

La vulnérabilité des ressources thermales alpines émergent dans les anciennes vallées glaciaires : exemple du site thermal de la Léchère (Savoie)

Émilie Thiébaud¹.

La plupart des sites thermaux alpins se situent à l'intersection entre un grand accident tectonique et une vallée, comblée par des dépôts quaternaires. Les zones d'émergence thermique sont alors le siège de phénomènes complexes de mélange entre les eaux thermales remontant de la profondeur et les eaux superficielles circulant dans les aquifères quaternaires. Ceci accroît alors les risques de contamination de ces eaux thermales. Le site thermal de la Léchère se situe dans ce type de contexte et l'analyse de la géométrie du remplissage quaternaire de la vallée, l'interprétation des données hydrodynamiques et des données physico-chimiques disponibles sur le site ont permis de mieux appréhender la vulnérabilité de cette ressource.

Le système thermal de la Léchère

Le site thermal de la Léchère est positionné à l'intersection entre la faille de la Léchère et la vallée de l'Isère (Fig. 1a et b). La faille de la Léchère marque le contact entre :

- le massif cristallin de Belledonne, constitué par des gneiss, des granites et des micaschistes, surmontés par la couverture autochtone formée de conglomérats et grès permo-carbonifères riches en matière organique ;
- la couverture sédimentaire allochtone delphino-helvétique plissée, constituée essentiellement de marnes et de carbonates.

La faille de la Léchère, pentée vers le SE, est jalonnée de dépôts du Trias (dolomies, évaporites, cargneules et même halites en profondeur) qui constituent un niveau de décollement. Des dépôts superficiels reposent sur les formations décrites précédemment et le griffon thermal est scellé par le remplissage d'un ombilic glaciaire, développé à l'amont du verrou formé par le massif granitique de Notre-Dame-de-Briançon (Fig. 1b).

Les données acquises sur l'ensemble du secteur de la Léchère (Thiébaud, 2008) ont permis de définir le fonctionnement global du **système thermal**, depuis l'alimentation jusqu'à l'émergence en passant par le parcours souterrain. Les eaux s'infiltrent sur les deux versants encadrant l'Isère (Fig. 1b). Les eaux infiltrées dans les micaschistes et en moindre proportion dans la couverture sédimentaire s'écoulent ensuite vers la faille de la Léchère. Les eaux ainsi drainées circulent, en direction de la vallée de l'Isère, au niveau (i) de la zone broyée des micaschistes et (ii) des dépôts triasiques qui jalonnent, de manière discontinue, la faille de la Léchère. Au sein de ce contact, la majorité des circulations ont lieu dans la zone décomprimée des versants, de 400 à 500 m d'épaisseur. Seules les eaux infiltrées sur les points les plus hauts (Fig. 1b) rejoignent ensuite le circuit profond où elles acquièrent leurs caractéristiques thermo-minérales : température maximale de 90°C, conductivité de 3 000 µS/cm et faciès sulfaté calcique et sodique (Ca-Na-SO₄) enrichi en Cl, CH₄, Si, K, Rn et H₂S.

Lorsque les eaux profondes atteignent la vallée de l'Isère, elles remontent en surface en circulant dans les dolomies et les cargneules de la base de la faille de la Léchère. Le griffon thermal se situe sous l'ombilic glaciaire au droit duquel se situe toute la vulnérabilité du système thermal.

