

1^{er} semestre 2003

ISSN 0751 - 7628

KARSTOLOGIA 41

*Traçage sous les
Dents du Midi (Valais)*

et

*Observations
morphologiques dans
l'abîme de Maramoye (Var)*

Fédération Française de Spéléologie et Association Française de Karstologie.
Publiée avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

Légende photographie une de couverture

Le lac de barrage de Salanfe (Valais). Au premier plan la rive sud où se perdent une partie des eaux du lac. Le traçage démontre qu'elles ressortent dans le Val d'Illicz. À l'arrière-plan, la Tour Sallière (3219 m) dominant le Glacier Noir. Photographie Jean Sesiano.

The lake of Salanfe (Wallis). In the foreground, the south border where the waters of the lake partly sink. They reappear 9 km north-west in the Val d'Illicz. In the background, the Tour sallière (3219 m) above the Glacier Noir.

Traçage entre le lac de barrage de Salanfe et les sources thermales de Val d'Illeiez (Valais, Suisse) : tectonique, lithologie et géothermie

Jean SESIANO

Département de Minéralogie de l'Université de Genève, Maraîchers 13, 1205 Genève, Suisse

RÉSUMÉ : Une investigation détaillée sur le terrain nous a permis de découvrir une zone de pertes sur la rive sud du lac de barrage de Salanfe, en Valais (Suisse). Deux traçages montrent la relation avec les sources thermales de Val d'Illeiez.

L'augmentation de température des eaux infiltrées est due à la profondeur à laquelle elles descendent avant de

remonter vers la surface en suivant une faille alpine inverse.

MOTS-CLÉS : karsts de haute montagne, hydrogéologie, source thermique, lac de barrage, Valais, Alpes suisses.

ABSTRACT: DYE TRACING BETWEEN THE LAKE OF SALANFE AND THERMAL SPRINGS OF VAL D'ILLEIEZ (WALLIS, SWITZERLAND): TECTONICS, LITHOLOGY AND GEOTHERMICS.

A detailed field work has allowed us to locate a sink hole where some water from the artificial lake of Salanfe disappears. Two dye tracing experiments have proved the link with hot springs in Val d'Illeiez, 9 km to the NW. The temperature increase is due to the depth the water reaches before coming up, following an alpine inverse fault. KEY-WORDS: hydrogeology, hot spring, artificial lake, Wallis, Swiss Alps.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, nous poursuivons des recherches sur l'hydrogéologie de la zone frontière entre le Valais (CH) et la Haute-Savoie (F), plus particulièrement dans le secteur Susanne – Salanfe – Emosson – Fer-à-Cheval, ce dernier site en Réserve naturelle, sur France.

C'est ainsi que nous avons pu mettre en évidence une série de circulations souterraines ne concernant que la Suisse ou la France ou, au contraire transfrontalières, à savoir de la Suisse vers la France. On trouvera quelques résultats intermédiaires dans Sesiano [1994] et le rapport complet dans Sesiano [2002]. Ces circulations n'affectent que les séries carbonatées du Secondaire.

Alors que nos travaux touchaient à leur fin, nous nous sommes penché sur le site du vallon de Salanfe et de son lac de barrage. En effet, nous nous étions rendu compte qu'une partie des eaux censées l'alimenter ne l'atteignaient pas, à cause de pertes naturelles ! D'où un premier

