il existe actuellement une bonne compensation entre production de chaleur et de froid, même si de nombreux projets ne combinent pas les deux modes de production énergétique. Il est plus intéressant de combiner production de chaleur et de froid au sein d'un même système. L'impact thermique sur l'ensemble de l'aquifère à Sion reste relativement faible.

Au vu de la forte demande de pompes à chaleur (PAC) eau-eau à Sion depuis la fin des an-

nées 2000, la commune de Sion a mis en place une gestion durable des ressources de la nappe phréatique de la plaine du Rhône. A cette fin, les interférences hydrauliques et thermiques potentielles entre les doublets géothermiques existants et les projets en cours font l'objet d'études approfondies. La modélisation numérique des écoulements souterrains permet de déterminer si un projet est faisable, et le cas échéant, de définir l'emplacement définitif des puits induisant l'impact thermique le plus faible. En raison de leur localisation, certains projets se sont regroupés pour limiter au maximum l'impact thermique sur d'autres systèmes en fonctionnement.

La mise en place d'un réseau de surveillance des températures de la nappe phréatique est nécessaire à Sion pour contrôler à long terme l'impact thermique des nombreux doublets géothermiques. Un tel suivi permettra par la suite de proposer des projets d'exploitation de la nappe à plus grande échelle, par exemple par quartier. Dans cette optique, l'énergie de la nappe phréatique sera redistribuée de manière plus optimisée (augmentation des puissances soustraies, plus d'infrastructures visées).

Zusammenfassung

Das Nutzungspotenzial des in den Schwemmböden vorhandenen Rhône-Grundwasser in Sion hat die Entwicklung von geothermischen Dubletten für die kombinierte Erzeugung von Wärme und Kälte begünstigt. Zu Beginn der 2000er-Jahre wurden zahlreiche Anlagen erstellt, die vor allem zur Kühlung (Free Cooling) dienten. Dubletten zur Wärmeerzeugung sind ab 2009 verstärkt realisiert worden. Deshalb ist in Sion die Einrichtung eines Temperatur-Überwachungsnetzes für das Grundwasser notwendig, um die langfristigen thermischen Auswirkungen der zahlreichen geothermischen Dubletten zu überwachen.