La zone d'émergence thermique

Présentation du site d'exploitation thermique

La ressource thermique de la Léchère est connue depuis

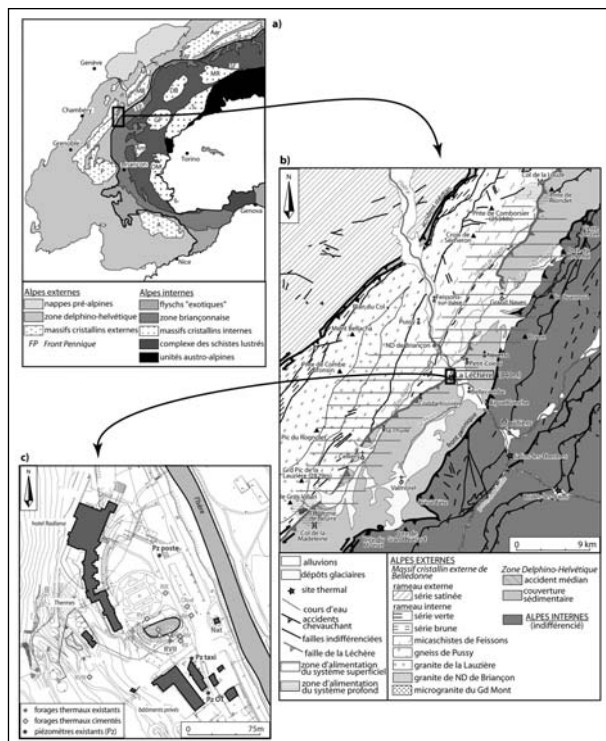


Figure 1. a) Localisation du site thermal de la Léchère dans les Alpes Françaises. b) Contexte géologique du site thermal de la Léchère, d'après Barfétý et al., 1984, Debelmas et al., 1989, Antoine et al., 1992, Doudoux et al., 1999. c) Implantation des différents forages thermaux réalisés sur le site thermal de la Léchère.

1. Université de Savoie, laboratoire EDYTEM (UMR 5204). Courriel : emilie.thiebaud@univ-savoie.fr
28 rue Jeanne d'Arc, 63 140 Châtelluguyon. Tél. : 06 70 82 24 25 / 04 43 28 01 47.

1869, date à laquelle un effondrement a conduit à la formation d'un lac d'eau chaude en rive gauche de l'Isère. Depuis cette date et jusqu'à aujourd'hui, 11 forages thermaux ont été réalisés aux alentours du lac (Fig. 1c). Les premiers n'atteignaient que 15 à 20 m de profondeur. Par la suite, des forages de plus en plus profonds ont été réalisés pour tenter de capter les eaux directement dans le substratum.

À la suite de l'apparition de problèmes bactériologiques, tous les forages anciens ont été cimentés en pression, mis à part le forage RVII, maintenu comme forage de surveillance, avec un débit pompé de 1 m³/h. Seul le forage Natacha est actuellement exploité avec un débit artésien bridé de 45 m³/h. Il capte des eaux de 60°C à 200 m de profondeur, sous le remplissage quaternaire. Trois piézomètres de 20 m sont également présents sur le site.

Définition de la géométrie du remplissage quaternaire

Les données des forages présents dans la zone d'émergence (forages thermaux, géotechniques ou piézomètres) ont permis de définir la structure et la dynamique de remplissage de l'ombilic glaciaire (Fig. 2). La qualité variable des descriptions a mené à une part d'interprétation basée sur la description de la taille des éléments rencontrés, de leur nature (siliceux ou non) et/ou de leur forme (anguleuse ou émoussée).

Des sables fins ont été décrits en fond d'ombilic sur environ 20 m d'épaisseur. Ils correspondent à des dépôts glacio-lacustres et constituent une barrière imperméable à semi-imperméable entre le substratum et les dépôts quaternaires. On observe ensuite sur environ 50 m des graviers fluvioglaciers qui sont de plus en plus grossiers en s'approchant de la surface. Viennent enfin les galets déposés par l'Isère sur 20 à 25 m d'épaisseur.

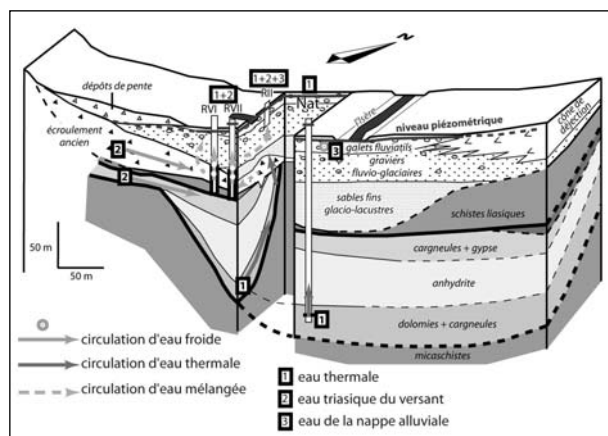


Figure 2. Bloc diagramme de la structure géologique dans la zone d'émergence établi à partir de la réinterprétation des données de forage.

Sur le versant SW, des « éboulis de marnes » et des « éboulis polygéniques » sont décrits dans les forages RVII et RVIII (Eberentz, 1987 et Corrigan, 1995). Nous considérons que ces descriptions correspondent à un écoulement ancien de 15 à 20 m d'épaisseur.