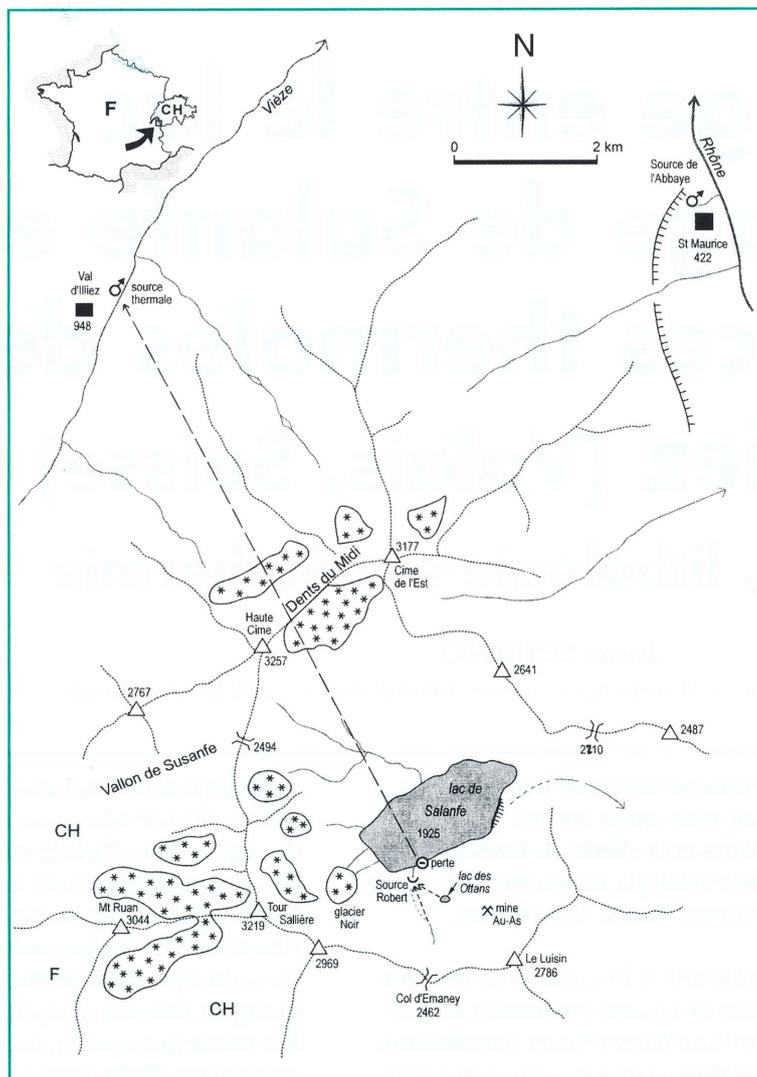
déficit. De plus, nous avons entendu parler de travaux antérieurs d'étanchéification, car il y avait des pertes dans la cuvette lacustre : second déficit. Il s'agissait d'une prise de conscience de ces problèmes sans aucun parti pris, puisque ce n'est que deux ans plus tard, soit en février 2002, que nous avons eu accès aux documents liés à ces travaux. Mais c'est grâce à cette

lacune d'informations que nous avons pu mettre le doigt sur le seul secteur du lac où des soutirages se produisent sous nos yeux. De plus, l'expérience acquise durant les dix ans consacrés à l'étude de tous les plans d'eau naturels de Haute-Savoie y a contribué, un bon nombre d'entre eux situés en terrain calcaire présentant des pertes [Sesiano, 1993].



Photo 1 : le lac de barrage de Salanfe. À l'arrière-plan, la Tour Sallière (3219 m) dominant le Glacier Noir (régénéré). Les affleurements de cargneule se situent au bord du lac, au fond à gauche. *The lake of Salanfe. In the background, the Tour Sallière (3219 m) above the Glacier Noir. Carnieules (vacuolar dolomites) outcroppings are located on the edge of the lake, in background on the left.*

Figure 1 :
carte de
situation.
Location
map.



C'est ainsi que deux traçages au lac de Salanfe, en 2000 et 2001, nous ont permis de prouver le lien, suspecté, avec les sources thermales de Val d'Illiez.

La distinction majeure avec nos travaux antérieurs résidait dans la nature différente des terrains concernés, à savoir des roches triasiques : cargneules, dolomies et calcaires dolomitiques. En Haute-Savoie en effet, nous n'avions rencontré à l'affleurement des gypses du même âge qu'au col du Joly (Les Contamines/Hauteluce).

I. CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU TRAÇAGE

Le lac de barrage de Salanfe se trouve à l'altitude d'environ 1925 m, sur le versant SE des Dents du Midi et au pied de la Tour Sallière, dans le canton du Valais (figure 1 et photo 1). La première mise en eau partielle (cote 1910 m) s'est faite en 1952, et un remplissage plus élevé (cote 1917 m), l'année suivante. Le lac est considéré comme rempli si sa cote

atteint 1925 m, mais on ne put arriver à ce niveau les années suivantes à cause de fuites dans la cuvette.

Le barrage est construit sur un verrou de roches métamorphiques, des gneiss du massif des Aiguilles Rouges. Le pendage du toit de ce socle varie de 20 à 30°, en direction du NW. La plus grande partie de la retenue est située sur les terrains de la couverture sédimentaire autochtone des gneiss, à savoir des cargneules et des calcaires dolomitiques du Trias, des calcaires du milieu du Secondaire et des marnocalcaires du Nummulitique (Tertiaire). Des dépôts quaternaires, moraines, alluvions et terrains glissés les masquent en grande partie.

Toutes les roches du secteur sont plus ou moins diaclasées avec prédominance des directions alpines, subverticales, SE-NW (extension) et SW-NE (compression), et hercyniennes (méridiennes) [Flamm, 1994] ; de plus, certaines peuvent être faiblement solubles dans l'eau en général légèrement acidulée par le CO₂ de l'air et des sols, et les acides organiques libérés par le couvert végétal, plutôt herbeux à cette altitude.

Dues au raccourcissement du socle lors de l'orogénèse alpine, de nombreuses failles inverses l'affectent.

Il semble que, suite à une série de séismes peu marqués survenus dans la région surtout durant l'été et l'automne 1953, des sources thermales sont apparues en septembre 1953 sur le versant NW des Dents du Midi, près du village de Val d'Illiez, à l'altitude de 790 m, en rive gauche de la Vièze et environ 9 km au SW du lac de Salanfe (figure 1). Ce cours d'eau draine les versants nord des Dents Blanches de Champéry et ouest et nord-ouest des Dents du Midi [Bianchetti *et al.*, 1992]. Ces événements, remplissage du barrage, séismes et apparition des sources thermales, semblent liés car, dans les divers écrits scientifiques, descriptifs et touristiques sur cette vallée, antérieurs à 1953, l'existence de sources thermales n'est jamais mentionnée.

En 1980, des forages ont été faits sur le site des sources thermales afin d'augmenter le débit et la température des eaux que l'on désirait exploiter commercialement (Société des Bains de Val d'Illiez). En 1996, trois forages supplémentaires sont effectués, car le débit des sources avait très fortement augmenté, à la suite d'une seconde crise sismique qui avait suivi des travaux d'étanchéification au lac de Salanfe (1992-94) et qui avaient, pour la première fois, amené le niveau à la cote 1923.34 m.

L'eau sourd maintenant par plusieurs griffons ayant des débits et des températures bien différents : de quelques l/s à une quinzaine de l/s, et de 20 à 30°C. Le pH est situé autour de 7.5 et la conductivité varie de 1300 à 2000 µS/cm, selon les griffons. La minéralisation élevée de l'eau montre une abondance de sulfates de calcium et de magnésium principalement. Tous ces paramètres physico-chimiques sont relativement stables durant l'année [CREALP, 1998].

II. DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE DE TRAÇAGE

Du 13 au 23 juin 2001, un fluorimètre a été placé aux Bains de Val d'Illiez, dans un bassin situé sous le bâtiment jouxtant la piscine afin de contrôler le bon fonctionnement de l'instrument et d'obtenir le bruit de fond avant le traçage. Tout s'est déroulé normalement, à l'exception de parasites sur le signal dus à la proximité d'une pompe, et de l'agressivité de l'eau, chaude et chargée de

sulfure d'hydrogène, nocive à l'enveloppe d'aluminium du détecteur. L'expérience proprement dite a débuté le 2 août 2001 avec l'installation du fluorimètre dans le canal d'évacuation de l'eau du circuit des bains dit "la Rivière".

Le 22 août a eu lieu l'injection de 6 kg d'uranine, variété sodique de la fluorescéine, dans une perte du lac de barrage de Salanfe, alors que le niveau de l'eau atteignait la cote 1912.77 m. Ce dernier était loin de son niveau maximum, n'atteignant en cette année 2001 au plus haut que 1913.37 m le 9 septembre, valeur plus basse que celles des années précédentes (1916.24 m le 11.10.1999; 1914.22 m le 18.10.2000) : cela a été dû non à un apport d'eau insuffisant (année hydrologique sèche), mais à une demande d'énergie imprévisible dans le temps, les conditions du marché de l'électricité ayant affecté la manière d'exploiter le lac de Salanfe, et parce que d'autres aménagements du groupe EOS (Energie Ouest Suisse) étaient indisponibles à cette époque. Les conséquences sur notre traçage ont été un débit moindre à la perte ainsi qu'une pression hydrostatique plus faible au lieu d'injection.

Dès le 6 septembre, une relève bimensuelle de la carte d'enregistrement des mesures (une toutes les quatre minutes) par le fluorimètre a été faite. À cette occasion, nous en profitons pour changer les fluocapteurs (charbon actif) placés aux quatre griffons surveillés. De plus, ayant remarqué que le tube de quartz du fluorimètre se couvrait d'un fin dépôt dû aux eaux thermales fortement minéralisées, nous avons fait des visites intermédiaires, pratiquement chaque semaine, pour le nettoyer et contrôler en même temps le bon fonctionnement de l'appareillage. Simultanément, nous avons mesuré lors de chaque visite la température, le pH et la conductivité à chaque griffon.

Fin septembre, il a fallu déplacer le fluorimètre : en effet, les parois du canal de "la Rivière" devaient être repeintes et donc le courant d'eau arrêté. Nous avons trouvé un autre emplacement sur le site, près de la piscine, à l'abri des perturbations tant électriques qu'anthropiques.