Il semble alors que seule la présence d'un écoulement ancien permet aux eaux thermales de franchir latéralement la barrière semi-imperméable des sables glacio-lacustres, et de se diffuser ensuite dans les graviers et galets constituant la nappe alluviale de l'Isère.

Confirmation par les données physico-chimiques

Le remplissage quaternaire de l'ombilic est le siège du mélange de trois faciès d'eau (Fig. 2 et 3) : l'eau thermale (faciès 1), les eaux superficielles du versant circulant dans la zone décomprimée (faciès 2) et les eaux de la nappe alluviale (faciès 3). L'ensemble des données physico-chimiques ont permis de définir la nature de ces mélanges et de confirmer la logique de la structure géologique décrite précédemment. La relation entre conductivité et température, par exemple, permet d'illustrer ces phénomènes. Ainsi, l'écroulement ancien contient un mélange, capté par les forages RVI et RVII, entre les eaux thermales et les eaux superficielles du versant (1 + 2). À proximité de l'écroulement, les eaux des dépôts fluvioglaciers et fluviatiles récents sont constituées d'un mélange entre les eaux thermales, les eaux superfi-

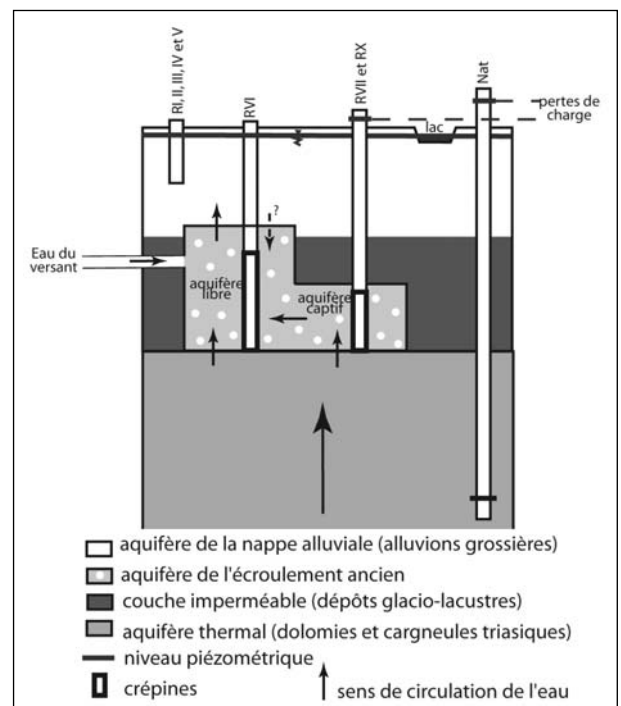


Figure 3. Représentation schématique des relations hydrodynamiques entre les différents aquifères de la zone d'émergence.

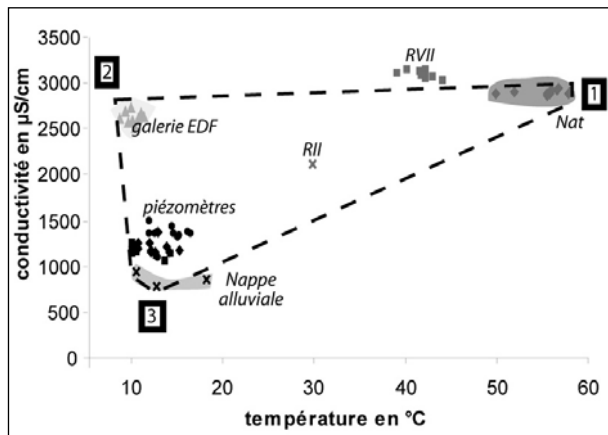


Figure 4. Définition des phénomènes de mélange dans la zone d'émergence à partir de la relation conductivité/température.

cielles du versant et les eaux de la nappe alluviale (1 + 2 + 3), capté par le forage ancien RII ainsi que par les piézomètres. La formation du lac d'eau tiède, suite à l'effondrement de 1869, a mis en évidence ce mélange à trois pôles.

Confirmation par les données hydrodynamiques

Dans la zone d'émergence, trois aquifères sont donc présents (Fig. 4) :

- les dolomies et cargneules à la base de la faille, contenant les **eaux thermales** ;
- l'écroulement ancien dans lequel se diffusent les **eaux superficielles du versant** ;
- les alluvions grossières contenant les eaux de la **nappe d'accompagnement de l'Isère**.