L'expérience s'est terminée le 22 novembre avec l'enlèvement du fluorimètre, mais en laissant une dernière série de fluocapteurs que nous avons relevés le 25 décembre 2001. Cette date du 22 novembre n'était pas fortuite, mais elle découlait des résultats obtenus lors de notre premier traçage au même endroit

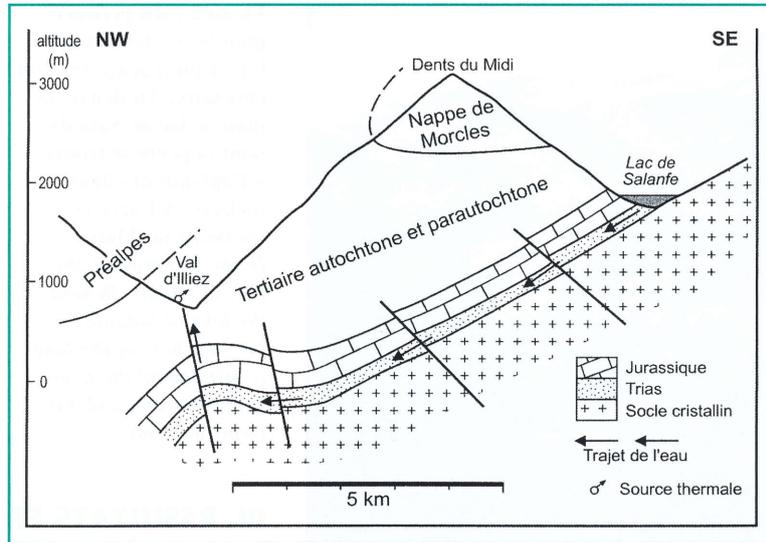


Figure 2 : Le trajet de l'eau entre le lac de Salanfe et les sources thermales de Val d'Illeiz. Water course between the lake of Salanfe and thermal springs of Val d'Illeiz.

en 2000 : alors que cette expérience se déroulait normalement, avec le niveau du lac de barrage s'élevant régulièrement, les pluies diluviennes du 16 octobre 2000 (catastrophe de Gondo dans le Haut Valais) avaient accéléré la fin de l'expérience par un effet de chasse d'eau sur le colorant (figure 3). Ce traçage a fait l'objet d'une communication [Sesiano, 2001]. C'est pourquoi nous avons décidé d'attendre un peu plus longtemps en 2001,

afin de lever toute incertitude dans l'interprétation des signaux du fluorimètre. On trouvera la courbe de réponse pour les deux traçages à la figure 3.

En plus du traçage, des prélèvements d'eau ont été faits le 3 décembre 2001 à la source de l'abbaye de St-Maurice (la composition chimique de l'eau fait penser à une origine dans la région de Salanfe), à la centrale de Miéville (turbinage de l'eau du lac de barrage de Salanfe) et aux

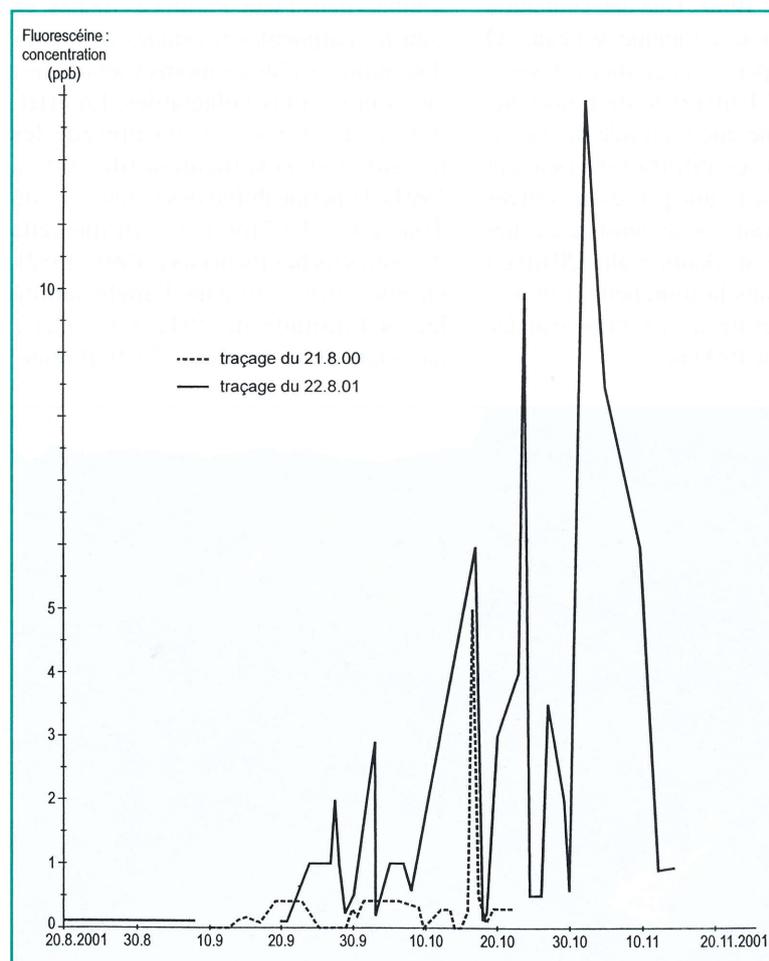


Figure 3 : Les réponses du fluorimètre lors des deux traçages. Measurements with fluorimeter during the two tracings.



Photo 2 : Au premier plan le lac des Ottans lors d'un traçage sur son émissaire. Au deuxième plan, le lac de Salanfe dont la perte se trouve à l'aplomb des deux mélèzes. À l'arrière, les Dents du Midi.
In the foreground, the lake of Ottans. Behind, the lake of Salanfe; the sink-hole of the lake is just behind the trees. In the background, the Dents du Midi.

III. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

La structure géologique de la région des Dents du Midi, présentée à la figure 2, explique le mode de transit des eaux perdues par le lac de barrage de Salanfe. Les roches formant la couverture du socle cristallin, l'autochtone mésozoïque, sont en partie perméables voire

solubles dans l'eau. Parmi ces roches, ce sont les cargneules triasiques (calcaires dolomitiques plus ou moins vacuolaires) qui sont les plus vulnérables. En effet, d'après les forages ayant précédé les travaux d'étanchéification (de 1992 à 1994), la perméabilité des cargneules du Trias, est de 3 à 5 fois plus forte que celle des autres roches [Schneider, 1995; 1982]. Or elles affleurent dans l'angle sud du lac, à l'altitude de 1912.3 m [Carte nationale de la Suisse, 1324 Barberine,

562.430/109.200], justement à l'endroit où se jette un torrent issu d'une grotte, la source Robert, située à l'altitude de 1930 m (voir figure 1 et photo 2). Le torrent souterrain peut être remonté sur une quarantaine de mètres, avant de buter sur un siphon, puis une étroiture infranchissable pour le plongeur. Cet affleurement avait, semble-t-il, échappé à tous ceux qui avaient étudié le lac de Salanfe dès sa mise en eau.

D'autre part, durant la période de la présente étude, nous avons également effectué plusieurs traçages dans la région de Salanfe : d'abord au lac des Ottans, 500 m au SE du lac de Salanfe et 150 m plus haut, juste sous l'ancienne mine d'or et d'arsenic (voir figure 1). Les eaux de l'émissaire, quelques l/s, qui se perdent dans un amas de débris, sous une voûte rocheuse, après un trajet de quelques dizaines de mètres à l'air libre, réapparaissent à la source Robert (temps de transit : 6 h). C'est ce qu'avait supposé Collet [1943, p. 112], mais non de Loys [1928, p. 64]. Quant aux eaux du torrent issu du col d'Emaney, 1800 m au sud du lac de Salanfe, lorsque le débit n'est pas trop important, elles se perdent dans le lit du ruisseau, au même niveau que le lac des Ottans, à l'endroit où commencent les cargneules. Plusieurs traçages ont montré qu'elles résurgent aussi à la source Robert, cinq heures plus tard, avec une minéralisation un peu plus forte après un trajet souterrain de quelques centaines de mètres. Cependant, il n'y a pas de lien avec plusieurs petites sources apparaissant à l'altitude de 1940 m, un peu à l'est de la source Robert (venues d'eau des terrains morainiques). R. Perret [1931] avait du reste relevé dans son ouvrage (p. 122) que "les petits torrents venus du Luisin se perdent dans les dolomies qui enveloppent la montagne ; ils ont alors un cours souterrain, et ils reparassent au contact des alluvions".

Ces traçages sont donc la preuve que ces roches sont très favorables à la karstification. Dans cet angle sud du lac de



Photo 3 : S'ouvrant dans les cargneules triasiques, une dizaine de mètres au-dessus du lac de Salanfe, la grotte Robert d'où résurgent les eaux provenant de la perte du lac des Ottans et d'une partie du ruisseau d'Emaney.
The Robert cave opens ten meters above the lake of Salanfe, in the triassic carnioles (vacuolar dolomites). Waters coming from the lake of Ottans and from the Emaney stream reappear here.

Salanfe, à l'endroit où elles forment une petite falaise de quelques mètres de hauteur, une ouverture surbaissée au ras du sol engloutit l'eau dès que le niveau de remplissage du lac atteint la cote de 1912.3 m (cote critique). Lorsque le niveau continue de s'élever, la perte devient sous-lacustre, et donc invisible. Ce n'est pas pour autant qu'en dessous de la cote critique, il n'y ait pas de pertes : d'abord, il y en a également sur la rive nord du lac, où des opérations de forages (1956), puis d'injections (1992-94) ont permis de limiter les fuites ; les rapports géologiques qui ont fait suite à ces travaux montrent qu'après la seconde intervention, le niveau de remplissage du lac a été le plus haut jamais atteint. L'étanchéification a donc été un succès partiel, puisqu'il a permis de réduire de moitié, soit à 0,5 m³/s, le volume des pertes [Schneider, 1995 ; CREALP, 1998].