Au niveau du forage Natacha, l'aquifère thermal dolomitique est captif sous une épaisseur de 60 m d'anhydrite surmontée par les dépôts glacio-lacustres. L'écroulement ancien est captif lorsqu'il est surmonté par les dépôts glacio-lacustres imperméables et libre lorsqu'il est directement en contact avec les dépôts grossiers. Ainsi, du point de vue hydrodynamique, deux aquifères sont définis : (i) les alluvions grossières associées à la partie libre de l'écroulement (RII et RVI, figure 4) et (ii) l'aquifère thermal dolomitique associé à la partie captive de l'écroulement ancien (Natacha et RVII, figure 4). L'écroulement ancien est le siège des échanges entre les deux aquifères ainsi définis. Les circulations sont ascendantes depuis l'aquifère thermal vers l'écroulement puis la nappe alluviale.

Conclusion

La structure et le fonctionnement de la zone d'émergence thermique de la Léchère ont été définis grâce à la réinterprétation des données de forage et validés

par les données physico-chimiques et hydrodynamiques.

Le **risque de contamination** de l'aquifère profond par l'aquifère superficiel est réel puisque des *Legionella pneumophilla* sont durablement installées dans le forage RVII. Cependant, la compréhension du fonctionnement de la zone d'émergence permet d'avancer que tant que le **forage Natacha** présentera un niveau piézométrique supérieur à celui des aquifères superficiels, il ne sera pas contaminé, puisqu'aucun flux descendant ne sera possible entre l'écroulement et l'aquifère thermal profond.

Ceci implique alors des contraintes pour l'exploitation de la ressource :

- toute augmentation du niveau de l'aquifère superficiel amplifie le risque de contamination de l'aquifère thermal ;
- la production d'eau thermique ne peut être augmentée sans aggraver le risque de contamination ;
- la réalisation d'un nouveau forage, qui risque de déstabiliser le fragile équilibre établi, devra être envisagée uniquement si le forage Natacha n'est plus exploitable ;
- il convient de ne pas implanter de nouvelles activités polluantes en rive gauche de l'Isère, jusqu'à 1 km à l'amont de la zone d'émergence et sur le versant dominant le site thermal.

Bibliographie

- Antoine P., Barféty J.-C., Debelmas J., Fabre J., Loubat H. et Vautrelle C., 1992 : Carte géologique de Bourg-Saint-Maurice, 1/50 000. BRGM.
- Barféty J.-C., Blaise J., Fourneau J.-C. et Méloux J., 1984 : Carte géologique de la Rochette, 1/50 000. BRGM
- Corrignan P., 1995 : Synthèse des informations majeures concernant le site de La Léchère compte tenu des données acquises lors de la réalisation des forages Radiana VIII et IX. Stratégie de développement de la ressource. Rapport ANTEA n°A 03219, 11 p.
- Debelmas J., Barféty J.-C., Dabrowski H., Desmons J., Ellenberger F., Goffe B., Guillot F., Jaillard E., Pachoud A., Raoult J.-F. et Vautrelle C., 1989 : Carte géologique de Moûtiers, 1/50 000. BRGM.
- Doudoux B., Barféty J.-C., Vivier G., Carfantan J.-C., Nicoud G. et Tardy M., 1999 : Carte géologique d'Albertville, 1/50 000. BRGM.
- Eberentz P., 1987 : Exécution des forages d'eau thermique de La Léchère : Radiana VI - Radiana VII - Forage du Parc. Rapport BRGM 87 SGN 376 RHA, 25 p.
- Poul X. et lundt F., 1985 : Ressources en eaux thermales de la station de La Léchère. Rapport BRGM 85 SGN 089 RHA, 90 p.
- SOGREAH, 2003 : Captage Natacha : dossier de demande d'autorisation d'exploitation. Rapport SOGREAH n° 0730118 R2.
- Thiébaud E., 2008 : Fonctionnement d'un système hydrothermal associé à un contact tectonique alpin (La Léchère, Savoie). Apports de l'hydrogéologie, de la géochimie et de la modélisation hydrodynamique et thermique en vue de la gestion de la ressource. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Savoie, 306 p.