Ensuite, nous nous sommes rendu compte durant nos investigations sur le terrain, qu'en plusieurs endroits du vaste cône de déjections issu du glacier Noir, glacier régénéré au pied de la Tour Sallière, véritable delta puisqu'il se jette dans un lac, l'eau s'infiltrait au travers des sédiments (photo 1). Ceci se produit sur le côté du delta en contact et près des cargneules. Il ne fait donc aucun doute qu'un réseau organisé s'est mis en place dans ces roches, drainant ainsi le côté sud du lac de Salanfe.

Il est clair que lorsque le barrage se rapproche de sa cote maximum, soit 1925 m, la pression hydrostatique va croître sur les surfaces d'infiltration alors que dans le même temps, celles-ci vont également augmenter puisque le lac s'étend. Il est en revanche difficile d'estimer le débit ainsi soutiré du lac. D'après ce que nous avons pu voir à la perte ponctuelle sous la source Robert, on ne doit pas être loin de 50 à 100 l/s. Et il y a encore toutes les infiltrations diffuses...

L'opération de traçage de l'automne 2001 a confirmé celle de l'année précédente. Dans les deux cas, le premier signal est apparu environ un mois après l'injection du traceur, soit à une vitesse moyenne d'environ 12 m/h entre le lac de Salanfe et les sources de Val d'Illiez, en prenant une distance mesurée à vol d'oiseau ; plus vraisemblablement, selon le modèle géologique, on aurait 17 m/h. Si la seconde expérience a peut-être été perturbée par le fait que le niveau du lac n'a atteint les pertes visibles que durant deux jours contre plusieurs mois en 2000 (du 18 août au



Photo 4 : Le lac de Salanfe et les Dents du Midi. À gauche, le "delta" issu du glacier Noir. La perte du lac se trouve en bas à droite de la photo. The lake of Salanfe and the Dents du Midi. On the left, the delta downstream of the Glacier Noir. The sink-hole of the lake is located on the right, in the lower part of the photo.

6 novembre), d'avoir doublé la quantité d'uranine a permis d'avoir un signal plus marqué au fluorimètre. C'est ainsi que l'on peut calculer que durant la période de mesures (environ 3 mois), quelque 40 % de la quantité de colorant injecté a été restituée par les divers griffons.

Puisque le débit aux pertes ne correspond pas à celui des sources de Val d'Illiez (le premier est estimé à près de 0,5 m³/s sur l'ensemble du lac par le barragiste), il faut donc qu'une importante partie de l'eau thermale soit évacuée par la nappe alluviale de la vallée de la Vièze, en plus de ce qui transite probablement encore au travers du voile d'étanchéification, possibilité que reconnaît Schneider [1995]. On peut enfin relever que les signaux des fluocapteurs n'ont pas été très marqués tant lors du premier traçage que durant le second. C'est peut-être à cause de l'action destructive du sulfure d'hydrogène fixé par le charbon actif.

Quant à l'origine du ou des réseaux souterrains au voisinage du lac, elle est sans doute assez ancienne. Il n'est en effet pas possible qu'une telle circulation se soit mise en place en quelques mois (de la date de la mise en eau du barrage à l'apparition des sources). Il est certain que durant la dernière période glaciaire du Würm, la glace qui occupait toute la cuvette de Salanfe a effectué un fort surcreusement à l'interface, qui est une zone de discontinuité donc de faiblesse, existant entre les roches cristallines et leur couverture sédimentaire. Les forages effectués avant l'implantation du barrage ont montré sous la plaine d'alluvions un creux de plus de 50 m [Schneider, 1982]. Après le retrait du glacier, un lac proglaciaire a rempli cette cuvette, nappe d'eau dont l'émissaire a scié peu à peu le verrou de gneiss qui la retenait. Durant ce laps de temps de dix à quinze mille ans, l'eau de

ce lac naturel a eu le temps de continuer à carier les cargneules et les calcaires, créant ainsi un réseau karstique soutirant de l'eau au lac parallèlement à l'émissaire aérien. La circulation y est phréatique et lente, sans doute anastomosée. La charge minérale à l'émissaire n'étant pas très forte, l'origine du réseau est sans doute pré-würmienne. Dans l'intervalle, les matériaux issus du lessivage des moraines et des éboulis de pente ont envahi peu à peu la cuvette, masquant progressivement les accès les plus évidents aux réseaux souterrains, qui furent en outre de moins en moins alimentés avec l'abaissement du niveau lacustre.

La création d'un lac artificiel au début des années 1950 a reconstitué les conditions initiales, à l'exception de l'alluvionnement. C'est la remise en eau de ces anciens canaux, leur réactivation et leur "débouchage", sous une forte pression hydrostatique, malgré la perte de charge, qui a provoqué les grondements souterrains, "coups de mines" et explosions (coups de bélier ?) perçus par les habitants du Val d'Illiez juste avant l'apparition des sources [CREALP, 1998].

La figure 2 explique encore le thermalisme des eaux. Avec un degré géothermique moyen dans cette région des Alpes de 1°/30 m, il est évident qu'à la profondeur à laquelle descendent les eaux, soit environ 2 km sous la zone d'infiltration, la température est telle qu'elles vont être chauffées à plus de 50°C. L'anticlinal peu marqué qui se trouve à l'emplacement du Val d'Illiez, en fait une combe anticlinale, permet, à la faveur d'une faille inverse dont le socle est haché [Schneider, 1995], de rejoindre la surface. Cependant, elles se mélangent, sans doute en traversant les alluvions remplissant le fond de la vallée, aux eaux froides s'écoulant en nappe sous-fluviale vers la vallée du Rhône. D'où

l'abaissement de température et des eaux sortant "seulement" à 29°C.

Quant à la proportion eau thermale / eau de la nappe, elle est difficile à préciser en l'absence de données sur la position des forages. Quoiqu'il en soit, les fluctuations de la réponse du fluorimètre lors des deux traçages montrent que le mélange n'est pas homogène, des "bouffées" de traceur s'injectant dans les eaux froides. Ce ne sont en tout cas ni des pics de fonte journalière, la période étant plus grande que 24 h, ni des pics dus à des épisodes pluvieux (sauf pour le 16-10-2000).

D'autre part, les Alpes et le Valais en particulier sont des régions sous fortes contraintes de déformation, à cause de la surrection de la chaîne qui se poursuit. Lorsque la limite de rupture est dépassée, la roche cède et c'est un séisme. Comme dans le cas du barrage de Zeuzier en Valais [Nicod, 1999 ; Wildberger, 2000], l'injection d'eau dans des fissures déjà sous tension a permis le coulissement des deux compartiments, menant ainsi à un relâchement artificiel des tensions : d'où les séismes qui ont accompagné le remplissage complet du lac, c'est-à-dire à un niveau tel que les réseaux karstiques fossiles ont pu être réactivés. On peut relever que les deux crises sismiques de 1953 et de 1995 coïncident avec les deux périodes durant lesquelles un niveau maximum a été atteint : lors du premier remplissage du lac, et après les travaux d'étanchéification.

Finalement, on pourrait se demander quelle serait l'incidence de la vidange totale de la retenue de Salanfe sur les sources thermales de Val d'Illeiez après un, voire plusieurs cycles hydrologiques. De même, l'étanchéification de la zone des pertes dans l'angle sud du lac et le long du "delta" issu du glacier Noir pourrait avoir des effets similaires.

Elle serait sans doute assez faible. En effet, l'implantation des forages dans le remplissage fluvioglaciaire de la cuvette pour la mesure du niveau de la nappe a montré qu'un grand volume d'eau y est stocké [Schneider, 1982] : avec un coefficient d'emmagasinement de 15 %, raisonnable dans ce genre de terrain, il doit s'élever à quelque 10 Mm³. C'est ce volant d'inertie qui explique la relative constance du débit des sources, malgré le marnage annuel du lac. Cette eau, même en volume moindre, continuerait d'alimenter les sources, car des conduits préférentiels ont maintenant été ouverts dans ces sédiments depuis la mise en eau du

barrage. La nappe présenterait dès lors deux gradients : l'un vers le nord, celui qui a été mis en évidence par les forages [Schneider, 1989 et 1982] : la nappe alimente ici les fuites résiduelles au travers du voile, ainsi que tout ou partie de la source de l'Abbaye, à St-Maurice ; et l'autre en direction des affleurements du Trias qui nous ont concerné dans ce travail, et là la nappe alimente partiellement les sources thermales de Val d'Illeiez.

CONCLUSIONS

Les deux opérations de traçage que nous avons menées à la seule perte visible des eaux du lac de barrage de Salanfe nous ont montré qu'elles réapparaissent en partie aux sources thermales de Val d'Illeiez. L'autre partie de l'eau s'écoule en nappe sous-fluviale, vers la vallée du Rhône. Quant aux points d'absorption de l'eau, ils se situent en rive sud du lac de Salanfe, là où des cargneules et des calcaires dolomitiques affleurent : l'eau disparaît dans une cavité lorsque le niveau du lac est assez élevé (cote minimum : 1912.3 m). Cependant, outre les pertes qui se produisent en rive nord et qu'on a tenté de limiter il y a quelques années par l'injection d'un voile de ciment, des infiltrations diffuses, mais clairement perceptibles sur le terrain, sont situées le long du cône de déjections arrivant au lac, sous la Tour Sallière ; mais elles sont sans doute plus importantes lorsque l'on se rapproche du talus de cargneules le bordant. S'il a fallu plusieurs décennies pour localiser cette zone de pertes en rive sud, c'est que les observations de terrain n'ont pas été effectuées de manière objective, mais que l'on s'est focalisé sur la rive nord exclusivement.

Remerciements

Je tiens à remercier ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail, à savoir : Monsieur B. Hagin, sous-directeur de EOS, pour les documents concernant le lac de barrage de Salanfe ; Monsieur A. Revaz, chef d'exploitation et son équipe, de la Centrale de Miéville, pour m'avoir facilité l'accès au site ; Monsieur S. Ramseier et son groupe du laboratoire de Chimie, Service de l'Eau des Services Industriels de Genève, pour ses analyses ; Monsieur R. Cohen, directeur de la Société des Bains de Val d'Illeiez, pour son autorisation d'accès aux sources ; le Professeur Hunziker et le Dr. J.S. Spangenberg de l'Université de Lausanne, pour les analyses isotopiques de l'eau ; et Monsieur J. Metzger,

BIBLIOGRAPHIE

- BENEDETTI S. et REYNARD E., 2003 - Géologie, géomorphologie et tourisme didactique dans le site de Salanfe (Eviionnaz, Valais), in Géomorphologie et Tourisme, Institut de Géographie de l'Université de Lausanne, *Travaux et recherches* n° 24, p. 185-195.
- BIANCHETTI G., ROTH Ph., VUATAZ F. D. et VERGAIN J., 1992 - Deep groundwater circulation in the Alps : Relations between water infiltration, induced seismicity and thermal springs. The case of Val d'Illeiez, Wallis, Switzerland. *Ecol. Geol. Helv.* 85/2, 291-305.
- COLLET L.W., 1943 - La nappe de Morcles entre Arve et Rhône. Mat. carte géol. suisse, 146 p.
- C.R.E.A.L.P., 1998 - *Relation hydrogéologique Lac de Salanfe - Sources thermales de Val d'Illeiez*. 15 p. et annexes. Sion, Valais.
- DE LOYS F., 1928 - Monographie géologique de la Dent du Midi. Mat. carte géol. suisse, 80 p.
- FLAMM C., 1994 - *Géologie et fracturation du massif des Aiguilles Rouges dans la région de St-Maurice*. Dipl. Géol. Univ. Lausanne.
- NICOD J., 1999 - Un cas d'école, l'affaissement du barrage de Zeuziers (Valais) : problèmes géotechniques et karstification - *Karstologia* n° 34, p. 52-53.
- PERRET R., 1931 - *L'évolution morphologique du Faucigny (vallées du Giffre et de l'Arve ; vallées du Trient et de la Viège en Bas Valais)*. 163 p. Paris.
- SCHNEIDER T. R., 1995 - *Récapitulation des travaux d'étanchéification*. Rapport interne n° 172 r, 8 p.
- SCHNEIDER T. R., 1989 - *Bases géologiques du projet définitif*. Rapport interne n° 172 m, 23 p.
- SCHNEIDER T. R., 1982 - *Etude sur les pertes d'eau du bassin d'accumulation de Salanfe*. Rapport interne n° 172 g, 23 p.
- SESIANO J., 2002 - *Dix ans de recherches sur l'hydrogéologie de la région d'Emosson (Valais, Suisse) et du Fer-à-Cheval (Haute-Savoie, France)*. Rapport interne pour le Comité scientifique des Réserves Naturelles de Haute-Savoie. 28 p. + cartes et figures.
- SESIANO J., 2001 - Circulations hydrothermales profondes sous les Dents du Midi. Actes du 11^e Congrès national de Spéléologie, Genève. *Stalactite* suppl. n° 15, 91-92.
- SESIANO J., 1994 - *Etude limnologique et hydrogéologique des bassins-versants de Barberine et du Vieux-Emosson, Valais, Suisse*. *Arch. Sci.* Genève, 47, 127-136.
- SESIANO J., 1993 - *Monographie physique des plans d'eau naturels du département de la Haute-Savoie, France*. 125 p + tables. Conseil Général de Haute-Savoie, Annecy.
- TACCHINI P., 2003 - Cavités et phénomènes karstiques dans la région du cirque glaciaire de Salanfe, Valais (Suisse), in *Géomorphologie et Tourisme*, Institut de Géographie de l'Université de Lausanne, *Travaux et recherches* n° 24, p. 197-202.
- WILDBERGER A., 2000 - Une autre approche des problèmes d'affaissement du barrage de Zeuziers - *Karstologia* n° 35, p. 59-60.
- Atlas géologique de la Suisse au 1 : 25.000.** Feuille 483, St-Maurice.

géologue-graphiste à la Section des Sciences de la Terre de l'Université de Genève. Ma gratitude va également à Monsieur P.A. Schnegg, de l'Université de Neuchâtel, pour son aide dans le dépouillement des signaux du fluorimètre. Enfin, ma reconnaissance s'adresse à mon épouse et à la cadette de mes filles qui m'ont souvent accompagné sur le terrain, voire aidé dans le déroulement de l'expérience.

Le travail a été soutenu par des subsides de Salanfe S.A. et de la Société des Bains de Val d'Illeiez.